tierra, sociedad, comunidad

15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra
Cuenca - Ecuador

9-13 de Noviembre 2015

SIACOT - ECUADOR

Tierra, sociedad, comunidad
15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra
Cuenca – Ecuador, Noviembre 2015
© 2015, Universidad de Cuenca
ISBN 978-9978-14-313-1
Derecho de autor: CUE-002345

15° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra

Cuenca - Ecuador

Proyecto vlirCPM “Manejo y Preservación de la Ciudad Patrimonio Mundial”
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.
Red Iberoamericana PROTERRA

Comité Editorial:
Arq. Hugo Pereira, Coordinador Red Iberoamericana PROTERRA
Ing. Msc. Celia Neves, Coordinadora Comité Científico 15° SIACOT
Arq. Fausto Cardoso, Director Proyecto vlir***CPM***
Msc. Lorena Vásquez

Compilación y Edición:
Arq. María Cecilia Achig
Arq. Gabriela Barsallo
Arq. Silvana Vintimilla

Diseño y Diagramación:
Arq. Silvana Vintimilla

Fotografía de portada:
Arq. Fausto Cardoso

Impresión:
GRAFISUM

Publicación revisada por pares académicos.

Los criterios y opiniones expresados en los artículos de esta publicación son de exclusiva responsabilidad de cada uno de sus autores.

Cuenca, Ecuador, Noviembre 2015

AUTORA

María Cecilia Achig Balarezo (coordinadora responsable de 175 autores más)

AUTORES

Johnny Agüero Benites; Javier Cerón Uribe; Juan Carlos Gonzalés Lévano; María Teresa Méndez Landa
Rafael Aguilar; Cristhian Saucedo; Mijail Montesinos; Eduardo Ramírez; Ricardo Morales; Santiago Uceda
Ramón Aguirre; Luis Fernando Guerrero
Laura Álvarez-Testa Sánchez; Mariana Correia
Yolanda G. Aranda-Jiménez; Edgardo J Suarez- Domínguez; Victor Garcia Izaguirre
Marcial Blondet; Julio Vargas; Nicola Tarque; Jonathan Soto; Carlos Sosa; Javier Sarmiento
Fernando P. Cardoso; Rita de Cássia S.S. Alvarenga; Anôr Fiorini de Carvalho
Adriano da Silva Felix; Pablo Raphael de Lacerda Ferreira; Normando Perazzo Barbosa; Khosrow Ghavami
Yuko Kita; Annick Daneels; Alfonso Romo de Vivar
Gloria Milena Molina Vinasco; Mónica Andrea Arenas Castaño; Alejandro Londoño; Oscar Andrés Parra; Lina Marcela Vallejo
Mónica Pesántes Riveraa
Mirta A. Sánchez; Silvia N. Casenave; Javier Fornari; Susana Keller; Federico Amaya; Lucía Belinde; Marilina Beltramo
Giulia Scialpi; Natacha Hugón; Rodolfo Rotondaro
Marcelo Vázquez; Daniel Sebastián Guzman; Jorge Mateo Iñiguez
Juan Pablo Astudillo Cordero; Nina Vacacela Albuja
Freddy Espinoza Figueroa; Álvaro Maldonado Valverde; Paulina Mejía Coronel
Adriana Beatriz García; Juan Pablo Mazzeo; Armenia G. Martínez
Ariel González; Roberto Constanzo; José Fernandez
Rubén Salvador Roux Gutiérrez; Jesús Velazquez Lozano
Annick Daneels
Luis Fernando Guerrero; Oscar Camacho
Félix Jové Sandoval; Irene Martín Pedruelo; David Ordóñez Castañón
Janet Oshiro; Denise Pozzi-Escot
José Luis Punzo Díaz; Diego Rangel Estrada; Erika Ibarra Ávila; Jesús Zarco Navarro
Julio Vargas Neumann; Stephanie Gil; Frédérique Jonnard; José Montoya
Lourdes Abad
Sergio Alfaro; Massimo Palme; Beatriz Yuste
Max Cabrera; Dániaba Montesinos; María Tommerbakk
Fausto Cardoso Martínez
Marcelo Cortés Álvarez; Masue Sakakibara Romero
Patricio Morgado Uribe; Leonardo Seguel Briones
F. J. Quiñónez, E. V. Ayala, M. R. Corzo, J. Quiñónez
Henry Eduardo Torres; Véronique Wright; Gianella Pacheco; Oliver Huaman
Beatriz Yuste Miguel; Camilo Giribas Contreras
Larissa de Souza Pereira; Rosana Soares Bertocco Parisi
Gabriela Barsallo Chávez; Paula Rodas Espinoza
María Angélica Guevara Lactayo
Natália Lelis
Dániaba Montesinos González
Ricardo Sánchez Rodríguez; Francisco Javier Soria López
Marcelo Cortés Álvarez; Masue Sakakibara Romero
Rosario Etchebarne; Vicente Ruétalo
Iván González Aguirre
Dulce María Guillén Valenzuela
David Francisco Jara Avila; Tatiana Elizabeth Rodas Aviles; Víctor Marcelo Caldas Freire
Anne Lemarquis; Amanda Rivera Vidal
Arturo López González
Aarón David Piña Martínez
Raúl Adolfo Sandoval Tejada, Juan Pablo Sandoval Calderón
Akemi Hijioka; Bianca Joaquim; Akemi Ino
Natalia Rey Cuellar
Mirta Eufemia Sosa; Stella Maris Latina
Juan Arturo Pereyra; Mabel Fabrega; Liliana Beatriz Veja; María Pía Castilla
Marcial Blondet; Malena Serrano; Álvaro Rubiños; Elin Mattsson
Gustavo Fardin Broglio; Murilo Roberto Arthuso; Narah Cristina Israel dos Santos
María Brown Birabén; Mariana Mas Gómez
Patricio Cevallos Salas
Aline Prado Costa; Ana Paula de Oliveira Ribeiro; Daniel Moura Vieira da Silva

Alejandro Ferreiro; Helena Gallardo; Javier Márquez
Lucía Esperanza Garzón
Isadora Hastings García; Gerson Huerta García
Mario Hidrobo Mera; Raquel Martínez Fernández; María Rosa Juárez
Rodolfo Jiménez Cavieres; Natalia Jorquera Silva; Selene López Cameras; Hugo Pereira Gigogne
Alexandre Ferreira Mascarenhas; Luana Lara Safar Redini; Rock Kiki Gbénahou
Gabriela Pacají Ruiz; Wilson Tapia Chocho; Isabel Cristina Bustamante
Denise Pozzi-Escot; Rommel Angeles; Carmen Rosa Uceda
Leonardo Seguel Briones; Patricio Morgado Uribe
Efthimios Maniatis; Francisco Uviña-Contreras

FICHA TÉCNICA 15° SIACOT

La Red Iberoamericana PROTERRA, Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Proyecto vlir***CPM*** son los organizadores del 15º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (15° SIACOT), que se desarrollará en El Ecuador, oficialmente en la semana del lunes 9 al viernes 13 de noviembre del 2015 en la ciudad de Cuenca. Se ha programado una serie de actividades para el desarrollo del seminario como conferencias magisteriales, ponencias, talleres de transferencia tecnológica, recorridos y conferencias especiales en el tema de patrimonio y conservación, todo en el marco del evento denominado 15° SIACOT "TIERRA, SOCIEDAD, COMUNIDAD"

El 15° SIACOT permitirá la difusión, discusión e intercambio de conocimientos en innovaciones, experiencias y será una excepcional oportunidad para conocer la realidad actualizada de la investigación científica relacionada no solo con las innovaciones en el uso de tecnologías en tierra en la región iberoamericana, sino también en los esfuerzos por mantener en fundamental legado cultural recibido de las generaciones del pasado.

Objetivo General

Generar un intercambio de conocimientos, experiencias y a su vez potenciar la construcción y conservación de la arquitectura con tierra mediante un análisis participativo con los diferentes asistentes al seminario: científicos, profesionales, técnicos, líderes comunitarios albañiles e interesados en la arquitectura, conservación y construcción con tierra.

Objetivos Específicos

- Fomentar la integración de la comunidad científica y tecnológica de la arquitectura y de la construcción con tierra, con el fin de socializar, evaluar, actualizar y mejorar las diferentes experiencias en la construcción con tierra.

- Impulsar la participación de diferentes sectores nacionales e internacionales en el SIACOT para promover la construcción con tierra como una alternativa viable para la construcción y el mejoramiento del hábitat.

- Divulgar y sensibilizar la riqueza cultural, la diversidad de conocimientos y las experiencias exitosas en torno a la arquitectura y construcción con tierra.

- Realización de la Asamblea General de los miembros PROTERRA para evaluar su funcionamiento y los resultados de las actividades planificadas.

Organización

Red Iberoamericana PROTERRA
Proyecto vlirCPM "Manejo y Preservación de la Ciudad Patrimonio Mundial"
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Apoyo

CRATERRE
Municipio de Cuenca
Ministerio de Cultura y Patrimonio
Instituto Nacional de Patrimonio Cultural
GAD Municipal Oña
Gobierno Parroquial de Susudel
Ondas Azuayas

Patrocinio

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural
Municipio de Cuenca
3ra Zona Militar

Temáticas

Materiales y cultura constructiva
Conservación preventiva y curativa
Contemporaneidad y producción
Desarrollo social y comunidad

Programa

Lunes 9 de noviembre: Talleres (Test Carazas, Tapial, Bahareque, Adobe, Revestimientos y Pintura) Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Martes 10 de noviembre: Talleres (Tapial, Bahareque, Adobe, Revestimientos y Pintura) Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Miércoles 11 de noviembre: Conferencias, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Jueves 12 de noviembre: Conferencias, Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Viernes 13 de noviembre: Taller de intervención patrimonial (intervención patrimonial Centro Histórico de Cuenca y elaboración de bóveda en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca)

Idiomas

Español y portugués

Coordinación General

Arq. Hugo Pereira, Coordinador General Red Iberoamericana PROTERRA
Ing. Patricio Cevallos, Coordinador Red PROTERRA Ecuador
Arq. Fausto Cardoso, Director Proyecto vlirCPM

Comisión Científica

Arq. Alejandro Ferreiro – FARQ/UDELAR – Uruguay
Arq. Dr. Alexandre Mascarenhas – IFMG – Ouro Preto – Brasil
Ing. MSc. Ariel Gonzaléz – UTN Santa Fe – Argentina
Arq. MSc. Cecília López Pérez – Pontificia Universidad Javeriana – Colombia
Ing. MSc. Célia Neves – PROTERRA/Rede TerraBrasil – Brasil (coordinadora)
Arq. PhD. Gabriela García V. – Universidad de Cuenca/ Universidad Católica de Lovaina, Bélgica – Ecuador
Arq. Dra. Graciela María Viñuales – Centro Barro/CEDODAL – Argentina
Arq. Dr. Jorge Tomasi – CONICET/FFyL/UBA – Argentina
Hist. Juana Font – Fundación Antonio Font de Bedoya – España
Prof. Dr. Luis Fernando Guerrero – UAM-X – México
Arq. MSc. Márcio V. Hoffmann – Fato Arquitetura; Taipal construções em terra – Brasil
Arq. PhD. Maria Fernandes – DGPC - CEAACP – CdT – Portugal
Arq. Dra. Maria Isabel Kanan – ICOMOS-ISCEAH – Brasil
Arq. MSc. María Teresa Méndez Landa – Universidad Ricardo Palma – Perú

Prof. Dra. Mariana Correia – Escola Superior Gallaecia – FCO – Portugal
Arq. MSc. Mirta E. Sosa – CRIATiC/FAU/UNT – Argentina
Ing. Mónica Bahamóndez – CNCR – Chile
Arq. Dra. Natalia Jorquera Silva – UCHILE – Chile
Prof. Dr. Obede Borges Faria – UNESP – Campus de Bauru – Brasil
Prof. Arq. Rafael F. Mellace – FAU/CIUNT/UNT – Argentina
Arq. MSc. Rodolfo Rotondaro – UBA/CONICET – Argentina
Ing. Rosa Delmy Nuñez de Hércules – FUNDASAL – El Salvador
Arq. PhD. Verónic
Heras – Universidad de Cuenca – Ecuador
Prof. Dr. Virgilio Ayala –Universidad San Carlos – Guatemala

Comisión Organizadora vlirCPM

MSc. Lorena Vásquez
Arq. María Cecilia Achig
Arq. Gabriela Barsallo
Arq. David Jara
Arq. Tatiana Rodas
Arq. Silvana Vintimilla

Apoyo Técnico PROTERRA

Ing. Patricio Cevallos- Ecuador
Arq. Lucía Garzón- Colombia
Arq. Wilfredo Carazas- Perú
Arq. Dulce María Guillén- Nicaragua
Arq. Luis Fernando Guerrero- México
Arq. Fernando Cardoso- Brasil
Arq. Lourdes Abad- Ecuador
Arq. Ramón Aguirre- México
Arq. Delmi Nuñez- Salvador
Arq. Elena Ochoa- México
Arq. Alexandre Mascarenhas- Brasil

Apoyo Técnico Ecuador

Arq. Iván Gonzáles
Arq. Gustavo Lloret
Arq. Mónica Pesántes
Arq. Esteban Ávila

Asistentes Técnicos

Arq. María Cecilia Achig
Arq. Gabriela Barsallo
Arq. David Jara
Arq. Tatiana Rodas
Arq. Silvana Vintimilla

ÍNDICE

MENSAJE DEL RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA.....10

MENSAJE DEL COORDINADOR DEL COMITÉ CIENTÍFICO DEL SIACOT.....11

MENSAJE DEL DECANO DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA.....12

MENSAJE DEL DIRECTOR DEL PROYECTO VLIRCPM.....13

PRESENTACIÓN DE LA RED PROTERRA.....14

Temática 1: Materiales y cultura constructiva

Artículo Científico

1. ANALISIS ESTRUCTURAL DE DOS MUROS DE ADOBE CON DIFERENTE SISTEMA DE APAREJO.....17

2. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LAS UNIDADES DE ADOBE DEL COMPLEJO ARQUEOLÓGICO HUACA DE LA LUNA MEDIANTE ENSAYOS DE ULTRASONIDO.....28

3. REFUERZOS Y PROTECCIONES SUPERFICIALES SOSTENIBLES PARA BÓVEDAS DE ADOBE RECARGADO EN MÉXICO.....40

4. CULTURAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA EN MONFORTE DE LEMOS, GALICIA, ESPAÑA.....47

5. ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD POR MEDIO DE LA DIMENSION FRACTAL.....61

6. REFUERZO SÍSMICO DE MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS PARA CONSTRUCCIONES DE ADOBE.....67

7. DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE TINTAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL MANUFATURADAS COM PIGMENTOS DE SOLOS.....81

8. ESTABILIZAÇÃO ALCALINA DE ADOBES.....92

9. USO DE LAS FRACCIONES LIGERAS DEL CRUDO COMO ESTABILIZANTE DE TIERRA.....103

10. BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS CON SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y MATERIALES RECICLABLES: UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA.....112

11. LA CABUYA EN LOS REVOQUES EN TIERRA.....122

12. TECNICAS ADOPTADAS EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN PARA OBTENER UNA MATRIZ A BASE DE TIERRA.....132

13. INVESTIGACION TEÓRICO-PRÁCTICA SOBRE LA CULTURA CONSTRUCTIVA REGIONAL EN LAS TERMINACIONES DE MUROS DE TIERRA CRUDA EN DOS CLIMAS DE ARGENTINA.....141

14. COMPARACIÓN ENTRE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE ADOBES TRADICIONALES Y BTC ESTABILIZADOS QUÍMICAMENTE.....154

Informe Técnico

15. PROPUESTA DE PANELES ESTRUCTURALES MODULARES DE BAHAREQUE PREFABRICADO DE MADERA 163

16. CARACTERIZACIÓN CONSTRUCTIVA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL BAHAREQUE: FIBRAS, AMARRES Y ATADURAS COMO REPRESENTACIÓN CULTURAL DEL AZUAY 179

17. METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCCIÓN DE PANELES CON SUELOS ESTABILIZADOS 188

18. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA DEL USO DE PLANTAS ACUÁTICAS EN TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA..... 198

19. INFORMACIÓN ANÁLISIS DE BANCOS DE ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE BTC EN COAHUILA, MÉXICO 207

Temática 2: Conservación preventiva y curativa

Artículo Científico

1. LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA EN EL MÉXICO PREHISPÁNICO ……..219

2. RECUBRIMIENTOS DE TIERRA COMPACTADA PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE MÉXICO Y EL SALVADOR…….233

3. TRABAJOS DE DOCUMENTACIÓN DE LA CASA-HOSPITAL DE LA VERA CRUZ DE SAN JUAN, VILLALÓN DE CAMPOS..... 245

4. CONSERVACIÓN DEL EDIFICIO DE TAURICHUMPI – SANTUARIO ARQUEOLÓGICO DE PACHACAMAC. PERÚ 258

5. PRIMEROS DATOS SOBRE EL USO DE ADOBE Y CAL EN ÉPOCA PREHISPÁNICA EN LA REGIÓN MICHOACANA DEL RÍO BALSAS MEDIO, MÉXICO…….....270

6. CAMINO PREHISPÁNICO PANDO 284

Informe Técnico

7. APLICACIÓN DEL SISTEMA PARA EVALUAR EL ESTADO CONSTRUCTIVO EN MUROS DE ADOBE 298

8. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN PARA EL ACONDICONAMIENTO ACÚSTICO DE CONSTRUCCIONES EN TIERRA CRUDA: EL CASO DE RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DE SAN PEDRO DE ATACAMA, CHILE 311

9. CONSOLIDACIÓN DE MURO DE ADOBE EN EL PASAJE LEÓN……326

10. PLAN PILOTO DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA APLICADO A LAS VIVIENDAS DE SUSUDEL (2011-2012) Y LA INTERVENCIÓN EN EL CEMENTERIO DE SUSUDEL (2013)..... 337

11. REPARACIÓN SISMORESISTENTE EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE. COMUNA DE COINCO, CHILE 351

12. RESTAURACIÓN DEL TEATRO PEDRO DE LA BARRA, ANTOFAGASTA, CHILE 359

13. CONSIDERACIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DEL TEMPLO CONCEPCIÓN LA CONQUISTADORA DE SALCAJÁ.....365

14. REPARACIÓN DE GRIETAS ESTRUCTURALES USANDO *GROUTS* DE BARRO LÍQUIDO EN MUROS ARQUEOLÓGICOS DE TIERRA: EXPERIENCIAS EN TAMBO COLORADO……...378

15. RESTAURACIÓN DE UN TECHO DE BARRO EN LA IGLESIA DE SAN PEDRO DE ATACAMA.....389

Temática 3: Contemporaneidad y producción

Artículo Científico

1. FAZENDAS DO SUL DE MINAS GERAIS NO BRASIL: POSSIBILIDADES DE PRESERVAÇÃO E GESTÃO 399

2. TRANSFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES PATRIMONIALES EN LAS ÁREAS RURALES DEL CANTÓN CUENCA A PARTIR DE UN ANÁLISIS DE LA ACTUALIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS DE 1988.....411

3. EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN ELEMENTO ARQUITECTÓNICO ANCESTRAL: LOS PUTUCOS, PUNO, PERÚ 422

4. A ARQUITETURA DA POLÍCIA E A POLÍTICA DA TERRA 433

5. APRENDIENDO CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE 445

6. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y SABER TRADICIONAL: BTC Y ADOBE, DESARROLLOS PARALELOS EN LA CULTURA CONSTRUCTIVA.....458

Informe Técnico

7. RUTAS SÍSMICAS ANCESTRALES. UN VIAJE POR LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS EN ADOBE EN LOS LUGARES MÁS SÍSMICOS DEL MUNDO ..469

8. CASAS DE TIERRA EN EL URUGUAY 477

9. TAPIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN PAUTE……486

10. ¿Y LA TRANSFERENCIA DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA?.....492

11. LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS COMO RESPUESTA A LAS DEBILIDADES Y APROVECHAMIENTO DE POTENCIALIDADES EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL DEL ADOBE 500

12. ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA. VALORIZACIÓN CONTEMPORÁNEA DE UN SABER HACER ANCESTRAL Y LOCAL……513

13. LAS ETNOTECNIAS Y EL USO DE LA TIERRA..... 525

14. ABANDONO Y DETERIORO EN LAS CASAS DE ADOBE EN MALINALTENANGO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO 536

15. CASA DE TIERRA SOSTENIBLE ……544

Temática 4: Desarrollo social y comunidad

Artículo Científico

1. APRENDENDO COM OS MESTRES JAPONESES O *TSUCHIKABE*: TÉCNICA DE TAIPA JAPONESA NO BRASIL……..561

2. TALLERES DE ARQUITECTURA DE TIERRA PARA NIÑOS EN BARICHARA, COLOMBIA……572

3. TECNOLOGÍA DE TIERRA Y EXPRESIÓN ARQUITECTÓNICA. POBLADOS DE TUCUMÁN, ARGENTINA…….581

Informe Técnico

4. EXPERIENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS CON MATERIALES Y TECNOLOGÍAS REGIONALES……..591

5. LA EXPERIENCIA DE CAPACITACIÓN DE UNA COMUNIDAD ANDINA EN CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE CON ADOBE……...599

6. A TERRA NA CONFECÇÃO DE TINTAS QUE, ATRAVÉS DAS CORES, PROMOVE INTEGRAÇÃO E MUDANÇAS NA UNIVERSIDADE..... 609

7. EL PROYECTO PIRATE: FORMACIÓN PROFESIONAL Y CERTIFICACIÓN EN CONSTRUCCIÓN CON TIERRA, DESDE EUROPA AL MUNDO 617

8. LA CONSTRUCCION CON TIERRA EN EL ECUADOR Y LA NECESIDAD DE LA NORMA..... 631

9. TRANSFORMANDO ATRAVÉS DA TERRA: A EXPERIÊNCIA NO GALPÃO DAS ARTES EM POÇOS DE CALDAS, MG, BRASIL.....……643

10. LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO DE LA ARQUITECTURA CON TIERRA……650

11. PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL SOSTENIBLE. BAHAREQUE PREFABRICADO CON TIERRA. UNA ALTERNATIVA TÉCNICA, CULTURAL Y ECOLÓGICA..... 658

12. RECONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA DE ADOBE EN LA MONTAÑA DE GUERRERO, MÉXICO 668

13. VIDEOTERRA, NUEVOS FORMATOS DE DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ARQUITECTURA CON TIERRA…….679

14. LA RED PROTIERRA-CHILE Y SUS PROYECCIONES..... 685

15. ARQUITETURA E ASPECTOS CONSTRUTIVOS AFRO-BRASILEIROS EM PORTO NOVO, BENIN: AÇÕES DE REQUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL ENTRE OS JOVENS DE ORIGEM *AGUDÁ* 694

16. RECUPERACIÓN DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, ECUADOR……704

17. EL SANTUARIO DE PACHACAMAC, EDUCACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN ……714

18. RECONSTRUCCIÓN POST-TERREMOTO DE LA ATMOSFERA IDENTITARIA EN LA ARQUITECTURA EN TIERRA AL SUR DE CHILE……..……722

19. ARQUITECTURA DE TIERRA EN NUEVO MÉXICO, PARTICIPACIÓN COMUNITARIA YUXTAPUESTA POR UNA ARQUITECTURA DE ALTO COSTO 731

Mensaje del Rector de la Universidad de Cuenca

Con enorme interés y entusiasmo la Universidad de Cuenca recibe a los participantes de la décima quinta edición del Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, que se genera gracias a la confianza depositada en esta casa de estudios superiores por la Red Iberoamericana Proterra. Nuestra Facultad de Arquitectura y Urbanismo es el espacio idóneo para acoger este seminario, pues desde su creación en 1958 ha marcado importantes tendencias en la educación arquitectónica a nivel nacional.

Bajo el lema “Tierra, Sociedad y Comunidad” este evento promete marcar un hito muy importante en esta temática, pues como bien se ha dicho la tierra es el material de construcción por excelencia para culturas y civilizaciones en los cinco continentes, y es necesario volver a ponerla en valor y rescatar las prácticas ancestrales arquitectónicas que nuestras culturas han tenido en este sentido.

Con preocupación observamos que cada vez más construcciones en la ciudad y en el campo dejan de lado a la tierra y la cambian por materiales que aparte de resultar poco estéticos a la vista, no tienen la calidez que una casa o una ciudad deben poseer.

En ese sentido Cuenca y su área de influencia son enclaves de enorme potencial para la arquitectura en tierra, y estamos seguros que las enseñanzas y conceptos que se difundan en este importante coloquio caerán en suelo fértil y se replicarán de forma importante a través de aplicar lo aprendido en proyectos de investigación y de vinculación social.

Vaya nuestro reconocimiento a todas aquellas organizaciones públicas y privadas que hacen posible el desarrollo de este evento académico de gran importancia.

Cuenca, ciudad patrimonio Cultural de la Humanidad, ciudad Universitaria por antonomasia, es un lugar especial dentro del Ecuador. Esta ciudad mágica que es el resultado de la mezcla de tres culturas diferentes: cañaris, incas y españoles que ha dado como resultado un mestizaje único que se refleja en el estilo urbano, en la cultura, en las tradiciones, y sobre todo en la gente les da la bienvenida.

Cordialmente,

Fabián Carrasco Castro
Rector de la Universidad de Cuenca

Mensaje del Coordinador del Comité Científico del SIACOT

Es siempre un honor formar parte del equipo encargado de la preparación de un evento como el 15 SIACOT- Ecuador. Por su naturaleza técnica y científica, este evento se ha constituido en una excelente oportunidad para tener cerca a los académicos y a los técnicos, constructores y maestros. El evento, en síntesis, promueve el encuentro de la teoría y la práctica.

El Comité Científico, que me honro en presidir, contribuye a identificar las principales características del evento mediante la lectura de los resúmenes y posteriormente realiza la evaluación y aprobación de los artículos. En este momento, se ha comprobado ya la presencia de numerosos trabajos innovadores y otros que complementan las presentaciones expuestas en eventos anteriores, poniendo en evidencia la continuidad de investigaciones serias y las experiencias prácticas de la arquitectura y construcción con tierra.

Teniendo en cuenta los objetivos de la Red, especialmente el de promover el intercambio de información y la integración de los diversos sectores, PROTERRA busca formas de estimular la participación de todos quienes diseñan y trabajan en la arquitectura y construcción con tierra, abriendo espacios para los académicos, los profesionales los empresarios, los maestros y líderes comunitarios, entre otros.

Desde el 13º SIACOT, el Comité Científico recibe, evalúa y aprueba dos tipos de artículos: aquellos de carácter científico, cuyo contenido se ajusta a patrones previamente establecidos, y los informes, cuyo contenido se refiere a diversas actividades en este campo, lo que permite al constructor, al diseñador y a cualquier otro profesional divulgar y compartir su trabajo.

El 15º SIACOT- Ecuador abarca cuatro áreas relacionadas con la construcción con tierra: materiales y culturas constructivas; conservación curativa y preventiva; contemporaneidad y producción; y desarrollo social y comunidad.

Para evaluar los trabajos, se constituyó el Comité Científico SIACOT 2015 con la participación de 24 expertos en las áreas señaladas. El Comité aprobó 69 artículos, de los cuales el 42% son de naturaleza científica y el 58% se caracterizan como informe técnico. Los ponentes provienen de 16 países: 12 de la región iberoamericana y cuatro de Europa – España, Francia, Italia y Portugal. El Comité constató la equivalencia de los temas propuestos, con una participación media aproximada de 17 artículos por tema.

La valiosa contribución de autores de diferentes regiones y la diversidad de los trabajos presentados en el 15° SIACOT-Ecuador nos permite construir una clara idea del momento actual de la arquitectura y la construcción con tierra, sobre todo en la región iberoamericana.

Célia Neves
Coordinadora del Comité Científico 15 SIACOT-Ecuador

Mensaje del Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca

En Ecuador, hablar de patrimonio cultural, en buena medida es hablar de la tierra. En Cuenca, la palabra patrimonio está estrechamente enlazada con las tecnologías que usan la tierra cono elemento esencial para la construcción. Con salvedad de algunos de los más monumentales edificios cuencanos, como el Palacio de la Corte de Justicia o de ciertos elementos de los grandes templos como sus zócalos o portales, la tierra (cruda o procesada por el fuego) es el material omnipresente en el territorio delimitado por la UNESCO como patrimonio cultural de la Humanidad. Este rincón andino que cobija una ciudad de profundas raíces prehispánicas y coloniales pero que históricamente ha mirado el futuro desde la solvencia de sus fundamentos culturales, convertidos hoy en espacios para el desarrollo científico y la creación, ofrece acogida y delinea las condiciones para que se desarrollen los necesarios intercambios de sabiduría y conocimiento que tanto desde la enorme Iberoamérica, cuanto desde varios países de Europa, convergen para contrastar, enriquecerse y discutir las iniciativas y los procesos que en el mundo contemporáneo se desarrollan en torno a la formulación de la arquitectura con tierra.

En efecto, un público cada vez más numeroso y exigente de constructores, profesionales, académicos e investigadores, pero también de emprendedores y sabios Maestros que han guardado sus ancestrales conocimientos, nos ofrecen en el Seminario y en las páginas subsiguientes, diferentes experiencias locales, nacionales e internacionales que nos permiten reflexionar sobre el punto alcanzado, las metas logradas, pero sobre todo, los caminos abiertos y los desafíos pendientes en relación con la histórica necesidad de devolverle a la tierra sus oportunidades de creación e innovación que las generaciones pasadas las desarrollarlo y que las generaciones actuales y futuras las debemos reimpulsar no solo por su significado histórico, sino por su moderna vigencia ambiental, por su estimulante impacto social y por sus infinitas posibilidades creativas.

El evento está promovido por la Red Iberoamericana PROTERRA y organizado por el Proyecto vlirCPM (Ciudad Patrimonio Mundial) de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, en estrecha relación con el Programa Interuniversitario de Cooperación del Consejo Interuniversitario Flamenco VLIR-IUC de Bélgica.

Las temáticas que abordará el XV Seminario SIACOT-Ecuador son:

1. Materiales y cultura constructiva
2. Conservación preventiva y curativa
3. Contemporaneidad y producción
4. Desarrollo social y comunidad

Las ponencias presentadas, recogidas en este documento, no solo por su cantidad sino especialmente por su calidad, son la clara e indiscutible muestra de que la construcción con tierra es uno de los grandes desafíos de las culturas contemporáneas, en este y en otros lugares del planeta.

Fernando Pauta Calle
Decano de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Mensaje del Director del Proyecto vlirCPM

En las montañas andinas del Ecuador un ave pequeña de color naranja es una experta constructora en tierra. Cuando llega el momento de hacer familia, se afana y se exige, escoge una alta rama con suficientes apoyos y arranca movida por una fuerza instintiva, que le impulsa no solo a implicarse en un proceso constructivo sino a hacerlo de una cierta manera. Su producto, una construcción con tierra, pertinente, útil, eficiente para sus propósitos, prácticamente invariable en el tiempo, de mínimo impacto ambiental. A esta construcción la cultura popular le denomina horno. De allí el nombre del ave: Pájaro Hornero o Chilalo.

La arquitectura con tierra tiene todos los atributos que caracterizan el trabajo del ave andina, pero con una importante diferencia: la innovación.

La innovación es una peculiaridad del ser humano. Su búsqueda por mejorar sus propios productos, por re-proponer, por crear, ha sido una constante en su camino por el tiempo. Pero la innovación se debilita, pierde sentido si su propósito no se enfoca hacia el mejoramiento para el beneficio social. El carácter profundamente ambiental de la construcción con tierra se enriquece cuando la bondad de este recurso se revierte en beneficio de grupos, comunidades y sectores sociales, no solo para ampliar la accesibilidad a los beneficios de la arquitectura, sino también para hacer de la arquitectura en tierra una experiencia más eficiente, más segura, confortable y saludable de lo que hasta el momento ha podido ser desarrollada.

De allí el compromiso de personas, grupos de investigadores, académicos, redes de expertos que dedican lo mejor de sus esfuerzos y –en tantos casos- su vida misma por hacer de la construcción con tierra una experiencia en constante innovación, de amplia accesibilidad social. Los aprendizajes sobre lo desarrollado por las culturas del pasado son fundamentales en este proceso, pues estas contribuyen a identificar otro pilar fundamental de la arquitectura de tierra como es la cultura, la identidad y el patrimonio. Estos procesos están estrechamente relacionados con recursos locales, sabidurías ancestrales e identidad que moldean -en interacción perenne- la cultura constructiva ricamente diversa aún en Iberoamérica.

El proyecto vlirCPM ha considerado de importancia fundamental promover la realización en la ciudad de Cuenca, del XV Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT), espacio en el que las experiencias serán compartidas, las innovaciones conocidas y discutidas, y el espíritu creativo en esta apasionante área de la arquitectura, será indudablemente estimulado.

Fausto Cardoso Martínez
Director del Proyecto Ciudad Patrimonio Mundial (vlir*CPM*)

Presentación de la Red PROTERRA

Es esta, la décimo quinta versión del seminario Iberoamericano de Arquitectura y construcción con tierra, lo que demuestra el grado de madurez alcanzado y grado de consolidación que éste tiene entre quienes son sensibles a este tipo de tecnología amigable con la naturaleza. Se realiza a su vez en una ciudad de incuestionable valor patrimonial con gran presencia del material tierra en su centro histórico. Las razones históricas de la evolución del uso de esta tecnología constructiva tendremos la oportunidad de conocerla in-situ lo cual le confiere a este encuentro una especial significación y alcance.

Concurren con trabajos a presentar una importante cantidad de especialistas, luego de una acuciosa revisión y trabajo mancomunado con los autores. Reúnen diferentes temáticas, lo que permite aproximarse de forma integral a esta forma de construir que se pierde en la historia humana desde los albores de la misma. La conservación y rescate de este patrimonio universal cobran sentido en un contexto de la cultura de consumo imperante que privilegia lo desechable desechando todo aquello que se apega a las tradiciones y se opone a sus intereses. En esta situación, cuidar nuestro patrimonio de tierra es un mandato ineludible. Para esto, es necesario recurrir a la ciencia y la tecnología de forma de acceder a nuevos conocimientos que nos ayuden en esta tarea.

La tecnología de construcción con tierra está viva, especialmente en estas latitudes. Esa vitalidad se encuentra latente socialmente y se expresa localmente a través de la continuidad de aplicación de distintos sistemas constructivos que utilizan el material vernacularmente. A esta corriente se suman profesionales de diferentes áreas quienes se han interesado en trabajar creativamente con tierra. La mayor parte de ellos, autodidactas en su momento, exploraron fuera del curriculum universitario regular de sus centros de estudios superiores, encontrando dificultades para proveerse de material bibliográfico y estudios apropiados acerca del uso del material. Este antecedente refuerza la realización de éste seminario bajo un criterio de educación continua bicontinental.

Destaca la realización de talleres prácticos que promueven el contacto directo con el material y sensibiliza a quién se acerca íntimamente a él, reconociendo su naturaleza. Estos son una oportunidad imperdible para reconocer su textura, color, maleabilidad, resistencia y tantas otras condiciones que refuerzan su identidad.

Otro aspecto destacable es el abordar la realidad sísmica de nuestro continente y el comportamiento de éste tipo de estructuras en éste contexto. Una considerable cantidad de países conviven y lo seguirán haciendo con el cinturón de fuego del océano Pacífico, concentrando un alto porcentaje de la energía sísmica del planeta. El ingenio humano aplicado en importantes investigaciones, ha permitido que las nuevas construcciones en tierra, puedan mitigar más efectivamente la energía del sismo.

Sin duda, éste seminario constituirá un hito en la extensa cadena de encuentros similares que se han realizado a todo lo largo de nuestro continente y la península ibérica. Así mismo, esperamos contar con una similarmente potente participación en el XVI SIACOT a realizarse el 2016 en Paraguay. Hago un llamado a que los países que aún no celebran un SIACOT, se animen a hacerlo entendiendo que contarán con todo el apoyo de la organización.

Cuenca, Ecuador, Noviembre 2015.

Hugo Pereira Gigogne
Coordinador general
Red Iberoamericana PROTERRA

TEMÁTICA 1
Materiales y cultura constructiva

TEMÁTICA 2
Conservación preventiva y curativa

TEMÁTICA 3
Contemporaneidad y producción

TEMÁTICA 4
Desarrollo social y comunidad

1. ANALISIS ESTRUCTURAL DE DOS MUROS DE ADOBE CON DIFERENTE SISTEMA DE APAREJO

Johnny Agüero Benites[1], Javier Cerón Uribe[2], Juan Carlos Gonzáles Lévano[3], María Teresa Méndez Landa[3]

Universidad Ricardo Palma, Perú.

[1]jhonny_1456@hotmail.com, [2]javii,ceron@hotmail.com, [3]jk_ma_3032@hotmail.com, [4]mmendez47@hotmail.com

Palabras claves: adobe, sistema de aparejo, comportamiento estructural, restos arqueológicos.

Resumen

A lo largo del tiempo, en casi todo el mundo, se ha empleado la tierra para edificar. El Perú cuenta con importantes restos arqueológicos de tierra (Chan Chan, Pachacamac, Pucllana, entre otros) que, desafiando el paso de los años y los movimientos sísmicos, forman parte importante del pasado cultural del país. Actualmente, dentro de las nuevas tendencias de sostenibilidad arquitectónica, la tierra está recobrando un importante papel como material constructivo, esto debido a las ventajas que ofrece frente a otros materiales como: retardo de trasmisión térmica, que permite brindar confort bajo diversas condiciones climática; ser un material reciclable, no contaminante, inocuo, accesible en todo el mundo, y fácil de trabajar. La durabilidad de los restos arqueológicos respecto a esta nueva tendencia de conciencia ambiental, ha promovido el interés de estudiar algunos sistemas constructivos ancestrales, basados en estudios previos que relacionan la rigurosidad del proceso constructivo con la optimización de las propiedades mecánicas de los muros de adobe. Para ello, se plantea realizar un estudio que permite identificar las características constructivas de las edificaciones precolombinas, a partir de un análisis comparativo del comportamiento estructural de un sistema no convencional de aparejo de adobe respecto al sistema establecido en la normativa peruana, tomando como referencia el complejo arqueológico Huaca Pucllana, ubicado en la ciudad de Lima. El análisis del comportamiento estructural está basado en una prueba de esfuerzos laterales al muro, que determina su rigidez y nivel de falla y cuyos resultados son contrastados mediante una comprobación teórica y basados en la normativa vigente del país. Los resultados permiten realizar propuestas sobre sistemas de aparejos con comportamiento apropiado a la problemática sísmica del Perú, para su empleo en construcciones actuales en adobe.

1. INTRODUCCIÓN

La permanente agresión del hombre al Medio Ambiente ha ocasionado graves problemas que afectan a alrededor de 1 billón de personas en el mundo, lo que está conllevando a buscar alternativas, como parte de una actitud de conservación del medio ambiente, para evitar que continúe su deterioro.

La tierra es un material de construcción que responde grandemente a estas expectativas debido a que es el único material constructivo cuyo consumo energético es casi nulo, a la poca contaminación que genera, al confort térmico que brinda, su inocuidad, capacidad de reciclaje, accesibilidad en todo el mundo y su fácil elaboración.

A lo largo de la historia se han realizado diversidad de edificaciones con tierra (adobe y tapial) en el mundo y en especial en el Perú. Como se puede apreciar, muchas de estas han desafiado el tiempo y los movimientos sísmicos, sin mostrar daños significativos. Así se tiene a la Huaca Pucllana, perteneciente a la Cultura Lima y construida hace 1.500 años, como expresión de una adecuada manera de construcción con adobe, a pesar de que el Perú, y, en especial la costa central y sur, debe afrontar un alto grado de vulnerabilidad sísmica. Esto, debido a que el país se encuentra ubicado en el área de influencia del Cinturón de Fuego del Pacífico, así como, por la presencia de fallas

geológicas como es el caso de la Placa de Nazca, que trae como consecuencia permanentes sismos de gran intensidad y que causan considerables daños en las construcciones, con la consiguiente pérdida de vidas humanas y económicas.

En la actualidad, en el Perú, la tierra aún es un importante material de construcción. Según los resultados de los censos de vivienda realizados en el país, en los últimos 30 años se observa que, a nivel nacional, existe gran cantidad de viviendas construidas con tierra cruda (40% aproximadamente), tanto con tapial como con adobe. Por este motivo, surgió la preocupación de realizar estudios que permitan mejorar las técnicas constructivas en adobe, a fin de brindar mejores condiciones de habitabilidad a los usuarios de estas edificaciones.

La revista en línea Perú Ecológico en su edición de setiembre del 2007 cita a la arqueóloga Isabel Flores Espinoza, quien en su libro "Pucllana: Esplendor de la Cultura Lima" señala que

> "…Han pasado 1.500 años desde que Pucllana fuera construida: el monumento sigue en pie mientras que construcciones coloniales, republicanas y recientes han sido destruidas por sismos a pesar de las técnicas constructivas 'modernas'…"

Basados en esta afirmación y conocedores del estado de conservación que tienen estos restos arqueológicos se tomó en consideración, para el presente estudio, el sistema de aparejo empleado en estos restos arqueológicos según se observa en la figura1.

Figura 1. La técnica del librero: adobes colocados verticalmente (Crédito: Agüero, 2014)

Debido a la escasa información sobre estudios realizados en las construcciones ancestrales en tierra, se planteó la necesidad de llevar a cabo un estudio que permita rescatar las técnicas constructivas de la cultura Lima. El análisis del sistema de colocación de adobe ayudará a resolver la controversia de por qué las edificaciones ancestrales no han colapsado con los últimos sismos, en especial, en los años 2001 y 2007; siendo el caso contrario en las edificaciones modernas construidas con tierra.

De esta manera, el Centro de Estudios para Comunidades Saludables de la Universidad Ricardo Palma podrá elaborar y proponer un sistema constructivo en adobe con el sistema de colocación más eficiente que responda de la mejor manera a las condiciones geográficas de nuestra zona.

2. OBJETIVOS

El estudio tiene como objetivo realizar un análisis comparativo del comportamiento estructural de un sistema no convencional de aparejo tipo librero de adobe, simulando el existente en el complejo arqueológico Huaca Pucllana, respecto al sistema de aparejo considerado en la normativa peruana.

3. ANTECEDENTES

Los sistemas constructivos empleados en los restos arqueológicos en el Perú no han sido mayormente estudiados respecto a su comportamiento, más aún en las culturas pre-incas, por lo que el conocimiento constructivo ancestral no ha sido rescatado.

Respecto al sistema peruano ancestral de construcción de muros de adobe con sistema de aparejo tipo librero, empleado en el complejo arqueológico Huaca Pucllana, es definido por Flores, mencionada en Perú Ecológico (2007, p.1) de la siguiente manera.

> Pucllana fue construida usando pequeños adobitos rectangulares. La técnica mediante la cual se construyó es bastante particular: consiste en colocar los adobitos en posición vertical, con la argamasa sólo en la parte superior e inferior, sin ponerla entre los adobes; esta técnica fue bautizada por el estudioso Pedro Villar Córdova como la 'Técnica del Librero' por la similitud que tienen los muros con un estante con libros.

En cuanto a sismo-resistencia de las construcciones en tierra, un estudio sobre los centros arqueológicos de Pachacámac y Huaca Pucllana menciona que "…es importante analizar cómo se mejoró la resistencia mecánica de los adobes empleando técnicas constructivas que permitiesen mejorar su desempeño sismo-resistente…" En cuanto al uso de juntas verticales como una posible solución sismo-resistente se menciona que "…esta técnica habría logrado darle cierto nivel de ductilidad a la estructura permitiendo el desplazamiento de las masas estructurales en caso de fuerzas sísmicas…" (Pozzi-Escot et al, 2009, p.4).

Así también, en referencia a los restos arqueológicos de adobe, Gallegos (2002, p.3) menciona que:

> los antiguos peruanos construían con adobe en la costa y casi exclusivamente con piedra en la sierra. Muchas de sus edificaciones costeras han perdurado…Sus altos y gruesos muros, que forman en casi todas ellas un continuo sin fin de muros, han sufrido daños producidos por la lluvia y por la acción directa del hombre, pero han sido inmunes a los sismos.

Las actuales edificaciones en adobe han producido en el Perú enormes daños, tanto económicos como de vidas humanas, en los sismos ocurridos en los últimos años, como es el caso del último sismo registrado en el año 2007 en la costa sur del Perú, que causó grandes daños en el departamento de Ica. Una serie de equipos de investigadores realizaron estudios al respecto. Así se tiene el informe del equipo de investigación de Japón, encargado de evaluar los daños causados por el sismo de 2007, el que menciona que: "…el 20% de las casas en las áreas afectadas colapsaron completamente…", siendo los sistemas constructivos predominantes el adobe (52%) y la albañilería confinada (39%) (INDECI, 2009).

En una entrevista realizada al Dr. Hernando Tavera investigador y director de sismología del Instituto Geofísico del Perú, acerca del tiempo de duración de un sismo afirma que "…dependerá si se trata de la ruptura producida en el foco en cuyo caso será de milisegundos hasta 2 o 3 minutos para los grandes sismos…" (IGP, 2012).

4. MARCO TEÓRICO

Respecto a los efectos estructurales de un sismo en una edificación de adobe Grohmann (1998), mencionado por Minke (2001, p.6) considera que "…la fuerza de destrucción de un sismo y sus efectos dependen de parámetros entre los que se encuentran la duración y frecuencia en el lugar…" En cuanto al comportamiento de las edificaciones de adobe respecto a los sismos, considera que "…son afectadas mayormente por los impactos

horizontales ocasionados por los movimientos de la tierra en el plano horizontal, los impactos verticales ocasionados por la actividad sísmica equivalen a menos del 50%..."

El comportamiento de una estructura durante un sismo es definido de la siguiente manera:

> cuando los impactos horizontales del sismo alcanzan el muro perpendicularmente éste tiende a colapsar. Solamente los muros de gran espesor, tienen la capacidad de resistir estas cargas laterales sin requerir elementos de estabilización adicionales… Hoy en día viviendas de este tipo ya no se construyen debido al tiempo de ejecución requerido para construir muros de 60 a 100 cm de espesor. Por ello, es necesario buscar nuevas soluciones. (Minke, 2001 p.15).

Grohmann (1998), mencionado por Minke (2001, p.7) afirma que "…de acuerdo al método de la fuerza equivalente, la resistencia contra fuerzas horizontales está determinada por una fuerza estática…" Así también menciona que:

> cuanto mayor es la ductilidad disponible tanto menor es la fuerza equivalente. Concluyendo así que las construcciones antisísmicas deben disponer de una ductilidad mayor y deben ser capaces de asumir parte de la energía con las deformaciones plásticas.

En la búsqueda de una teoría que fundamente el posible comportamiento estructural de los espacios vacíos en el sistema de construcción de muro de adobe tipo librero, se encontró que el CEC de la Universidad de Chile (2010, p.1) considera que la teoría de disipación de energía está basada en:

> la colocación, en la estructura, de dispositivos que tienen por objetivo aumentar la capacidad de perder energía de una estructura durante un sismo, esto debido a que toda estructura disipa o elimina la energía de un sismo mediante deformaciones. Mediante estas fuertes deformaciones se incrementa notablemente la capacidad de disipar energía de la estructura con una reducción de las deformaciones de la estructura.

Por otro lado, en cuanto a la construcción en adobe, el Perú cuenta con una norma especializada Norma E0.80 RNE (Vivienda, 2006) como parte del Reglamento Nacional de Edificaciones, aprobada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, la que define los lineamientos constructivos siguientes:

> Artículo 2.- REQUISITOS GENERALES
>
> 2.1. El proyecto arquitectónico de edificaciones de adobe deberá adecuarse a los requisitos que se señalan en la presente Norma.
>
> 2.2. Las construcciones de adobe simple y adobe estabilizado serán diseñadas por un método racional basado en los principios de la mecánica, con criterios de comportamiento elástico.
>
> Artículo 3.- DEFINICIONES
>
> a. Adobe.- Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos…
>
> b. Mortero Material de unión de los adobes.- Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.
>
> En lo referente a las características de los bloques de adobe la Norma E0.80 da las siguientes pautas:
>
> Artículo 4.- UNIDAD O BLOQUE DE ADOBE
>
> 4.1. Requisitos Generales.- La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55- 70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se

fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara. El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

4.2. Formas y Dimensiones.- Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales. Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes proporciones:

a) Para adobes rectangulares el largo sea aproximadamente el doble del ancho.
b) La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.
c) En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

Según la Norma E0.30 RNE (Vivienda, 2014), que define los lineamientos constructivos de diseño sismorresistente tenemos que

Artículo 15.- Desplazamientos Laterales

15.1 Desplazamientos Laterales Permisibles

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, calculado según el Artículo 16 (16.4) no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica en la Tabla Nº8

Tabla Nº 8
LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO
Estos límites no son aplicables a naves industriales

Material perdominandte	(D_i/he_i)
Concreto armado	0,007
Acero	0,010
Albañlería	0,005
Madera	0,010

Figura 2. Límites para desplazamiento lateral de entrepiso (Vivienda, 2014)

Conceptos que han sido considerados como fundamento teórico en el planteamiento y desarrollo del estudio.

5. METODOLOGÍA

Se empleó una metodología experimental, realizado mediante una prueba de esfuerzos laterales, el cual implementa pruebas de comportamiento estructural simulando la fuerza sísmica que actúa en el muro con un pistón hidráulico de doble efecto el cual opera hasta una presión de 20 MPa, a dicha presión el pistón realiza una fuerza de empuje de hasta 50 tf, fuerza que se consigue mediante la fórmula: Fuerza=presión×área del cilindro. Éste sistema se encuentra especialmente diseñado con el fin de analizar el comportamiento estructural y determinar la rigidez y nivel de falla de cada uno de los sistemas constructivos.

La toma de datos se realizó mediante sensores colocados en el extremo del muro opuesto al de la aplicación de la fuerza. Los sensores empleados son de distancia ultrasónica, código hc-sr04. Miden una distancia eficaz de 2 cm a 4,5 m con una resolución de 3 cm, operando a una frecuencia de 40 kHz, lo que permite conocer la deformación producida en dicho extremo del muro. Estos sensores fueron colocados a 73 cm de separación de

dicho lado. El sistema permite registrar datos de presión y deformación simultáneamente mediante la utilización de la tarjeta de control Arduino, Ethernet (SD) y Matlab.

La construcción de los muros

Para el estudio se construyeron dos muros de adobe con diferente sistema de aparejo de 0,25 m x 2,60 m x 2,10 m. El primero de ellos empleando el sistema tipo librero, replicando los existentes en los restos arqueológicos de la Huaca Pucllana, y, el otro, siguiendo los sistemas de aparejo tradicionales. Previo al inicio de la construcción, se hizo un ensayo granulométrico del tipo de suelo a utilizar, según la Norma ASTM D422-63, ensayo que permite clasificar las partículas del suelo según su diámetro, mediante el empleo de tamices seleccionados. Con la información del tipo de suelo apropiado se pasó a la preparación de adobes de dimensiones: 0,28 m x 0,25 m x 0,10 m para su utilización en la construcción de ambos muros.

El muro en sistema de aparejo tipo librero se construyó colocando el adobe en posición vertical y de canto, dejando un espacio libre de 1,5 cm aproximadamente entre cada uno de los bloques. Los adobes se unieron solamente en sentido horizontal con mortero de barro. Para el sistema de aparejo tradicional, se colocaron los adobes de manera horizontal con mortero tanto en las juntas verticales como en las horizontales. Ambos muros fueron levantados sobre un sobre cimiento de concreto de 30 cm de altura (figura 3).

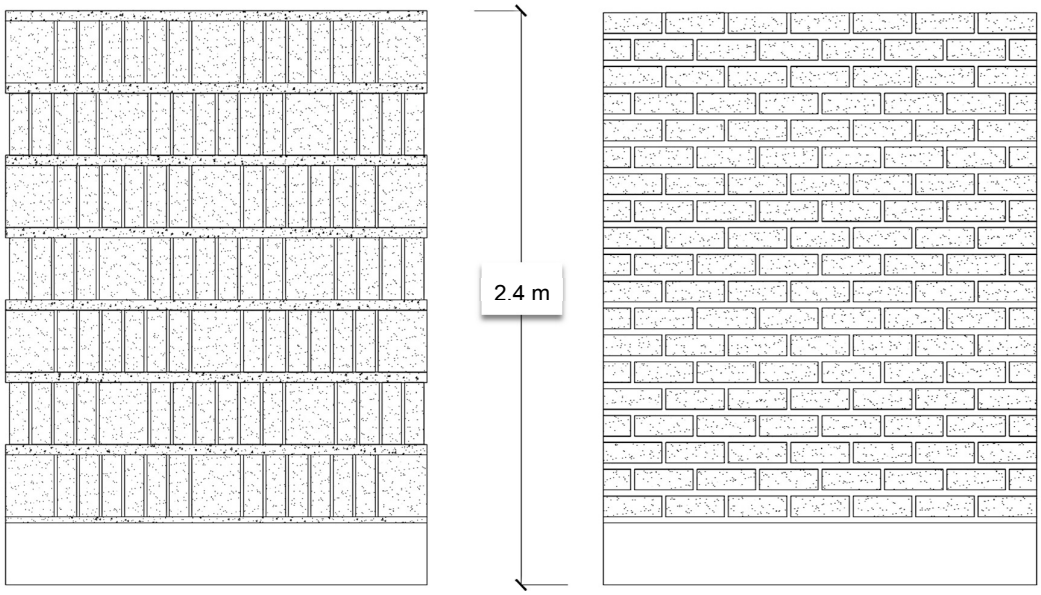


Figura 3. Técnicas de aparejo estudiadas (Fuente: CECOS-BRIGURP, 2015)

La prueba

Una vez construidos cada uno de los muros, se realizaron las pruebas de comportamiento estructural simulando la fuerza sísmica que actúa en el muro, aplicada mediante el pistón hidráulico de doble efecto. Este pistón ejerció sobre el primer muro prototipo (aparejo de librero) una fuerza de 1,171 kN y en el segundo caso una fuerza de 48,32 kN. Las fuerzas fueron aplicadas, en ambos casos, en la parte superior de los muros a 2,10 m desde el nivel de piso terminado.

Para la toma de datos se colocaron ocho sensores de distancia ultrasónica en el extremo del muro opuesto al de la aplicación de la fuerza, los cuales cuentan con capacidad de medición de una distancia eficaz de 2 cm a 400 cm con una resolución de 3 cm, información que fue almacenada de forma paralela con los datos de presión obtenidos del transductor de presión. Una vez terminada la prueba, se procedió al retiro de la memoria SD de la tarjeta Arduino, y, posteriormente conectada a la PC se realizó la interpretación de datos (corrección y gráficos), los que se exportaron a una tabla en excel. Este procedimiento permitió conocer con precisión la deformación producida en el extremo de ambos muros y evaluar la rigidez y nivel de falla de éstos, así como también el comportamiento de cada sistema de aparejo respecto a la ductilidad que presentan.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Luego de realizados los dos ensayos y aplicada una fuerza horizontal en la corona del muro, se obtuvieron los resultados presentados en la tabla 1.

Tabla 1. Desplazamientos laterales en el muro de aparejo tipo librero

Tiempo (s)	Presión Aplicada	Fuerza	Sensor 1		Sensor 7	
	MPa	kN	Lo (m)	Δ (m)	Lo (m)	Δ (m)
0,000	0,000	0,000	0,720	0,000	0,720	0,000
0,125	0,000	0,000	0,720	0,000	0,720	0,000
0,250	0,000	0,000	0,720	0,000	0,710	0,010
0,375	0,000	0,000	0,720	0,000	0,710	0,010
0,500	0,000	0,000	0,720	0,000	0,710	0,010
0,625	0,000	0,000	0,720	0,000	0,710	0,010
0,750	0,000	0,000	0,720	0,000	0,710	0,010
0,875	0,000	0,000	0,720	0,000	0,710	0,010
1,000	0,000	0,000	0,720	0,000	0,710	0,010
64,000	0,046	1,171	0,610	0,110	0,690	0,030
64,125	0,046	1,171	0,620	0,100	0,680	0,040
64,250	0,046	1,171	0,610	0,110	0,690	0,030
64,375	0,046	1,171	0,620	0,100	0,680	0,040
64,500	0,046	1,171	0,620	0,100	0,690	0,030
64,625	0,046	1,171	0,620	0,100	0,690	0,030
64,750	0,046	1,171	0,610	0,110	0,690	0,030
64,875	0,046	1,171	0,610	0,110	0,690	0,030
65,000	0,046	1,171	0,620	0,100	0,690	0,030
65,125	0,046	1,171	0,620	0,100	0,690	0,030
Deformación total relativa Δ (m)					0,070	
Deriva de entrepiso					0,0212	

Según se observa en la tabla 1 el ensayo dio como resultado un desplazamiento absoluto medido por el sensor 1 de 10 cm y el medido por el sensor 7 de 3 cm, obteniéndose como resultado final un desplazamiento relativo de 7 cm. El artículo 15º de la norma E.030 (Vivienda, 2014) considera el desplazamiento lateral permisible para albañilería de 0,005, el cual se tomó como referencia debido a que no se cuenta con parámetros establecidos para adobe.

Los resultados de la prueba permitieron calcular una deriva de entrepiso de 0,0212.

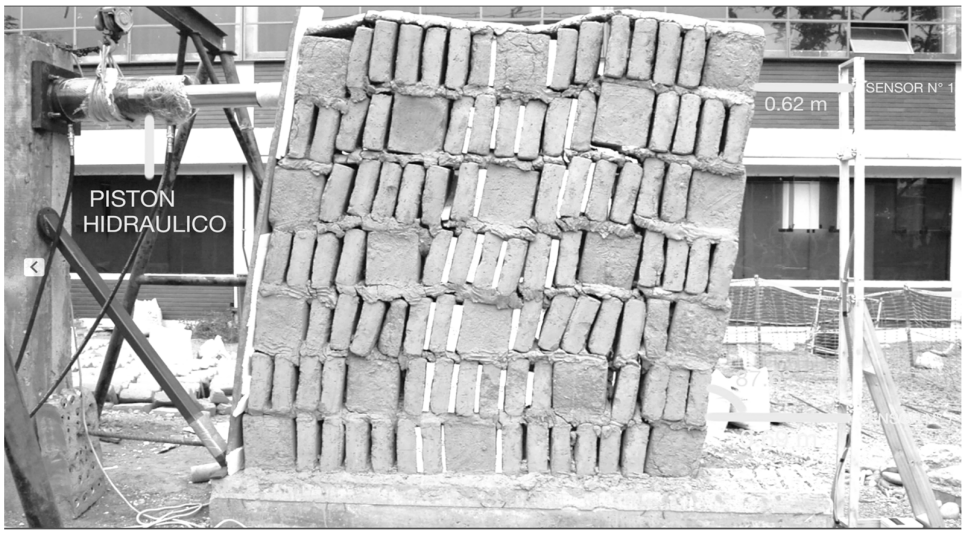


Figura 4. Falla del muro de adobe en aparejo de librero (Crédito: CECOS-BRIGURP, 2015)

Tabla 2. Desplazamientos laterales en muro de aparejo convencional

Tiempo (s)	Presión Aplicada	Fuerza	Sensor 1		Sensor 7	
	MPa	kN	Lo (m)	Δ (m)	Lo (m)	Δ (m)
0,0000	1,19316	29,0523	0,5588	0,0000	0,5309	0,0000
0,1818	1,98448	48,3202	0,5559	0,0029	0,5245	0,0064
0,3636	1,98448	48,3202	0,5493	0,0095	0,5245	0,0064
0,5455	1,98448	48,3202	0,5503	0,0085	0,5229	0,0080
0,7273	1,98448	48,3202	0,5437	0,0151	0,5224	0,0085
0,9091	1,98448	48,3202	0,5437	0,0151	0,5214	0,0095
1,0909	1,98448	48,3202	0,5416	0,0172	0,5194	0,0115
1,2727	1,98448	48,3202	0,5389	0,0199	0,5131	0,0178
1,4545	1,98448	48,3202	0,5353	0,0235	0,5131	0,0178
1,6364	1,98448	48,3202	0,5336	0,0252	0,5131	0,0178
1,8182	1,98448	48,3202	0,5309	0,0279	0,5131	0,0178
2,0000	1,98448	48,3202	0,5289	0,0299	0,5131	0,0178
2,1818	1,98448	48,3202	0,5231	0,0357	0,5131	0,0178
2,3636	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
2,5455	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
2,7273	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
2,9091	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
3,0909	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
3,2727	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
3,4545	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
3,6364	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
3,8182	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
4,0000	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
4,1818	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
4,3636	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
4,5455	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
4,7273	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
4,9091	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
5,0909	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178

5,2727	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
5,4545	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
5,6364	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
5,8182	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
6,0000	1,98448	48,3202	0,5255	0,0334	0,5131	0,0178
Deformación total relativa Δ (m)					0,0156	
Deriva de entrepiso					0,0047	

Según se observa en la tabla 2, el ensayo dio como resultado un desplazamiento absoluto medido por el sensor 1 de 3,34 cm y el medido por el sensor 7 de 1,78 cm, obteniéndose como resultado final un desplazamiento relativo de 1,56 cm. El artículo 15º de la norma E.030 (Vivienda, 2014) considera el desplazamiento lateral permisible para albañilería de 0,005 el cual se tomó como referencia debido a que no se cuenta con parámetros establecidos para adobe.

Los resultados de la prueba permitieron calcular una deriva de entrepiso de 0,0047.

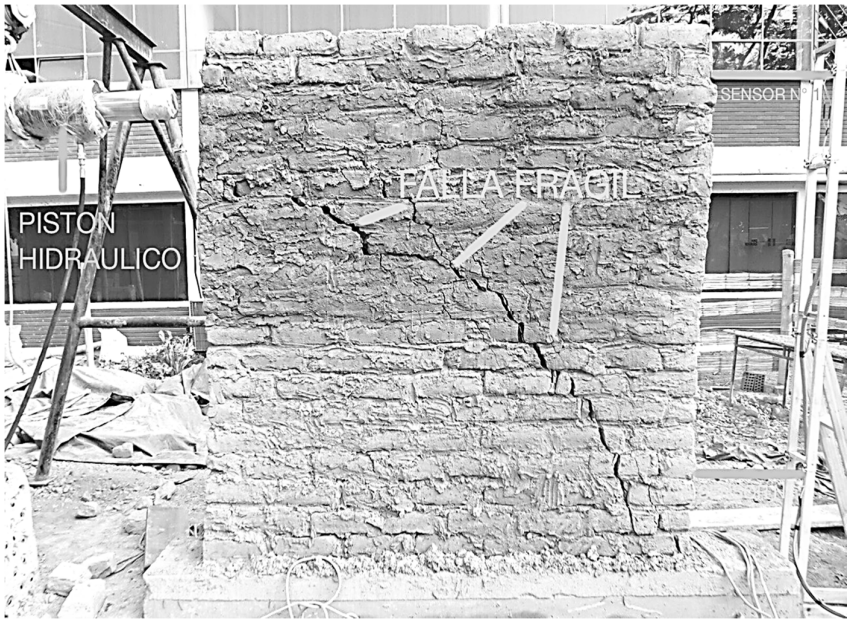


Figura 4. Falla del muro de adobe en aparejo convencional (Crédito: CECOS-BRIGURP, 2015)

La prueba realizada en el muro con aparejo de librero cumple con lo expresado por Grohmann (1998), mencionado por Minke (2001, p.6) respecto a los efectos estructurales de un sismo en una edificación de adobe de los que menciona "…la fuerza de destrucción de un sismo y sus efectos dependen de parámetros entre los que se encuentran la duración y frecuencia en el lugar…" así también con lo expresado por el Dr. Hernando Tavera del Instituto Geofísico del Perú, acerca del tiempo de duración de un sismo, quien afirma que "…dependerá si se trata de la ruptura producida en el foco en cuyo caso será de milisegundos hasta 2 o 3 minutos para los grandes sismos…" pues durante 3 min soportó 1,17 kN deformándose 7 cm sin colapsar mostrando una alta ductilidad, cumpliendo con lo mencionado por Minke (2001, p.7) respecto al comportamiento de los muros de adobe que "…cuanto mayor es la ductilidad disponible tanto menor es la fuerza equivalente. Concluyendo así que las construcciones antisísmicas deben disponer de una ductilidad mayor…"

Según la tabla nº 8 del artículo 15 – Desplazamientos Laterales de la norma E0.30 RNE (Vivienda, 2014), el límite para desplazamiento lateral de entrepiso para albañilería debe

ser 0,005, valor tomado como referencia debido a la falta de parámetros establecidos para adobe. La prueba del muro con aparejo de librero dio un valor de deriva de entrepiso de 0,0212, el cual supera los límites para este tipo de estructuras. Pese a estos valores, el muro construido con este sistema no colapsó, llegando a tolerar mayores deformaciones que un muro de mampostería, como del que se está tomando los valores referenciales.

El muro con aparejo convencional presentó mayor rigidez que la anterior, al ser sometida a una fuerza de 48,32 kN en un tiempo de 6 segundos. La prueba del muro con aparejo convencional dio un valor de deriva de entrepiso de 0,0047, el cual es menor que el requerido por la norma E.030 (0,005) para este tipo de estructuras. Se comprobó así que el sistema de construcción de adobe tradicional tiene un nivel de desplazamiento menor antes de fallar comparado con un muro de mampostería convencional.

6. CONCLUSIONES

El estudio mostró que el muro con aparejo de librero tuvo mejor comportamiento ante la aplicación de una fuerza horizontal en la parte superior, zona más sensible del muro.

El sistema constructivo de aparejo de librero aumentó la ductilidad del muro, permitiendo mayores deformaciones y disipación de energía.

Este sistema constructivo de aparejo de librero, empleado por la cultura Lima, cumplió con el RNE del Perú, Norma E.080 (Vivienda, 2006) para construcciones en adobe, como es soportar sismos de intensidad media, permitiendo la evacuación de los habitantes, al haber soportado 3 min sin colapsar.

Así también este sistema constructivo, de aparejo de librero, superó los requerimientos mínimos que el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, Norma E.030. (Vivienda, 2014) exige, respecto al desplazamiento del entrepiso que llegó a tener el muro, además de permitir regresar a su condición inicial con daños leves.

Como consecuencia se concluye que en los restos arqueológicos pertenecientes a las culturas Pre-Incas (cultura Lima) de Lima se manejaron conceptos relacionados a la solución de la problemática sísmica de la costa del Perú.

El sistema de aparejo de librero presenta algunas dificultades para su empleo en edificaciones actuales, que deben ser resueltas en estudios posteriores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials. ASTM International (s/f). Norma ASTM D422-63 Standard test methods for particle-size analysis of soils. ASTM.

CEC Universidad de Chile (2010) Aislación sísmica. Universidad de Chile. Disponible en <http://www.cec.uchile.cl/~dicesco/aislacion.html> Acceso en 15-07-2015

Gallegos, H. (2002).La nobleza del adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú PUCP. *Lima.* p.3

Grohmann (1998). Introducción al diseño sismorresistente, viviendas sismorresistentes (Informe no publicado). En: Laboratorio de Construcción Experimental, Universidad de Kassel, Alemania.

Instituto Geofísico del Perú. (S/F) Servicios institucionales. Preguntas frecuentes 28/02/12. Portal del Instituto Geofísico del Perú. IGP 2012. Disponible en <http://www.igp.gob.pe/portal/images/documents/sismos/preguntas_frecuentes/8.pdf> Acceso en 06-09-2015

Instituto Nacional de Defensa Civil (2009) Informe del equipo de investigación de Japón. Sismo 2007.INDECI.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006). Norma E.0.80. Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. VIVIENDA. Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014). Norma E.0.30. Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. VIVIENDA. Perú.

Minke, G. (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Kassel. Alemania.

Perú Ecológico (S/F) Los sismos y las construcciones de adobe-Perú Ecológico. Disponible en: <http://www.peruecologico.com.pe/esp_sismosadobes.htm> Acceso en 12-07-2015

Pozzi-Escot, D.; Bernuy, K.; Torres, H. P; Aching, J. V. (2009). Sismo-resistencia de las construcciones en tierra del santuario arqueológico de Pachacamac. Disponible en: http://www.academia.edu/6067224/SISMO-RESISTENCIA_DE_LAS_CONSTRUCCIONES_EN_TIERRA_DEL_SANTUARIO_ARQUEOLOGICO_DE_PACHACAMAC

AGRADECIMIENTOS

Se agradece de manera especial al Doctor Iván Rodríguez Chávez, Rector de la universidad Ricardo Palma, por el apoyo económico brindado para la construcción del sistema de pruebas.

A los miembros del Centro de Estudios de Comunidades Saludables (CECOS-BRIGURP), en especial a Gustavo Sosaya del Carpio, Oscar Paz Cáceres, Luis Felipe Camones Alegría, Cesar Zamora Zelada, Renato Flores Biggio y Cristina Arias Gutiérrez y demás miembros voluntarios por su apoyo en la elaboración y desarrollo del trabajo.

AUTORES

Johnny Agüero Benites, alumno de Arquitectura. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario, Coordinador de alumnos del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Javier Cerón Uribe, egresado de Ingeniería Civil. Universidad Ricardo Palma. Asistente Técnico en estructuras en HOB Consultores S.A., ex Practicante de estructuras en el Ministerio Transportes y Comunicaciones del Perú. Coautor de ponencia Edificaciones con tapia apisonada reforzada con entramado de carrizo (*Arundo donax L.*) TerraBrasil 2012. Miembro voluntario, ex Coordinador de alumnos del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP.

Juan Carlos Miguel Ángel Gonzáles Lévano, alumno de Ingeniería Electrónica. Universidad Ricardo Palma. Miembro voluntario, Ex Coordinador de alumnos del Centro de Estudios para Comunidades Saludables CECOS-BRIGURP. Tesista ganador del concurso FINCYT proyecto Sistema electromecánico de simulación sísmica con movimiento reproducido mediante software basado en registros sísmicos del Perú para evaluar el comportamiento sismo-resistente de sistemas constructivos en general"".

María Teresa Méndez Landa, Doctora en Educación por la Universidad San Martín de Porres. Arquitecta por la Universidad Nacional de Ingeniería. Profesora Asociada en facultades de Arquitectura e Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Coordinadora y directora de proyectos de investigación del Centro de Estudios para Comunidades Saludables y Jefe del Instituto de la Construcción de la Facultad de Ingeniería. Universidad Ricardo Palma. Directora de ponencias presentadas al TerraBrasil 2008, 2010 y 2012, SIACOT 2009, NOCMAT 2013, Ekotectura 20014 y TerraBrasil 2014.

2. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE LAS UNIDADES DE ADOBE DEL COMPLEJO ARQUEOLÓGICO HUACA DE LA LUNA MEDIANTE ENSAYOS DE ULTRASONIDO

Rafael Aguilar[1]; Cristhian Saucedo[2]; Mijail Montesinos[3]; Eduardo Ramírez[4]; Ricardo Morales[5]; Santiago Uceda[6]

Departamento de Ingeniería, Sección Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP
[1]raguilar@pucp.pe; [2]cgsaucedoa@pucp.pe; [3]mijail.montesinos@pucp.pe; [4]jeramirezc@pucp.pe
Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional de Trujillo, Perú
[5]rimoga07@yahoo.es; [6]santiago_uceda@hotmail.com

Palabras clave: Adobe, ultrasonido, ensayos no destructivos, tomografía, propiedades mecánicas.

Resumen

El complejo arqueológico Huaca de la Luna es una construcción masiva de adobe construida entre los años 100 y 650 D.C. por la civilización Moche y actualmente es considerado como uno de los sitios arqueológicos más importantes del Perú. Dada su ubicación en la costa peruana, este complejo es vulnerable a los efectos de los sismos que se producen constantemente por la interacción entre las placas de Nazca y Sudamericana. Debido a los peligros a los que se encuentra expuesto, la conservación y protección de este monumento requiere un diagnóstico estructural exhaustivo. Esto implica una apropiada identificación de su condición actual, materiales y sistema estructural. El artículo presenta una metodología innovadora para determinar las características mecánicas del adobe mediante la aplicación de ensayos de ultrasonido complementados con ensayos de compresión simple. Mediante esta metodología se logró obtener satisfactoriamente el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson de unidades representativas del adobe de Huaca de la Luna. Se realizaron también ensayos de tomografía ultrasónica para evaluar cualitativamente la variabilidad de cada una de las unidades estudiadas. Los resultados de este estudio se usarán para posteriores análisis integrales de la seguridad sísmica del complejo y como una línea base para procesos posteriores de determinación in-situ del estado de daño del sistema de albañilería.

1. INTRODUCCION

La evaluación estructural de construcciones patrimoniales requiere de un estudio detallado de las propiedades mecánicas de los materiales que componen el sistema estructural. Caracterizar apropiadamente los materiales permite elaborar modelos numéricos representativos, realizar un diagnóstico apropiado y posteriormente plantear medidas de intervención para garantizar la integridad del patrimonio.

Una de las principales dificultades durante la etapa de estudio de construcciones patrimoniales es la obtención de muestras del material que las constituyen. Los principios establecidos en la carta de ICOMOS/ISCARSAH (2005) indican que debe evitarse la alteración de la edificación por lo que la aplicación de técnicas no-destructivas resulta de gran interés.

La presente investigación está centrada en Huaca de la Luna, el cual es un complejo arqueológico que se encuentra ubicado en la costa norte del Perú, a ocho kilómetros de la ciudad de Trujillo, y que fue construido entre los años 100 y 650 D.C. Este monumento fue uno de los templos más importantes de la cultura Moche y destaca por la técnica constructiva de superposición de templos en diferentes periodos (al menos cinco sucesivas etapas se encontraron durante el proceso de excavación). La Huaca tiene una

base cuadrada de 87 metros de lado y una altura de 21 metros. En la Figura 1a se muestra la reconstrucción 3D hipotética de la Huaca en su etapa final y además se indican los sectores estudiados en esta investigación. Como se aprecia en la Figura 1b, los relieves en sus pinturas murales de cinco colores son los componentes artísticos más destacados (Uceda; Paredes, 1994).

El presente estudio tiene como objetivo determinar las propiedades mecánicas (resistencia y módulo de elasticidad) de las unidades de adobe del complejo arqueológico Huaca de la Luna. Este trabajo se integró con la campaña de excavación arqueológica que se viene realizando desde inicios de la década de los 90s y para esto se extrajo en 2014 un grupo de 80 adobes de la zona denominada como Templo Nuevo. Los adobes fueron recolectados de la parte media de esta construcción y después fueron trasladados cuidadosamente al laboratorio de estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Las Figura 2a y Figura 2b muestran el proceso de extracción y embalaje/transporte de los adobes. Cuatro unidades de este grupo fueron escogidas como representativas para determinar su densidad, contenido de humedad, resistencia a compresión y módulo de elasticidad. Adicionalmente se realizaron medidas de variabilidad dimensional y tomografías ultrasónicas para determinar la homogeneidad de todo el grupo de adobes.

Figura 1. Complejo arqueológico Huaca de la Luna: (a) esquema 3D; y (b) mural característico

2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

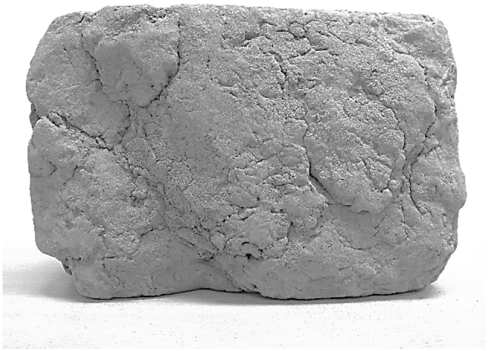
Ensayos realizados y material utilizado

El tipo de material predominante que conforma los adobes de Huaca corresponde a un suelo areno arcilloso que tiene 85% de arena y un 15% de finos (PHLL, 2008). Para complementar la caracterización física de los adobes de este complejo arqueológico se realizó un estudio de variabilidad dimensional, densidad y contenido de humedad.

Tal y como muestra la Figura 2c, los adobes de Huaca de la Luna presentan un geometría irregular. Para estudiar la variabilidad dimensional se realizó un proceso continuo de medida con cinta métrica en las 80 unidades de adobe. La medición se llevó a cabo por dos meses en laboratorio siendo las temperaturas máxima y mínima registradas de 28,3°C y 22,5°C, respectivamente. Por otro lado, para la determinación de la densidad y del contenido de humedad se seleccionaron cuatro adobes de donde se extrajeron 14 prismas regulares de aproximadamente 110 mm x 51 mm x 45 mm (ya previendo los ensayos posteriores de caracterización mecánica) con un proceso de corte manual, tal y como se muestra en la Figura 2d. La densidad de estos prismas se determinó siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM D7263 (2009), mientras que el contenido de humedad se realizó tomando en consideración la norma ASTM D4643 (2008).

(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 2. Especímenes de adobe de la Huaca de la Luna (a) proceso de obtención (b) protección para el traslado (c) adobe típico; y (d) preparación de especímenes para los ensayos de caracterización

Resultados y discusión

De la medición del tamaño del grupo total de 80 adobes se obtuvo que en promedio estos tienen un largo de 320 mm con un coeficiente de variación (CV) del 5,2% con un máximo y mínimo de 360 mm y 280 mm respectivamente, un ancho de 220 mm con un CV del 7,4% con un máximo y mínimo de 270 mm y 180 mm respectivamente y una altura de 120 mm con un CV del 11,9% con un máximo y mínimo de 150 mm y 75 mm respectivamente.

La densidad promedio encontrada fue de 1750 kg/m3 con un CV del 4% con un máximo y mínimo de 1941 kg/m3 y 1664 kg/m3 respectivamente. Estos valores son similares a los reportados en informes previos en los cuales cual se estudia la densidad de los adobes de los sectores conocidos como Frontis Norte, Plaza 2A, Plataforma III y Salas Hipóstilas, encontrándose valores de 1800, 1880, 1830 y 1970 kg/m3 respectivamente (PHLL, 2008).

Los valores calculados para el contenido de humedad están en el rango de 1,7% a 2,1% con un promedio de 1,9% y presentan un CV del 14%. Valores similares fueron reportados para los sectores Frontis Norte, Plaza 2A, Plataforma III y Salas Hipóstilas que muestran valores del contenido de humedad de 1,69%, 2,38%, 1,78% y 2,62%, respectivamente (PHLL, 2008).

3. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA

Ensayo de compresión uniaxial

Los ensayos de compresión permiten obtener curvas esfuerzo-deformación del material a partir de las cuales se calculan los parámetros mecánicos de resistencia y módulo de elasticidad. Los datos obtenidos son parte fundamental del diagnóstico de la estructura y servirán como datos de entrada para la generación de modelos numéricos que ya se vienen implementando con el objetivo de predecir el comportamiento sísmico de la Huaca.

En la configuración de los ensayos de compresión se utilizaron las recomendaciones de la norma ASTM C469/C469M, (2014) y referencias a artículos científicos donde estudian materiales similares (Illampas; Charmpis; Ioannou, 2014; Piattoni; Quagliarini; Lenci, 2011; Adorni; Coisson; Ferretti, 2012; Silveira; Varum; Costa, 2012). Con esta base, se decidió cortar las unidades para obtener especímenes prismáticos regulares con dimensiones promedio de 110 mm x 51 mm x 45 mm. Para corregir imperfecciones en los prismas resultantes, se lijó las superficies para uniformizar y dar paralelismo a las caras que entrarían en contacto con el equipo de ensayo.

Para el ensayo, se utilizó un procedimiento de control de desplazamientos con la finalidad de registrar el comportamiento post pico del material (Vasconcelos, 2005). En la revisión de la literatura se encontraron diferentes criterios para definir la velocidad de aplicación de la carga. Por ejemplo, Silveira, Varum y Costa (2012) utilizan una tasa de deformación de 1,5 mm/min, mientras que Illampas, Charmpis y Ioannou (2014) realizan ensayos de compresión a una tasa de 4,5 mm/min. Por otro lado, Parisi et al (2015) utiliza una tasa de 0,6 mm/min en ensayos de compresión de especímenes cúbicos de adobe de 70 mm de lado. En base a los trabajos mencionados se determinó realizar el ensayo con una velocidad de desplazamiento de 0,5 mm/min.

Los especímenes se ensayaron empleando una máquina universal Zwick/Roell Z050 (http://www.zwick.com) donde las muestras se colocaron en contacto directo con la máquina. Para medir las deformaciones locales se utilizó un sistema de análisis de deformación óptico Aramis (GOM mbH, 2010). En la Figura 3a se muestra la configuración del ensayo y la forma de falla típica de uno de los especímenes ensayados.

Ensayos de ultrasonido

El ensayo de ultrasonido es un método no destructivo que permite estimar las propiedades dinámicas de un material así como detectar la existencia de defectos internos. En este ensayo se genera una onda con un contenido de frecuencias mayor a 20 KHz empleando un transductor ultrasónico. La onda viaja a través del material y finalmente es detectada por un receptor como se muestra en la Figura 3b. La velocidad de propagación de la onda está en función al material que atraviesa y es por ello que este parámetro se puede relacionar con propiedades mecánicas como el módulo de elasticidad, densidad y módulo de Poisson (Krautkramer; Krautkramer, 1990).

Existen dos tipos de ondas mecánicas producidas por un pulso ultrasónico: ondas P y S. Las ondas P, u ondas de compresión longitudinal, son ondas que atraviesan el sólido desplazando las partículas del material a lo largo de la dirección de propagación de la onda. Las ondas S, son ondas de corte y desplazan a las partículas en forma perpendicular a la dirección de viaje de la onda. La velocidad de la onda P y S se calcula dividiendo la longitud de recorrido entre el tiempo que toma en llegar al receptor en el extremo opuesto, tal como se muestra en la ecuación (1).

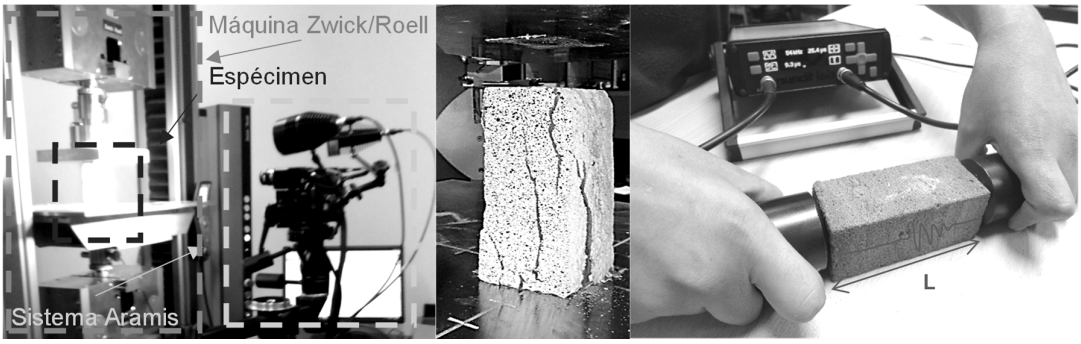
$$V_{P,S} = \frac{L}{t_{P,S}} \quad (1)$$

En la ecuación (1) V_p y V_s representan la velocidad de propagación a través del material de la onda *P* y *S* expresados en [*m/s*]. La longitud de recorrido está representada por *L en [m],* mientras que t_P y t_S es el tiempo en [s] que demora en atravesar la onda el material. Complementariamente, las ecuaciones (2) y (3) consideran que las ondas *P* y *S* atraviesan un sólido elástico isotrópico y por lo tanto es posible establecer una relación de la velocidad con el módulo de elasticidad dinámico, densidad y módulo de Poisson (Krautkramer; Krautkramer, 1990). En estas ecuaciones el módulo de elasticidad dinámico (E_d) está expresado en [N/m^2], la densidad (ρ) en [kg/m^3] y el módulo de Poisson (□) es adimensional. Finalmente, si V_p y V_s son conocidas, el módulo de Poisson se puede estimar con la ecuación (4).

$$V_P = \sqrt{\frac{E_d(1-v)}{\rho(1+v)(1-2v)}} \quad (2)$$

$$V_S = \sqrt{\frac{E_d}{\rho 2(1+v)}} \quad (3)$$

$$\frac{V_S}{V_P} = \sqrt{\frac{1-2v}{2(1-v)}} \quad (4)$$



(a) (b)

Figura 3. Adobe de Huaca de la Luna, ensayos de caracterización mecánica: (a) configuración del ensayo a compresión y falla típica en prisma sometido a compresión; y (b) procedimiento de ensayo de ultrasonido

La determinación adecuada y precisa del tiempo de propagación de las ondas es de gran importancia en el ensayo de ultrasonido. Sin embargo, cierto grado de incertidumbre es considerado sobre el momento exacto de llegada de la onda cuando se determina manualmente. Granja (2011) reporta que existen casos particulares donde es posible considerar diferentes estimaciones del tiempo de arribo de la onda *S* en la señal adquirida.

Es por esto que el tiempo de propagación varía en función de la experiencia y conocimiento del operador pues la elección del punto exacto se lleva a cabo de manera subjetiva (Viana da Fonseca; Ferreira; Fahey, 2009).

Cuando se realizan ensayos de ultrasonido para la medición de la velocidad de ondas de corte, las ondas *P* generadas por los transductores de ondas *S* dificultan la determinación del tiempo de propagación. Este fenómeno se observa en la Figura 4a, siendo en todos los casos la onda *P* la primera en ser registrada incluso cuando se usaron transductores de corte. La identificación del tiempo de viaje de la onda *S* se determinó realizando un barrido manual de frecuencias que permitió distinguir la llegada de ambos tipos de ondas. Para esto, se asume que dentro del rango de frecuencias utilizadas en este método, el tiempo de viaje se mantiene independiente de la frecuencia de entrada aplicada (Viana da Fonseca et al, 2009). En la Figura 4a la línea punteada vertical a la derecha indica el tiempo de arribo de la onda *S* al transductor.

En el presente caso de estudio se realizaron ensayos de ultrasonido directo utilizando el equipo de medición PunditLab+. La frecuencia de muestreo a la cual se registraron las señales fue de 2 MHz con lo se tiene una aproximación en el tiempo a 0,5 μs. Se utilizaron transductores de 54 kHz para evaluar la velocidad de onda *P* y transductores de 250 kHz para registrar la onda *S*. Siguiendo las recomendaciones de la norma ASTM C597 (2009) se utilizó gel acoplante para mejorar el registro.

La longitud de recorrido de la onda usada para los ensayos ultrasónicos fue aproximadamente de 110 mm (longitud del lado largo en los prismas ensayados). Aunque la norma ASTM D2845, (2008) presenta dimensiones mínimas para ensayos de roca, no existen recomendaciones para ensayos de tierra. En este sentido, diversas investigaciones recomiendan que la longitud mínima de recorrido debe ser dos veces la longitud de onda en el material (Santamarina; Klein; Fam, 2001; Leong; Yeo; Rahardjo, 2004), la cual está a su vez relacionada con la frecuencia y la velocidad de propagación por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{V_{P,S}}{f} \tag{5}$$

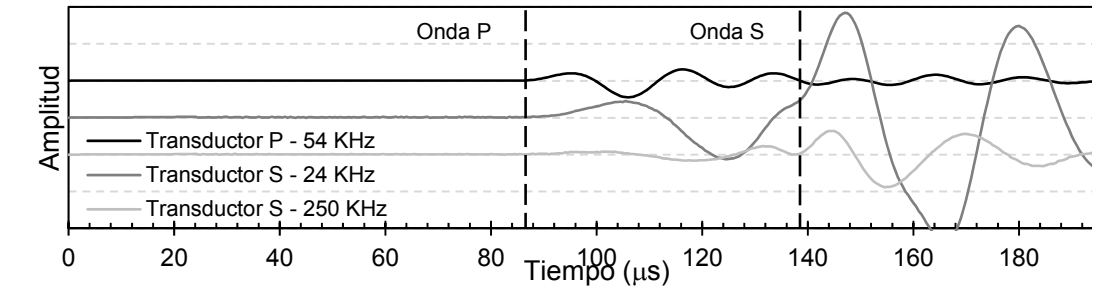
Donde λ es la longitud de onda en [*mm*], f es la frecuencia en [kHz] y $V_{P,S}$ es la velocidad de onda *P* o *S* en [*m/s*].

En ensayos preliminares en adobes de Huaca de la Luna se obtuvo una velocidad de onda *P* de 1300m/s utilizando una frecuencia de 54 kHz. Utilizando estos resultados y aplicando la ecuación (5), se determinó que la longitud de onda es aproximadamente 24 mm por lo que la longitud mínima de ensayo sería de 48 mm. Este resultado valida los resultados de estos ensayos en los prismas de 110 mm.

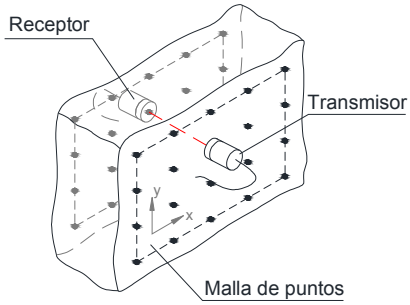
Cuando se calculan las velocidades en diversos puntos del elemento en estudio gráficos en 2D o 3D (dependiendo de si se realizan ensayos directos o indirectos) denominados tomografías ultrasónicas. Una tomografía es una herramienta que reproduce la estructura interna de un elemento a partir de mediciones recogidas en su superficie externa (Binda; Saisi; Tiraboschi, 2000). Los resultados de una tomografía pueden ser presentados como mapas de velocidades que están asociadas a la heterogeneidad del material o la presencia de grietas y defectos.

Para el caso de este estudio, se realizaron ensayos con fines de tomografía en el grupo total de 80 adobes disponibles en laboratorio. Debido a la variabilidad de las dimensiones de los adobes, se utilizaron 3 tipos de mallas para realizar los ensayos: tipo 1 (65 mm x 60 mm), tipo 2 (60 mm x 50 mm) y tipo 3 (60 mm x 60 mm) siendo los valores en paréntesis

el espaciamiento entre puntos en dirección X y Y respectivamente (ver Figura 4b). En las mallas tipo1 y 2 se graficaron 5 y 4 puntos en dirección X y Y, respectivamente, mientras que en la malla tipo 3 fueron necesarios 5 y 3 puntos para cada eje. La Figura 4c muestra el procedimiento de ensayo en cada punto.



(a)



(b)

(c)

Figura 4. Ensayos de ultrasonido (a) Resultados de onda P para 54 kHz y onda S para 24 kHz y 250kHz (b)configuración de ensayo de tomografía ultrasónica(c) Toma de datos para la tomografía

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Ensayos de compresión uniaxial

De los ensayos realizados se construyeron las curvas esfuerzo-deformación a partir de los cuales se pudieron obtener parámetros mecánicos como la resistencia a compresión y módulo de elasticidad. En la Tabla 1 se muestran los resultados correspondientes al presente estudio. Como se muestra, la resistencia promedio a compresión obtenida fue de 1,28 MPa con un CV del 18%. Este valor de resistencia es coincidentemente similar al obtenido por Adorni, Coisson y Ferretti (2012) quien obtiene un valor aproximado de 1,04 MPa en adobes de una antigüedad de 2000 años del centro arqueológico de Nisa Partica en Turkmenistán. Asimismo, los resultados coinciden con el estudio realizado por Silveira, Varum y Costa (2012) en adobes de mediados del siglo XX de la ciudad de Aveiro en Portugal, quien determinó una resistencia a la compresión de 1,18 MPa. Los resultados también coinciden con informes internos del grupo de trabajo de Huaca de la Luna (PHLL, 2008, 2010) que reportan resistencias parecidas en adobes del Frontis Norte los cuales muestran una resistencia de 1,15 MPa. Sin embargo no concuerdan con el promedio

hallado, el cual proporciona un valor de resistencia de 0,63 MPa. Este es un indicador de la heterogeneidad del material que constituye la Huaca.

El módulo de elasticidad secante ($E_{Secante}$) se estimó haciendo uso del criterio propuesto por Silveira, Varum y Costa (2012) que establece que es igual a la pendiente de la recta trazada desde el origen al tercio de la resistencia máxima a compresión. El $E_{Secante}$ promedio obtenido en este estudio fue de 901 MPa con un CV del 43%. El estudio de este parámetro en otras investigaciones de adobe reporta CV similares (ej. Almeida, 2012).

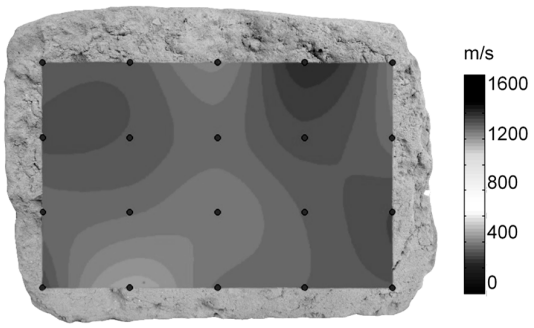
b) Ensayos de ultrasonido

El resumen de los resultados de los ensayos de ultrasonido se presenta también en la Tabla 1. Como se ve, la velocidad promedio de la onda *P* tiene un valor de 1350 m/s con un CV de 3,5% con valores mínimos y máximos de 1270 m/s a 1450 m/s, respectivamente. Por otro lado, la velocidad de onda *S* promedio fue de 850 m/s con un CV de 5,6%, en este caso la velocidad mínima fue de 750 m/s y la máxima de 950 m/s. Los bajos coeficientes de variación obtenidos confirman la robustez del método. Haciendo uso de la ecuación (4) se calculó el módulo de Poisson para cada una de las muestras. En este caso, el valor promedio hallado fue de 0,16 con un CV de 22%. Además, haciendo uso de la ecuación (2) y el valor de densidad promedio de 1750 kg/m^3, se calculó que $E_{dinámico}$ promedio es de 2960 MPa con un CV de 9%.

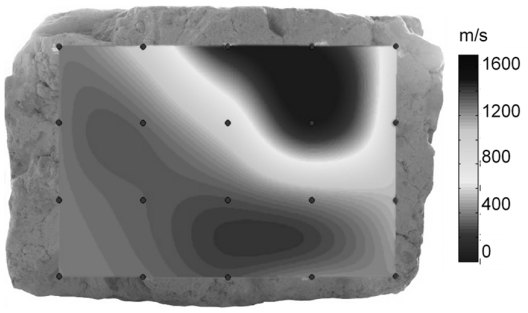
Por otro lado, los ensayos directos de ultrasonido en las caras de las unidades de adobe permitieron generar imágenes 2D de velocidades. En la Figura 5 se muestran los resultados de dos unidades, la primera representativa de la mayoría de especímenes ensayados y la segunda representativa de un espécimen con problemas de heterogeneidad. La Figura 5a representa a un adobe con velocidades de onda *P* que varían entre 1250 m/s y 1350 m/s. La imagen indica que el adobe es homogéneo y que posiblemente se encuentra en buen estado ya que no presenta diferencias significativas de velocidades. Por otro lado, en la Figura 5b se observa un cambio notable en la parte superior derecha del adobe. Este cambio indica que en dicha zona existen defectos internos que provocan una atenuación de la velocidad de onda. Este tipo de información evidenciaría la existencia de un daño parcial en esta región de la unidad. Los resultados de estos ensayos muestran que, a excepción del adobe que se muestra en la Figura 5b, la velocidad máxima registrada fue igual a 1650 m/s y la velocidad mínima fue 900 m/s. Las velocidades más comunes registradas en los puntos ensayados en todos los adobes estuvieron en el rango de 1300 m/s a 1400 m/s. Se determinó que un 25% de los adobes tienen valores promedio de velocidad de entre 1000 m/s y 1200 m/s, el 66% varía entre 1200 - 1400 m/s y solo el 10% presenta velocidades mayores a 1400 m/s.

Tabla 1. Resumen de las propiedades mecánicas de los adobes ensayados de Huaca de la Luna

Unidad	Espécimen	Dimension mm³	$\sigma_{máx}$ (MPa)	$E_{Secante}$ (MPa)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	$E_{Dinámico}$ (MPa)	υ
Adobe 1	1-3	90x50x41	1,57	915	1364	903	3167	0,11
	1-4	98x47x42	1,08	697	1384	916	3261	0,11
	1-5	99x45x42	1,30	453	1443	952	3536	0,11
	Promedio		1,32	688	1397	924	3321	0,11
Adobe 2	2-1	102x50x50	0,93	398	1272	816	2680	0,15
	2-2	109x49x46	1,00	857	1296	836	2797	0,14
	2-3	109x49x48	1,27	860	1312	857	2898	0,13
	2-4	108x49x42	1,07	958	1273	746	2411	0,24
	2-6	109x47x44	1,41	433	1330	814	2783	0,20
	Promedio		1,14	701	1296	814	2714	0,17
Adobe 3	3-3	112x48x46	0,98	1299	1371	857	3032	0,18
	3-5	110x50x46	1,24	1399	1361	891	3126	0,12
	3-7	111x46x46	1,50	1009	1345	856	2972	0,16
	Promedio		1,24	1236	1359	868	3043	0,15
Adobe 4	4-2	109x63x49	1,58	871	1370	802	2788	0,24
	4-3	110x64x49	1,46	1782	1344	845	2931	0,17
	4-4	110x65x49	1,52	684	1386	872	3121	0,17
	Promedio		1,52	1112	1367	840	2947	0,19
Promedio		104x51x45	1,28	901	1346	854	2965	0,16
Desviación estándar			0,23	389	47	52	277	0,04
CV (%)			18%	43%	4%	6%	9%	22%



(a)



(b)

Figura 5. Tomografías ultrasónicas (a) Unidad de adobe con velocidades típicas (b) Adobe con características heterogéneas

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

El presente trabajo muestra la caracterización mecánica de unidades de adobe de un sector del complejo arqueológico Huaca de la Luna con el uso complementario de técnicas tradicionales de carácter destructivo e innovadoras de carácter no-destructivo. Se desarrollaron satisfactoriamente ensayos de compresión uniaxial controlados por desplazamiento que fueron complementados con medidas de un sistema de video-correlación lo cual permitió caracterizar el comportamiento mecánico del material incluso después de alcanzar el rango no lineal. Se desarrollaron también ensayos de ultrasonido que permitieron caracterizar cuantitativamente el comportamiento dinámico y que sirvieron también para un análisis cualitativo de homogeneidad de las unidades de adobe.

Los resultados del módulo de elasticidad dinámico obtenidos a través del ensayo de ultrasonido muestran que existe una relación de alrededor de 3,3 veces en relación a los resultados estáticos obtenidos con los ensayos de compresión uniaxial. Además, se evidencia una pequeña variabilidad de los primeros ensayos de alrededor de 10% lo cual indica la confiabilidad y repetitividad del método y abre las puertas para futuras aplicaciones incluso para verificación in-situ.

El trabajo futuro debe estar orientado a la caracterización sistemática de los diferentes sectores de la Huaca de modo que se pueda obtener un diagnóstico completo del complejo arqueológico. Es importante además integrar los resultados de este estudio con los de caracterización de morteros y los de caracterización del sistema de albañilería completo. Además, en el campo de ensayos de ultrasonido, es importante explorar las técnicas de ensayos indirectos lo cual permitirá evaluar incluso elementos y subsistemas estructurales tales como muros, columnas y pilares.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adorni, E.; Coisson, E.; Ferretti, D. (2012). In situ characterization of archaeological adobe bricks. Construction and Building Materials, 40, 1-9.

Almeida, J. (2012). Mechanical characterization of traditional adobe masonry elements (M.Sc. thesis ed.). Guimarães. University of Minho.

ASTM C469/C469M. (2014). Standard test method for static modulus of elasticity and Poisson's ratio of concrete in compression.

ASTM C597. (2009). Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concret.

ASTM D2845. (2008). Standard Test Method for Laboratory Determination of Pulse Velocities and Ultrasonic Elastic Constants of Rock.

ASTM D4643. (2008). Standard test method for determination of water (moisture) content of soil by microwave oven heating.

ASTM D7263. (2009). Standard test method for laboratory determination of density.

Binda, L.; Saisi, A.; Tiraboschi, C. (2000). Investigation procedures for the diagnosis of historic masonties. Construction and Building Materials, 199-233.

GOM mbH (2010). ARAMIS User Information Hardware, Brauncshweig, Germany
Granja, J. (2011). Experimental evaluation of the elastic modulus of cementitious materials at early ages. University of Minho: MSc Thesis. http://www.zwick.com/en/products/static-materials-testing-machines/testing-machines-from-5-kn-to-250-kn/proline-testing-machine.html

ICOMOS/ISCARSAH Committee. (2005). Recommendations for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage. Disponible en http://www.icomos.org. Acceso en 08/05/2015

Illampas, R.; Charmpis, D.; Ioannou, I. (2014). Laboratory testing and finite element simulation of the structural response of an adobe masonry building under horizontal loading. Engineering Structures, 80, 362-376.

Krautkramer, H.; Krautkramer, J. (1990). Ultrasonic testing of materials. Berlin: Springer Verlag.

Leong, E.-C.; Yeo, S.-H.; Rahardjo, H. (2004). Measurement of wave velocities and attenuation using an ultrasonic test system. Canadian Geotechnical Journal, 41(5), 844-860.

Parisi, F.; Asprone, D.; Fenu, L.; Prota, A. (2015). Experimental characterization of Italian composite adobe bricks reinforced with straw fibers. Composite Structures, 300-307.

Piattoni, Q.; Quagliarini, E.; Lenci, S. (2011). Experimental analysis and modelling of the mechanical behavior of earthen bricks. Construction and Building Materials, 2067-2075.

Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. (2008). Informe técnico. Unversidad Nacional de Trujillo: Facultad de Ciencias Sociales.

Proyecto Arqueológico Huaca de la Luna. (2009). Informe técnico. Universidad Nacional de Trujillo: Facultad de Ciencias Sociales.

Proyecto arqueológico Huaca de la Luna. (2010). Informe técnico. Universidad Nacional de Trujillo: Facultad de Ciencias Sociales.

Santamarina, J.; Klein, A.; Fam, M. (2001). Soils and waves: Particulate materials behavior, characterization and process monitoring. Journal of Soils and Sediments, 1, 130.

Silveira, D.; Varum, H.; Costa, A. (2012). Influence of the testing procedures in the mechanical characterization of adobe bricks. Construction and Building Materials, 40, 719-728.

Uceda, S.; Paredes, A. (1994). Arquitectura y función de la Huaca de la Luna. Revista Cultural des Indes, 42-46.

Vasconcelos, G. (2005). Experimental investigations on the mechanics of stone masonry: characterization of granites and behavior of ancient masonry shear walls (PhD. Thesis ed.). Portugal: University of Minho.

Viana da Fonseca, A.; Ferreira, C.; Fahey, M. (2009). A framework interpretig bender element tests, combining time-domain and frequency-domain methods. Geotechnical Testing Journal, 1-17.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Dirección de Gestión de la Investigación DGI PUCP por el financiamiento del proyecto de investigación 89-2014 dentro del cual se enmarca este trabajo. Se agradece también a CONCYTEC por el financiamiento de los alumnos de maestría (segundo, tercer y cuarto autor) a través de su programa de becas para estudios de posgrado. Finalmente, se agradece al Laboratorio de Estructuras y al Laboratorio de Materiales de la PUCP por la disponibilidad de sus instalaciones y equipos.

AUTORES

Rafael Aguilar es Doctor en Ingeniería Civil y profesor asociado del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP. El profesor Aguilar dirige el grupo de investigación de monitoreo e instrumentación de construcciones históricas - Engineering & Heritage – en la PUCP cuyas áreas principales de investigación son el diagnóstico y conservación del patrimonio histórico con tecnologías modernas, análisis estructural avanzado de edificaciones existentes y monitoreo de estructuras.

Cristhian Saucedo, Mijail Montesinos y Eduardo Ramírez son estudiantes de la Maestría en Ingeniería Civil de la PUCP y miembros del grupo de investigación Engineering &Heritage.

Ricardo Morales es docente de la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Con estudio de maestría y doctorado con mención en Ciencias Ambientales en la UNT. En la actualidad trabaja en programas de conservación y puesta en valor del complejo arqueológico huacas del Sol y de la Luna (Huacas de Moche).

Santiago Uceda es docente del Departamento de Arqueología y Antropología de la Universidad Nacional de Trujillo. Con estudios de doctorado en Francia. En la actualidad trabaja sobre la sociedad Mochica, en los temas de urbanismo y arquitectura pública y doméstica. Adicionalmente trabaja en programas de conservación y puesta en valor del complejo arqueológico huacas del Sol y de la Luna (Huacas de Moche).

3. REFUERZOS Y PROTECCIONES SUPERFICIALES SOSTENIBLES PARA BÓVEDAS DE ADOBE RECARGADO EN MÉXICO

Ramón Aguirre[1]; Luis Fernando Guerrero[2]

[1]Arcilla y Arquitectura, Oaxaca, México, aguirre30@msn.com

[2]Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, luisfg1960@yahoo.es

Palabras clave: bóvedas recargadas, esfuerzos mecánicos, deterioro, protección superficial, cal

Resumen

Las bóvedas vaídas realizadas con la técnica de adobe recargado tienen un alto potencial de desarrollo dado su bajo impacto ambiental y facilidad de construcción. Su diseño se deriva de las bóvedas de ladrillo a las que se conoce popularmente como “de cuña” o “del Bajío” y se han realizado de manera tradicional en el centro de México por lo menos durante los últimos dos siglos. Sin embargo, el diseño de los componentes de apoyo requeridos por la forma de sus empujes, así como sus materiales de revoque exterior cuando se utilizan como techo, resultan cruciales para garantizar su estabilidad y duración. En este texto se analizan alternativas de bajo impacto ambiental destinadas al soporte estructural y protección superficial de bóvedas vaídas que fueron hechas con la técnica de adobe recargado en varios sitios de México. El estudio se realiza a partir de la evaluación del procedimiento y resultados de la implementación de estructuras de confinamiento edificadas con “cob”, fibras vegetales y bambúceas, en combinación con componentes de tierra estabilizada con cal. Los casos analizados se construyeron en regiones de clima seco de México, aprovechando los recursos materiales locales y la ejecución se desarrolló en talleres de transferencia de tecnología.

INTRODUCCIÓN

La construcción de bóvedas en México tuvo su origen en la época virreinal pues en el mundo prehispánico era desconocida su técnica de elaboración. En la zona maya es posible encontrar estructuras cuyos entrepisos y cubiertas fueron realizados con un sistema al que se ha denominado “bóveda falsa” en el que mediante la colocación escalonada de materiales pétreos en saledizo, se lograban cubrir espacios angostos. Sin embargo, se trata de un sistema constructivo que no cumple con las condiciones de reparto radial de cargas y generación de empujes laterales que caracterizan a las bóvedas y cúpulas occidentales.

Después de la conquista española durante el siglo XVI en México se construyeron relativamente pocas bóvedas como consecuencia tanto de la falta de experiencia de la mano de obra local en la ejecución de estas estructuras, como de las condiciones sísmicas que se presentan en la mayor parte del territorio y que eran mucho más intensas que las que conocían los constructores europeos.

Un caso digno de atención es la fuente de Chiapa de Corzo, en Chiapas que sorprende por la temprana época de su construcción, la calidad de su factura y, sobre todo, la sismicidad de su localización, a pesar de la cual se preserva en sorprendentes condiciones de integridad.

El auge de la construcción de sistemas abovedados despuntó hacia el siglo XVII y posteriormente, en concordancia con el estilo barroco, se realizaron cubiertas de mayor complejidad en su trazo y con un desarrollo estructural más audaz (De la Maza, 1985).

En ese contexto se empezó a generar en diferentes localidades de la zona centro-norte del país, a la cual que se lo conoce como la región de “El Bajío”, una técnica popular de

elaboración de bóvedas a partir del uso de pequeños ladrillos de dimensiones aproximadas de 20 cm x 10 cm x 5 cm llamados “cuñas”. Gracias al ingenioso acomodo de estas piezas (Ramírez, 2004) y a su proceso radial de edificación, fue posible cubrir espacios bastante amplios en tiempos relativamente cortos y empleando poca mano de obra.

Como la región posee un clima templado y seco, la madera es escasa y por lo tanto cara, por lo que los constructores buscaron la forma de evitar el uso de vigas que eran el medio más común para elaborar entrepisos y techos de duela y terrados.

Además, se implementó un procedimiento que permitiera dar forma al sistema constructivo sin requerir el empleo de una cercha o cimbra de apoyo para los ladrillos, de manera que la longitud del brazo del bovedero servía como guía y compás para su trazo. El mortero de liga se aplicaba con exceso de humedad pero los mampuestos se colocaban en seco a fin de poderse fijar en pocos segundos sin requerirse de ningún apoyo (Ver Figura 1).

Así surgió el sistema de bóvedas de ladrillos “recargados” en el que, bajo la lógica de toda mampostería, se levantan hiladas con unidades traslapadas, pero con la inclinación necesaria para generar una superficie curva capaz de dispersar las componentes de las fuerzas de carga gravitatoria.

Figura 1. Trazo de las hiladas de las bóvedas de adobes recargados (Foto: L. Guerrero, 2015).

La geometría de estas bóvedas es muy apropiada porque al ser poco peraltadas, se optimiza al máximo el aprovechamiento de la resistencia a la compresión de cada componente constructivo. Además, como las “cuñas” inicialmente se colocan sobre su área de imposta con una inclinación aproximada 45°, los esfuerzos se transmiten de manera continua hacia las estructuras sobre las que descansan y también con respecto a las piezas que se conectan a lo largo de las directrices y generatrices. Esta condición, por la que se le da el nombre de “bóveda de ladrillos recargados”, le confiere una gran estabilidad al sistema porque las cargas se dispersan en todos sentidos (Ramírez, 2002).

En años recientes se empezaron a realizar de manera experimental algunas bóvedas recargadas substituyendo el uso de cuñas de ladrillo cerámico, por las mismas piezas pero sin cocer, es decir, empleándolas como adobes de pequeñas dimensiones. Asimismo, el mortero que se emplea para las bóvedas convencionales de ladrillo y que se realiza con cal, cemento y arena, se adecuó para contener simplemente tierra con un poco de cal, (Aguirre, 2007) a fin de poder generar un sistema prácticamente monolítico y por lo tanto más estable.

Esta aportación abrió una nueva tendencia en el desarrollo de este tipo de bóvedas y en diversos talleres realizados en varios países, se implementaron soluciones a partir de la experimentación de mampuestos de tierra usados como alternativa a las “cuñas” mexicanas. Se han construido bóvedas con bloques de tierra comprimida (BTC) de diferentes perfiles y texturas o bien, con adobes tradicionales pero de dimensiones menores a las que se usan en muros, a fin de facilitar su manejo y adherencia durante el proceso constructivo.

Las bóvedas de adobes recargados evidentemente representan una solución sumamente viable desde la perspectiva de la sostenibilidad por el bajo impacto ambiental del sistema al no emplear mampuestos horneados, además de ser más económicos y notablemente fáciles de realizar, lo que permite el desarrollo de la autoconstrucción asistida para su empleo en vivienda o espacios comunitarios (Figura 2).

Figura 2. Cierre de una bóveda de adobe y mortero de barro con cal (Foto: L. Guerrero, 2015).

REFUERZOS ESTRUCTURALES SOSTENIBLES

Pero la geometría curva de estos componentes estructurales, genera empujes radiales sobre los elementos portantes perimetrales, a los que se les denominan fuerzas de “coceo”. Es por eso que históricamente las bóvedas de ladrillos recargados se han construido sobre muros muy anchos, cuya masa absorbe los esfuerzos. Otro recurso empleado en edificios tradicionales de menores dimensiones ha sido la inserción de soleras de arriostre perimetral realizadas con vigas o tablones que servían para conectar las coronas de muros de diferentes longitudes. Finalmente, para bóvedas muy peraltadas los muros tenían que ser reforzados adicionalmente mediante machones o contrafuertes.

Durante la evolución que tuvo esta tecnología constructiva a lo largo del siglo XX este requerimiento estructural se resolvió mediante la integración de refuerzos en forma de anillo de concreto armado que remataban los muros y que transforman los esfuerzos de coceo en componentes de carga axial que permiten disminuir el espesor de los muros. Existen muy diversos ejemplos realizados durante la segunda mitad del siglo XX y lo que va del presente, en edificios de diferentes dimensiones y grados de complejidad, en los que las bóvedas han probado su eficacia y economía, con respecto a entrepisos y cubiertas de concreto armado (Aguirre; Guerrero, 2011).

Estas soleras perimetrales funcionan muy bien en edificios que cuentan con muros de piedra, ladrillo cerámico o incluso block de cemento. Sin embargo, si los apoyos son de

adobe o tapia pueden llegar presentar problemas estructurales por la elevada discrepancia entre sus coeficientes relativos de contracción y dilatación térmica, pero sobre todo, por las diferencias de resistencia a la compresión y flexión que se vuelven críticas en condiciones dinámicas como las que caracterizan a los sismos.

Por otra parte, para evitar el posible fisuramiento del delgado perfil de las bóvedas, el cual resulta vulnerable ante posibles asentamientos diferenciales, cambios de temperatura, vibraciones cotidianas y sobre todo, movimientos telúricos, convencionalmente se ha acostumbrado colocarles en su extradós una malla metálica electrosoldada que se recubre con concreto (Aguirre, 2004).

Lógicamente, estos refuerzos que incluyen materiales como el acero y el cemento cuya fabricación es tan demandante de energía y que además genera tantos contaminantes a la tierra, aire y agua, restan sostenibilidad a un sistema tan eficiente como el de las bóvedas de adobe cuyo impacto ambiental podría considerarse cercano a cero.

Adicionalmente, el precio de la colocación de estos componentes de hormigón armado disminuye la rentabilidad del sistema, y lo vuelve inoperante en sitios rurales remotos en los que la mayor parte de las veces no se tiene acceso a materiales industrializados.

No obstante, el sistema de las bóvedas de cuña aún con estos materiales, resulta significativamente menos impactante y costoso que los entrepisos o techos de hormigón armado que lamentablemente se emplean en la mayor parte de la construcción convencional de todo el país. (Aguirre; Guerrero, 2011).

Por esta razón, con el fin de realizar una disminución todavía mayor en el impacto al medio ambiente, el consumo de energía y el costo, se ha puesto en práctica la implementación de una serie de mecanismos que permitan substituir el empleo de los componentes estructurales de concreto armado tanto en el anillo perimetral como en la capa superior de las bóvedas de adobe recargado.

A partir de los exitosos resultados del diseño de *domocañas* en Perú, Honduras y Colombia, así como de los innumerables ejemplos de edificios de pacas de paja y de cob en la bioconstrucción, se tomó la decisión de substituir al concreto por mezclas de tierra arcillosa y al acero de refuerzo, por fibras vegetales y tallos de bambúceas que también resultan resistentes a la flexión y tracción (Figura 3).

Figura 3. Anillo de refuerzo realizado con carrizos, haces de paja bañada en tierra arcillosa y cob (Foto: L. Guerrero, 2013).

El sistema superficial de control de fisuración se puede realizar simplemente mediante la colocación de capas sobrepuestas alternadas de pajas largas sobre revoques de tierra arcillosa (Figura 4). Es necesario cuidar que se repartan las fibras de manera que formen una especie de entramado en varios sentidos con lo que se garantiza la flexibilidad del sistema.

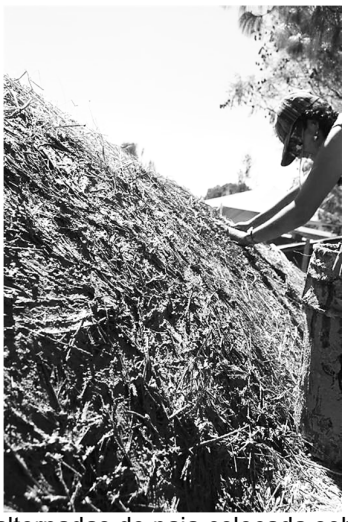


Figura 4. Capas sucesivas y alternadas de paja colocada sobre revoques frescos de tierra arcillosa. (Foto: L. Guerrero, 2013).

PROTECCIONES SUPERFICIALES

Finalmente, un componente clave del éxito de las bóvedas vaídas de adobes recargados que se emplean como techo, incluso las que se construyen en zonas de bajos regímenes pluviales, es su sistema de impermeabilización.

En áreas urbanas o periurbanas existe una tendencia a colocar sobre los techos capas de morteros de cemento y a emplear sistemas comerciales de impermeabilización normalmente consistentes en la aplicación de emulsiones bituminosas sobre textiles poliméricos. Estos sistemas que, al igual que las estructuras de concreto resultan caros y generan una profunda huella ecológica, tienen una duración limitada. Incluso hay fabricantes que no garantizan su permanencia por más de tres años. Además tienen la enorme desventaja de que encapsulan la humedad en su interior y si llega a presentarse alguna infiltración por pequeña que sea, el sistema se empieza a degradar a gran velocidad, efecto especialmente grave en estructuras realizadas con tierra.

Es por eso que la recuperación de la tradición ancestral del empleo de revoques realizados con morteros de cal y arena se convierte en una destacada alternativa para este tipo de sistemas (Ver Figura 5). Como se sabe, estos recubrimientos presentan una porosidad muy adecuada para impedir el flujo del agua en estado líquido pero permiten su evaporación por lo que son plenamente compatibles con las necesidades de “transpiración y respiración” de los componentes de tierra.

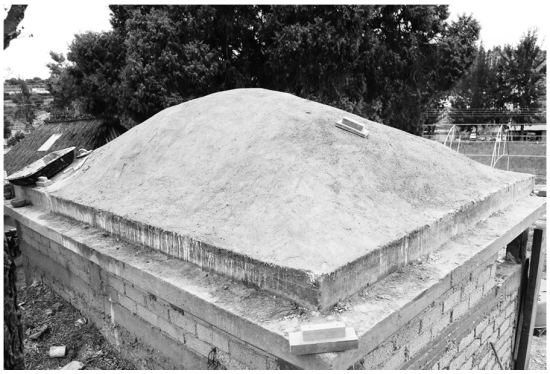


Figura 5. Acabado final con un revoque de cal y arena. (Foto: L. Guerrero, 2015).

Para zonas geográficas con mayor pluviosidad es posible mejorar el sistema colocando protecciones superficiales realizadas con capas sucesivas y alternadas de jabón y alumbre en disolución.

Asimismo, se le puede dar un tratamiento final a las superficies mediante un enlucido fino de cal y arena mezclada con materiales puzolánicos (Guerrero; Soria, 2014) como puede ser el polvo de ladrillo que se pule o bruñe con ayuda de una piedra lisa y dura o simplemente con una botella de vidrio (Ver Figura 6).

Figura 6. Pulido del enlucido de cal, arena y polvo de ladrillo. (Foto: L. Guerrero, 2015).

CONSIDERACIONES FINALES

Los resultados derivados de la implementación de materiales naturales como refuerzo y protección de bóvedas de adobe recargado han sido muy alentadores porque han permitido demostrar que es posible eliminar por completo el uso de cemento y acero de refuerzo con lo que se logra una notable disminución en los gastos, el impacto ambiental y la dependencia de materiales ajenos a las localidades.

Las protecciones superficiales materializadas con la combinación de tierra estabilizada con cal y puzolanas, e impermeabilizadas con jabón y alumbre, ayudan a mitigar los efectos climáticos de estos componentes, prolongando su duración y reduciendo notablemente las acciones de mantenimiento preventivo.

Se trata en ambos casos de sistemas plenamente sostenibles porque permiten que los usuarios participen en su realización sin tener que recurrir a tecnologías o materiales sofisticados. Son métodos fácilmente apropiables por las comunidades, especialmente las de origen rural como se ha podido comprobar a partir del desarrollo de talleres de transferencia de tecnología en los que se han puesto en práctica durante el último año en diferentes sitios de México e incluso fuera del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, R. (2004). Bóvedas autoportantes. En Memorias del IV Congreso Desarrollo Local en Municipios de Ecosistemas Frágiles, Santiago de Cuba. CD-ROM

Aguirre, R. (2007). Bóvedas mexicanas. En: Anuario de Investigación de Construcción con Tierra y del Diseño Sustentable. Tampico: Universidad Autónoma de Tamaulipas. p. 171-177.

Aguirre, R.; Guerrero, L. (2011). Las bóvedas de cuña. Una tradición con futuro. En: La Gaceta del Instituto del Patrimonio Cultural, n. 19. Oaxaca: Instituto del Patrimonio Cultural. p. 5-11.

De la Maza, F. (1985). La ciudad de México en el siglo XVII. México: FCE

Guerrero, L.; Soria, F.J. (2014) Estabilización de suelos con cal y puzolanas. En: Construcción con tierra, n. 6, Buenos Aires Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. p. 15-24.

Ramírez, A. (2002). Bóvedas de suspiro y barro. En: Revista Bitácora, n. 7, México D.F.: Facultad de Arquitectura de la UNAM.

Ramírez, A. (2004). Arquitectura propia. Cubiertas de ladrillo recargado. Portal Vitruvius. Abril, Disponible en http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq047/arq047_03_e.asp consultado el 20/5/2014.

AUTORES

Ramón Aguirre Morales, Arquitecto por la UNAM, Catedrático de la Universidad Autónoma “Benito Juárez” de Oaxaca sobre seminario de tesis y Geometría Descriptiva. Su investigación y práctica se ha centrado en el diseño de Bóvedas Mexicanas de adobe y ladrillo asociado a sistemas constructivos regionales. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA. Ha impartido cursos en Argentina, Brasil, Colombia, Cuba, España, Francia, Guatemala, México, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela. Actualmente es director de diseño de la firma “Arcilla y Arquitectura”.

Luis Fernando Guerrero Baca, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado, maestro en restauración, arquitecto, profesor investigador de tiempo completo en la UAM-Xochimilco. Jefe del área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible”.

4. CULTURAS CONSTRUCTIVAS DE TIERRA EN MONFORTE DE LEMOS, GALICIA, ESPAÑA

Laura Álvarez-Testa Sánchez[1]**; Mariana Correia**[2]

[1] ESG - Escola Superior Gallaecia - Portugal, España, lauratesta@hotmail.es

[2] ESG – Escola Superior Gallaecia – Portugal, Portugal, marianacorreia@esg.pt

Palabras clave: Culturas constructivas, patrimonio urbano, inventario de construcciones de tierra.

Resumen

En Galicia, noroeste de España, predomina la construcción en piedra, aunque haya un gran número de patrimonio de tierra poco conocido, en áreas sedimentarias, como es el caso de Monforte de Lemos. Existe un vacío en el conocimiento sobre las culturas constructivas en tierra en Galicia, por parte de investigadores, constructores y agentes técnicos locales, teniendo como consecuencia directa la pérdida de información del patrimonio tangible. Por este motivo, la investigación se basó en la realización de un inventario de las construcciones en tierra en el patrimonio urbano de Monforte, y en el estudio de las culturas constructivas locales. El profundo estudio del patrimonio urbano de Monforte de Lemos, posibilitó localizar y inventariar doscientas edificaciones construidas con tierra y seleccionar y analizar en mayor profundidad, nueve casos de estudio. Como resultado, se constató la existencia de una tipología con pocas variantes espaciales, pero con diversas culturas constructivas en tapia. Se observa en la tapia, la presencia de cantos rodados, elementos horizontales de madera a lo largo del muro perimetral, así como láminas de pizarra. En definitiva, el estudio ha contribuido a esclarecer, la existencia de un patrimonio urbano de tierra en Monforte de Lemos y comprender la tipología espacial, los materiales y los sistemas constructivos de las edificaciones de tierra.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el patrimonio de tierra existente en Galicia, España, se encuentra en avanzado estado de deterioro a lo que se suma un vacío de conocimiento asociado a la falta de documentación y/o catalogación de dicho patrimonio. En consecuencia se tiene una población que desconoce la existencia de arquitectura de tierra en la comunidad gallega, desconocimiento que se verifica por parte de los autores y de las autoridades locales.

El objeto de estudio, la ciudad de Monforte de Lemos, se seleccionó al cruzar la información obtenida de la escasa información encontrada a través de la revisión de la literatura; del mapa geológico de Galicia, para delimitar las zonas con cuencas terciarias, las idóneas para la construcción con tierra; y el interés de que la investigación se desarrollase en un ámbito urbano para obtener mayor impacto en el futuro inmediato de este tipo de arquitectura.

El objeto de estudio: Monforte de Lemos

Galicia es una comunidad autónoma española situada en el noroeste de la Península Ibérica. La comunidad gallega (figura 2) está formada por cuatro provincias, A Coruña, Lugo, Pontevedra y Ourense. La ciudad objeto de estudio de la investigación, Monforte de Lemos, se sitúa en la zona más meridional de la provincia de Lugo, siendo un partido judicial colindante con la provincia ourensana.

La comarca monfortina se caracteriza por una fuerte diferenciación entre sus partes llanas y montañosas, emplazándose la ciudad en el valle de Lemos, el más extenso de la comunidad de Galicia. La ciudad ocupa una extensión de 170 km^2 y se encuentra a 363 metros sobre el nivel del mar. La ciudad se desarrolla en paralelo a ambos márgenes del

río cabe, así como siguiendo las dos principales vías de comunicación que atraviesan la ciudad de norte a sur y de sureste a noroeste. Monforte de Lemos tiene un clima templado húmedo, las temperaturas son suaves todo el año, teniendo 13,9º de media anual. La precipitación media anual es de 700 mm (Martínez; Pérez, 1999, p. 205).

Destacar que la ciudad se asienta en una zona sin riesgo sísmico. La norma de construcción sismorresistente NCSE-94 (1995) establece para el noroeste de la Península Ibérica un valor de aceleración sísmica básica por debajo de 0,04 g (aceleración de la gravedad). Asimismo, considera que una aceleración sísmica de 0,06 g puede ser soportada por cualquier estructura sin necesidad de cálculos Sismorresistente. Para Monforte de Lemos, la citada norma establece un valor de aceleración sísmica básica de 0,025 g.

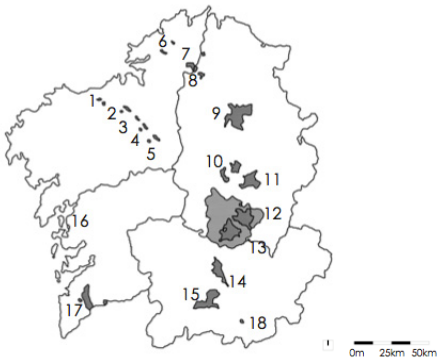


Figura 1. Mapa de situación de las cuencas terciarias de Galicia – Monforte de Lemos (13)

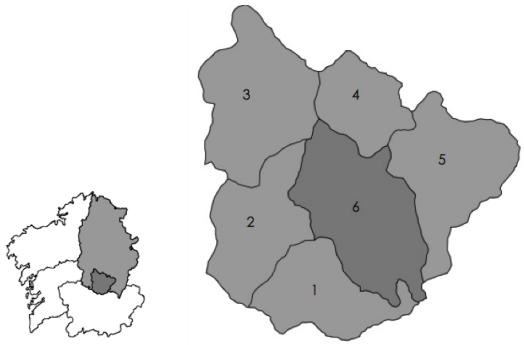


Figura 2. Planos de localización y del Ayuntamiento de Monforte de Lemos (6)

Descripción geológica del Valle de Lemos

La composición del suelo de un determinado lugar es una de las características geográficas más importantes para el conocimiento del mismo. El mapa geológico (figura 1) de Monforte de Lemos y los materiales que lo forman, facilitaron la comprensión del lugar y el porqué de sus construcciones.

Aunque el territorio gallego este compuesto predominantemente por piedra, con presencia de granito y gneis, existe un 4% de la comunidad de suelo sedimentario, dentro del cual se encuentra el valle de Lemos. En el entorno físico más cercano a la ciudad de Monforte de Lemos predomina el terreno de transición, con la presencia de pizarra arcillosa, la caliza o el Grauwake; el terreno secundario y el terciario. Dentro del terreno de transición se encuentra la pizarra arcillosa, caracterizada por su color verdoso, si se extrae de la zona norte, y por su color negruzco si se extrae de la zona meridional. Además, de los terrenos terciarios se pueden obtener guijarros cuarzosos, peñas redondas de cuarcita, arena menuda y barro (Schulz, 1835, p. 31).

2. OBJETIVOS

En el seguimiento de la revisión de la literatura sobre la arquitectura de tierra en España, se verificó un vacío en el conocimiento en lo referente a Galicia. El citado desconocimiento se verifica por parte de los autores, de las autoridades locales y de los propietarios, para los cuales no existía arquitectura de tierra en Galicia.

Para seleccionar el objeto de estudio se cruzó la información obtenida de la escasa información encontrada en la revisión de la literatura, del mapa geológico de Galicia, y el interés por parte de los autores de que fuese de ámbito urbano el estudio, por lo que tras cruzar los tres factores, se seleccionó la ciudad de Monforte de Lemos.

Se observa un avanzado estado de abandono y falta de preocupación por el futuro más próximo del patrimonio urbano de tierra de Monforte de Lemos; motivo por el cual se plantea como primer objetivo: la realización de un inventario de las edificaciones de tierra, para sentar la base de la investigación, ya que actualmente no existe ningún tipo de inventario o catalogación del referido patrimonio de tierra. Gracias al trabajo de campo de inventariado de las construcciones de tierra existentes, se pudo realizar la selección de los casos de estudio.

El segundo objetivo, profundizará en las culturas constructivas en tierra de Monforte de Lemos a través de los casos de estudio seleccionados, analizándolos en función de su interés tipológico, material, y en cuanto a los sistemas constructivos. Los resultados del estudio podrán contribuir a evitar la pérdida de un eslabón en la cadena del conocimiento, dotando de una base teórica a las nuevas generaciones, al profundizar en las culturas constructivas utilizadas en Monforte de Lemos, desde el siglo XIX, hasta la actualidad. La investigación favorecerá la transmisión del conocimiento a los agentes técnicos locales y municipales, pretendiendo sensibilizarlos sobre la relevancia que tiene este patrimonio vernáculo.

3. METODOLOGÍA

Para dar respuesta a los objetivos de la investigación se utilizó el multi caso de estudio de naturaleza comparativa, en el que se estudiaron nueve edificaciones construidas en tierra, seleccionadas a través de los formularios, de las entrevistas estructuradas y del análisis documental.

Figura 3. Cuadro resumen de la metodología de la investigación

3.1 Estructura metodológica

El estudio multi caso se desenvuelve en fases, que se llevan a cabo tanto con la ayuda de las distintas técnicas de recogida de información como del tratamiento de los datos.

En la primera fase se realizó el análisis documental, a través de las diversas fuentes de documentación escritas para asentar la base teórica, fundamental para el adecuado desarrollo de la investigación.

En la segunda fase se recopilaron los datos obtenidos a través del trabajo de campo, realizándose el inventario de las edificaciones de tierra existentes en el patrimonio urbano.

En la tercera fase se seleccionaron los nueve casos de estudio de entre las 200 edificaciones inventariadas anteriormente. El criterio de selección se basó en la presencia de sistemas constructivos de tierra visibles en la fachada.

En la cuarta fase, se llevó a cabo la realización de fichas individuales de cada uno de los casos de estudio, en las que se dieron respuesta a cuestiones referentes con la tipología espacial, materiales y sistemas constructivos. Se aplicaron para su realización diversas técnicas de recogida de información.

En la quinta fase se realizó el tratamiento y el análisis de la información obtenido a través de los casos de estudio.

En la sexta, y última, fase se hizo la correlación de los resultados obtenidos con la información expuesta en la fundamentación teórica, obteniendo en consecuencia las conclusiones de la investigación.

3.2 Técnicas de recogida de datos

Las técnicas de recogida de información para la identificación e inventario de las edificaciones de tierra y para el desarrollo de los nueve casos de estudio fueron:

- Observación directa: se trata de una de las herramientas más importantes para la identificación de las edificaciones, debido a la importancia del trabajo de campo en la investigación. Se realizó previamente una ficha técnica de inventario para guiar la observación y el registro de los edificios seleccionados.
- Notas de campo.
- Análisis documental: permitió un óptimo desarrollo del estudio y favoreció la estructura ordenada e interligada del mismo.
- Fotografías: realizadas por la investigadora, que funcionaron como complemento a la recogida de datos, así como a plasmar las tipologías espaciales, los materiales y los sistemas constructivos de las edificaciones de tierra inventariadas.
- Entrevistas estructuradas: se orientaron para la obtención de datos proporcionados oralmente por los entrevistados, realizadas en base a un guión previamente establecido de autoría propia.

3.3 Resultados de la recogida de datos

Los resultados obtenidos a través de las técnicas de recogida de datos permitieron realizar las fichas de las 200 edificaciones de tierra que forman el inventario, ofreciendo una respuesta sistemática en cuanto a la tipología espacial, los materiales y los sistemas constructivos. Asimismo, los referidos resultados favorecieron el desarrollo de las fichas de formulario de los 9 casos de estudio, en las cuales se vuelve a dar respuesta, con mayor profundidad a los ítems anteriormente referidos. La respuesta sistemática a cada uno de los apartados permite obtener unos resultados rigurosos que sustentan la investigación.

4. CASOS DE ESTUDIO

4.1 Marco muestral

La ciudad de Monforte de Lemos no tenía inventario de las edificaciones de tierra en el patrimonio urbano, por lo que el primer objetivo de la investigación fue llevarlo a cabo.

Con la realización del inventario se situaron e identificaron cada una de las construcciones de tierra existentes en la ciudad. La identificación se llevó a cabo a través de diversos criterios de selección con los que se obtuvieron 200 edificaciones.

El primer criterio de selección que se llevó a cabo fue el de presencia visible de tierra en la fachada de algún material y/o sistema constructivo de tierra, con el cual se identificaron 29 edificaciones. Al analizarlas en profundidad se obtuvieron unos patrones repetitivos en todas ellas, que se tuvieron en cuenta para identificar las 171 edificaciones restantes que formaron finalmente parte del inventario.

Las similitudes constructivas identificadas fueron la morfología de la fachada, la combinación de colores en el revestimiento exterior, las carpinterías de madera y el zócalo perimetral de piedra sobre el que se asentaba la tapia.

En cuanto a la morfología de la fachada se verificó alineación de los vanos superiores con los inferiores, así como el predominio de la puerta principal situada en el extremo de la planta baja, cuando era inferior a 1,20 m, o en el centro de la planta baja cuando la puerta era de ancho superior a 1,20 m.

Figura 4. Plano de Monforte de Lemos dividido en las zonas Histórico-Artístico (A), Ramberde (B1), Carude (B2) y Praza do Piñeiro (B3)

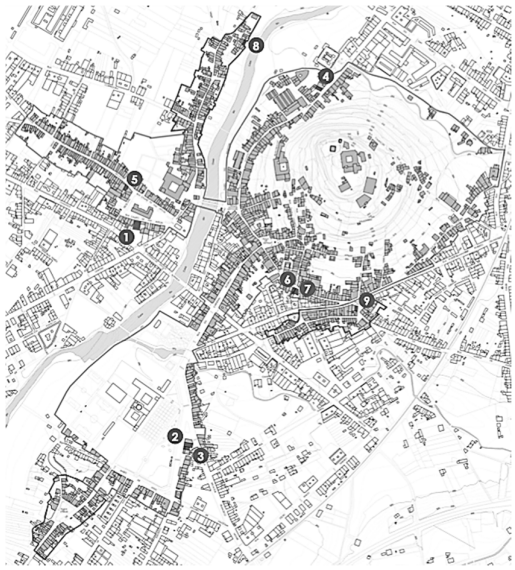


Figura 5. Plano de Monforte de Lemos con la situación de los nueve casos de estudio

Todas las edificaciones estaban revestidas con pintura combina en dos colores. El color que predominaba en las fachadas era el blanco el crema, dejando los colores azul, marrón o verde para la franja perimetral de los vanos y del zócalo, incluso en algunos casos para la carpintería, las cuales era habitual que fuesen en madera.

Por último, se verificó similitud en las edificaciones inventariadas en cuanto al arranque del muro, ya que todas las construcciones contaban con un zócalo perimetral de piedra sobre el cual se asentaba posteriormente la tapia. La altura del zócalo era variable, oscilando desde los 70 cm hasta el alto total de la primera planta. La citada altura estaba relacionada con la altura total de la construcción, identificándose los zócalos más bajos en las viviendas de planta baja y los más altos para edificaciones de dos alturas o dos alturas y desván.

Figura 6. Cuadro resumen de las similitudes constructivas identificadas en el inventario

4.2 Casos de estudio

De las 29 edificaciones inventariadas con el criterio de selección expuesto anteriormente, presencia visible de tierra en la fachada, se seleccionaron nueve construcciones para ser analizadas en profundidad y, por lo tanto, formar parte de los casos de estudio de la investigación.

Los nueve casos de estudio se escogieron en función de su estado de conservación, de sus intervenciones y de la autorización por parte de los propietarios a ser estudiadas. En base a esto, se descartaron las viviendas en avanzado estado de deterioro, las que habían sufrido intervenciones que modificaron su matriz primitiva y las construcciones de los propietarios que no permitieron que fuesen estudiadas. Se realizó previamente una ficha para dar respuesta sistemática a cuestiones relacionadas con la tipología espacial, los materiales y los sistemas constructivos utilizados en cada una de las nueve construcciones que forman parte de los casos de estudio.

4.3 Tipologías

Las construcciones vernáculas siguen unas premisas en cuanto a los materiales disponibles y los sistemas constructivos que se aplican. La arquitectura vernácula del patrimonio urbano de Monforte de Lemos tiene una fuerte relación con el medio físico, obteniendo los materiales utilizados en las construcciones de su entorno inmediato. En consecuencia, la población construye sus propias viviendas con las características tipológicas y constructivas que le ofrece la tierra como material de construcción.

Tras analizar los casos de estudio tipológicamente se pueden distinguir tres tipos. El primero de ellos está formado por el caso de estudio 8 (figura 7), dividido en planta baja, planta primera y planta segunda. La planta baja era utilizada como cuadra (1) y almacén (2), mientras que la vivienda se establecía en las plantas superiores. Se trata de la tipología espacial más simple de las estudiadas en los casos de estudio.

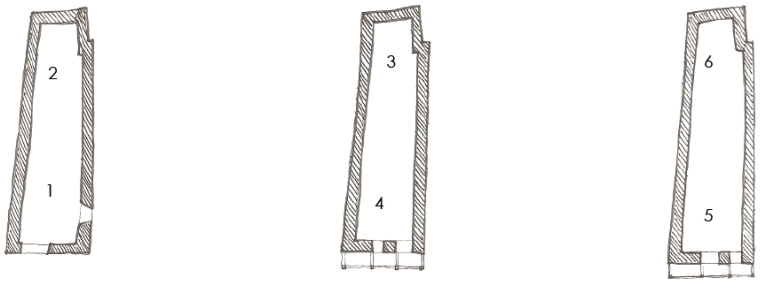


Figura 7. Planta baja, planta primera y planta segunda del caso de estudio 8 – Tipología 1

El acceso al piso superior se hacía a través de las escaleras, que probablemente también fuesen de madera, ya que era el material que se utilizaba para construirlas. No se puede asegurar con certeza el material ni el lugar exacto de emplazamiento ya que en la actualidad no queda ningún resto que lo indique. En la planta primera y en la planta segunda se desarrollaba la vivienda. La cocina (3) estaba situada en el primer piso, junto a los dormitorios (4), mientras que en el piso superior se situaría el salón (5), un dormitorio (4) y el baño (6). En este caso la cocina no contaba con lareira, teniendo en su defecto cocina de leña.

El segundo de los tipos (figura 8) está formado por los casos 3, 4, 5 y 9, los cuales se desarrollan en dos alturas, en planta térrea y en planta alta. Generalmente la planta baja estaba destinada a bodega, almacén y a la cuadra, mientras que la planta alta se utilizaba como vivienda. Se trata de edificaciones antiguas, construidas entre 1850 y 1900, que han sufrido más deterioro con el paso del tiempo. La planta térrea suele estar destinada a almacén (3) y bodega (2), antiguamente, se utilizaba también como cuadra. Almacenaban en ella víveres y herramientas utilizadas en el campo. El acceso al piso superior se hacía a través de unas escaleras interiores de madera, situadas normalmente en el eje central de la planta. Las escaleras transcurrían por una caja cerrada de madera, llegando incluso a colocar puertas en los accesos a la misma. Probablemente se cerrasen para evitar corrientes de aire y ruido entre las dos alturas de la edificación.

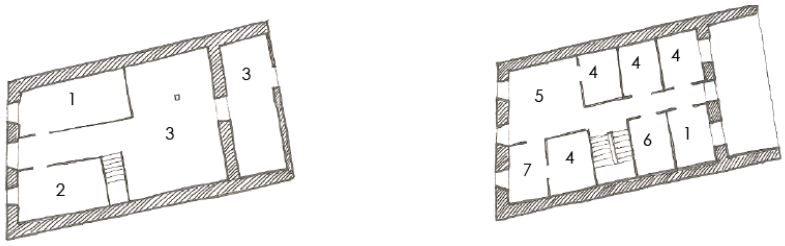


Figura 8. Planta baja y planta alta del caso de estudio 4 – Tipología 2

El piso superior estaba destinado a vivienda, destacando entre todas las estancias la cocina (1), la cual solía tener un lar, sustituyéndose posteriormente, en la mayoría de los casos por cocina de leña. En ninguno de los casos de estudio de la tipología tipo 2 se conserva actualmente la lareira. La cocina se situaba en uno de los extremos de la planta superior, y en el otro extremo el salón (5). Entre las referidas habitaciones se situaban los dormitorios (4) y el baño (6). Los dormitorios solían ser estancias de tamaño reducido, ya que solamente se utilizaban para dormir. Por lo general, la vida se desarrollaba en la cocina.

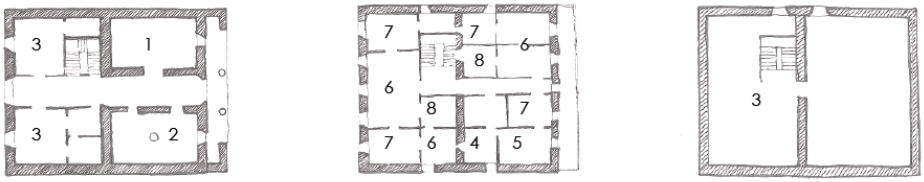


Figura 9. Planta baja, planta alta y planta bajo cubierta del caso de estudio 1 – Tipología 3

El tercero, y último de los tipos (figura 9), está formado por los casos 1, 2, 6 y 7. Son las construcciones más antiguas, construyéndose entre 1750 y 1880. Se trata de volúmenes de gran tamaño organizados en tres alturas, la planta baja, la planta alta y la planta bajo-

cubierta. La planta bajo-cubierta es el espacio que queda entre la planta alta y la cubierta, y que se destina normalmente a almacén, debido a que la altura no suele alcanzar los dos metros, y el techo mantiene la inclinación propia de la cubierta. La planta térrea de los casos de estudio englobados en la tipología espacial 3 suele estar destinada a almacén (3), a bodega (2) y antiguamente, se utilizaba también como cuadra (1). Almacenaban en ella víveres y herramientas que utilizaban en el campo. En el caso de estudio 1 (figura 9), la cuadra estaba a una cota inferior respecto a la cota de la planta baja, para, tal y como cuenta el propietario, retener al ganado en ese espacio.

El acceso al piso superior se hacía a través de una escalera interior de madera, situada normalmente en el eje central de la planta. Al igual que ocurría con el tipo anterior, las escaleras transcurrían por una caja cerrada de madera, llegando incluso a colocar puertas en los accesos a la misma. Probablemente se cerrasen para evitar corrientes de aire y ruido entre las dos alturas de la edificación.

El piso superior estaba destinado a vivienda, destacando entre todas las estancias la cocina (4), la cual solía tener un lar (5), sustituyéndose posteriormente, en la mayoría de los casos por cocina de leña. El caso 1 es el único que aún cuenta con la lareira en su lugar original.

La cocina se situaba en uno de los extremos de la planta superior, y en el otro extremo el salón (6). Entre las referidas habitaciones se situaban los dormitorios (7) y los baños (8). Los dormitorios solían ser estancias de tamaño reducido, ya que solamente se utilizaban para dormir. Por lo general, la vida se desarrollaba en la cocina.

4.4 Materiales

Los sistemas tradicionales utilizados en las construcciones vernáculas, son consecuencia directa de la herencia cultural recibida de generaciones anteriores, dotando al hombre del conocimiento profundo de los materiales, permitiendo además, el perfeccionamiento de su uso con la propia experiencia (Caamaño, 1997, 2006).

El desconocimiento teórico de las características de los materiales y de la incompatibilidad entre sí de alguno de ellos, hace que las construcciones vernáculas sufran un fuerte deterioro estructural, al dejar de funcionar correctamente.

En el análisis de esta degradación ocurrida en algunos casos de estudio, se constata que este deterioro es consecuencia de la acción humana, manifestándose especialmente con la introducción de materiales incompatibles con los característicos de esta región, como es la introducción de ladrillo en algunos huecos de la tapia o revestirla con cemento, lo que produce la falta de ventilación de la misma, generando en consecuencia humedad.

Una vez finalizado el análisis sistemático y consistente de las fichas de los casos de estudio, se constata que los materiales utilizados en las construcciones de tierra del patrimonio urbano de Monforte se pueden agrupar en función de su origen (Tabla 1): Materiales de origen mineral (piedra y tierra), materiales de origen vegetal (madera y paja) y materiales conglomerantes y transformados (cemento, cal, vidrio y ladrillo).

Tabla 1. Tabla de clasificación de los materiales identificados en los casos de estudio

	Material de origen mineral			Material de origen vegetal		Material de origen mineral			
Caso	Esquisto	Granito	Tierra	Madera	Paja	Cemento	Cal	Vidrio	Teja
1		o	o	o	o	o		o	o
2		o	o	o	o	o	o	o	o
3	o	o	o	o		o	o	o	o
4		o	o	o	o		o	o	o
5		o	o	o	o	o	o	o	o
6		o	o	o	o		o	o	o
7		o	o	o	o	o	o	o	o
8		o	o	o	o	o		o	o
9		o	o	o	o		o	o	o

Tras el análisis de los casos de estudio se encontraron dos tipos de piedra diferentes, el esquisto y el granito. La piedra aparece formando parte del zócalo perimetral en el que se asienta posteriormente el resto del muro realizado con tierra, así como muro exterior en la planta alta.

Se construían los zócalos en el arranque de la edificación para impedir que los muros sufrieran humedad por capilaridad, además de proteger al muro del impacto de la lluvia y del agua. Éstos se construían con cantos rodados, mampuestos de granito o bloques de reducidas dimensiones de pizarra, ya que realizar muros de sillería estaba sólo al alcance de familias muy adineradas.

El acceso al esquisto era más factible que el acceso al granito, debido a la existencia de este material pétreo en el entorno físico cercano. Se trata de variedad pétrea con una característica tonalidad oscura, donde predomina el color azulado y grisáceo. A pesar de esta facilidad de acceso al esquisto, solamente se ha identificado su uso en el piso superior del caso de estudio 3.

Se ha detectado el uso del granito en los zócalos hasta la altura del primer piso de los casos de estudio 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, mientras que en el caso de estudio 3, el zócalo solamente subía 70 centímetros de la cota de la calle. Se constata la presencia de sillería de granito en los casos de estudio 2, 6, 7 y 9, todos ellos en formando el muro perimetral de la planta baja. Asimismo, la mampostería de granito se ha identificado en los casos de estudio 1, 3, 4, 5 y 8, formando el muro perimetral de la planta baja, a excepción del caso 3 que solamente aparece en el arranque del muro.

La tierra aparece en las edificaciones vernáculas monfortinas en los muros exteriores de los edificios, a través de la técnica constructiva de la tapia. Además, la tierra está presente en el interior de la vivienda, formando parte de las paredes divisorias y del suelo en la planta.

Tras analizar los casos de estudio, se verifica la presencia de tierra en los muros de tapia del caso 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Asimismo, tienen solera de tierra compactada en la planta baja de la construcción los casos de estudio 1 y 4. En cuanto a la albañilería interior, los casos 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 tienen tabiques interiores con presencia de tierra. Siendo tabiques de barrotillo (Figura 10), formados por láminas de madera con tierra, los casos 1, 2, 4 y 5. El resto de los casos de estudio, 6, 7, 8 y 9, los tabiques son de pallabarro (Figura 11).

Figura 10. Barrotillo en el interior del caso de estudio 1

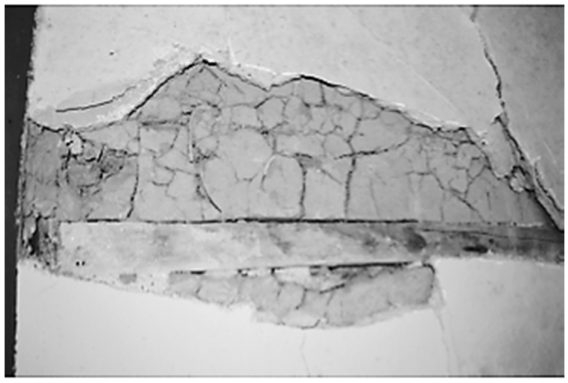


Figura 11. Pallabarro en un tabique interior del caso de estudio 7

Se localiza el material de origen vegetal, la madera, tras el análisis de los casos de estudio, apareciendo en la estructura que sustenta la cubierta, en las vigas, en los pavimentos, en la tabiquería interior además de encontrarla en las escaleras y en las carpinterías.

Tras analizar el armazón de las cubiertas de los casos de estudio, se constata que todos ellos se construyeron en madera; siendo construidas con el referido material el entramado, las vigas y viguetas.

En cuanto a los pavimentos, se identificó madera de castaño en el pavimento del caso de estudio 1, 4, 5, 6, 7, 8, y 9. Existe madera en los tabiques interiores de los casos de estudio 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, ocurriendo lo mismo que con los pavimentos, en los casos de estudio 2 y 3 no existe tabiquería interior a consecuencia del avanzado estado de deterioro de las edificaciones.

El cemento es actualmente uno de los materiales más utilizados en las construcciones, tanto de obra nuevas como de rehabilitación, por lo que se encuentra en pequeñas obras de consolidación de los muros estructurales de tapia. La utilización de este material con ese fin, es consecuencia del desconocimiento de la incompatibilidad del mismo con la tierra, que al no dejar pasar el aire hace que lo tapia sufra humedades, disminuyendo su capacidad estructural. Se ha encontrado cemento al analizar los casos de estudio 1, 2, 3, 5, 6, 7 y 9.

La cal se ha utilizado durante siglos como conglomerante en la construcción, así como para encalar muros y fachadas de los edificios de adobe y tapia. Su color es el blanco y también blanco grisáceo. En los casos de estudio se encuentra en el revoco exterior de los casos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9, aunque, exceptuando el caso 4, 5, 7 y 9, se encuentra en un avanzado estado de deterioro, dejando grandes superficies sin revoco. Se ha identificado mortero de cal en la tabiquería interior de los casos de estudio 1, 2, 4, 5, 6, 7, y 8.

4.5 Sistemas constructivos

Una vez analizados los casos de estudio sistemáticamente se constata que los sistemas constructivos utilizados en las construcciones de tierra del patrimonio urbano de Monforte de Lemos se pueden agrupar en los componentes edificatorios de muros exteriores y divisiones interiores.

Tabla 2. Tabla de clasificación de los sistemas constructivos identificados en los casos de estudio

	Muros exteriores		Material de origen vegetal	
Caso	Albañilería de piedra	Tapia	Pallabarro	Barrotillo
1	O	O		O
2	O	O		O
3	O	O	O	
4	O	O		O
5	O	O		O
6	O	O	O	
7	O	O	O	
8	O	O	O	O
9	O	O	O	

Tras analizar los casos de estudio, los muros exteriores de las construcciones pueden dividirse en dos sistemas constructivos, por un lado los muros de albañilería de piedra, y por otro, los muros de tapia.

En los casos de estudio, los muros de piedra solamente se levantaban hasta la altura del primer piso, exceptuando el caso de estudio 3, en el que el zócalo solamente llegaba a los 70 cm desde el arranque de la construcción. Esta situación puede ser consecuencia de la falta de material pétreo ya referida, pero también para evitar la humedad por capilaridad de terreno y para soportar la carga estructural de los muros de tapia.

El aparejo utilizado variaba en función de la cantidad de piedra de la que se disponía, así como de la calidad del corte. En función de lo anteriormente referido, dentro de la albañilería de piedra se identificaron dos aparejos, los muros de sillería y los muros de mampostería.

La sillería estaba formada por piedras de grandes dimensiones, cortadas regularmente en las canteras. Los casos de estudio, en los que se verificó el uso de este aparejo, son el 2, el 6, el 7 y el 9. En ellos se verifica que la construcción del muro se realizó con piedras de gran tamaño, oscilando entre los 50 cm y 80 cm de largo, los 30 cm a 70 cm de ancho, y entre los 30 cm y 45 cm de alto. Estos bloques de piedra ya venían cortados desde las canteras.

La mampostería consistía en colocar los mampuestos a hueso y en seco, variando en cuanto a tamaño y forma. Este tipo de aparejo varía en función del tamaño de la construcción y en función de la forma y tamaño de los cachotes, por lo que en consecuencia, los muros varían entre 40 cm y 70 cm de espesor dependiendo de las referidas condiciones.

Los muros exteriores, en la planta baja de los casos de estudio, eran construidos con aparejo de mampostería en el 1, 4, 5, 8. En cuanto a los casos 2, 6, 7 y 9, la planta baja se construyó con aparejo de sillería. Cabe destacar el caso de estudio 3, donde el muro era de mampostería pero situado en la planta alta de la edificación, probablemente tras sufrir una ampliación.

Las plantas bajas y los arranques de los muros estaban hechos de albañilería de piedra, mientras que los pisos superiores eran construidos con muros de tapia. Estos, se realizaban del modo tradicional, colocando los tapiales con el ancho deseado y rellenándolos de tierra para posteriormente apisonarla. Este proceso se repetía hilada tras hilada, hasta conseguir la altura deseada.

Dependiendo del tamaño de la edificación los muros de tapia oscilaban entre 50 cm y 75 cm de ancho. Asimismo, tras el análisis de los casos se estudio, se observó que algunos de ellos contaban con elementos horizontales de madera entre las distintas tongadas para reforzar el muro (Figura 12).

Además también se verificó el uso de estos elementos de madera horizontales en las esquinas de los muros, previsiblemente por una adaptación de la manera de construcción de los muros de piedra. Los maestros constructores de piedra utilizaban tizones en las esquinas de las construcciones para favorecer el correcto funcionamiento de la estructura, por lo que se pudo adaptar a la construcción del muro de tapia.

El ancho de las tongadas variaba dependiendo del constructor y del tamaño de la edificación (Figura 13). Además del número de tongadas y elementos horizontales de madera, colocadas entre las mismas, variaba el tipo de tierra utilizada para la tapia. Esto ocurría dependiendo del constructor y probablemente del lugar de donde se extrajese la tierra, ya que varía desde la tonalidad más clara del caso 8 hasta la tonalidad más oscura del caso 6.

Figura 12. Tapia con elementos horizontales en madera del Caso de Estudio 8

Figura 13.Tapia en el Caso de Estudio 4

5. CULTURAS CONSTRUCTIVAS

Al analizar los materiales y los sistemas constructivos que se utilizaron en los casos de estudio, se constataron variantes dentro de los mismos, lo que pone de manifiesto la presencia de culturas constructivas en el patrimonio vernáculo de Monforte.

Las culturas constructivas son el resultado de un proceso de evolución sometido a múltiples influencias, producto de la experimentación a lo largo de los siglos y de los procesos de degradación de los materiales producidos por el clima y el paso del tiempo (Ferreira, 2014).

En los casos de estudio, las culturas constructivas están relacionadas con los materiales utilizados en Monforte, la tierra, y sus técnicas de aplicación, la tapia, el pallabarro, y el barrotillo, las cuales no se consideran actuales, sufriendo en consecuencia rechazo y desuso frente a las materiales y sistemas constructivos contemporáneos. Tras estudiar y analizar la tapia en los muros exteriores de los casos de estudio, se observa una evolución de los sistemas constructivos, obteniendo en consecuencia una cultura constructiva.

A través de la observación directa de este sistema constructivo se ven dos claras diferencias en cuanto a los refuerzos estructurales, por un lado están los muros de tapia con refuerzos estructurales a través de elementos horizontales de madera, como son el Caso 1, el 5, el 6 y el 8. Y, por otro, están los muros de tapia sin refuerzos estructurales, como son los casos de estudio 3, el 4 y el 9.

En el caso 2 y en el 7, no se puede afirmar que posea algún tipo de refuerzo estructural con elementos horizontales de madera, debido a que el revoco del muro exterior está en mejores condiciones que el revoco del resto de los casos de estudio, por lo que no existe una superficie sin revoco en la fachada de suficiente tamaño como para comprobarlo.

Se constata una evolución de la cultura constructiva, por la inserción en algunas edificaciones de los elementos horizontales de madera, y por la utilización de diferentes tierras para construir el muro de tapia.

Los referidos elementos de madera aparecían colocados entre las tongadas y como refuerzo en las esquinas de las construcciones. Se puede suponer que la utilización de refuerzos estructurales a través de elementos horizontales de madera en las esquinas fuese influencia de los maestros constructores de piedra, los cuales utilizaban los tizones como refuerzo en las esquinas para mantener unida la estructura en estos puntos conflictivos.

Probablemente las edificaciones de los nueve casos de estudio fueron construidos por tres tipos de constructores diferentes, debido a que se observan tres maneras distintas de realizar la misma técnica constructiva. Los constructores estaban acostumbrados a trabajar de manera semejante, del modo en que les habían enseñado, por lo que casi nunca abandonaban sus costumbres, aplicando de manera igualitaria y repetitiva los mismos materiales y técnicas constructivas.

Así, había un tipo de tapia A en la que pertenecen los casos 3, 4 y 9, en los que no existe ningún tipo de refuerzo estructural a través de elementos horizontales de madera, y en los que existía uniformidad en cuanto a la composición de la tierra, la cual estaba mezclada con una mayor proporción de elementos pétreos que las otras dos culturas constructivas.

La tapia B que se llevó a cabo en las construcciones de los casos de estudio 1 y 5, se diferencia del anterior, en que en ambos muros de tapia colocaba, entre cada tongada, elementos de madera para reforzar la estructura. Además, la tapia poseía elementos de madera adicionales en las esquinas de los muros, para mejorar aún más la estructura. Las tongadas tenían aproximadamente 40 centímetros de alto, colocándose entre ellas los referidos elementos de madera, incrementándose éstos en las esquinas y en los vanos, cada 10 o 15 centímetros.

Y por último, la tapia C, la de las edificaciones de los casos 6 y 8. Se podría pensar que fue construida por el mismo constructor que la anterior, debido a la utilización de elementos horizontales de madera entre las tongadas, pero en este caso, las tongadas tienen un alto mucho mayor, llegando a los 70 centímetros entre ellas. En esta tapia no se utilizaba refuerzos en las esquinas, como el anterior, con elementos horizontales de madera. Además, la tierra tenía menos cantidad de elementos pétreos que las anteriores.

6. CONSIDERACIONES FINALES

A través de la realización del inventario se puede verificar y demostrar la existencia de construcciones de tierra en la comunidad gallega, concretamente en la ciudad de Monforte, pese a las premisas climatológicas y la tradición constructiva con materiales pétreos predominante. Se demuestra así que la arquitectura de tierra es posible en Monforte gracias al suelo sedimentario en el que se asienta, pudiendo obtenerse material de tierra para la construcción de tapia. Además, es posible gracias a los constructores que generación tras generación utilizaron y mejoraron, con su propia experiencia, el sistema constructivo de la tapia.

Se constata la riqueza constructiva de las edificaciones de Monforte de Lemos, debido a la coexistencia de diversos materiales y sistemas constructivos, en mayor o menor medida, como son la piedra y la tierra, la albañilería de piedra y la tapia. Además de

verificarse la presencia de culturas constructivas en la técnica de tapia, donde cada constructor adaptaba la técnica a su experiencia, sus recursos y sus necesidades.

Se verifica la variedad en cuanto a la tipología espacial de las edificaciones de tierra, en función de las necesidades de sus propietarios. Esto da lugar a construcciones de diversos tamaños, de distintas distribuciones espaciales y alturas.

Se comprueba la construcción sistemática del zócalo perimetral de piedra en el arranque de la edificación de todos los casos de estudio, para evitar la humedad por capilaridad y la proyección de agua de lluvia al muro de tapia.

Se observa el empleo sistemático de la tapia en los muros exteriores de las construcciones, así como una variedad del sistema constructivo dando lugar a diversidad de culturas constructivas.

Se evidencia la presencia de tres variantes del sistema constructivo de la tapia, identificándose en consecuencia tres culturas constructivas. La presencia de las tres culturas constructivas utilizadas en la tapia de los muros exteriores puede ser consecuencia de la llegada a la ciudad de habitantes procedentes de la zona más oriental de la península ibérica, donde el sistema constructivo de la tapia era muy utilizado; en consecuencia muy desarrollado y evolucionado.

Asimismo, es importante exponer la importancia de este patrimonio urbano de tierra en Monforte de Lemos, ya que se trata de la única ciudad en el territorio gallego que cuenta con construcciones de tierra en gran parte de sus límites urbanos. A través de la investigación se pretende valorizar el referido patrimonio a través del conocimiento de sus construcciones de tierra, y conseguir que la población se identifique con su patrimonio de tierra y en consecuencia lo preserve y lo mantenga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Caamaño, M. (1997). A casa popular. Cadernos Museo do Pobo Galego 8. A Coruña: Fundación Caixa Galicia.

Caamaño, M. (2006). As construccións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia. A Coruña: Hércules.

Ferreira, T. (2014). Traditional and contemporary construtive cultures: A comparison between building process en Vernacular Heritage and Earthen Architecture: Contributions for Sustaina- ble Development, eds. M. Correia, G. D. Carlos & S. Rocha, Taylor & Francis Group, London, pp.153-158.

Martínez, A; Pérez, A. (1999). Atlas climático de Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.

Schulz, G. (1835). Descripción geognóstica del Reino de Galicia. Madrid: Imprenta de los Herederos de Collado.

AUTORES

Laura Álvarez-Testa Sánchez, maestra por la ESG–Escola Superior Gallaecia, licenciada en arquitectura por la ESG. Ganadora de becas internacionales para participar en workshops: “VERNADOC 2013-Portugal”, celebrado en Viana do Castelo en 2013; “Festivel Culturel International de Promotion des Architectures de Terre Archi’Terre”, celebrado en Argelia en 2013; “Proyecto de Arquitectura en Tierra” celebrado en el Alentejo y en Vila Nova de Cerveira (Portugal) en 2011.

Mariana Correia, doctora por Oxford Brookes University; maestra por FAUTL, Portugal; DPEA-Terre en CRAterre-ENSAG; posgraduado del Conselho da Europa; licenciada en arquitectura en la FAUTL; Presidente del Consejo de Dirección de la ESG; directora del CI-ESG; Miembro del Consejo de Coordinación de PROTERRA; Miembro especialista del ICOMOS-CIAV e ICOMOS-ISCEAH; y de la Cátedra UNESCO *Earthen Architecture & Sustainable Development*.

5. ANALISIS DE LA ESTABILIDAD DE ARCILLAS DE ALTA PLASTICIDAD POR MEDIO DE LA DIMENSION FRACTAL

Yolanda G. Aranda-Jiménez[1]; Edgardo J Suarez- Domínguez[2]; Victor Garcia Izaguirre[3]

[1.] Facultad de Arquitectura Diseño y Urbanismo. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Campus Tampico-Madero, Circuito interior S/N.Tampico, Tamaulipas. México. [1]yoli212@yahoo.com.mx; [3]vgarcia@uat.edu.mx

[2.] Mexican Institute of Complex Systems. Calle Tlaxcala 111, Col. Unidad Nacional. Ciudad Madero, Tamaulipas, México. jsd@mics.edu.mx

Palabras clave: tierra vertida, arcillas expansivas, estabilizantes, dimensión fractal.

Resumen

En los diferentes sistemas constructivos que involucra la arquitectura con tierra se busca trabajar con el suelo idóneo compuesto por arcillas de tipo caolinitas o de baja plasticidad, arena y limo; sin embargo, la realidad es muy diferente encontrándose en el área a construir arcillas expansivas, o suelos ricos en limo y todos los elementos adversos, por lo que es fundamental investigar acerca de aquellos elementos que se han denominado no aptos para la construcción con tierra. El análisis fractal de las superficies permite conocer la complejidad que puede tener un sistema y evaluarlo; se ha utilizado para análisis de rugosidad y porosidad, en este caso se correlaciona la uniformidad de una superficie sólida con la imagen analizada según el programa Image J la cual proporciona dicha dimensión. En el presente trabajo se realizó un análisis de estabilidad de cuatro tipos de arena mezclada con arcilla del tipo montmorilonita adicionadas o estabilizadas con cal y cemento, a partir de las uniformidades producidas en la superficie y cuantificadas con la dimensión fractal. Se encontró que el tamaño de partícula de arena interviene en los resultados y que la cal en un 3% y el cemento en un 6% no hay diferencia significativa de evolución temporal sino hasta los 28 días.

1. INTRODUCCIÓN

La arquitectura de tierra es cada vez más aceptada a nivel mundial para construir sustentablemente hoy en día, sin embargo requiere de investigación, tanto de los suelos a utilizar como de los sistemas constructivos, así mismo es fundamental investigar sobre las arcillas, componente principal de este tipo de arquitectura. Encontrar suelos expansivos en el área de trabajo, llevó a la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto, en cuanto a la estabilidad, respecto al análisis fractal de superficie, de una arcilla del tipo montmorilonita con cal y cemento y así utilizarlas en la arquitectura de tierra?

2. DESARROLLO

Partiendo de los numerosos minerales (principalmente silicatos) que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas, los agentes de descomposición química llegan a un producto final: la arcilla (Juarez-Badillo; Rico-Rodrigues, 2000). Sin embargo, ésta puede encontrarse naturalmente como parte del suelo.

En México, los suelos expansivos ocupan el 8% del territorio, concentrándose la mayor parte al centro de la República; las arcillas se clasifican en arcillas de alta plasticidad y baja plasticidad. También pueden clasificarse como: caolinitas, Ilitas y montmorilonitas.

Se han documentado investigaciones experimentales donde se estabilizan las montmorilonitas solo con cal (Houghua; Chunji; Bi-Wei, 2013), empleando métodos que se describen en los fundamentos teóricos para la identificación de arcillas como: rayos X, microscopio electrónico y el método químico, sin que a la fecha se haya documentado una investigación con cal y cemento a la vez potencializando las ventajas de ambos.

En un estudio, Hossain y Mol (2011) analizan las propiedades de durabilidad de 14 mezclas de suelo arcilloso expansivo, adicionado con puzolanas o bien utilizando cenizas volantes con alto contenido en calcio y cemento, otro estudio, realizado por Kolias, Kasselouri-Rigopoulou y Karahalios (2005) se demuestra la eficacia de la utilización de estas cenizas reduciendo el cemento, en pavimentos. Dos años después se prueba la estabilidad de las arcillas en pavimentos estabilizándolo con cemento en el estudio de Giannattasio y Gustavo (2006) para viviendas de interés social, sin embargo solo se analizan las propiedades físicas, dejando a un lado el aspecto económico.

Por otro lado Jommi (2011) reporta resultados exitosos tras estabilizar suelos expansivos con hidróxido de calcio, menciona que se comporta como un limo. Otros han utilizado la lechada de cal para estabilizar las arcillas tales como Rao y Thyagaraj (2003).

Se ha utilizado la dimensión fractal para medir la porosidad de muestras de tierra vertida, encontrando una mayor uniformidad (Suárez-Domínguez; Aranda-Jiménez, 2013).

2.1 Objetivo

Objetivo general

Determinar la dimensión fractal a las superficies de mezclas arena-arcillas expansivas adicionadas con cal y cemento y mostrar las diferencias con respecto a una muestra sin cemento.

Objetivos específicos

- Encontrar proporciones de agua adecuadas para la elaboración de mezclas.

- Analizar con la dimensión fractal las superficies de las muestras

- A partir de los resultados obtenidos mencionar los posibles usos en la arquitectura con tierra.

2.2 Hipótesis

Las mezclas estabilizadas con cal y cemento presentan menor dimensión fractal, que indica menor número de fisuras que aquellas estabilizadas con un solo estabilizante mineral.

2.3 Metodología

La presente investigación es experimental debido a que consiste en manipular de forma intencional una o más variables independientes (las cuales se consideran la causa en una relación de variables) y el efecto provocado por dicha causa se le llama variable dependiente (consecuente o efecto). Para este caso la variable independiente será la cantidad de bentonita empleada y la variable dependiente será las fisuras o rugosidad presentada.

El alcance del trabajo es exploratorio pues se pretende examinar una problemática poco estudiada desde la perspectiva fractal se ha abordado sucintamente en tierra vertida. También es correlacional pues se desea conocer la relación entre dos o más variables en un determinado contexto y explicativo debido a que se tratará de explicar por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se manifiesta o la razón por la que se relacionan dos o más variables que en este caso.

2.4 Procedimiento

Para el desarrollo de las pruebas se obtuvieron diferentes muestras de arena a utilizarse en la elaboración de mezclas: arena de río lavada, arena de mar y arena de Otawa. A la arena de río se le retiraron todos los carbonatos presentes con lavado de ácido clorhídrico al 15% dejando reposar durante 24 horas. Posteriormente se retiró el exceso de ácido a

partir de enjuagues con agua destilada y se escurrió durante 1 hora. La arena de Otawa fue adquirida en grado industrial. La arena de mar se enjuagó completamente con agua desionizada. Todas las muestras se secaron a 110°C de temperatura durante un periodo de 3 horas.

Se realizaron mezclas de acuerdo a las proporciones señaladas en la Tabla 1.

Tabla 1.- Proporciones en peso para la elaboración de mezclas estabilizadas con cemento y cal

Componente	Proporciones (%)			
	Mezcla 1 arena de Otawa	Mezcla 2 arena de río[1]	Mezcla 3 arena de mar[2]	Mezcla 4[3] arena de río
Cemento	6	6	6	0
Arena	87	87	87	87
Cal	3	3	3	3
Bentonita	4	4	4	4

[1] sin carbonatos;
[2] lavada
[3] amostra control

Para determinar la cantidad de agua necesaria para la mezcla se buscó un revenimiento de 6,5 mediante el uso de conos invertidos. Esta varió en función a la arena utilizada, de tal manera que para la mezcla 1 se utilizaron 12,5%; en la mezcla 2, 16%, y en la mezcla 3, 15,5%.

En todos los casos, se añadió el agua en volumen posterior al mezclado de todos los componentes sólidos de las muestras.

Una vez realizadas las mezclas, se vertieron las cantidades indicadas en la tabla en un recipiente cilíndrico de 2,5 cm de diámetro x 1 cm de altura, vibrando manualmente en recipiente durante 2 minutos. El procedimiento se realizó por triplicado. Las muestras se dejaron secar a condiciones normales de presión y temperatura.

Para conocer el efecto de una atmósfera de CO_2 se repitió lo anterior pero introduciendo las muestras en un reactor cilíndrico donde se inyectó dióxido de carbono en cápsulas a 3 psi. En este caso, primero se desplazó por vacío el aire presente para posteriormente permitir el ingreso del CO_2 grado reactivo marca infra contenidos en cápsulas de alta presión.

Se tomaron fotografías a las muestras de sólido obtenidas, después de 1, 7 y 28 días. A dichas muestras se les determinó la porosidad y se caracterizó la superficie por el método de la dimensión fractal. Las superficies se observaron con un microscopio *Konus College #5302*, ocular *WF 15x,* con aumento 10X. Los patrones fueron fotografiados con una cámara Sony DSC-W530 Cyber Shot 14.1 megapixeles, lente Carl Zeiss y zoom óptico 4X con una resolución de 7 megapixeles.

A los patrones tomados se les determinó la dimensión fractal por conteo de caja mediante el programa Image J v 1,40 g en el cual cada imagen a color se convirtió en una imagen de 8 bits, a partir de la cual se obtiene una imagen binaria del patrón a la cual se le determinó la dimensión fractal vertical y horizontal de las imágenes, así como su rugosidad.

- Dimensión fractal

Los patrones que forman los sólidos, como los aquí estudiados, se caracterizaron a través de la dimensión fractal de capacidad (Γ_c), definida como:

$$\Gamma_{c=-}\lim_{r\to 0}\frac{\ln N_0(r)}{\ln(1/r)}$$

Donde r es el tamaño de los N sitios en los cuales se divide la imagen en 2D y N_0 es el número de sitios en los cuales se detecta la presencia de sustancia.

El valor de la dimensión fractal en un sistema que puede variar en dependencia de los procesos dinámicos que tienen lugar y de su naturaleza aleatoria por lo que puede describir un sistema a partir de su morfología. En este trabajo, las morfologías correspondieron a las imágenes obtenidas de acuerdo a la parte experimental anteriormente descrita, los procesos dinámicos son referidos a las interacciones entre las partículas que conforman a la tierra vertida así como las características de las mismas, principalmente su tamaño.

En este sentido se correlacionarán los resultados experimentales observados a partir de la rugosidad y fisuras con respecto a la dimensión fractal.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan los resultados de la dimensión fractal por conteo de caja

Tabla 2 – Dimensión fractal por conteo de caja

Tipo de arena	Promedio			Error de la medición		
	1 día	7 días	28 días	1 día	7 días	28 días
Arena de Otawa	1,9450	1,9450	1,9489	0,0089	0,0089	0,0094
Arena de rio sin carbonatos	1,9272	1,9272	1,9304	0,0211	0,0211	0,0170
Arena de mar lavada	1,9456	1,9456	1,9346	0,0072	0,0072	0,0140
Arena con cal y bentonita sin cemento	1,9385	1,9385	1,9409	0,0149	0,0149	0,0099
CO_2						
Arena de Otawa	1,9461	1,9461	1, 9266	0,0162	0,0162	0,0307
Arena de río	1,9299	1,9299	1,9372	0,0088	0,0088	0,0087
Arena de mar	1,8955	1,8955	1,8453	0,0044	0,0044	0,0069

Puede notarse que el resultado promedio aproximado para la arena de Otawa fue de 1,95, que fue estadísticamente similar que la de arena de mar lavada. Sin embargo, la arena de río sin carbonatos presentó una menor dimensión fractal al igual que la arena con cal, bentonita y cemento.

Estos resultados están en concordancia con la hipótesis de una menor complejidad para la de río sin carbonatos, probablemente por la ausencia de partículas no uniformes carbonatadas y por tanto homogeneidad de las partículas de arena. Para ello se hizo pasar la muestra de arena por un conjunto de tamices encontrando más del 95% de su contenido en la malla 80. En el caso de la arena de Otawa se encontró el principal contenido (más del 90%) en malla 40.

Para los resultados con respeto a las muestras sometidas a un curado en ambiente de dióxido de carbono se encontró una mayor homogeneidad en la superficie de sólido

estudiada, a excepción de la arena de Otawa que no tuvo diferencias significativas. Es posible que se haya potencializado la reacción:

$$Ca(OH)_2 + CO_2 \rightarrow CaCO_3 + H_2O$$

Experimentando entonces una homogenización temporal. En cuanto a los perfiles de rugosidad no se detectan diferencias a lo largo del tiempo, sin embargo si se visualizan en los procesos de curado con y sin CO_2. Por último es necesario mencionar que aquellas muestras sometidas al ambiente de CO_2, se detectaron un mínimo de fisuras

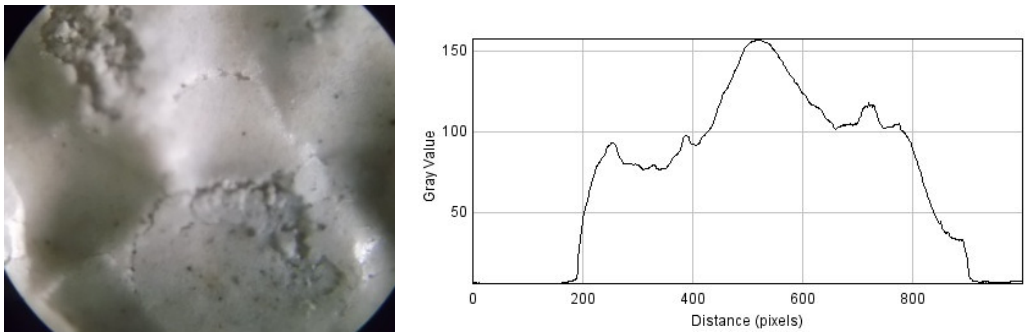


Figura 1 - Arena de Otawa y corte de la superficie sin CO2

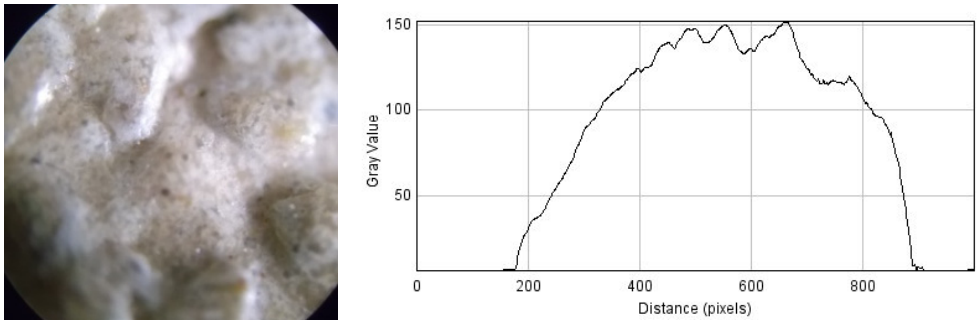


Figura 2 – Arena de rio sin carbonatos y corte de la superficie sin CO2

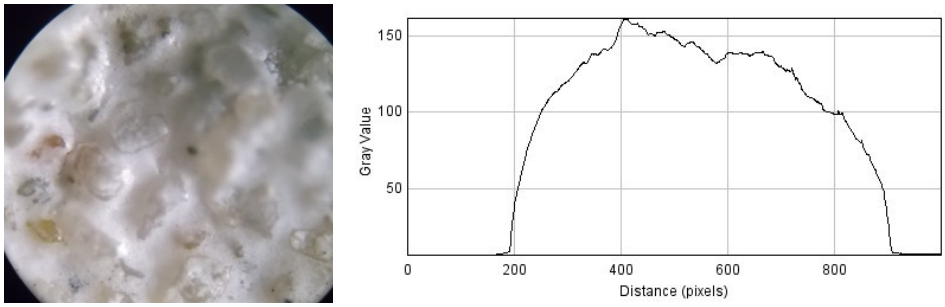


Figura 3 - Arena de mar lavada y corte de la superficie sin CO2

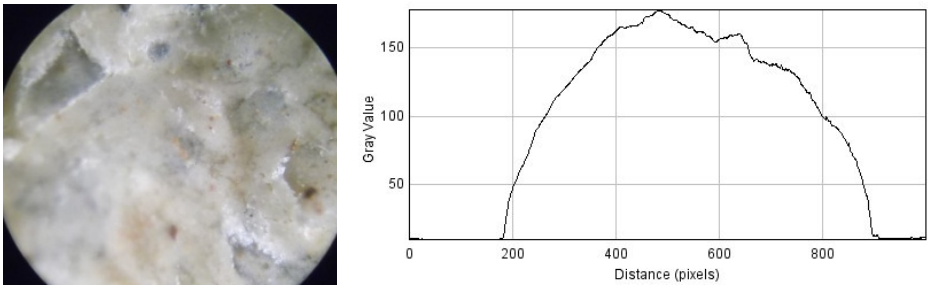


Figura 4 – Arena con cal y bentonita sin cemento y corte de la superficie sin CO2

La dimensión fractal sirve para determinar la uniformidad de las superficies por lo que su uso dependerá de los estudios que la correlacionan con las fisuras encontradas en las superficies. Estos estudios a futuro permitirán hacer evaluaciones preliminares de las mezclas.

4. CONCLUSIÓN

En el presente trabajo se determinó la dimensión fractal por conteo de caja de diferentes mezclas encontrando valores de 1,9272 hasta 1,9489; no se encontró diferencia significativa de evolución temporal en la dimensión fractal, sino hasta los 28 días.

Parece existir una modificación superficial al añadir cemento a las muestras. Se encontró que el porcentaje adecuado de agua añadido fue de 12,5% al 16% sobre la mezcla. Es necesario profundizar en el análisis de las variaciones de cemento.

Por último se hace necesario ampliar los estudios realizados para así poder determinar los usos de estas arcillas estabilizadas en la arquitectura de tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Giannattasio, R.; Gustavo, V. (2006). Estabilización química de las arcillas expansivas mediante el uso de cemento a fin de emplearlo como base de pavimento rígido en el desarrollo de proyectos de viviendas de interés social. Universidad Nueva Esparta. p.1-3

Hossain, K; Mol, L. (2011). Some engineering properties of stabilized clayey soils incorporating natural pozzolans and industrial wastes. Construction and Building Materials

Houghua, Z. Jun, L. Chunji, Z. Bi-Wei, G. (2013). Reexamination of lime stabilization mechanisms of expansive clay. Journal of Materials in Civil Engineering. 27(1). 1-34pp.

Juarez-Badillo, Rico-Rodriguez (2000). Mecánica de suelos. Tomo 1. Fundamentos de la mecánica de suelos. Editorial LIMUSA. México ISBN 968-18-0069-9.

Kolias, S.; Kasselouri-Rigopoulou V, Karahalios, A. (2005), Stabilisation of clayey soils with high calcium fly ash and cement. Cement and Concrete Composites, 27 (2005), p301–313

Jommi, C. (2011). Reducción de la expansión de las arcillas con el uso de cal. Facoltà di Ingegneria Civile, Ambiente e Territoriale. p.1-126

Rao, S.M.; Thyagaraj, T. (2003). Lime slurry stabilization of an expansive soil. Geotechnical Engineering. 156(3). p.139-146

Suárez-Dominguez; Aranda-Jimenez (2013). Diferencia fractal en superficies de tierra vertida con suelo de Tamaulipas. Revista Contexto: Universidad Autónoma de Nuevo León http://contexto.uanl.mx/num7.html

AUTORES

Yolanda Aranda-Jimenez, Doutora en Arquitectura por la UAT. 2010, miembro de Proterra desde el 2005. Catedratica TC. Perfil Promep. Premio Tesis de Calidad 2010.

Edgardo Suarez-Dominguez, Arquitecto por la UAT. Master en Ingenieria. Lic. en Quimica. Director del Instituto MICS. Estudiante del Doctorado en Mecanica de Fluidos UNAM.

Victor Garcia Izaguirre, doutor en Arquitectura por la Universidad de Sevilla, miembro del CA perfil Promep

6. REFUERZO SÍSMICO DE MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS PARA CONSTRUCCIONES DE ADOBE

Marcial Blondet[1]; Julio Vargas[2]; Nicola Tarque[3]; Jonathan Soto[4]; Carlos Sosa[5]; Javier Sarmiento[6]
Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

[1]mblondet@pucp.pe, [2]jhvargas@pucp.pe, [3]sntarque@pucp.edu.pe,
[4]jonathan.soto@pucp.pe, [5]carlos.sosa@pucp.pe, [6]javier.sarmiento@pucp.pe

Palabras clave: adobe, terremotos, reforzamiento e integridad estructural

Resumen

Las construcciones de adobe, durante los terremotos, son generalmente las más afectadas. Sufren daños significativos o colapsos parciales y totales debido a que los muros son muy débiles y frágiles. Sin embargo, las más graves consecuencias son las pérdidas de vidas, la gran cantidad de heridos y las familias damnificadas. Una manera efectiva de evitar estos daños en viviendas es confinar las paredes de adobe con mallas hechas con materiales compatibles con el material tierra. La PUCP viene investigando diversas formas de mejorar el comportamiento sísmico de las casas de adobe; por ejemplo, se ha visto que una malla exterior de polímero (geomalla) es efectiva en prevenir el colapso de las estructuras de adobe sometidas a excitación sísmica severa. Sin embargo, en la mayor parte del territorio peruano, la geomalla es difícil de obtener. Este artículo presenta los resultados de una nueva técnica de refuerzo sísmico que utiliza mallas externas de drizas (sogas sintéticas), accesibles en las zonas rurales. Como trabajo preliminar se ensayó un modelo de vivienda típica de adobe sin refuerzo, a escala natural, sobre la mesa vibradora de la PUCP. Durante el movimiento, los muros de adobe se agrietaron y algunos bloques de adobe se desplomaron. Luego, la casa fue reparada (con inyección de barro tamizado) y reforzada con una malla externa de cuerdas de driza en cada cara de los muros, templadas manualmente. Las drizas sujetaban también una viga collar de madera. Después de someter el modelo reforzado a un nuevo ensayo sísmico más exigente, se observó que el refuerzo brindó integridad estructural y estabilidad al modelo pues evitó el colapso parcial de los bloques. Además, se elaboró una guía preliminar de diseño de refuerzo. Actualmente, se está realizando un modelo numérico no lineal y un modelo basado en análisis dinámico de bloques rígidos. Los resultados serán comparados con lo observado en el laboratorio. Se espera que estos resultados conlleven al desarrollo de un sistema de refuerzo simple, accesible y barato que permita proteger las construcciones de adobe localizadas en áreas sísmicas.

INTRODUCCIÓN

En muchas partes del mundo, los terremotos ocasionan grandes daños a las viviendas y monumentos históricos construidos con tierra. Las casas de adobe dañadas pueden ser reconstruidas. Sin embargo, los monumentos históricos deben ser reparados y reforzados para asegurar su estabilidad ante futuros terremoto. La tarea es muy complicada ya que requiere de una mínima intervención estructural, un aspecto recomendado por las cartas internacionales de conservación (ICOMOS, 1964).

El grupo de investigación GERDIS de la sección Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) está estudiando procedimientos de refuerzo para muros de adobe de acuerdo con los principios universales de conservación: mínima intervención, refuerzo compatible y solución reversible.

Primero, se estudió la reparación mediante la inyección de barro líquido, *grout*, (Blondet et al, 2007). La reparación restauró la resistencia original de muros de adobe sometida a

compresión diagonal y carga estática cíclica. No obstante, el procedimiento no fue exitoso en un modelo de adobe a escala natural sometido a simulación sísmica en la mesa vibradora de la PUCP (Groenenberg, 2010; Blondet et al, 2012). Posteriormente, se construyó otro modelo a escala natural que fue sometido a la misma simulación sísmica para inducir daño en la estructura. Luego, las grietas fueron reparadas mediante la inyección de barro líquido y los muros fueron reforzados con una malla externa ortogonal de drizas (nylon) tensada manualmente con templadores. Finalmente, el modelo fue ensayado nuevamente en la mesa vibradora. Su comportamiento sísmico fue satisfactorio porque el refuerzo controló los desplazamientos relativos de las partes de los muros agrietados, evitó el colapso parcial y preservó la integridad estructural del modelo (Blondet et al, 2014).

Adicionalmente, este trabajo contempla el desarrollo de una guía preliminar de diseño basado en el análisis dinámico de bloques rígidos y el estudio numérico del comportamiento sísmico de las viviendas reforzadas.

Este artículo resume los resultados experimentales obtenidos de los ensayos experimentales y el trabajo del grupo de investigación GERDIS de la PUCP para mejorar la técnica de refuerzo propuesta.

CONTRUCCIÓN DEL MODELO

Un modelo de adobe a escala natural (figura 1) fue construido en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP para ser ensayado en la mesa vibradora. Fue similar al modelo reparado solamente con barro líquido que no tuvo respuesta dinámica satisfactoria durante un proyecto previo (Groenenberg, 2010; Blondet et al., 2012). El objetivo fue evaluar la eficacia de un sistema de refuerzo de drizas complementario a la inyección con barro líquido.

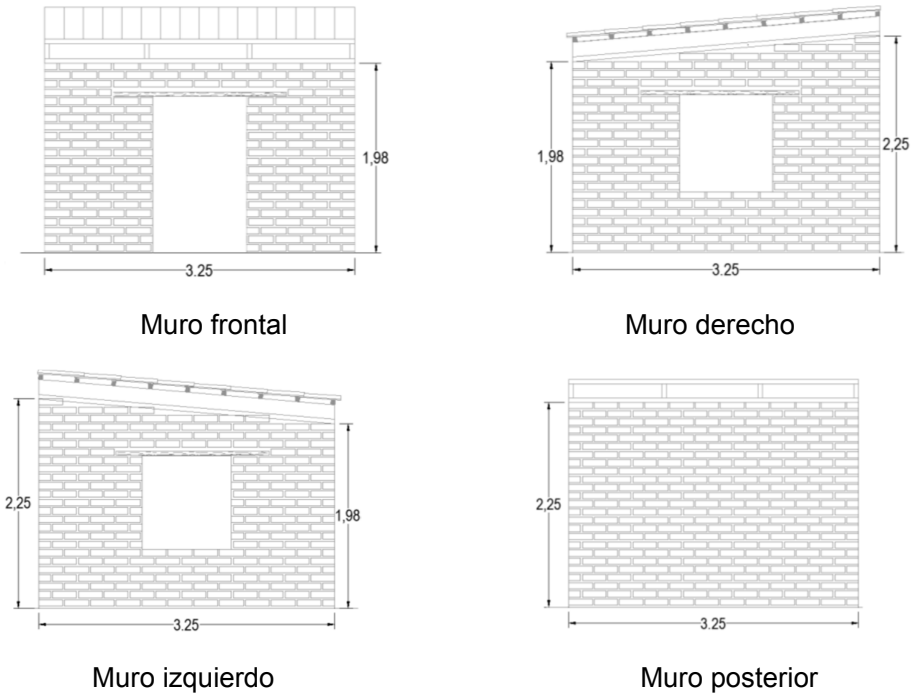


Figura 1. Esquema del modelo de adobe a escala natural. Las dimensiones se dan en metros

La construcción de adobe constó de un ambiente de cuatro muros ortogonales de adobe. Las unidades de adobe midieron 0,25 m x 0,25 m x 0,09 m (se utilizaron unidades enteras

y mitades). Los adobes se fabricaron usando suelo, paja y arena (proporción 5:1:1 en volumen). Los bloques de adobe se unieron con mortero de barro (aproximadamente 0,020 m de espesor) hecho con suelo, paja y arena (proporción 3:1:1 en volumen). El vano de puerta se ubicó en la pared frontal. Los muros laterales (derecho e izquierdo) contaron con una abertura de ventana central. El techo fue unido a los muros mediante una viga collar de madera para contribuir a la respuesta estructural. La puerta y las ventanas tuvieron dinteles hechos con caña unidas con alambres. Estos dinteles son ligeros y flexibles para evitar el efecto de golpeo en los muros de adobe durante terremotos. La casa se construyó sobre un anillo de concreto (cimentación rígida), usado para unir el modelo a la mesa vibradora y como soporte para el transporte de la casa a la mesa vibradora (Blondet et al, 2013).

Los ensayos de compresión en pilas de adobe dieron un valor promedio del módulo tangente de elasticidad de 400 MPa. La densidad de los bloques de adobe fue 1700 kg/m^3.

PROTOCOLO DE ENSAYO E INSTRUMENTACIÓN

La señal de comando de desplazamiento de la mesa vibradora en los ensayos fue derivada de la componente longitudinal registrada en el terremoto del día 31 de mayo de 1970 en Lima, Perú. La figura 2 muestra la aceleración de la mesa registrada durante un ensayo de simulación correspondiente a un desplazamiento de comando pico D= 130 mm. La aceleración pico de la mesa A0 fue 1,53 g.

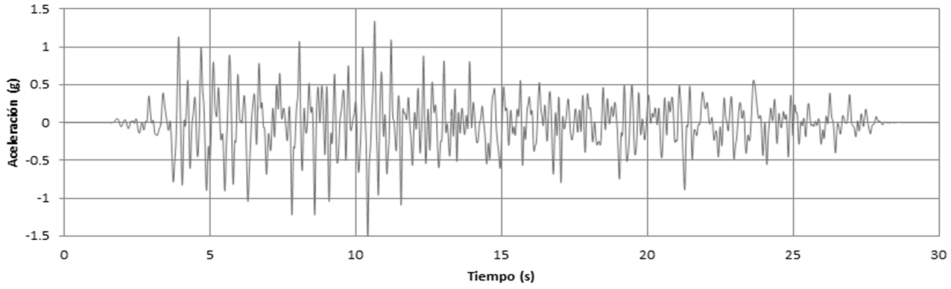
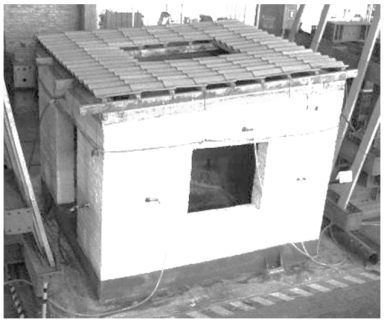
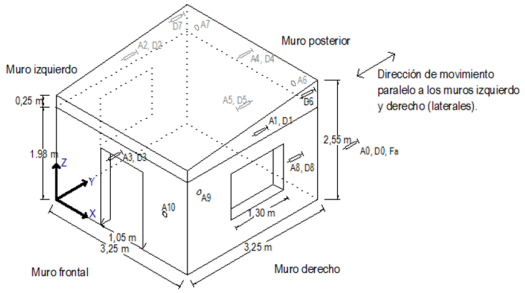


Figura 2. Aceleración en la mesa vibradora medida en ensayo con desplazamiento pico D = 130 mm

La instrumentación incluyó acelerómetros para medir aceleraciones absolutas y transductores diferenciales lineales variables (LVDTs) para medir desplazamientos absolutos (figura 3). Se midieron la aceleración y el desplazamiento de la mesa vibradora; se registró la fuerza en el actuador hidráulico. La frecuencia de muestreo de todos los instrumentos fue 200 Hz (intervalo de tiempo de 0,005 s).



Modelo en la mesa vibradora

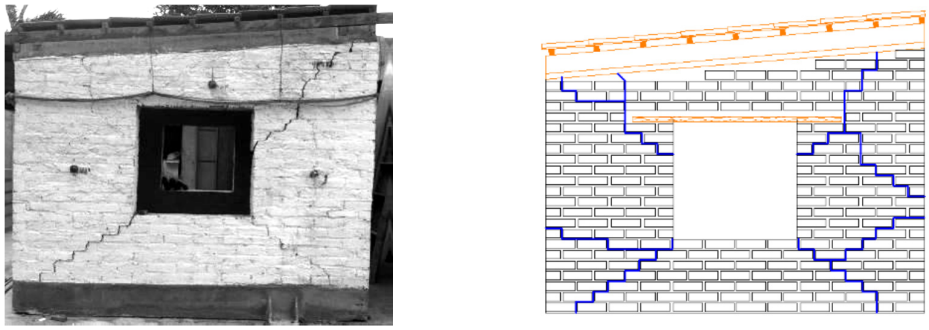


Ubicación de la instrumentación

Figura 3. Aceleración en la mesa vibradora medida en ensayo con desplazamiento pico D = 130 mm

ENSAYOS DINÁMICOS PARA GENERAR DAÑO SÍSMICO

El ambiente de adobe (no dañado) fue sometido a una secuencia de tres fases para generar daño sísmico representativo como se observa en las construcciones de adobe. La primera fase, con desplazamiento pico de comando D= 30 mm (desplazamiento pico de la mesa D0max= 28,90 mm y aceleración pico A0max= 0,31 g), no produjo ningún daño visible en el modelo. Luego de la segunda fase con D= 60 mm (D0max= 58,50 mm y A0max= 0,64 g), el modelo presentó muchas fisuras. Grandes diagonales de corte fueron visibles en los muros laterales, empezando en las esquinas de la ventana y propagándose hacia afuera. Debido a que las fisuras eran muy delgadas (3 mm o menos), se decidió llevar a cabo una tercera fase D= 60 mm (D0max= 58,50 mm y A0max= 0,64 g) para inducir mayor daño; las fisuras se ensancharon. Esta última fase fue detenida después de 15 segundos para evitar daño irreparable (Groenenberg, 2010). La figura 4 muestra los patrones de daño en el muro derecho, representativo del daño sísmico en construcciones de adobe.



Muro derecho Esquema de fisuras del muro derecho

Figura 4. Daño en el ambiente de adobe luego de la segunda fase de ensayo (D= 60 mm).

ENSAYO DINÁMICO EN EL MODELO REFORZADO

Procedimiento de reparación

El ambiente de adobe fue reparado mediante inyección de barro líquido. Ello requirió que las grietas sean abiertas para la completa penetración del barro. En este proyecto, debido a limitantes de tiempo, se decidió abrir todas las grietas del ambiente de adobe simultáneamente. Las grietas con ancho mayor a 1 mm se abrieron hasta 8 mm aproximadamente usando taladro y cuchillo eléctrico (figuras 5a y 5b). Luego, las grietas fueron selladas con una capa de silicona en ambas caras, dejando aberturas de aproximadamente 100 mm de separación. El barro fue inyectado en las grietas. Consistió en una mezcla de suelo tamizado en la malla #10 (2 mm de abertura), 50% en volumen de paja finamente cortada (10 mm de longitud aproximadamente) y 35% de agua en peso. La mezcla fue inyectada en las grietas hasta estar completamente llenas (figura 5c).

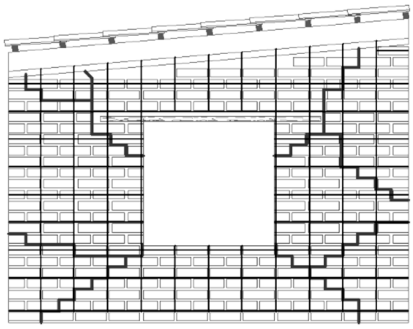
a) Uso de taladro eléctrico b) Uso de cuchillo eléctrico c) Inyección de barro líquido

Figura 5. Abertura de grietas sísmicas e inyección de barro líquido

Después de que las grietas fueran reparadas con barro líquido, el modelo se dejó al aire libre por dos meses para un adecuado secado del barro.

Procedimiento de refuerzo

Después del secado, los muros fueron reforzados con una malla ortogonal de cuerdas de nylon (drizas) de ¼" de diámetro. Ensayos de laboratorio indicaron una resistencia última de 2 kN (esfuerzo nominal último de 63 MPa) y un módulo de elasticidad de 100 MPa. La figura 6a) muestra la configuración de malla usada. Las cuerdas verticales fueron colocadas a intervalos de 250 mm (la longitud de un bloque de adobe) en dos partes. La parte baja de la cuerda vertical se colocó a través de la primera hilada (inferior) del mortero. Para ello se colocó un tubo de plástico por el cual pasar la cuerda. La malla en la parte superior se colocó sobre los muros, clavada a la viga collar. Las cuerdas horizontales se colocaron también a intervalos de 250 mm (dos unidades y media de adobe). Todas las cuerdas fueron tensadas con los templadores (figura 6b). La tensión estimada de los templadores fue 200 N al momento del tensado. Las mallas ortogonales se colocaron a ambos lados de los muros, unidas por cuerdas de 1/8" (crossties), elementos que atraviesan los muros en lugares seleccionados. La figura 6c muestra el detalle de los elementos de refuerzo. La figura 6d presenta el ambiente de adobe reforzado listo para ser ensayado nuevamente en la mesa vibradora.



a) Esquema del refuerzo con driza

b) Templado de refuerzo horizontal

c) Detalle de refuerzo

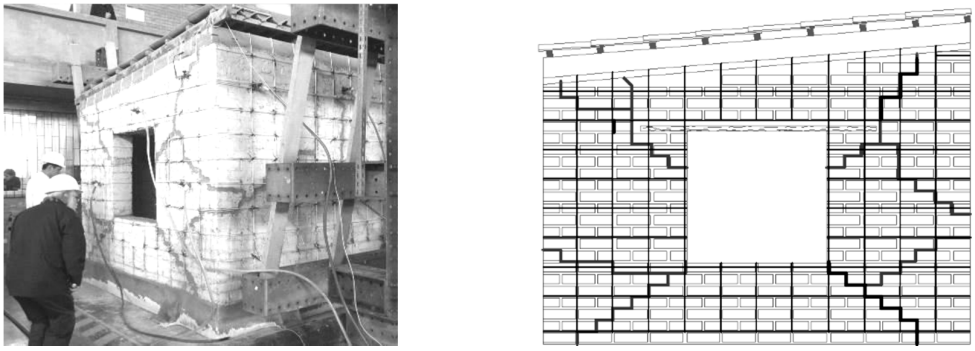
d) Ambiente de adobe reparado y reforzado

Figura 6. Refuerzo con drizas del ambiente de adobe reparado con barro líquido

EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA DE REFORZAMIENTO

El ambiente de adobe reparado y reforzado fue ensayado nuevamente en la mesa vibradora siguiendo el protocolo de ensayo del modelo original no dañado. Durante la primera fase (D= 30 mm; D0max= 29,40 mm; A0max= 0,30 g), no existió daño visible en la estructura. La figura 7b muestra el esquema de daños que corresponde a la segunda

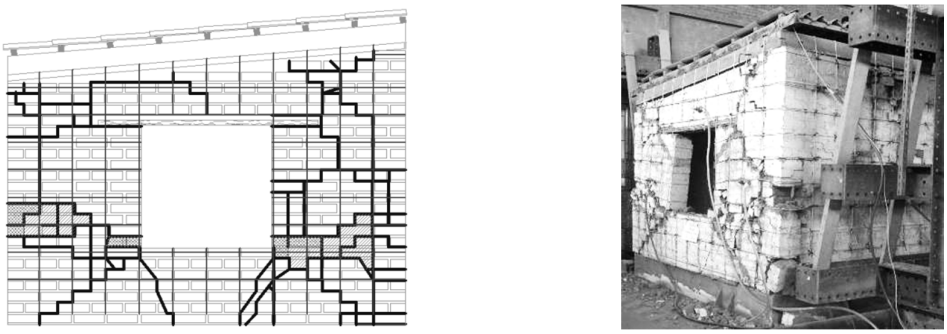
fase de ensayo (D= 60 mm; D0max= 58,40 mm; A0max= 0,71 g). Las líneas marrones muestran las grietas que no se abrieron; las líneas azules muestran las nuevas grietas que se generaron debido a la simulación sísmica.



a) Inspección de daños b) Esquema de fisuras (en azul)

Figura 7. Modelo reparado luego de la segunda fase de ensayo (D = 60 mm).

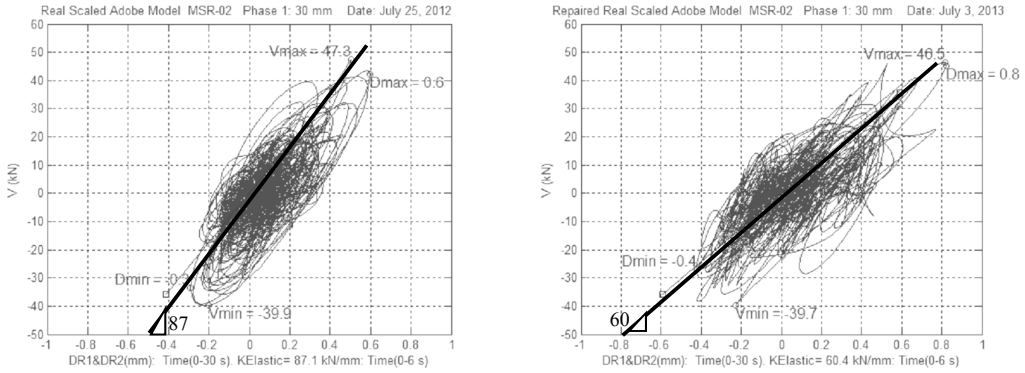
La tercera fase de ensayo (D= 90 mm; D0max= 89,30 mm; A0max= 1,08 g) probó la efectividad del refuerzo. Una reparación sin refuerzo hubiese producido el colapso como en el ensayo de Groenenberg (2010). El refuerzo de nylon mantuvo juntos los bloques que se habían fracturado. Posteriormente, se decidió someter el modelo a dos fases adicionales de movimiento intenso (D= 130 mm; D0max= 128 mm; A0max= 1,53 g), un hecho que produjo un daño significativo: todas las grietas reparadas se abrieron y nuevas grietas aparecieron en los muros (figura 8a). Sin embargo, el refuerzo y la viga collar trabajaron muy bien en mantener la integridad de la estructura (figura 8b). Las cuerdas horizontales, localizadas en el mortero cerca de la base de la ventana, cortaron el mortero.



a) Esquema de daños b) Daños en el ambiente de adobe

Figura 8. Esquema de daños y vista general del ambiente después de todas las fases de ensayo.

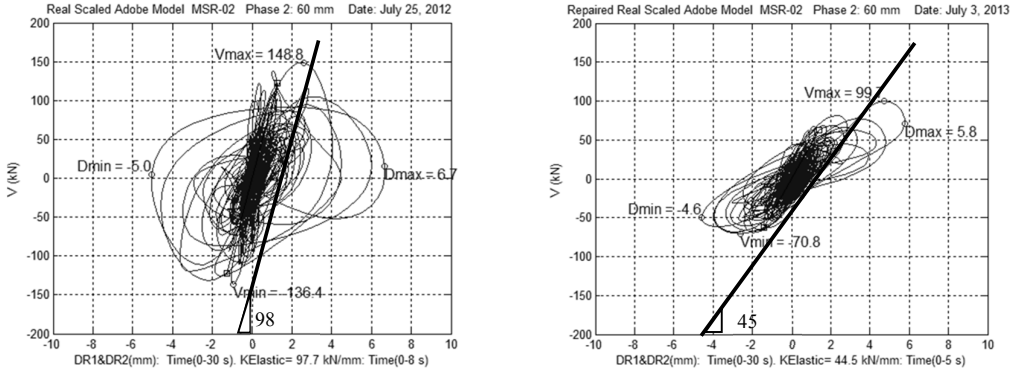
Los gráficos de cortante basal versus desplazamiento global que corresponden a la primera fase de movimiento (D= 30 mm) para el ambiente en su condición original y reparada se muestran en la figura 9. La técnica de reparación y reforzamiento fue efectiva en recuperar las características mecánicas del ambiente original. En ambos casos, el máximo cortante basal soportado por el modelo fue cercano a 47 kN. El ambiente reforzado-reparado tuvo alrededor del 70% de la rigidez lateral de la original (60 kN/mm versus 87 kN/mm).



a) Modelo original b) Modelo reparado y reforzado

Figura 9. Cortante basal vs. máximo desplazamiento para la primera fase de ensayo (D = 30 mm)

Para una señal de comando D= 60 mm, hubo respuesta no lineal significativa en el ambiente original y el reparado-reforzado. El refuerzo fue efectivo en mantener la integridad estructural. Los gráficos de fuerza lateral versus desplazamiento (figura 10) muestran que el refuerzo garantizó una respuesta dinámica estable con menor abertura de grietas (lazos histeréticos más cerrados). En la figura 10, se observa también que en el modelo reforzado la resistencia lateral disminuyó aproximadamente 33% (de 149 kN a 100 kN) y que la rigidez disminuyó aproximadamente 54% (de 98 kN/mm a 45 kN/mm).



a) Modelo original b) Modelo reparado y reforzado

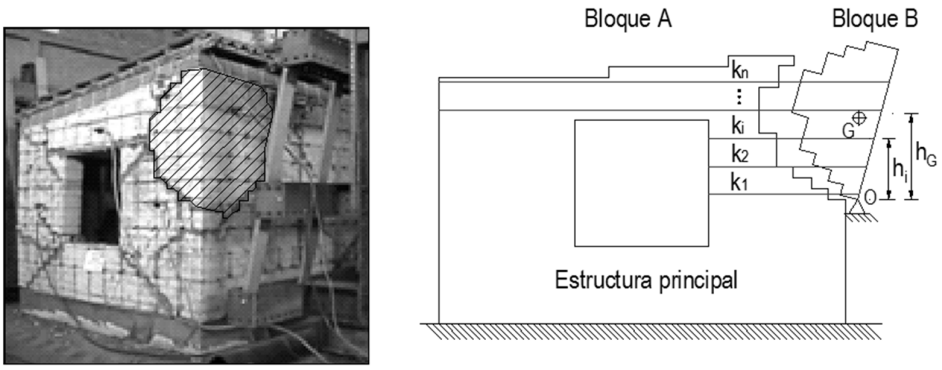
Figura 10. Cortante basal vs. máximo desplazamiento en la segunda fase de ensayo (D= 60 mm)

La respuesta sísmica para movimientos de mayor intensidad (D= 130 mm; D0max= 128 mm; A0max= 1.53 g) en la vivienda reforzada fue muy buena. El refuerzo mantuvo la integridad estructural entre el techo y los muros, controló los desplazamientos excesivos y evitó colapsos parciales. En conclusión, se preservó la integridad estructural.

PROCEDIMIENTO NUMÉRICO DE ANÁLISIS PRELIMINAR

En la mayoría de ensayos realizados en estructuras de adobe en la PUCP, se observó que los muros de adobe se rompen en grandes pedazos, que se separan y colapsan por volteo. En este proyecto, una porción del muro posterior (sombreada en la figura 11a) se separó de la estructura durante ensayos de simulación en el ambiente de adobe reforzado.

Un modelo numérico simplificado considera la estructura principal (bloque A) y el bloque B separado como se muestra en la figura 11b. Las cuerdas horizontales evitan el volteo del bloque B, situación expresada en el modelo dinámico de interacción.



a) Modelo a escala natural dañado b) Modelo simplificado

Figura 11. Modelo simplificado de interacción de bloques de adobe

Este modelo simple fue usado para estimar las fuerzas en las cuerdas elásticas causadas por movimiento dinámico de la base. La figura 12 muestra el diagrama de cuerpo libre del bloque B; se incluyen las fuerzas de inercia causadas de traslación y rotación. El bloque rígido A está empotrado al terreno y tiene un desplazamiento absoluto X_O. El bloque rígido B, con masa m_B y momento central de inercia I_G, rota alrededor del punto O. El desplazamiento relativo (con respecto del punto O) de cualquier punto i localizado en el bloque B a la altura hi está denotado por ui. Un amortiguador viscoso (no mostrado para que el diagrama sea más entendible) con factor de amortiguamiento ζ_B está unido al centro de masa G. Los ensayos de vibración libre realizados entre cada fase produjeron factores de amortiguamiento viscoso entre 9% y 12 %. La cuerda *i* tiene rigidez elástica *ki* y está unida a los bloques A y B a la altura *hi*.

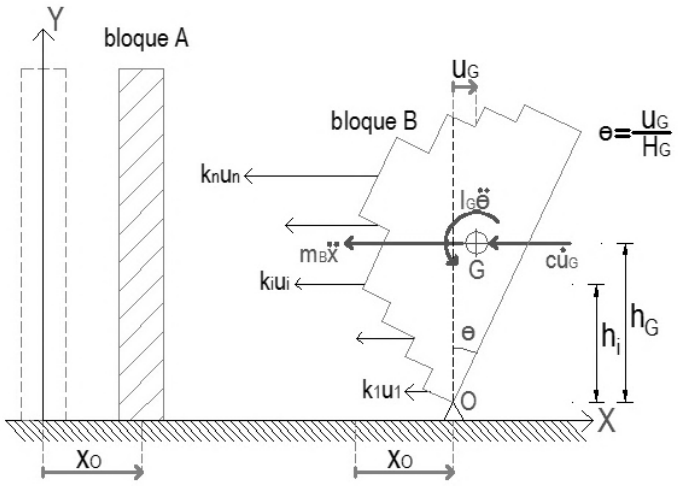


Figura 12. Diagrama de cuerpo libre del bloque B para un ángulo de rotación 'ɵ'.

La ecuación de movimiento del modelo, obtenido a través del equilibrio dinámico, es tal como sigue:

$$\mathrm{M_e}\ddot{\mathrm{u}}_\mathrm{G} + C_e\dot{\mathrm{u}}_\mathrm{G} + \mathrm{K_e u_G} = -\mathrm{m}_B\ddot{x}_O \quad (1)$$

$$\mathrm{M}_{\mathrm{e}} = \frac{1}{h_G{}^2}\left(I_G + m_B h_G{}^2\right)$$

(2)

$$\mathrm{K}_{\mathrm{e}} = \frac{\sum k_i h_i{}^2}{h_G{}^2}$$

(3)

$$C_{\mathrm{e}} = 2\zeta_B \sqrt{K_e M_e}$$

(4)

donde *Me* es la matriz equivalente de masa (kg), *Ke* es la matriz equivalente de rigidez (N/m) y *Ce* el coeficiente equivalente de amortiguamiento (N.s/m):

El periodo natural de vibración del sistema es el siguiente:

$$T_{\mathrm{B}} = 2\pi\sqrt{M_e / K_e}$$

(5)

Si el espectro de respuesta de desplazamiento del terreno, $Sd(T, \zeta)$, es conocido, entonces el desplazamiento pico del centro de masa G del bloque es $Sd(T_B, \zeta_B)$ y la fuerza en el cable *i* será la siguiente:

$$F_i = \frac{h_i}{h_G} k_i S_d(T_B, \zeta_B)$$

(6)

MODELO NUMÉRICO DEL AMBIENTE DE ADOBE

Descripción del modelo numérico

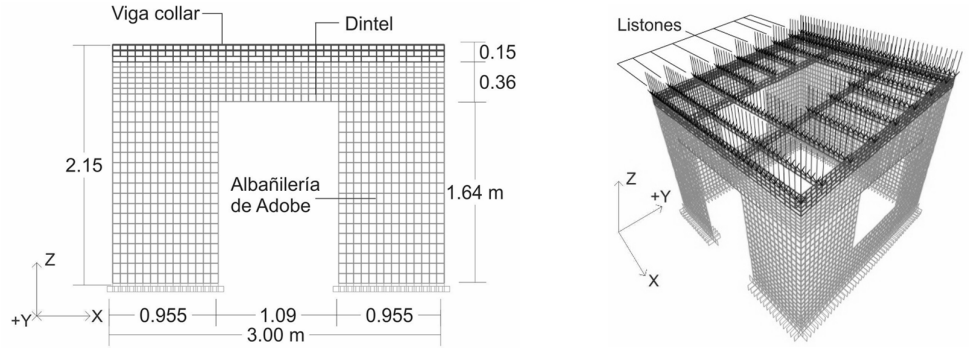
Tal como se describió en la sección 4, el ambiente de adobe no presentó daño visible durante la primera fase de la simulación sísmica. Esta afirmación es corroborada con la figura 9a donde existe una tendencia lineal de la gráfica Fuerza vs Desplazamiento. Con base a estas dos afirmaciones, se asumió que el comportamiento del ambiente de adobe es aproximadamente elástico lineal durante la primera fase de simulación sísmica.

Para reproducir el comportamiento dinámico del ambiente de adobe durante la primera fase, se elaboró un modelo numérico elástico de elementos finitos. Se analizó el movimiento en la dirección Y+ (indicado en la figura 13b) análoga al ambiente de adobe. El desplazamiento y la aceleración máxima de la mesa fue $D0_{max}$= 28,90 mm y $A0_{max}$= 0,31 g respectivamente. Este modelo numérico se realizó en el programa SAP2000 (CSI, 2014). Se consideró que las unidades de adobe y el mortero forman un único material elástico, homogéneo e isótropo. El módulo de elasticidad de la mampostería de adobe del modelo fue calibrado para que el periodo del primer modo de vibración coincida con el periodo de vibración natural del ambiente de adobe (ver Tabla 1).

La figura 13 muestra el modelo numérico compuesto por elementos shell de cuatro puntos de integración (puntos de Gauss). La división de los shells fue tal que cada cuatro de ellos representen una unidad de adobe incluyendo el mortero que los une. La mayoría de los elementos para la albañilería y dinteles fueron shells de sección rectangular 70 mm x 90 mm y 0,25 m de espesor. La figura 13b muestra los listones de madera modelados como elementos shell (sección cuadrada de 50 mm de lado y 50 mm de espesor). El peso de las tejas de arcilla (24,5 N cada una) fue considerado como una carga distribuida en los nodos de los listones del modelo numérico. No se consideró el modelamiento de la

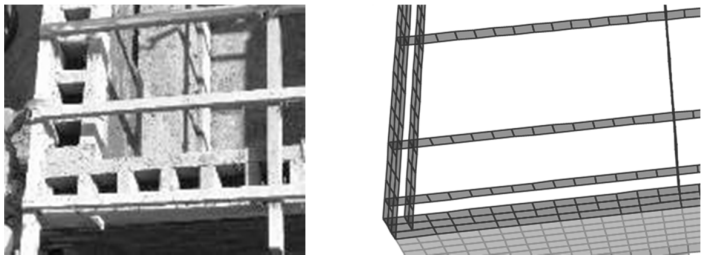
cimentación de concreto y en lugar de ello se consideraron los muros empotrados a la base.

La viga collar real (figura 14a) tuvo relleno de barro dentro de los agujeros del armazón de madera para una mejor interconexión con los muros. Esta viga se modeló en SAP como un elemento de sección constante equivalente a la viga real. Las otras conexiones de los muros con los dinteles de caña y entre listones fueron del tipo rígida; es decir, perfectamente unidas.



a) Muro frontal b) Vista en 3D

Figura 13. Modelo numérico representativo del ambiente de adobe



a) Esquina viga collar del ambiente de adobe b) Esquina de viga collar de sección constante

Figura 14. Modelamiento de la viga collar

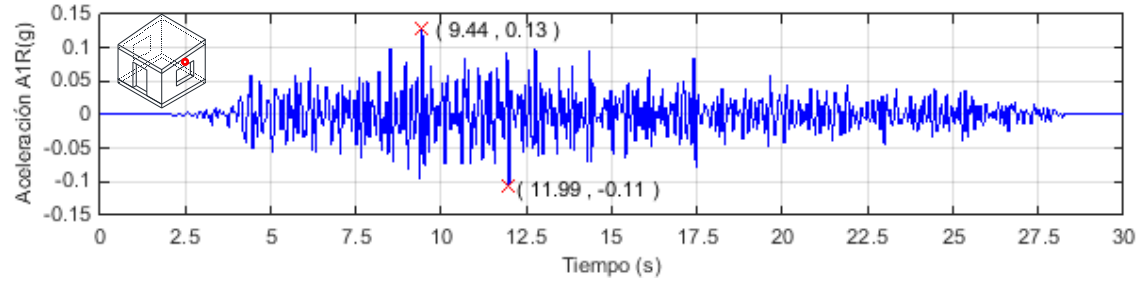
En la Tabla 11 se resumen las propiedades consideradas en el modelo numérico.

Tabla 1. Propiedades elásticas de los materiales para el modelo numérico

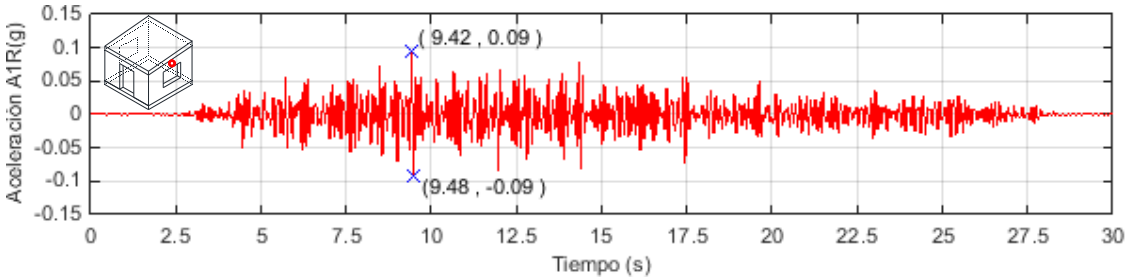
Material	Peo específico (kN/m^3)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Coeficiente de Poisson	Referencia
Albañilería de adobe	16,7	250	0,20	Prototipo experimental
Madera Tornillo	7,0	12.750	0,20	(RNE Norma E.010, 2006)
Caña	6,5	6.500	0,20	(Groenenberg, 2010)

Para el análisis dinámico del modelo numérico se utilizó un amortiguamiento de 11% recomendado por Groenenberg (2010) y Tarque (2011).

La figura 15a muestra la respuesta de aceleraciones relativas a la base medido experimentalmente en la parte superior del muro derecho. La figura 15b muestra la respuesta análoga medido en el modelo numérico. De la comparación de estas figuras se puede apreciar congruencia en el instante de ocurrencia de la aceleración máxima en un sentido (aceleración positiva) y un error del 30% en el otro sentido (aceleración negativa). A pesar de esta limitación se observaron los esfuerzos en el muro transversal en el instante del máximo esfuerzo para evaluar la predicción de grietas en el modelo numérico.



a) Modelo del ambiente de adobe a escala natural

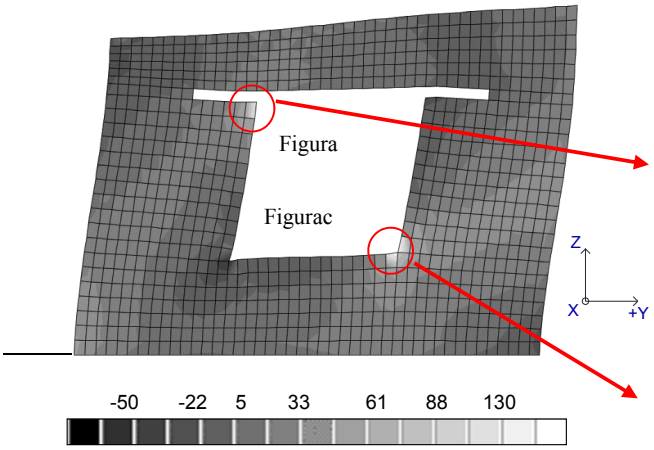


b) Modelo numérico del ambiente de adobe

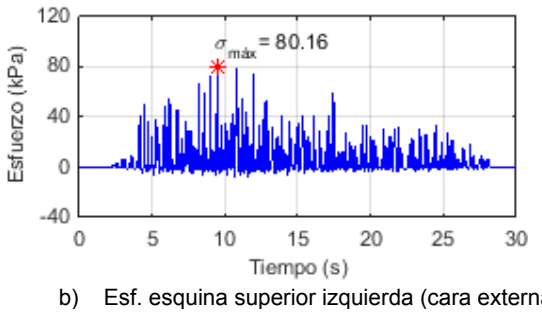
Figura 15. Respuesta de aceleraciones relativas a la base medida en la parte superior del muro derecho

Esfuerzos máximos

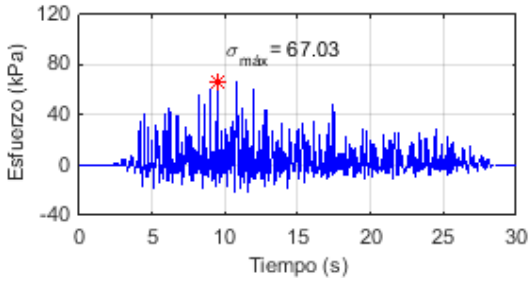
La figura 16a muestra el muro derecho (vista exterior) en el instante del máximo esfuerzo principal en la esquina superior izquierda del vano (figura 16b) y en el instante del máximo esfuerzo principal en la esquina inferior derecha (figura 16c). La figura 16a no muestra el dintel ni la viga collar con el fin de visualizar solamente los esfuerzos en la albañilería de adobe.



a) Vista externa en t = 9.485 s
Escala de deformación amplificada por 400



b) Esf. esquina superior izquierda (cara externa)



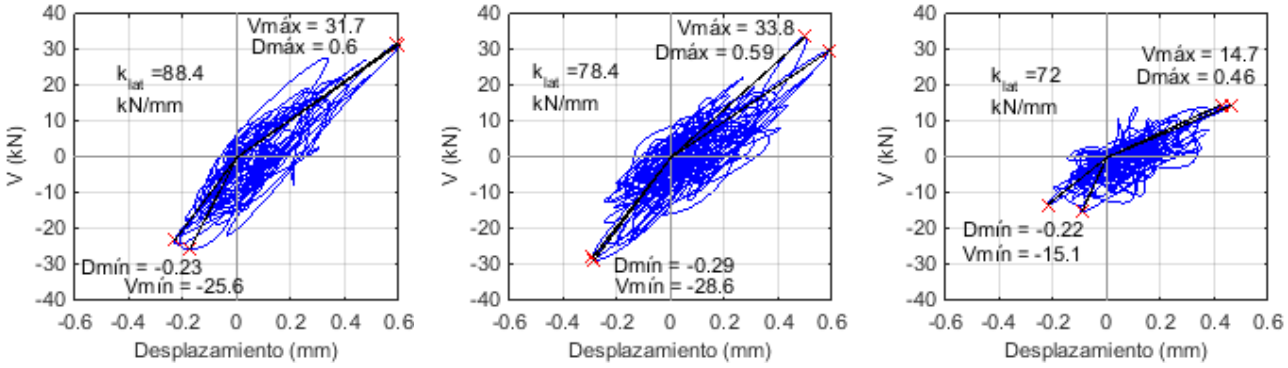
c) Esf. esquina inferior derecha (cara externa)

Figura 16. Esfuerzos máximos (kPa) en la cara externa del muro derecho en el instante t = 9.485 s durante la primera fase de la simulación sísmica.

La escala de grises muestra la variación de esfuerzos máximos principales de tracción y compresión. Las zonas con concentración de esfuerzos máximos indican la posibilidad de fisuración por tracción, tal como se verificó en el prototipo experimental luego de las fases 2 y 3.

Rigidez lateral del modelo

La figura 17 muestra el comportamiento histerético real en ventanas de cada 10 s. La fuerza representa el cortante basal total del modelo y el desplazamiento es el promedio de los desplazamientos relativos medidos en la parte superior de los muros paralelos al movimiento. Cada sub-figura tiene una línea cuya pendiente representa la rigidez del sistema.



a) 0 - 10 s b) 10 - 20 s c) 20 - 30 s

Figura 17. Cortante basal vs. desplazamiento promedio durante la primera fase de la simulación sísmica del prototipo

La figura 18 muestra la gráfica del cortante basal vs. desplazamiento promedio obtenida del modelo numérico durante los 30 s de duración del movimiento. La rigidez calculada fue 60 kN/mm, valor cercano al calculado experimentalmente especialmente en la ventana de tiempo de 20 a 30 s. El cortante máximo de 33,6 kN representa el 34.3% del peso total de la estructura. Este valor tiene relación con el 0.31 g de aceleración máxima de la fase 1. Además, el cortante máximo del modelo numérico es similar al calculado experimentalmente (ver figura 17b).

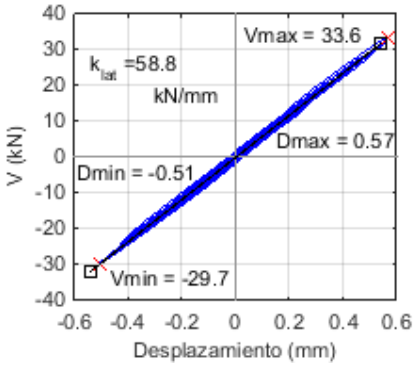


Figura 18. Cortante basal vs. desplazamiento promedio del modelo numérico al finalizar la primera fase de la simulación

La calibración del modelo utilizando el periodo del primer modo de vibración fue válida para obtener una similitud del instante de ocurrencia de la máxima aceleración de la parte superior del muro derecho. También, permitió predecir la ocurrencia de grietas en las

esquinas de la ventana. Estos resultados validan la calibración del modelo numérico con las limitaciones de un análisis dinámico lineal.

CONCLUSIONES

El modelo de adobe a escala natural, ensayado bajo excitaciones dinámicas severas, fue adecuadamente protegido por una técnica de refuerzo consistente en la combinación del sellado de grietas sísmicas mediante barro líquido (grout) y un refuerzo externo de cuerdas de nylon (driza) que cubre todo los muros. La técnica combinada de reforzamiento mantiene la integridad estructural; se evita la degradación excesiva y sobretodo el colapso de los muros de adobe. Además, brinda un control de desplazamientos de la estructura fisurada durante el movimiento de alta intensidad.

El reforzamiento presentado tiene potencial para ser usado como reforzamiento sísmico de viviendas de bajo costo. Las cuerdas de nylon (driza) son relativamente baratas, de fácil uso y se encuentran en muchas zonas rurales del país.

El cálculo de la cuantía de cuerdas de nylon puede ser evaluado de una forma analítica asumiendo mecanismos de falla simplificados. Sin embargo, un modelo numérico de elementos finitos puede resolver mecanismos de falla más complejos y calcular también los esfuerzos en los que cada cuerda estaría sujeta ante un determinado evento sísmico. El modelo numérico lineal presentado en este artículo solamente da un indicio de las zonas de máximos esfuerzos a tensión y compresión; sin embargo, el desarrollo de la investigación contempla también el modelo de las cuerdas de nylon.

Por lo tanto, existe confianza que los resultados presentados aquí puedan contribuir a proteger el patrimonio de adobe y construir viviendas de adobe más seguras en países sísmicos en donde la construcción en tierra es la principal solución de vivienda de muchas familias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blondet M., Vargas J., and Groenenberg R. Evaluation of the efficacy of mud injection to repair seismic cracks on adobe structures via full-scale shaking table tests. 15th World Conference on Earthquake Engineering, 15WCEE. Lisbon, Portugal, 2012.

Blondet M., Vargas J., Morales K., and Iwaki C. Estudio preliminar del uso de morteros de adobe para reparar grietas estructurales en construcciones históricas de adobe. Adobe USA 2007. El Rito, New Mexico, USA, 2007.

Blondet M., Vargas J., Sosa C. A., and Soto, E. J. Refuerzo sísmico de construcciones de adobe mediante inyección de barro lìquido y malla de cuerdas. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra 14º SIACOT. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas / UCA San Salvador, El Salvador. 2014.

Blondet M., Vargas J., Sosa C. A., and Soto, E. J. Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes. New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage. (pp. 269-276) Istanbul Aydin University. Istanbul, Turkey, 2013.

CSI (Computers and Structures Inc.). CSI Analysis Reference Manual for SAP2000, ETABS, SAFE and CSiBridge, ISO No. GEN062708M1 Rev.11, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, Estados Unidos de América, 2014.Tarque, N. Numerical Modeling of the Seismic Behavior of Adobe Buildings, Tesis para optar el Grado de Doctor en Filosofía en Ingeniería Sísmica, Universidad de Pavía, Pavía, Italia, 2011.

Groenenberg R. The reparation of adobe constructions damaged by earthquake loading and development of an ATENA-GiD model to simulate shaking table tests for these structures. MSc. Thesis, PUCP, Lima, Peru, 2010.

ICOMOS (International Council of Monuments and Sites). International letter related to Conservation and Restoration of Historical Monuments. Venice, Italy, 1964.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal del laboratorio de estructuras de la PUCP y a todos los que hicieron posible la realización de este proyecto.

AUTORES

Marcial Blondet. Profesor Principal. Ingeniero Civil (PUCP, 1973), Magíster y Doctor (PhD) en ingeniería sismorresistente (UC Berkeley, 1979 y 1981). Director de programas de Doctorado en Ingeniería. Especialista en ingeniería sísmica y dinámica de estructuras. Interesado en el estudio de sistemas de protección sísmica de edificaciones, refuerzo de bajo costo para viviendas de mampostería de ladrillo y de adobe, y protección sísmica de monumentos históricos de tierra.

Julio Vargas. Profesor Principal. Ingeniero Civil (PUCP). Primer Jefe Departamento de Ingeniería 1969). Primer Investigador a Tiempo Completo en Áreas de Construcción con Tierra e Ing. Sismo Resistente (1978-1885). Miembro de Comisión Académica y Consejo Universitario en dos períodos. Premio Nacional de Cultura 1985-86 en Ciencias Aplicadas y Tecnología. Miembro de 4 Comités Científico Internacionales Permanentes del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios, ICOMOS.

Nicola Tarque. Profesor Asociado (PUCP) y colaborador de la Sociedad de Ingeniería EWA (www.projectewa.com). Recientemente, ha participado como investigador Post Doctoral en la Universidad de Boloña y Gabriele d'Annunzio, ambas instituciones italianas. Sus últimas investigaciones tratan sobre el análisis del riesgo sísmico de las casa de adobe, modelos numéricos de estructuras, evaluación de la amplificación sísmica de las ondas.

Jonathan Soto. Profesor contratado. Ingeniero Civil (UNSAAC), Magíster en Ingeniería Civil (PUCP, 2014). Co-investigador en la Sección Civil, PUCP. Coordinador técnico del proyecto "FISURAS V - PUCP." Miembro del grupo GERDIS. Ganador de la "Beca Aristóteles: Reconocimiento a la trayectoria académica en la escuela de Posgrado PUCP. Interesado en el estudio en ingeniería sismoresistente, protección sísmica y refuerzo sísmico de viviendas y monumentos históricos de tierra.

Carlos Sosa. Profesor contratado. Ingeniero Civil (UNSA, 2008), Magíster en Ingeniería Civil (PUCP, 2014). Co-investigador en la Sección Civil de la PUCP. Miembro del grupo "Centro tierra" de la PUCP. Interesado en investigación de protección sísmica y económica para edificaciones de tierra. Ponente en diversos talleres de capacitación de reforzamiento de estructuras de adobe dentro y fuera del Perú.

Javier Sarmiento. Investigador de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y candidato a Magíster en Ingeniería Civil de la PUCP. Se encuentra participando en un proyecto de investigación del grupo de investigación GERDIS para determinar el reforzamiento de viviendas de adobe utilizando cuerdas sintéticas.

7. DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS DE PRODUÇÃO E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE TINTAS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL MANUFATURADAS COM PIGMENTOS DE SOLOS

Fernando P. Cardoso[1]; Rita de Cássia S.S. Alvarenga[2]; Anôr Fiorini de Carvalho[3]

[1] Dep. de Engenharia Civil UFV/ Rede PROTERRA/Rede TerraBrasil, MG, Brasil, fernando.cardoso@ufv.br

[2] Dep. de Engenharia Civil UFV, MG, Brasil, ritadecassia@ufv.br

[3] Dep. de Solos UFV, MG, Brasil, afiorini@ufv.br

Palavras-chave: processos de produção, desempenho, tintas com pigmentos de solos.

Resumo

Neste trabalho foram desenvolvidos processos de produção de tintas para a construção civil que utilizam os solos como fonte de pigmentos, na perspectiva da criação de uma tecnologia social. Foram coletados três solos representativos das cores e ocorrência no município de Viçosa-MG. O disco *Cowles* foi aperfeiçoado e usado para dispersar as partículas dos solos e selecionar as de menores tamanhos (<0,18 mm). Por meio do delineamento experimental de misturas, foram produzidas misturas ternárias e quaternárias, cada qual utilizando um tipo de resina. O desempenho das misturas foi avaliado quanto aos poderes de cobertura seco e úmido e à resistência à abrasão, de acordo com os limites estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT para tintas látex da categoria econômica. A viscosidade e o pH foram medidos e relacionados ao desempenho das misturas. Os resultados obtidos indicaram que em nenhuma das misturas foi possível obter formulações que atendessem a todos os requisitos de desempenho simultaneamente, e que as misturas quaternárias proporcionaram os melhores resultados. O pH exerceu forte influência sobre o desempenho das tintas, no que se refere à viscosidade, à resistência à abrasão e aos poderes de cobertura. As misturas quaternárias e a dispersão mecânica mostraram-se como alternativas promissoras para a adoção como tecnologia social.

1. INTRODUÇÃO

O propósito deste trabalho é contribuir com o desenvolvimento de uma tecnologia social[1], iniciado pelo projeto Cores da Terra no ano de 2005. A criação do projeto foi motivada pela situação da maioria das edificações periurbanas, que não possui pintura devido ao custo elevado dos produtos voltados para o acabamento, e a perda do conhecimento tradicional da técnica de execução de pinturas com solos, denominada popularmente de barreado.

Barrear consiste em aplicar solos argilosos, geralmente a tabatinga[2], diluídos em água sobre paredes construídas com terra – pau-a-pique e adobe – com o uso de um pano. Devido à compatibilidade entre o material utilizado para a construção das paredes e aquele utilizado para a pintura, ou seja, a terra, o barreado se comporta bem, apenas requerendo manutenções periódicas como qualquer pintura (Cardoso et al, 2014). No entanto, o barreado não adere bem às superfícies de alvenaria, revestidas com argamassas à base de cimento e/ou cal, devido à redução da porosidade e à incompatibilidades físico-químicas.

Conhecida a problemática da baixa aderência, foi proposta a adição da resina poliacetato de vinila (PVA) à terra diluída em água, numa proporção em volume de 1:2:2 de PVA, terra e água, com o objetivo de produzir tintas látex. Com essa medida, o projeto passou

[1] Segundo Dagnino (2009), tecnologia social compreende produtos, técnicas e/ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com a comunidade e que represente efetivas soluções de transformação social.

[2] A palavra tabatinga é de origem indígena, vindo do tupi (towa'tinga) e tendo seu significado designado como barro branco ou barro esbranquiçado (Houaiss, 2001).

a disseminar a “nova técnica” por meio de atividades que resultaram na capacitação de pintores que, a partir de então, prestam o serviço de pintura com terra. Os relatos dos usuários sobre o desempenho das tintas de terra são, na maioria, satisfatórios. Porém, registrou-se a dificuldade de se obter suspensões estáveis com os solos, devido à decantação das partículas, que compromete a homogeneidade das tintas e o trabalho de pintura (Fontes et al, 2013).

Apesar da grande difusão, o conhecimento dos fatores que determinam o desempenho das tintas de terra é pouco conhecido. Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver processos de produção e avaliar o desempenho de tintas manufaturadas com pigmentos de solos provenientes da região de Viçosa – MG e resinas à base de PVA, de acordo com os requisitos mínimos determinados pela norma NBR 15079 (ABNT, 2011) para tintas da categoria látex econômica.

Trata-se, contudo, de um trabalho de caráter exploratório, que propõe alternativas para uma problemática conhecida, submete-as a ensaios para medir o desempenho e avalia as respostas sem aprofundar o estudo dos fatores intrínsecos que as determinaram.

É sabido, conforme afirma Uemoto (1993), que a tinta, na forma de pigmentos suspensos em um fluido, existe desde os tempos pré-históricos como pintura decorativa. Naquela época, os desenhos eram feitos com minerais como a gibbsita ou limonita, facilmente removíveis. Posteriormente, o homem descobriu que para obter algo mais permanente era necessário fixar a cor por meio de uma camada de cola, obtida de fontes proteicas como o leite e clara de ovo. Entre os anos 3000 a 2000 a.C. os egípcios já decoravam suas paredes com têmpera, que é uma pintura constituída por cal e cola. E, no Egito, onde o clima é bem seco, utilizava-se giz, carvão, argilas vermelhas, amarelas e verdes para obtenção de diferentes cores, e, como cola, eram utilizados goma arábica, ovo, gelatina e cera de abelha.

As tintas em geral são compostas pelos componentes: solvente, resina e pigmento: os solventes são usados para solubilizar outros materiais. Em composições de tintas e de revestimentos são geralmente usados para dissolver a resina e manter todos os componentes em mistura homogênea; a resina é a parte não volátil da tinta, que serve para aglomerar as partículas de pigmentos. A resina também denomina o tipo de tinta ou revestimento empregado. Assim, por exemplo, têm-se as tintas acrílicas, alquídicas, epoxídicas, etc. Todas levam o nome da resina básica que as compõe (Fazenda, 2005); o pigmento é uma substancia colorida finamente dividida, que passa seu efeito de cor a outro material, quer quando bem misturado a ele, quer quando aplicado sobre sua superfície em uma camada fina (Maier, 2006).

As tintas devem apresentar desempenho compatível com a sua finalidade. Para o caso das tintas látex, a ABNT NBR 15079: 2011 estabelece os requisitos de desempenho para três categorias de tintas, denominadas econômica, standard e premium. As tintas são enquadradas nas referidas categorias de acordo com o desempenho apresentado quando submetidas aos ensaios indicados pela referida norma.

Portanto, este trabalho tem por objetivo atender aos limites estabelecidos para a categoria látex econômica, apresentados na tabela 1, com formulações de tintas que utilizam os solos como fonte de pigmentos.

Tabela 1 – Limites mínimos dos requisitos de desempenho para a categoria látex econômica (ABNT NBR 15079: 2011).

Requisitos	Método de ensaio	Unidade	Limites mínimos
PCS[1]	NBR 14942	m²/L	4,0
PCU[2]	NBR 14943	%	55,0
RAU[3]	NBR 15078	Ciclos	100,0

[1] Poder de cobertura da tinta seca; [2] Poder de cobertura da tinta úmida,
[3] Resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva.

O enfoque no desenvolvimento de uma tecnologia social conduziu a realização de um estudo que adapta todos os seus materiais e processos à realidade da autoprodução, ou seja, que utiliza materiais acessíveis e de baixo custo, e processos de fácil apreensão e replicação, conforme apresentado em Material e Métodos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A produção de tintas obedece a uma série de processos que envolvem a definição, o tratamento e a mistura de seus componentes de acordo com requisitos determinados por normas, como a ABNT NBR 15079: 2011.

Para realizar este trabalho, todos os processos foram desenvolvidos para um contexto de autoprodução, ou seja, em que possam ser apropriados com facilidade. As referências iniciais foram as experiências desenvolvidas pelo projeto Cores da Terra, da Universidade Federal de Viçosa – UFV, somadas aos processos desenvolvidos pela indústria de tintas e aos processos usuais em tecnologia cerâmica e ciência dos solos para a caracterização e tratamento dos solos/pigmentos.

Tais conhecimentos foram integrados, adaptados e experimentados em ensaios preliminares, que tiveram por objetivo compreender as interações dos componentes e suas influências sobre o aspecto e o desempenho das tintas, para, com isso, poder indicar os limites de consumo de cada componente das misturas, elaborar os delineamentos experimentais e gerar as séries de misturas que foram testadas.

2.1. Seleção, extração e dispersão mecânica dos pigmentos de solos

Os pigmentos utilizados foram extraídos de solos e serão referidos como dois tipos principais, doravante denominados como solos e pigmentos. O material denominado “solo” refere-se ao solo em seu estado natural sem nenhum tratamento prévio. O material denominado “pigmento” refere-se ao solo tratado com dispersão mecânica e posterior peneiramento.

Foram coletados três solos ocorrentes na paisagem de Viçosa-MG, representativos das cores disponíveis e adotados para produzir tintas pela população local. As amostras de solos coletadas foram denominadas: B (branca), A (amarela) e V (vermelha).

A amostra B foi obtida na Comunidade Córrego dos Barros em horizonte subsuperficial de gleissolos ocorrentes nos leitos maiores dos cursos d’água (Campos, 1999). A amostra A foi obtida no Bairro Violeira, em horizonte subsuperficial de argissolos ocorrentes nos terraços fluviais (Corrêa, 1984; Naime, 1988). E a amostra V foi obtida nas proximidades do portão de acesso à UFV pela rodovia BR 120 em horizonte subsuperficial de latossolos vermelhos ocorrentes nas elevações convexas (Corrêa, 1984).

Os solos foram submetidos à dispersão mecânica em água com disco *Cowles*, acoplado em furadeira com motor de 900 W, a 1500 rpm. A dispersão mecânica teve por objetivo destruir os aglomerados e os agregados naturais para expor as partículas das argilas. O tempo de dispersão foi de 30 minutos para cada solo. Em seguida, o material foi peneirado em tecido de nylon, com trama de fios soldados e orifício quadrado com lado medindo 0,18 mm (80 mesh).

2.2. Caracterização dos solos/pigmentos

As análises tiveram por finalidade descrever as características dos solos. As análises físicas e químicas foram realizadas antes e após a dispersão mecânica e peneiramento, com o objetivo de avaliar comparativamente os efeitos da dispersão mecânica sobre as características do material. Além das caracterizações físicas e químicas, os pigmentos também foram caracterizados quanto à cor.

A caracterização física constou das seguintes análises: Granulometria (EMBRAPA, 1997); Densidade de partículas (EMBRAPA, 1997); Argila dispersa em água (EMBRAPA, 1997); Índices de dispersão e floculação (EMBRAPA, 1997); Superfície específica (BET – Branauer; Emmett; Teller, 1938).

Também foram analisadas as principais característica químicas para classificação de solos de acordo com os respectivos métodos de análise (EMBRAPA, 1997): pH em H_2O e em KCl 1 mol L^{-1}; Fósforo disponível; Bases trocáveis; Soma de bases (valor SB); Acidez; Capacidade de troca catiônica (t e T); Percentagem de saturação por bases (valor V); Percentagem de saturação por Al^{3+} (valor m); Matéria orgânica (MO); Fósforo remanescente (P-Rem).

2.3. Ensaios preliminares

Os ensaios preliminares tiveram por objetivo obter os intervalos e proporções dos componentes a serem utilizados para a produção das amostras de tintas.

2.3.1. Ensaio de defloculação

O objetivo de se realizar o ensaio de defloculação foi determinar a quantidade de dispersante necessária para realizar a máxima dispersão das partículas das argilas.

A dispersão química baseia-se no incremento da repulsão entre partículas. De acordo com Ruiz (2005), tal situação se dá pelo aumento da dupla camada difusa mediante a saturação do complexo de troca catiônica com Na^+. O cátion trocável Na^+ tende a dispersar os aglomerados das partículas de argila no meio aquoso (Santos, 1975).

O ensaio de defloculação é realizado medindo-se a viscosidade em viscosímetros a cada adição de dispersante à massa. Com os dados obtidos, constrói-se a curva de defloculação, que relaciona a viscosidade com a massa de dispersante. O ponto mínimo de viscosidade é o que corresponde à máxima dispersão dos agregados de partículas (Santos, 1975).

A massa de pigmento defloculado foi de 200 g, o dispersante utilizado foi o NaOH da marca *Escorpião*, com 98% de pureza, e a viscosidade foi medida em viscosímetro de *Brookfield*. A curva correspondente ao pigmento B indica que são necessários 0,3 g de NaOH (3 ml de solução 2,5 mol L^{-1}) para alcançar a viscosidade mínima e desta forma realizar a dispersão; para A são necessários 0,6 g de NaOH e para V são necessários 0,5 g de NaOH.

2.3.2. Definição da quantidade de resina

A quantidade de resina foi definida de acordo com Uemoto (2005) que indica que a faixa de consumo para tintas látex é de 4,3 a 13 % em massa. Para ajustar a faixa foram produzidas amostras de tinta com variações nos consumos de resina e, em seguida, realizados ensaios para a determinação da resistência à abrasão em equipamento adaptado, baseando-se no método determinado pela NBR 15078 (ABNT, 2004).

Como o propósito deste trabalho é desenvolver uma tecnologia de baixo custo, e considerando que a resina é o componente mais caro, foram realizados testes com o objetivo de alterar o PVA, em busca de melhores resultados. O uso do PVA se deve a duas razões: ser solúvel em água e facilmente encontrado no mercado. Para realizar as alterações, também se considerou a facilidade de acesso aos demais componentes, além do processo de produção, que deve ser simples e não acarretar riscos à saúde do usuário.

Os resultados dos ensaios preliminares apresentaram resultados favoráveis apenas para o PVA e o “PVOH”. Portanto, estas foram as resinas aplicadas neste estudo.

O PVA utilizado foi o da marca *Cascorez*, categoria Universal, também utilizado para produzir o “PVOH” (polivinil álcool), composto por PVA, álcool etílico e NaOH. O álcool etílico utilizado foi o de 46% GL e o NaOH foi o da marca *Escorpião*, com 98% de pureza.

2.3.3. Teor de sólidos e viscosidade

A definição do teor de sólidos foi baseada em Uemoto (2005), que indica as faixas usuais para tintas látex, sendo: Teor de sólidos total: 35,6 a 52,0% em massa; Teor de pigmentos: 30,0 a 45,9% em massa.

Para determinar as faixas ideais de viscosidade, foram produzidas amostras de tinta com cada solo definido, variando-se as proporções dos componentes. Em seguida, foram escolhidas as amostras que apresentavam viscosidade aparente similar à de tintas convencionais e, por fim, as viscosidades foram medidas no viscosímetro de Brookfield. Das medidas, definiu-se o limite máximo aceitável para a viscosidade.

2.3.4. Definição dos demais componentes, intervalos e proporções

As restrições experimentais que culminaram na definição dos limites do intervalo de cada componente no delineamento foram baseadas em aspectos técnicos, testados nos ensaios preliminares. Na Tabela 2 estão apresentados os limites inferior e superior de cada fator estudado, de acordo com cada tipo de mistura.

Tabela 2 – Limites inferior e superior dos fatores água, solução de NaOH, PVA e álcool para as misturas ternárias e quaternárias determinados para experimento de mistura para produção de tintas a partir dos pigmentos B, A e V

Mistura e Fatores		**Limite inferior (%)**			**Limite superior (%)**		
		B	A	V	B	A	V
Ternária	X	56,69	56,24	56,39	64,29		
	Pigmentos	28,57			28,57		
	Y	0			0,45	0,9	0,75
	Z	7,14			14,29		
Quaternária	X	23,48	23,37	23,41	42,27	42,13	46,46
	Pigmento	26,56	26,46	26,49	26,56	26,46	26,49
	Y	0			0,42	0,84	0,7
	Z	6,64	6,61	6,62	13,28	13,23	13,25
	W	18,13	18,7	18,08	36,25	36,11	36,16

Fatores: X: Água; Y: Solução de NaOH; Z: PVA; W: Álcool

Restrições experimentais: teor de sólidos total: aproximadamente 35% em massa; teor de pigmentos: aproximadamente 30% (proporções dos pigmentos fixas); consumo de resina: entre 7% e 14% em massa, aproximadamente; consumo de solvente: entre 55% e 65%, aproximadamente (para o caso das misturas quaternárias, foi considerado o somatório de água e álcool); Consumo de dispersante: limite mínimo 0% e o máximo aquele definido pelo ensaio de defloculação para cada pigmento.

2.4. Delineamento experimental

Para definir as misturas a serem testadas, foi elaborado um delineamento em vértices extremos de grau um, aumentado com pontos central e axiais, com o uso do software *Minitab 16*. O delineamento em vértices extremos é um procedimento para conduzir experimentos quando os componentes das misturas impõem restrições quanto às suas proporções, ou seja, com limites inferior e superior diferentes de zero e um, respectivamente (Mclean; Anderson, 1966).

A partir de um delineamento de misturas, a resposta ou propriedade muda somente quando são feitas alterações nas proporções dos componentes que fazem parte dessa mistura. Portanto, a finalidade principal de se utilizar essa metodologia é verificar como as respostas ou propriedades de interesse são afetadas pela variação das proporções dos componentes da mistura (Gomes at al, 2005) e, além disso, diminuir o número de experimentos necessários para determinar propriedades ótimas do sistema em estudo.

De acordo com o tipo de mistura testada (ternária ou quaternária) e o pigmento (B, A e V), os agrupamentos de misturas foram denominados misturas B1-14, A1-14 e V1-14 (ternárias) e misturas B15-31, A15-31 e V15-31 (quaternárias).

2.5. Produção de amostras

Foram produzidas misturas ternárias e quaternárias com cada pigmento, sendo os componentes das ternárias a água (X), a solução de NaOH (Y) e o PVA (Z); e os das quaternárias a água (X), a solução de NaOH (Y), o PVA (Z) e o álcool etílico (W); a proporção de pigmento foi fixada nesse estudo.

Para cada pigmento, foram produzidas 31 amostras de tinta, sendo 14 misturas ternárias e 17 quaternárias. O volume final de cada amostra produzida foi de 600 ml.

2.6. Medição da viscosidade e do pH

A viscosidade (V) foi medida ao final da produção de cada amostra, com viscosímetro de *Brookfield*. Foram realizadas 3 medidas em cada amostra, em intervalos de tempo definidos (5, 15 e 30 min), sendo adotado o resultado obtido na terceira medição. O pH final de cada amostra foi medido com pHmetro com eletrodo de vidro.

O limite máximo definido para a viscosidade, de acordo com os ensaios preliminares, foi de 400 cP, valor que permitiu boas condições de aplicação das tintas.

Para o caso do pH, segundo Yamak (2013), o valor ótimo para as emulsões de acetato de vinila está compreendido entre 4,5 e 5,5. Portanto, o limite máximo de 5,5 foi adotado como referência neste trabalho.

2.7. Ensaios de desempenho

O objetivo deste trabalho é avaliar o desempenho de acordo com os limites estabelecidos para tintas da categoria Látex Econômica. Os requisitos avaliados são o poder de cobertura da tinta seca (ABNT NBR 14942:2012), poder de cobertura da tinta úmida (ABNT NBR 14943:2003), resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva (ABNT NBR 15078:2004). Os ensaios foram realizados por laboratório credenciado pelo INMETRO, com recursos do projeto “Cores da Terra Pintando o Brasil”, financiado pela FINEP.

2.8. Análise estatística

Após obtenção das respostas para os pontos dos delineamentos experimentais, foram ajustados modelos polinomiais de mistura aos dados experimentais.

Primeiro, ajustou-se aos dados experimentais o modelo cúbico completo e em sequência os modelos de menor grau (modelo cúbico especial, quadrático e linear).

Os termos não significativos (p-valor > 0,05), partindo dos de maior grau para os de menor grau, foram retirados, um a um, sendo realizada nova análise a cada termo retirado. E também se recorreu ao coeficiente de determinação (R^2), para verificar o ajustamento do modelo.

Todas as análises foram feitas no *software* estatístico *Minitab 16*, bem como os gráficos de frequência das respostas estimadas pelo modelo de mistura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização física

A Tabela 3 apresenta os resultados da caracterização física dos solos e dos pigmentos correspondentes.

Tabela 3 – Resultados da caracterização física

Parâmetro		B		A		V	
		Solo	Pigmento	Solo	Pigmento	Solo	Pigmento
Granulometria	Areia grossa (%)	1	0	1	0	13	0
	Areia fina (%)	1	0	1	1	11	1
	Silte (%)	26	27	40	45	6	15
	Argila (%)	72	73	58	54	70	84
Classe textural		Muito argilosa	Muito argilosa	Argila siltosa	Argila siltosa	Muito argilosa	Muito argilosa
Densidade de partículas (kg/dm³)		2,52	2,47	2,55	2,53	2,6	2,5
Argila dispersa em água (%)		20	28	1	1	1	2
Índice de dispersão (%)		20	38	1,72	1,85	1,19	2,85
Índice de floculação (%)		62	80	98,28	98,15	97,15	98,81
Superfície específica (m²/g)		23,98	24,19	30,47	30,83	31,74	44,66

3.2. Caracterização química

A Tabela 4 apresenta os resultados da caracterização química dos solos e dos pigmentos correspondentes.

Tabela 4 – Resultados da caracterização química

Parâmetro	B		A		V	
	Solo	Pigmento	Solo	Pigmento	Solo	Pigmento
pH H_2O	5,06	4,81	5,74	5,93	5,39	5,96
pH KCl	4,64	4,61	5,33	6,16	6,08	6,22
P (mg/dm³)	0,3	0,9	3,3	2,2	1,1	1,1
K^+ (mg/dm³)	2	7	7	25	9	15
Ca^{2+} (mg/dm³)	0	0,38	0	1,27	0	1
Mg^{2+} ($cmol_c$/dm³)	0,01	0,08	0,22	0,21	0,05	0,2
Al^{3+} ($cmol_c$/dm³)	1,3	0,88	0,1	0	0	0
H + Al ($cmol_c$/dm³)	3,3	2,7	3,5	1,3	2,5	1,3
SB ($cmol_c$/dm³)	0,02	0,48	0,24	1,54	0,5	1,24
t ($cmol_c$/dm³)	1,32	1,36	0,34	1,54	0,5	1,24
T ($cmol_c$/dm³)	3,32	3,18	3,74	2,84	3	2,54
V (%)	0,6	15,1	6,4	54,2	16,7	48,8
m (%)	98,5	64,7	29,4	0	0	0
MO (dag/kg)	1,15	1,01	0,38	0,38	0,13	0,38
P-Rem (mg/L)	27,9	38,2	4,6	13,6	3,4	2,2

P: Fósforo disponível; K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} e Al^{3+}: Bases trocáveis; H + Al: Acidez; SB: Soma das bases; t: CTC (capacidade de troca catiônica) efetiva; T: CTC a pH 7,0; V: Percentagem de saturação por bases; m: Percentagem de saturação por Al^{3+}; MO: Matéria orgânica; P-Rem: Fósforo remanescente.

Os resultados das caracterizações indicam que, após o processo de dispersão mecânica e peneiramento, ocorreram incrementos da CTC e da superfície específica, eliminação total da fração areia grossa e quase total da fração areia fina, incremento da fração silte e incremento da fração argila para B e V.

Os resultados indicam que, apenas com a dispersão mecânica não se obteve a estabilidade desejada, devido à tendência do material à floculação, que diminui gradualmente de V para B, justificando-se então o incremento da dispersão com o dispersante químico NaOH.

3.3. Cor

De acordo com a Carta de Solos de Munsell (1975), o pigmento B apresentou matiz 10YR, valor 8 e croma 2; o pigmento A apresentou matiz 10YR, valor 7 e croma 8; e o pigmento V apresentou matiz 2,5YR, valor 5 e croma 8.

3.4. Desempenho, viscosidade e pH

A Tabela 5 apresenta os resultados dos ensaios de desempenho e das medições de Viscosidade e pH. Estão marcados em negrito os resultados satisfatórios, de acordo com os requisitos da norma ABNT NBR 15079: 2011.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de desempenho e medições de Viscosidade e pH

Misturas e ensaios		B					A					V				
		PCS	**PCU**	**RAU**	**V**	**pH**	**PCS**	**PCU**	**RAU**	**V**	**pH**	**PCS**	**PCU**	**RAU**	**V**	**pH**
Ternárias	1	**4**	23	88	430	**4**	**4**	37	55	500	**5**	3	**77**	10	**398**	6
	2	3	27	**200**	985	**4**	**4**	36	93	2400	**5**	**4**	**69**	**496**	**280**	6
	3	**4**	25	88	970	**4**	**4**	36	12	680	**5**	**4**	**65**	54	**340**	**5**
	4	**4**	23	26	**390**	**4**	3	35	22	900	**5**	**4**	**69**	**319**	**250**	**5**
	5	3	25	**200**	975	**4**	**4**	36	41	820	**5**	**4**	**69**	78	**208**	**5**
	6	**5**	42	6	3100	**4**	**5**	38	35	900	7	**4**	**67**	**102**	860	6
	7	**6**	41	11	4100	**5**	**5**	34	8	**230**	8	**4**	**69**	**496**	**280**	6
	8	**5**	43	27	2800	**5**	**5**	37	22	**280**	7	**4**	**75**	32	**310**	7
	9	**6**	43	46	5400	**4**	**5**	36	67	970	7	**4**	**65**	**127**	840	7
	10	**5**	41	10	3000	**5**	**4**	34	23	**390**	6	**5**	**71**	93	840	7
	11	**9**	42	58	3000	**5**	**5**	34	42	1150	7	**4**	**69**	**122**	720	8
	12	**8**	45	95	8600	**4**	**5**	33	73	735	8	**4**	**67**	33	780	7
	13	**6**	40	10	1860	**5**	**5**	32	68	980	6	**3**	**67**	14	740	**5**
	14	**5**	43	5	415	6	**4**	34	**262**	1100	6	**4**	**76**	42	800	7
Quaternárias	15	**4**	35	**172**	4000	**4**	**4**	23	31	**205**	8	**4**	52	**318**	620	6
	16	**6**	39	**117**	2400	**5**	**4**	29	**304**	**225**	7	**4**	26	50	460	7
	17	**7**	36	6	2100	**4**	**4**	27	**186**	540	**5**	**4**	45	64	500	7
	18	**4**	33	16	2100	**5**	**5**	29	45	**278**	7	3	35	**118**	520	7
	19	**8**	33	**141**	990	6	**4**	30	27	**310**	7	3	25	12	600	7
	20	**7**	41	89	5800	**4**	**4**	32	**169**	**355**	7	3	39	55	**180**	7
	21	**8**	32	42	2400	**5**	3	31	**259**	420	7	3	50	**247**	720	**5**
	22	**7**	33	15	**275**	6	**5**	27	11	**230**	8	4	40	95	600	6
	23	**8**	33	87	3800	**4**	**5**	29	39	**290**	7	3	46	**140**	600	7
	24	**10**	34	18	2100	**5**	**6**	30	15	**195**	6	**4**	26	**161**	500	6
	25	**7**	32	14	615	**5**	**5**	29	**152**	**350**	6	**4**	48	33	520	6
	26	**6**	32	7	**390**	6	**5**	26	29	**175**	6	3	20	**141**	**220**	7
	27	**5**	35	**112**	2500	**5**	**5**	18	71	**195**	6	3	39	**133**	**240**	7
	28	**6**	34	15	2200	**5**	**5**	23	28	**235**	6	**4**	33	84	**255**	7
	29	**9**	33	8	2200	**4**	**4**	18	**133**	**230**	6	**4**	40	**153**	**250**	7
	30	**8**	34	60	3000	**5**	**5**	22	43	**200**	6	**4**	38	50	580	7
	31	**5**	33	13	1000	**5**	**4**	20	66	**170**	8	3	41	85	520	7

PCS: m²/L; PCU: %; RAU: ciclos; V: cP (centipoises)

Uma avaliação geral dos resultados obtidos indicou que o limite estabelecido para o PCS foi alcançado pela maioria das misturas; o limite mínimo para o PCU foi alcançado apenas pela mistura ternária correspondente ao pigmento V; e o limite mínimo para a RAU foi alcançado em todas as misturas, mas em um número reduzido de amostras.

As dificuldades encontradas para atender aos limites dos requisitos de desempenho estabelecidos pela ABNT NBR 15079: 2011 se devem ao caráter restritivo do experimento, ou seja, para pequenas variações de consumo dos componentes, as respostas se alteram significativamente. Dado o caráter exploratório deste trabalho, tal situação é desejável, pois o que se busca é compreender a influência de cada componente sobre o desempenho e assim poder indicar as formulações mais adequadas.

4. CONCLUSÕES

Os dois processos de produção desenvolvidos constaram de misturas ternárias e quaternárias com os pigmentos B, A e V e os fatores X (água), (Y) solução de NaOH, (Z) resina e (W) álcool etílico.

Atendeu-se a um número maior de requisitos com os pigmentos B e A nas misturas quaternárias, enquanto que, com as misturas ternárias, obtiveram-se melhores resultados para o pigmento V. Os dois processos de produção, portanto, dado o caráter exploratório deste trabalho, apresentaram-se como alternativas promissoras e criaram referências para estudos mais aprofundados.

As misturas quaternárias apresentaram vantagens, pois apresentaram as menores faixas de viscosidade e o maior número de misturas com RAUs satisfatórias. Outro fator a ser considerado foi o aspecto das tintas: com as misturas quaternárias foram obtidas tintas com aparência similar à das tintas industrializadas e, além disso, homogeneidade e aplicabilidade melhores que as correspondentes às misturas ternárias.

A dispersão mecânica com o disco *Cowles* adaptado mostrou-se efetiva e configura-se como uma grande contribuição deste trabalho. No entanto, apenas com a dispersão mecânica foi impossível manter estáveis as dispersões de pigmentos, problema que foi solucionado com a dispersão química.

Os níveis dos fatores foram, em geral, inadequadas para alcançar faixas de viscosidade e pH desejáveis, o que demanda a redefinição dos limites: os níveis do fator X devem ser elevados, para diminuir a viscosidade, e os do fator Y devem ser reduzidos, para diminuir o pH. Ainda sobre o pH, na maioria das situações o NaOH contribuiu com a estabilidade das suspensões, também interferindo diretamente sobre a viscosidade, mas comprometeu a atuação da resina e, logo, acarretou a redução da RAU.

A única mistura que atendeu a todos os requisitos estudados foi a ternária correspondente ao pigmento V, mas com formulações discrepantes, que impedem a indicação de uma só formulação que atenda a todos os requisitos estudados. As demais misturas atenderam parcialmente aos requisitos estudados, sem atender simultaneamente àqueles determinados pela ABNT NBR 15079: 2011.

A adoção de níveis similares dos fatores das misturas para os três pigmentos, com exceção do fator Y, mostrou-se ineficaz, o que demanda equilibrar os níveis dos fatores e/ou eliminar fatores para se obter formulações que atendam a todos os requisitos de desempenho, considerando as características específicas de cada pigmento.

Os resultados obtidos representam mais um passo do projeto Cores da Terra rumo ao desenvolvimento de uma tecnologia social, ao sanar uma problemática – a da estabilidade das suspensões – e lançar as bases para estudos mais aprofundados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14942: Tintas para construção civil. Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação

do poder de cobertura de tinta seca. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 14943: Tintas para construção civil. Método para avaliação de tintas para edificações não industriais. Determinação do poder de cobertura de tinta úmida. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 15078: Tintas para construção civil. Método para avaliação de desempenho de tintas para edificações não industriais. Determinação da resistência à abrasão úmida sem pasta abrasiva. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.NBR 15079: Tintas para construção civil. Especificação dos requisitos mínimos de desempenho de tintas para edificações não industriais. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 4 p.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H. ; TELLER, E.Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. Journal of the American Chemical Society, n. 60, p. 309-319, 1938.

CAMPOS, C.E.B. Indicadores de campo para solos hidromórficos do planalto de Viçosa, Minas Gerais. 1999. 102 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

CARDOSO, F. P.; CARVALHO, A.F.; FONTES, M.P.F. Resistência à abrasão de tintas imobiliárias produzidas com pigmentos obtidos por dispersão mecânica de solos. In: Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, 1, 2014, Guimarães. Anais do I CLB/MCS. Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, 2014. 1 CD-ROM.

CORRÊA, G.F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa. 1984. 87p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1984.

DAGNINO, R. P. Tecnologia Social: Ferramenta para construir outra sociedade. Campinas: Unicamp, 2009.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análises de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997.

FAZENDA, J.M.R. Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

FONTES, M. P; CARVALHO, A. F; CARDOSO, F. P. Qualidade de tintas imobiliárias produzidas à base de solos relacionada às propriedades mineralógicas, químicas e físicas. Viçosa, MG, 2013. Relatório.

GOMES, C.M. et al. Defloculação de massas cerâmicas triaxiais obtidas a partir do delineamento de misturas. Cerâmica, n. 51, p. 336-342, 2005.

HOUAISS. Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001.

MAIER, R. Manual do artista. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

McLEAN, R. A.; ANDERSON, V. L. Extreme vertices design of mixture experiments. Technometrics, v.8, p. 447-454, 1966.

MUNSELL. Munsell Soil Color Charts. Baltimore: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 1975.

NAIME, U.J. Caracterização de solos de terraços nas Zonas da Mata e Rio Doce, Minas Gerais. 1988. 76 P. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1988.

RUIZ, H. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 29, p. 297-300, 2005.

SANTOS, P. S. Tecnologia de argilas. v. 1: Fundamentos. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

UEMOTO, K. L.; SILVA, J. Caracterização de tintas látex para construção civil: diagnóstico do mercado do estado de São Paulo. Boletim Técnico. SP: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

UEMOTO, K. L. Pintura a base de cal. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: Associação dos Produtores de Cal, 1993.

YAMAK, H. B. Emulsion Polymerization: Effects of Polymerization Variables on the Properties of Vinyl Acetate Based Emulsion Polymers. Chapter 2. In: Polymer Science, Turkey: Intech, 2013. Disponível em http://www.intechopen.com/books/polymer-science. Acesso em 15 jan. 2015.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UFV, pela oportunidade de cursar o mestrado; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado; e à Finep, pelo financiamento da pesquisa, via projeto Cores da Terra Pintando o Brasil.

NOTA

Este trabalho foi extraído da dissertação de mestrado intitulada “Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos” de autoria de Fernando de Paula Cardoso

AUTORES

Fernando de Paula Cardoso: Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Mestre em Engenharia Civil (Engenharia da Construção) pela UFV; Estudante de doutorado em Engenharia Civil na UFV; Pesquisador do projeto Cores da Terra, vinculado aos Departamentos de Solos e Engenharia Civil da UFV; e membro das Redes TerraBrasil e PROTERRA.

Rita de Cássia Silva Sant’Anna Alvarenga: Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa – UFV; Mestrado e Doutorado em Engenharia Civil pela USP; Professora adjunta do Departamento de Engenharia Civil da UFV.

Anôr Fiorini de Carvalho: Graduação, mestrado e doutorado em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa; Coordenador do projeto Cores da Terra; Professor adjunto do Departamento de Solos da UFV; Coordenador do projeto Cores da Terra.

8. Estabilização alcalina de adobes

Adriano da Silva Felix[1]; Pablo Raphael de Lacerda Ferreira[2]; Normando Perazzo Barbosa[3]; Khosrow Ghavami[4]

[1]Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal da Paraíba, Brasil; adriano.s.felix@hotmail.com

[2]Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal da Paraíba, Brasil; pablorlf@yahoo.com.br

[3]Prof. Titular do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Universidade Federal da Paraíba, Brasil; nperazzob@yahoo.com.br

[4]Prof. Emérito da Universidade Federal da Paraíba; ghavami@puc-rio.com.br

Palavras-chave: adobe, ativação alcalina, estabilização

Resumo

Alvenarias de adobe estão certamente entre aquelas que menor impacto causam ao meio ambiente. No entanto, uma limitação dos adobes é sua vulnerabilidade à ação da água. Pode-se melhorar essa propriedade incorporando-se estabilizantes convencionais como cal e cimento, porém como nos adobes são usadas terras argilosas, a quantidade de estabilizante para ser efetiva, pode chegar a 8% ou mesmo 10% em massa. Neste trabalho propõe-se um novo método para estabilização da terra, através da ativação alcalina. Nesse processo, componentes mineralógicos do solo e de produtos a eles adicionados reagem internamente em um ambiente de pH elevado. A quantidade de ligante cai para 3% ou mesmo 2%. Em concretos, nos quais se requer altas resistências, utiliza-se silicato de sódio industrial, de preço elevado. No caso da estabilização da terra, utilizou-se uma mistura de sílica ativa com hidróxido de sódio para substituir o produto comercial. Para fornecer sílica e alumina amorfas, foram utilizados metaculim e/ou resíduos cerâmicos moídos. À mistura de hidróxido de cálcio, sílica ativa, metacaulim/resíduos cerâmicos, nas proporções adequadas chamou-se de ligante geopolimérico. Foram testados os teores de 0%, 1%, 2% e 3% desse ligante em relação à massa de terra. Percebeu-se que o ligante geopolimérico modifica as propriedades reológicas da mistura terra-água. Então, a quantidade de água para moldagem dos adobes foi aquela considerada adequada para tal, variando com a quantidade de ligante adicionado. Foi avaliado o efeito do ligante geopolimérico nas resistência à compressão, resistência à ação da água e variações dimensionais dos adobes. Os resultados mostram-se promissores, indicando um grande potencial para fabricação em larga escala de adobes com propriedades melhoradas.

INTRODUÇÃO

O problema habitacional em todo o planeta, e principalmente nos países do continente africano, asiático e sulamericano está muito longe de ser resolvido. Além disso, os materiais de construção industrializados possuem valor inacessíveisl às camadas mais pobres da humanidade, envolvendo em seu processo produtivo um grande valor energetico, gerando grandes impactos ambientais.

Um produto com grande potencial para ajudar a minimizar o déficit habitacional, e com baixo custo energetico, é o adobe. Este vem sendo utilizado desde as primeiras civilizações tanto para a construção de pequenas casas como de enormes templos e palácios. Barbosa e Mattone (2002) afirmam que, vários são os benefícios do uso de terra crua em construção: disponibilidade; excelente desempenho térmico; absorção e liberação de umidade mantendo o ambiente agradável; poluição mínima e baixo consumo energetico; fácil reincorporação com a natureza podendo também com a terra, gerarem-se tecnologias apropriadas.

Por ser um material que não passa pelo processo de queima, o adobe tem baixa ou quase nenhuma resistência à água. Para melhorar a durabilidade dos blocos feito com terra é necessário estabilizar o solo. Existem várias maneiras para estabilização (Barbosa; Ghavami, 2007):

- Ação mecânica com equipamentos capazes de densificar a terra reduzindo poros e capilaridade;

- O uso de produtos químicos hidrofugntes para eliminar a absorção de água pelos grãos de solo, sendo, em geral, produtos caros;

- Envolvimento dos grãos de terra por uma fina camada de material impermabilizante capaz de fazer o fechamento dos poros e canais capilares, como emulsões asfálticas;

- A formação de ligações químicas entre os cristais de argila e cal;

- Criação de um esqueleto sólido inerte que se opõe ao movimento dos grãos. É o caso dos agentes de ligação, tais como cimento Portland.

Além disso, a adição de fibras pode ser considerada como um método de estabilização, dando ductilidade ao material, mas não é capaz de dar resistência contra a ação da água.

Novos métodos de estabilização merecem ser pesquisados. A argila é constituida de sílica e alumina que pode estar, mesmo em pequena quantidade, na forma amorfa. Tal fato pode contribuir para a estabilização através da ativação alcalina, que é um método químico capaz de melhorar as propriedades de um solo.

A ativação alcalina também é conhecida como geopolimerização, termo sugerido por Davidovits (1991) para este tipo de reação, em virtude da semelhança com a síntese dos polímeros orgânicos por meio de condensação e utilização de materiais cimentícios suplementares (Pinto, 2004).

Na ativação alcalina, a coesão do material é devida aos componentes que reagem mineralógicamente no seu interior em um ambiente de pH alto.

Assim, as partículas de aluminossilicato sólidas em meio aquoso altamente alcalino produz um aluminossilicato sintético dito "geopolimérico". Dessa forma suas estruturas são designadas por polisialatos onde SiO_4 e AlO_4 tetraédricos estão ligadas rotativamente por partilha de átomos de oxigénio (Davidovits, 1991). A tabela 1 sumariza tais compostos.

Tabela 1. Nomenclatura do Geopolímero (Davidovits, 1982)

Designação	**Símbolo**	**Fórmula**	**Fração**	
			Si:Al	**SiO_2:Al_2O_3**
Poli-sialato	PS	-Si-O-Al-	1	2
Poli-(sialato-siloxo)	PSS	-Si-O-Al-O-Si-O-	2	4
Poli-(sialato-disiloxo)	PSDS	-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-	3	6

Estudos realizados por Davidovits (1982) mostraram, que foram sintetizado geopolímeros utilizando o precursor de caulinita, Si_2O_5,$Al_2(OH)_4$, uma fonte de silício (SiO_2), e soluções de hidróxido de sódio e/ou hidróxido de potássio com diferentes concentrações, numa temperatura da síntese de 150°C. De modo geral as temperaturas de síntese utilizadas variam de 25°C a 100°C, o que influencia tanto a cinética da reação, quanto nas propriedades que determinam o tipo de aplicação do produto sintetizado (Davidovits, 1987).

Para a obtenção do geopolímero os percursores mais utilizados são metacaulinita e também resíduos industriais provenientes da mineração e das usinas termoelétricas, onde esses materiais são compostos, na sua maioria, por sílica e alumina (argila calcinada, cinzas volantes e escória de alto forno). O grande problema na síntese dos produtos geopoliméricos são as soluções alcalinas, que muitas vezes são produtos industriais, alguns com valor bastante elevado (silicato de sódio, silicato de potássio, hidróxido de sódio e hidróxido de potássio).

O presente estudo estabelece a proposta de redução de custo do ligante geopolimérico com substituição do silicato de sódio industrial por outros tipos fabricados em laboratório. Estes serão produzidos com os materiais metacaulim, sílica ativa e resíduos de cerâmica vermelha, além de hidróxido de sódio nas proporções ideais.

OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é desenvolver um método para estabilização da terra para aplicação em adobes através da ativação alcalina, utilizando soluções produzidas em laboratório com metacaulim, sílica ativa (microssílica), resíduos de cerâmica vermelha e hidróxido de sódio, substituindo a solução industrializada.

METODOLOGIA

Os materiais utilizados nesse estudo foram: solo local, metacaulim (MK), sílica ativa (microssílica) (MS), resíduo da cerâmica vermelha moído (RCV), silicato de sódio industrializado (Na_2OSiO_3), hidróxido de sódio (NaOH), água da rede de distribuição pública e água destilada. Os ensaios de caracterização dos materiais foram realizados no Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas (LABEME) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Caracterização do solo

A caracterização do solo no seu estado natural é indicada na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização do solo no estado natural

Granulometria do solo in natura (%)	
Areia (0,06 mm a 2,0 mm)	60
Silte (0,002 mm a 0,06 mm)	27
Argila (< 0,002 mm)	13
Limites Atterberg (%)	
Limite de liquidez	28,2
Limite de plasticidade	19,7
Índice de plasticidade	11,3

Precursores geopoliméricos

Para utilizar a ativação alcalina como estabilizante em adobe foram utilizados dois precursores geopoliméricos, metacaulim e resíduos da cerâmica vermelha, a fim de verificar o desempenho na resistência à água e à compressão. A composição química dos precursores, indicado na tabela 3, foi determinada por ensaio de fluorescência de raios X (FRX).

Tabela 3. Composição química dos percursores utilizados

Composto químico	Metacaulim (%)	Cerâmica vermelha (%)
SiO_2	54,003	60,101
Al_2O_3	38,584	24,398
Fe_2O_3	3,585	6,814
K_2O	0,723	2,809
CaO	0,380	1,649
Na_2O	0,171	0,171

MgO	1,236	1,815
Outros	1,318	2,243

O metacaulim é um dos precursores mais utilizados para a obtenção do geopolímero devido a sua composição ser rica em sílica (SiO_2) e alumina (Al_2O_3) reativa. Os resíduos da cerâmica vermelha foram utilizados por questões ambientais e serem ricos naqueles óxidos.

Água

Para se obter a plasticidade necessária para as misturas, foi utilizada água potável ($H_2O_{pot.}$) e para a fabricação das soluções alcalinas (silicato de sódio (MK, MS e RCV) foi feito o uso de água destilada ($H_2O_{dest.}$).

Soluções alcalinas (silicato de sódio)

O silicato de sódio industrializado utilizado apresentou relação SiO_2/Na_2O = 2,17 em peso e pH de aproximadamente 13.
As soluções alcalinas proposta nesse trabalho para substituir o silicato industrializado foram obtidos através da relação da massa atômica dos compostos encontrado na sílica ativa (microssílica), metacaulim, resíduo da cerâmica vermelha e hidróxido de sódio. O balanceamento estequiométrico realizado com esses composto fornecia as proporções exata de cada material.

Misturas

Para a produção do ligante geopolimérico o método abordado foi o sugerido por Davidovits (1982), para gerar os compostos do tipo NaPSS (polissialatosiloxo de sódio). Este método consiste em preparar uma mistura de alumino-silicatos em solução alcalina, em que a composição da mistura tenha razões molares de óxidos dentro dos valores indicado na tabela 4.

Tabela 4. Razão molar necessária para a formação de geopolímeros

Razões molares dos óxidos	
Na_2O/SiO_2	0,20 a 0,28
SiO_2/Al_2O_3	3,50 a 4,50
H_2O/Na_2O	15,00 a 17,50
Na_2O/Al_2O_3	0,80 a 1,20

Para a moldagem dos corpos de prova foram elaborado misturas com percentagens do ligante ativado alcalinamente de 0%, 1%, 2% e 3% em relção ao peso do solo. Os materiais foram misturados manualmente, as amostras para teste de absorção de água eram cilíndrico de 5 cm de diâmetro e 10 cm de altura. Os elaborados para resistência à compressão foram obtidos através de um molde cúbico com 5 cm de aresta, como pode ser visto na figura 1.

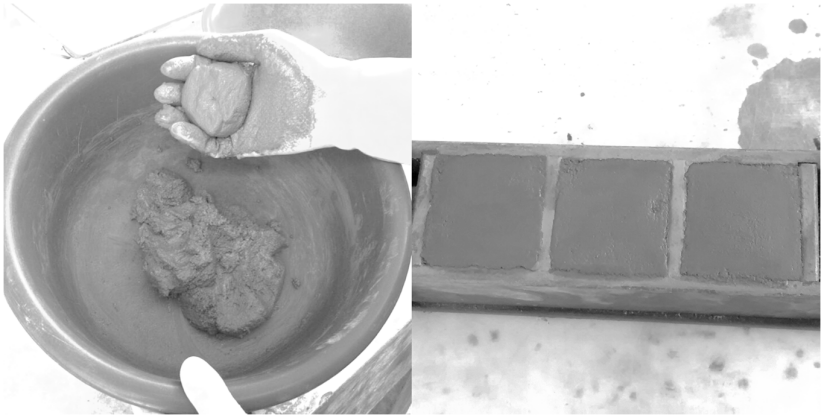


Figura 1. Mistura manual dos materiais e molde cúbico para elaboração dos corpos de prova

Após a moldagem dos corpos de prova, os mesmos eram colocados em um saco plástico para ajudar a convervar a água da mistura e só era retirado após 3 dias. Em seguida eram levados a estufa para a cura em temperatura de 65°C e retirados para o ensaio de resistência à compressão (figura 2).

Figura 2. Amostras em cura em saco plastico até o terceiro dia após remoção

As proporções dos materiais para o ligante alcalino podem ser verificadas na tabela 5.

Tabela 5. Proporções utilizadas na ativação do solo

Solo %	Ativador alcalino %	% Ativador alcalino				% $H_2O_{pot.}$
		Precursor (MK ou RCV)	$Na_2O.2SiO_3$	NaOH	Água destilada	
100	0%	-	-	-	-	18,5
100	1%	0,37	0,36	0,04	0,22	12,0
100	2%	0,74	0,73	0,08	0,44	10,4
100	3%	1,12	1,10	0,12	0,66	10,4

As etapas do processo de mistura são definidas na figura 3.

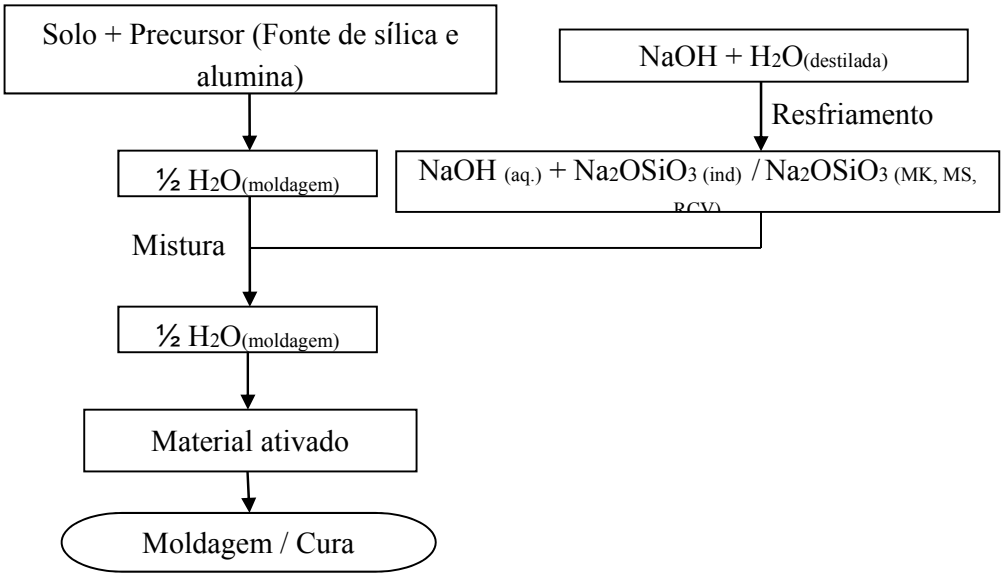


Figura 3. Processo de moldagem dos corpos de prova

Ensaios de resistência a ação da água, absorção de água e perda de massa

Os ensaios de resistência e absorção de água foram feitos considerando-se uma adaptação da norma NBR 8492/84 Tijolo maciço de solo–cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água. A absorção dos corpos de prova foi determinada de acordo com a equação 1, nas amostras nas quais que foi possível determinar sua massa após o ensaio.

$$W = \frac{Pw - Ps}{Ps}\ x\ 100 \quad (1)$$

Onde: W: Absorção de água (%)

Pw. Massa úmido (g)

Ps. Massa seco (g)

A perda de massa foi determinada pela (equação 2).

$$M = \frac{P1 - P2}{P2}\ x\ 100 \quad (2)$$

Onde: M: Perda de massa (%)

P1. Massa antes do ensaio (g)

P2. Massa depois do ensaio (g)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

1.1 Resistência e absorcão de água

As amostras que foram estabilizadas através da ativação alcalina com as soluções propostas resistiram à ação da água, exceto as elaboradas com teor de 1% do silicato de (MK, MS e RCV). Além da resistência à água, os blocos alcalinamente ativados tiveram valores de absorção que variaram de 10% à 12%, com as amostras de 3% de silicato industrializado e o MK como percursor e 3% de silicato RCV com o resíduo cerâmico como percursor respectivamente. Na figura 3 vêem-se os corpos de prova imersos em água.

Figura 4. Amostras submetidas ao ensaio de absorção e resistência à água

Os corpos de prova que mostraram o melhor resultado de absorção entre as soluções proposta nesse estudo foi o 3% de silicato de MK e precursor de MK com teor de 11% e a amostra com 3% de silicato de MK e precursor de RCV com 10,7% de absorção, porém esse último apresentou uma perda de massa de 1,5%. Os valores de todos os corpos de prova são visto nas tabelas 5 e 6.

Tabela 5. Resultado do ensaio de resistência à água e absorção de água com precursor de metacaulin

Tipo da Amostra	Peso (g)	Resistência à água	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Peso da água (g)	Absorção de água (%)	Perda de massa (g)	Perda de massa (%)
Silicato IND. 1%	250	SIM	278,8	249,3	28,8	11,5	0,7	0,38
Silicato IND. 2%	250	SIM	276	249,4	26	10,4	0,6	0,30
Silicato IND. 3%	250	SIM	275	249,2	25	10,0	0,8	0,41
Silicato MK. 1%	250	NÃO	--	--	--	--	--	--
Silicato MK. 2%	250	SIM	279,3	249	29,3	11,7	1,0	0,55
Silicato MK. 3%	250	SIM	277,5	249,1	27,5	11,0	0,9	0,48
Silicato RCV. 1%	250	NÃO	--	--	--	--	--	--
Silicato RCV. 2%	250	NÃO	--	--	--	--	--	--
Silicato RCV. 3%	250	NÃO	--	--	--	---	--	--
Silicato MS. 1%	250	NÃO	--	--	--	--	--	--
Silicato MS. 2%	250	SIM	278,5	249,1	28,5	11,4	0,9	0,48
Silicato MS. 3%	250	SIM	278	248,1	28	11,2	1,2	1,04

Tabela 6. Resultado do ensaio de resistência à água e absorção de água com precursor de resíduo cerâmico

Tipo da Amostra	Peso (g)	Resistência à água	Peso úmido (g)	Peso seco (g)	Peso da água (g)	Absorção de água (%)	Perda de massa (g)	Perda de massa (%)
Silicato IND. 1%	250	SIM	278	248,58	28	11,2	1,4	0,60
Silicato IND. 2%	250	SIM	276	249,2	26	10,4	0,8	0,30
Silicato IND. 3%	250	SIM	276,4	249,3	26,4	10,5	0,7	0,30
Silicato MK. 1%	250	NÃO	--	--	--	--	--	--
Silicato MK. 2%	250	SIM	278,3	248,1	28,3	11,3	1,9	0,80
Silicato MK. 3%	250	SIM	276,7	246,3	26,7	10,7	3,7	1,50
Silicato RCV. 1%	250	NÃO	--	--	--	--	--	--
Silicato RCV. 2%	250	SIM	269	234,4	19	7,6	15,7	6,30
Silicato RCV. 3%	250	SIM	277,9	246,8	27,9	11,2	3,2	1,30
Silicato MS. 1%	250	NÃO	--	--	--	--	--	--
Silicato MS. 2%	250	SIM	277,9	247,5	27,9	11,1	2,6	1,00
Silicato MS. 3%	250	SIM	281	248,4	31	12,4	1,6	0,60

O corpo de prova com silicato de RCV com precursor de RCV teve um baixo valor de absorção de água, mas esse resultado foi obtido devido à grande perda de massa que o mesmo obteve.

Os testes feito com amostras não submetidas a cura em estufa a temperatura de 65°C não apresentaram resistência a ação da água, exceto as que tiveram silicato industrializado na sua composição.

1.2 Ensaio de resistência à compressão

Nos ensaios de resistência à compressão as amostras que obtiveram melhor desempenho foram as com silicato industrializado, chegando a valores de 6,1 MPa. Porém todos os corpos de provas com o silicato proposto tiveram resistência à compressão com valores superiores aos da norma NBR 7171/2005 - Bloco cerâmico para alvenaria, para blocos não portantes classe A e B que são 1,5 MPa e 2,5 MPa, respectivamente. A grande maioria das misturas usadas também superam a resistência requerida pela norma que trata de blocos maciços de solo cimento, NBR 8491/12 – Tijolo de solo-cimento. Especificações.

Dentre as amostra elaboradas com os silicatos propostos a que obteve melhor resultado foi a com composição de 2% de silicato de MK com ambos os precursores, como visto nas figuras 5 e 6.

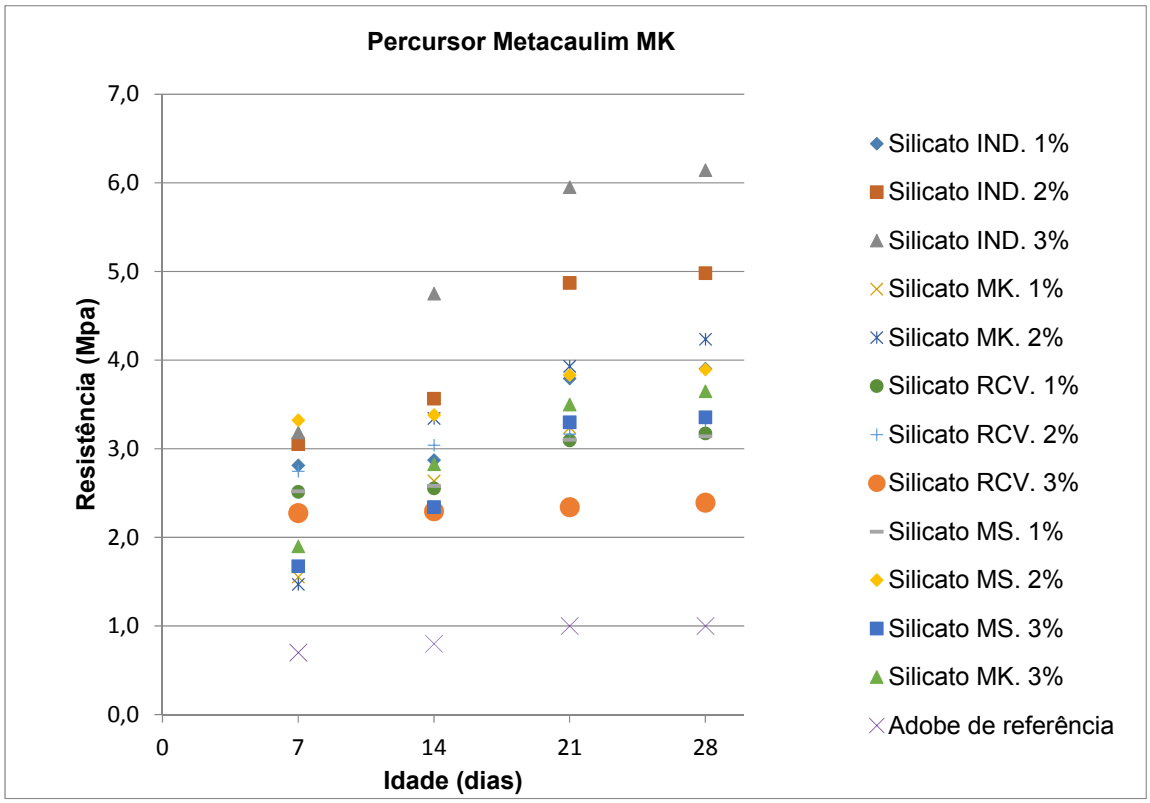


Figura 5. Resistência à compressão com as amostras do precursor de MK (média de 3 corpos de prova)

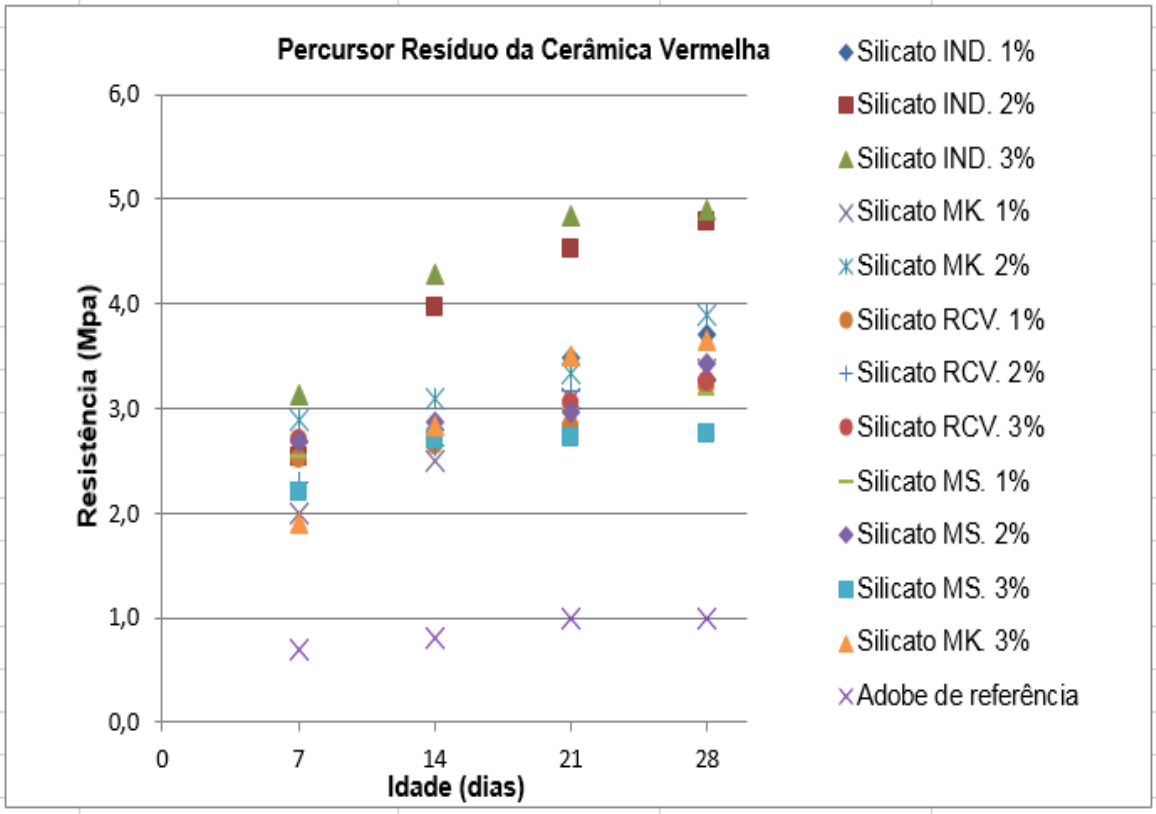


Figura 6. Resistência à compressão das amostras do precursor de RCV (média de 3 corpos de prova)

Mesmo as amostra que não resistiram à ação da água tiveram resistência adequada. Os resultados dos blocos estabilizados com o precursor da cerâmica vermelha foram inferiores aos que utilizaram o metacaulim, o que era de se esperar por conta da maior percentagem de sílica e alumina cristalina nos resíduos.

CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo mostraram que é viável a substituição da solução alcalina industrializada pelo silicato de (MK, MS e RCV) na produção de adobes.

Como foi visto no estudo realizado por Oliveira et al (2014), a estabilização do solo através da ativação alcalina mostrou um bom desempenho para a fabricação de adobes.

A estabilização de adobe utilizando soluções alcalinas produzidas com resíduos minerais e hidróxido de sódio em substituição do silicato de sódio industrializado apresentou resultados interessantes quanto a resistência à compressão e os corpos de prova com teores de 2% e 3% resistiram a ação da água.
A temperatura usada para ativar as reações químicas podem ser conseguidas envolvendo-se os adobes produzidos em sacos pláticos expostos ao sol. O desenvolvimento de um sistema de cura com energia solar viável ecologicamente é o próximo passo deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas **–** NBR – 7171. Bloco Cerâmico para Alvenaria –, 2005. Disponível em: < http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=53938> Acesso em 10 de jun de 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR – 8492: tijolo maciço de solo-cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água, 2012. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=193718> Acesso em: 02 de set de 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR – 8491:Tijolo de solo cimento, especificações. 2012. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=193718> Acesso em: 02 de set de 2015.

Barbosa N. P, Ghavami K. (2007). Terra crua para edificações. São Paulo: IBRACON, 2007, v. 2, p. 1505-1538. Disponível em: <http://www.ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/riem/volumes.asp> Acesso em 10 de jun de 2015.

Barbosa, N. P.; Mattone, R. (2002). Construção com terra crua. I Seminário Ibero-americano de Construção com Terra. Salvador, BA, Anais Proterra/Cyted. Set 2002. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/2106795/2-terra-cap-ibracon/11> Acesso em 10 de jun de 2015.

Davidovits, J. (1982). Mineral polymers and methods of making them. US Patent 4.349.386. 14 Set 1982. Disponível em: <http://www.google.com/patents/US4349386> Acesso em: 25 de jun de 2015.

Davidovits, J. (1987) Ancient and modern concretes: Whats is the real difference? Concrete Internacional, v.9, n.12, p.23-35, Dez 1987. Disponível em: <http://www.concrete.org/publications/internationalconcreteabstractsportal?m=details&i=2380> Acesso em 15 de jun de 2015.

Davidovits, J. (1991). Geopolymers: Inorganic Polymeric New Materials. Thermal Analysis 37: p.1633-1656. Disponível em: < http://www.scopus.com > Acesso em 20 de mar de 2015.

Oliveira, L.S.; Barbosa, N.P.; Carvalho, C.M.; Santos F.S. (2014). Stabilization of raw earth through alkaline activation. Key Engineering Materials, v.600, p.215-224, Mar. 2014. Disponível em: < http://www.scientific.net/KEM.600.215 > Acesso em 20 de mar de 2015.

Pinto, A.T. (2004). Sistemas ligantes obtidos por activação alcalina do metacaulino. Tese Doutorado, Universidade do Minho, Portugal. 2004. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/671> Acesso em: 15 de jun de 2015.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos técnicos do Laboratório de Ensaios de Materiais e Estruturas (LABEME) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), que com muito presteza ajudou para a conclusão desse trabalho.

AUTORES

Adriano da Silva Félix, mestrando em engenharia civil e ambiental da Universidade Federal da Paraíba, tecnólogo em construção de edifícios. Currículo completo em: http://lattes.cnpq.br/3616946997976293.

Pablo Raphael de Lacerda Ferreira, estudante de arquitetura e urbanismo da Universidade Federal da Paraíba. Currículo completo em: http://lattes.cnpq.br/1643429325282759.

Normando Perazzo Barbosa, professor titular do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba. Currículo completo em: http://lattes.cnpq.br/6420367558476872.

Khosrow Ghavami, professor aposentado da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, professor emérito da Universidade Federal da Paraíba. Currículo completo em: http://lattes.cnpq.br/1427567976681355.

9. USO DE LAS FRACCIONES LIGERAS DEL CRUDO COMO ESTABILIZANTE DE TIERRA

Yuko Kita[1], Annick Daneels[2], Alfonso Romo de Vivar[3]

[1] Instituto de Arquitectura, Diseño y Arte, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, kitayuko@gmail.com

[2] Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, annickdaneels@hotmail.com

[3] Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma México, México, México, aromovi@unam.mx

Palabras clave: biomarcadores, origen de materiales petrolíferos, tecnología prehispánica, preservación de patrimonio construido, trópico húmedo

Resumen

La arquitectura monumental del sitio arqueológico de La Joya, Medellín de Bravo, Veracruz, ha perdurado mil años por algún tipo de estabilizante, el cual se interpretó en los trabajos anteriores como bitumen diluido en aceite vegetal. Recientemente, en el proceso de análisis químico detallado aplicando el método para caracterizar crudos e identificar origen de bitumen arqueológico, se descubrió que las muestras de construcción prehispánica carecen de las fracciones más pesadas, las de resinas (NSO) y asfaltenos. Por lo tanto, el estabilizante original no es bitumen (que contiene fracciones pesadas), sino son fracciones más ligeras (aceite) de crudo. El muro experimental de adobes que se estabilizó en enero de 2013 sólo con la pequeña proporción de aceite que soltó el bitumen sólido al calentarse en agua, ha resistido más que el muro de control y los muros estabilizados con extractos vegetales. Esto indica la eficacia de proporciones muy bajas de las fracciones ligeras de crudo. Análisis geoquímicos combinados de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) y espectrometría de masas de isótopos estables (IRMS) están en curso para confirmar el uso intencional de estas fracciones ligeras como estabilizante de tierra para la construcción prehispánica. Por otro lado, se continúan experimentos en el sitio que permiten fortalecer la investigación sobre la tecnología de arquitectura prehispánica, evaluando la efectividad de los estabilizantes, y al mismo tiempo examinar este material petrolífero como estrategia para la preservación.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta los avances de la investigación sobre el estabilizante original de la construcción de tierra del sitio arqueológico de La Joya. El sitio se encuentra en el Centro de Veracruz, en la planicie costera del Golfo de México y fue ocupado desde el periodo Preclásico por alrededor de mil años (100 - 1000 d.C.) (Daneels, 2002). Todas las estructuras fueron construidas solamente con tierra, sin utilizar piedras ni cal.

La investigación sobre el estabilizante original se ha desarrollado desde 2012; consiste en estudios químicos para identificar el estabilizante original y experimentos *in situ* para comprobar su eficacia. Se han encontrado hidrocarburos saturados y aromáticos en residuos orgánicos de materiales de construcción. Inicialmente estos componentes se interpretaron como parte de un material petrolífero, el bitumen, cuyo uso se reconoce en las culturas antiguas de la costa del Golfo (Wendt; Lu, 2006; Wendt; Cyphers, 2008). Asimismo, los experimentos en el sitio han comprobado la eficacia de materiales bituminosos como estabilizante de construcción de tierra en el ambiente de trópico húmedo (Kita et al, 2013, 2014).

Estudios sobre arcilla

En 2009 se realizó el análisis de la difracción de rayos X (XRD) sobre la fracción fina de los materiales de construcción. Los resultados indicaron que el tipo de arcilla fue montmorillonita, arcilla expansiva. Además, a través de los análisis de granulometría, se reconoció que todos los materiales contenían una alta concentración de fracción fina. Estas son condiciones adversas para la estabilidad de los materiales constructivos,

particularmente en condiciones de fuertes variaciones de humedad, como las que imperan en la costa del Golfo. Por lo tanto, se consideró probable que se haya usado algún tipo de estabilizante (Daneels; Guerrero-Baca, 2011).

Identificación de sustancias orgánicas

Mediante los análisis químicos de muestras constructivas por espectrometría de infrarrojo, de resonancia magnética nuclear, y cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, en los extractos orgánicos en *n*-hexano se halló una cantidad relativamente alta de hidrocarburos saturados lineales y aromáticos, acompañados con triglicéridos y azelato de dibutilo. Por lo tanto, el estabilizante original se identificó inicialmente como bitumen diluido en aceite vegetal (Kita; Daneels; Romo de Vivar; 2013, 2014).

Experimentos en sitio

Se prepararon dos series de experimentos en sitio en 2013 y 2014 respectivamente.

La primera serie consistió en cinco muros de prueba, uno sin estabilizante (C), dos con extractos vegetales de plantas que se utilizan en construcción de tierra en la zona de trópico húmedo en Centroamérica: malva (M) y guácima (G), y dos muros estabilizados con productos bituminosos: bitumen sólido diluido (B) y producto comercial de emulsión asfáltica (A). Los extractos de malva se obtuvieron de los tallos y hojas machacados y posteriormente sumergidos en agua. Los de guácima se extrajeron de la corteza sumergida en agua. En cuanto al bitumen, en principio, se pretendió diluirlo en agua caliente, sin embargo no se diluyó, solamente se reblandeció, soltando un poco de aceite transparente. Para el muro “B” se prepararon los adobes para el muro de “bitumen” con el agua en la que se hirvieron los bloques de bitumen sólido; después se utilizó el bitumen diluido en aceite de linaza para la mezcla de aplanados intermedio y fino. Para el muro y los aplanados “A” se utilizó IMPERTOP® A, un producto de emulsión asfáltica base agua de Comex™. Ambos muros con productos bituminosos fueron los más resistentes a la intemperie en el ambiente de trópico húmedo (Figura 1).

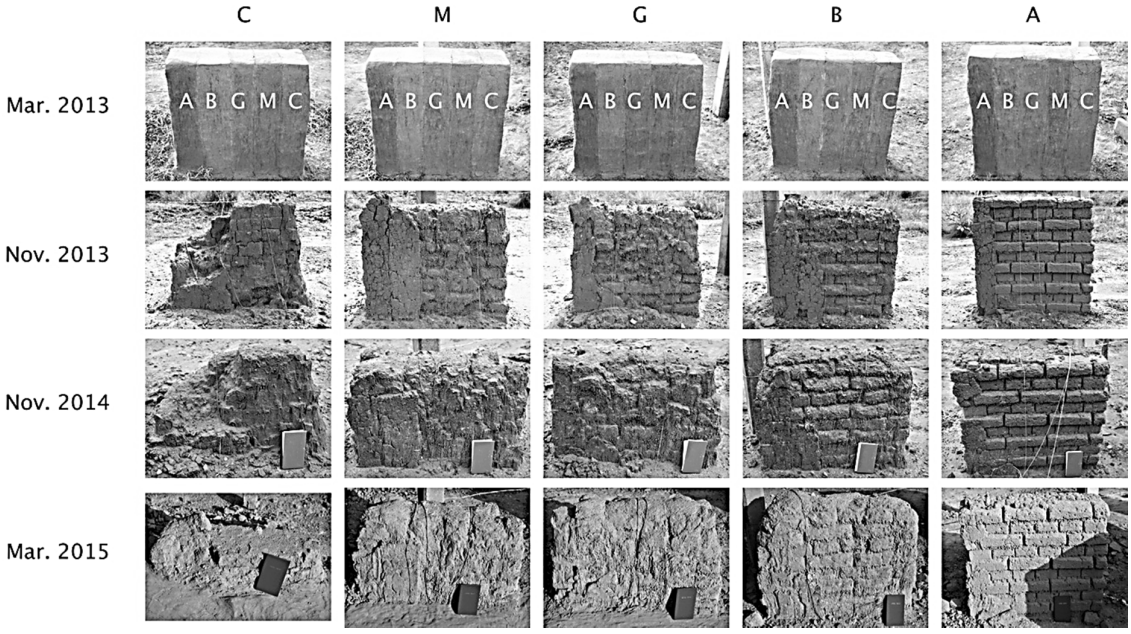


Figura 1. Monitoreo de la primera serie de los muros de prueba de la resistencia a la intemperie. C: control (sin estabilizante); M: extracto de malva; G: extracto de guácima; B: bitumen; A: emulsión asfáltica.

La segunda serie comparó diferentes preparaciones de materiales bituminosos, además de la eficacia entre materiales bituminosos y cal, material común y recomendado como estabilizante de tierra en zonas áridas y semiáridas. Sin embargo, en el ambiente de trópico húmedo se observó que la cal tiende a guardar la humedad dentro del muro de adobes provocando la exfoliación de los aplanados por eflorescencia y el crecimiento de musgos. Entre los tres productos bituminosos (bitumen diluido en aceite de linaza, bitumen diluido en aceite de maíz y emulsión asfáltica comercial), la emulsión asfáltica fue la que se comportó homogéneamente (Kita; Daneels; Romo de Vivar, 2014; Kita; Daneels, 2014).

Aplicación a la pirámide

Se ha utilizado la mezcla de tierra arcillosa con arena consolidada con un producto base a etilvinilsilicato (Wacker Chemie AG™ VINNAPAS® 5044 N) e hidrofugada con un producto de silicona (Wacker Chemie AG™ SILRES® Powder D) para la capa de sacrificio de la pirámide del sitio de La Joya desde 2010. Esta capa gruesa tiende ser rígida y poco permeable, y además de promover el crecimiento de biopelículas.

Desde 2014 se empezó a utilizar los aplanados delgados de tierra estabilizado con emulsión asfáltica (Comex™ IMPERTOP® A) al cinco por ciento en volumen de la mezcla para la capa de sacrificio. En el talud de contención nuevo al norte y parte del corte posterior se aplicó directamente sobre geotela, con buena adherencia y resistencia a la intemperie (Figura 2).

Figura 2. Capa de sacrificio de tierra estabilizada con emulsión asfáltica

TAREAS

Para confirmar que las sustancias orgánicas que se encontraron en los materiales de construcción prehispánica provienen de bitumen diluido en aceite vegetal, los extractos orgánicos de materiales de construcción se compararon con los de bitumen prehispánico pintado sobre vasijas. Por otro lado, se compararon con los de paleosuelos para discriminar los componentes orgánicos que existen naturalmente en suelo local y aclarar su uso intencional.

Comparación de las sustancias orgánicas

A través de estudios químicos se reconocieron sustancias orgánicas semejantes en materiales de construcción prehispánica, bitumen prehispánico y paleosuelo, como hidrocarburos saturados y aromáticos. Sin embargo, se reconocieron también diferencias,

como la ausencia de triglicéridos en el bitumen y la ausencia de azelato de dibutilo en el paleosuelo.

Identificación de origen de los compuestos petrolíferos

Para identificar el origen de las sustancias orgánicas que se encuentran en los materiales de construcción prehispánica, el bitumen prehispánico pintado sobre vasijas y el paleosuelo, se empezaron los estudios geoquímicos mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) y espectrometría de masas de isótopos estables (IRMS).

METODOLOGÍA

Se desarrolló el protocolo experimental con base en los métodos descritos principalmente para caracterizar crudos (García; Sánchez; Guzmán, 1999; GeoMark Research Ltd., 2013) e identificar el origen de bitumen arqueológico (Connan, 2012; Connan; Deschesne, 1992, Kato et al, 2008), ajustando el procedimiento a las condiciones de la infraestructura disponible (Figura 3).

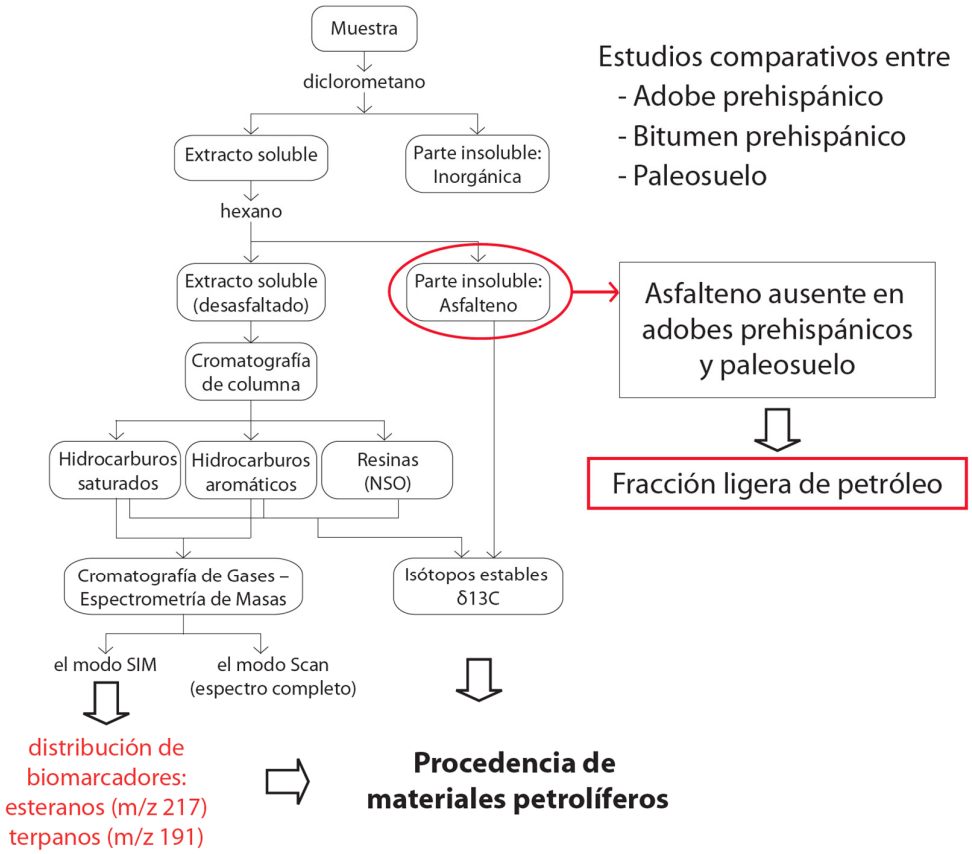


Figura 3. Protocolo experimental

Preparación de muestras para los análisis

Los materiales petrolíferos se separaron en las fracciones de hidrocarburos saturados, hidrocarburos aromáticos, resinas y asfaltenos. Se aplicó el siguiente procedimiento.

Primero, las sustancias orgánicas se extrajeron de las muestras (de adobe prehispánico, bitumen prehispánico y paleosuelo) con diclorometano. La parte soluble en diclorometano es bitumen, que después se separa en el extracto desasfaltado (soluble en *n*-hexano) y

asfaltenos (insoluble en *n*-hexano). El extracto desasfaltado se separa luego por cromatografía de columna en las fracciones de hidrocarburos saturados, hidrocarburos aromáticos y resinas (compuestos de nitrógeno, azufre y oxigeno (NSO)).

Las fracciones de hidrocarburos saturados y aromáticos se analizan por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG-EM) y todas las fracciones por espectrometría de masas de isótopos estables (IRMS).

Análisis para estudiar origen de sustancias orgánicas

Mediante el análisis de CG-EM se reconocen las moléculas de los compuestos orgánicos; especialmente en el modo de detección de monitoreo selectivo de iones (modo SIM) se puede obtener información sobre el número de carbonos y la distribución de los isómeros de biomarcadores. Los marcadores biológicos o biomarcadores son moléculas fósiles presentes en las muestras geológicas y productos naturales que pueden indicar su origen biológico particular.

Aparte de CG-EM, el análisis de IRMS permite reconocer el origen específico de los biomarcadores, así como reconstruir el paleoambiente. Se analiza el isótopo estable de ^{13}C de cada fracción separada de las muestras.

RESULTADOS PARCIALES

En el proceso de preparación de muestras, se observó que las muestras de adobe prehispánico y paleosuelo no contenían asfaltenos. Por lo tanto, el estudio se enfocó a las fracciones ligeras: hidrocarburos saturados y aromáticos (Figura 4).

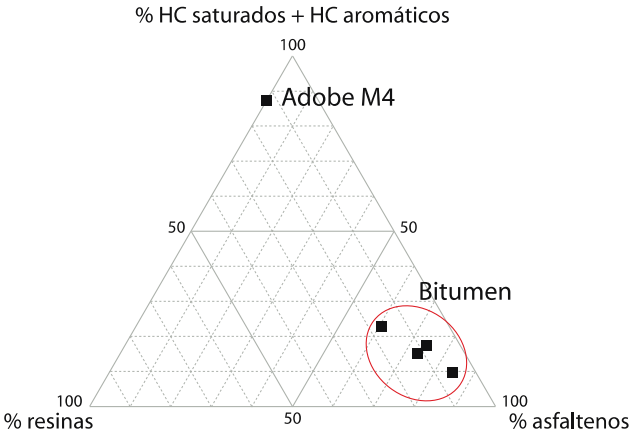


Figura 4. Composición de materiales orgánicos

Los análisis por CG-EM en el modo de barrido total del espectro (modo SCAN) proporcionaron los espectros de masas completos de las muestras. Las muestras de adobe prehispánico, bitumen prehispánico y paleosuelo contienen sustancias orgánicas parecidas, que sin embargo difieren en las concentraciones de cada compuesto (Figura 5). Las muestras de adobe prehispánico abundan en hidrocarburos saturados lineales (*n*-alcanos) e isoprenoides. Las de bitumen prehispánico son ricas en ftalatos; por otro lado, debido a que el material está concentrado, se pudieron detectar los biomarcadores importantes para caracterizar materiales petrolíferos: terpanos y esteranos. Las de paleosuelo consisten principalmente en un triterpeno.

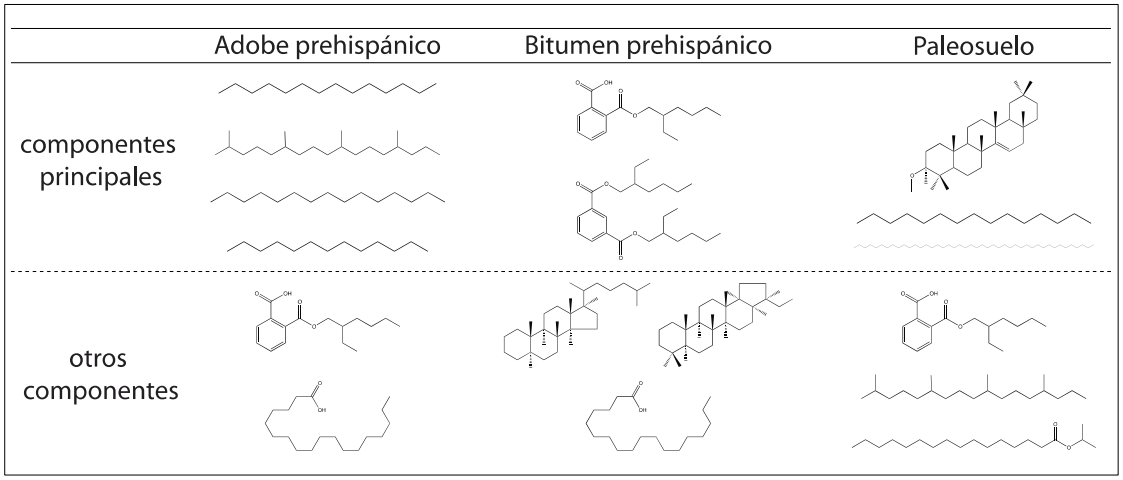


Figura 5. Estructuras identificadas por CG-EM de los extractos desasfaltados

Actualmente está pendiente el análisis por CG-EM en el modo SIM de las fracciones de hidrocarburos, que proporcionará información importante sobre los biomarcadores de materiales petrolíferos: el número de carbonos y la distribución de isómeros de terpanos y esteranos.

En cuanto al análisis por IRMS, se han obtenido resultados de la mitad de las muestras preparadas. En los resultados parciales se observa que el valor de isótopos estables de carbono 13 de una muestra de adobe prehispánico está cerca de los del grupo de bitumen prehispánico, mientras el valor de una muestra de paleosuelo está alejado de ambos (Figura 6).

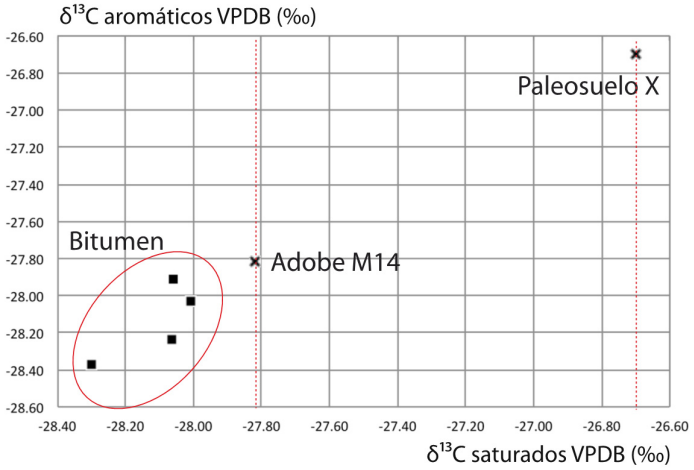


Figura 6. Composición de isótopo estable de ^{13}C de hidrocarburos saturados y aromáticos

DISCUSIÓN

A través del proceso de preparación de las muestras para estudiar sus orígenes, se reconoció que las sustancias orgánicas presentes en las muestras de construcción prehispánica del sitio de La Joya no provinieron de bitumen diluido en aceite vegetal como se había interpretado anteriormente, sino que podrían ser las fracciones ligeras de material petrolífero.

Se observaron diferencias en el tipo y la concentración de sustancias orgánicas entre las muestras del adobe prehispánico, bitumen prehispánico y paleosuelo mediante los análisis de CG-EM. Según la información sobre el isótopo estable de carbono 13 de las

muestras, se ve que los valores de adobe prehispánico se parecen a los de bitumen (material petrolífero) prehispánico, mientras que hay una diferencia más grande entre los de bitumen y los de paleosuelo. Esto podría indicar que los hidrocarburos que se encuentran en el adobe prehispánico y el bitumen prehispánico sean de un mismo origen. Para averiguar este punto, todavía falta realizar el análisis de CG-EM en el modo SIM para obtener información detallada sobre los biomarcadores, así como realizar el análisis de IRMS de más muestras para obtener el rango de distribución de los valores del isótopo estable de carbono 13.

Hasta ahora no se han realizado experimentos en el sitio con las fracciones ligeras de crudo, no obstante, en la primera serie de los muros experimentales se prepararon los adobes con agua en el que se hirvieron bloques de bitumen sólido. A pesar de que la concentración de aceites que soltó el bitumen hervido en agua fue muy baja, el muro construido con estos adobes "estabilizados" resistió bastante (Figura 1-B), comparando con el muro sin estabilizante y los muros estabilizados con extractos vegetales (Figura 1-C, 1-M, 1-G). Para confirmar su eficacia como estabilizante se necesitará diseñar otro experimento con las fracciones ligeras de petróleo.

A pesar de que el bitumen no fue el estabilizante original de tierra en el sitio de La Joya, la capa de sacrificio delgada estabilizada con emulsión asfáltica se ha comportado de manera compatible con el vestigio original, presentando flexibilidad y permeabilidad.

La emulsión asfáltica se ha desarrollado en los años 1930 en EE.UU., respondiendo a la necesidad de preservar patrimonio construido en tierra y se utilizó extensamente hasta los años 1950 extensamente (Charnov, 2011; NPS, 1962; Trott 1997). Después se dejó de utilizar en el área de preservación, según Charnov (2011) debido a problemas con sales, la dificultad de controlar su proporción y los cambios cromáticos del color de la mezcla. Sin embargo, estos efectos inapropiados no se han observado en el sitio de La Joya[3], posiblemente porque el producto que se utiliza en el sitio de La Joya es base agua y no contiene disolventes que se evaporan más rápido que el agua. Existen también resultados favorables a largo plazo bajo el clima árido (Oliver, 2000). Por otro lado, la interrupción del uso de emulsión asfáltica podría relacionarse con la tendencia que surgió en los años 1970 de preservar a la vista las superficies originales de los bienes culturales por medio de consolidación utilizando los productos químicos que puedan penetrar a los poros de materiales originales que surgió en los años 1970s (Torraca; Chiari; Gullini, 1972).

CONSIDERACIONES FINALES

El descubrimiento de las fracciones ligeras de crudo representa un aporte importante en el estudio de las sustancias orgánicas en los materiales de construcción prehispánica del sitio arqueológico de La Joya. La aclaración de su uso intencional como estrategia prehispánica para conservar construcciones de tierra en ambientes de trópico húmedo está en curso mediante los análisis geoquímicos de biomarcadores e información isotópica.

Otra serie de experimentos en el sitio con la fracción ligera de crudo permitirá examinar su aptitud como estabilizante de tierra, así como comparar su resistencia a la intemperie con la de la emulsión asfáltica.

[3] Solamente en el muro de bitumen diluido en aceite de maíz (aceite semi-secante) se presenta un notorio cambio cromático al color negro, después de seis meses de monitoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Charnov, A. A. (2011). 100 years of site maintenance and repair: conservation of earthen archaeological sites in the American Southwest. Journal of Architectural Conservation, 2 (17): 59-75.

Connan, J. (2012). Le bitume dans l'Antiquité. Arles: Éditions Errance.

Connan, J.; Deschesne, O. (1992). Archaeological bitumen: identifications, origins and uses of an ancient Near Eastern material. In: Materials Research Society Symposium Proceedings, vol. 267. Pittsburgh: Materials Research Society.

Daneels, A. (2002). El patrón de asentamiento del periodo Clásico en la cuenca baja del río Cotaxtla, Centro de Veracruz. Un estudio de caso de desarrollo de sociedades complejas en tierras bajas tropicales. Disertación (Doctorado en Antropología). División de Posgrado de la Facultad de Filosofía y Letras e Instituto de Investigaciones Antropológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F., México.

Daneels, A.; Guerrero-Baca, L. F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. APT Bulletin, 42 (1): 11-18.

García, J. A.; Sánchez, J. A.; Guzmán, M. A. (1999). Esteranos y terpanos como marcadores biológicos en la prospección petrolera. Revista de la Sociedad Química de México, 43 (1): 1-6. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47543201>. Acceso en 29/4/2015.

GeoMark Ltd. 2013. OILS 2013. An Internet Enabled, Global Oil Geochemical Database, GIS Mapping System, and Associated Analytical Service Program (Reservoir Fluid Database – Oil Information Library System). Houston: GeoMark Research. Disponible en <http://geomarkresearch.com/database-products/>. Acceso en 20/4/2015.

Kato, K.; Miyao, A.; Ito, J.; Soga, N.; Ogasawara, M. (2008). The search for the origin of bitumen excavated from archaeological sites in the northernmost island in Japan by means of statistical analysis of FI-MS data. Archaeometry, 50 (6): 1018-1033.

Kita, Y.; Daneels, A. (2014). Evaluación de aditivos orgánicos para intervención de la construcción prehispánica en tierra del sitio arqueológico de La Joya, Veracruz, México, a través de experimentos en el sitio. In: Neves, C.; Nuñez, D. (Eds.). 14° SIACOT - Arquitectura de Tierra: Patrimonio y sustentabilidad en regiones sísmicas. San Salvador: Red Iberoamericana PROTERRA y FUNDASAL. p. 58-65.

Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2013). Chemical analysis to identify organic compounds in pre-Columbian monumental earthen architecture. The Online Journal of Science and Technology, 3 (1): 39-45. Disponible en <http://www.tojsat.net/index.php/tojsat/article/view/78/102>. Acceso en 20/4/2015.

Kita, Y.; Daneels, A.; Romo de Vivar, A. (2014). Chapopote como estabilizante de la construcción de tierra cruda. In: Román Kalisch, M. A.; Canto Cetina, R. E. (Eds.). Tecnohistoria - Objetos y artefactos de piedra caliza, madera y otros materiales. Mérida: Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Yucatán; Dirección de Estudios Históricos del Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 174-193.

National Park Service, US Dept. of the Interior. (1962). Handbook for Ruins Stabilization, Part 2: Field Methods. Washington, D.C.: NPS, US Dept. of the Interior. Disponible en <http://npshistory.com/publications/handbook-ruins-stabilization.pdf > Accessed 20/4/2015.

Oliver, A. (2000). Fort Selden adobe test wall project – phase I: final report. Los Angeles: The Getty Conservation Institute, ICCROM, CRATerre-EAG. Disponible en <http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/terraftselden.pdf > Accessed 20/4/2015.

Torraca, G.; Chiari, G.; Gullini, G. (1972). Report on mud brick preservation. Mesopotamia. Rivista di archeologia, epigrafia e storia orientales antica, 7: 259-287.

Trott, J. (1997). Ruins preservation – Pre Columbian and historic ruins preservation in the arid Southwest. Cultural Resource Management, 20 (10): 46-49. Disponible en <http://www.nps.gov/history/CRMJournal/CRM/v20n10.pdf> Accessed 20/4/2015.

Wendt, C. J.; Lu, S. T. (2006). Sourcing archaeological bitumen in the Olmec Region. Journal of Archaeological Science, 31 (1): 89-97.

Wendt, C. J.; Cyphers. A. (2008). How the Olmec used bitumen in ancient Mesoamerica. Journal of Anthropological Archaeology, 27 (2): 175-191.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al financiamiento por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, al proyecto PAPIIT IN 300812 “Patrimonio arquitectónico en tierra: estudio y gestión” (2012-14), siendo responsable la segunda autora quien además está a cargo del proyecto arqueológico en el sitio de La Joya. Por otro lado, los autores agradecen el apoyo económico por parte del presupuesto del Laboratorio 2-7 del Instituto de Química de la UNAM, a cargo del tercer autor.

La primera autora agradece al programa de Becas Posdoctorales en la UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, periodo 2011-II y 2012-II, así como a la Beca “Genaro Estrada” para Expertos Mexicanistas del Gobierno de México 2014.

Los autores agradecen al Dr. Francisco Javier Pérez Flores del Laboratorio de Espectrometría de Masas del Instituto de Química de la UNAM por los análisis de CG-EM, y al M. en C. Francisco Javier Otero Trujano, a la M. en C. Edith Cienfuegos Alvarado y al M. en C. Pedro Morales Puentes del Laboratorio de Isótopos Estables del Instituto de Geología de la UNAM por los análisis de isótopo estable de carbono 13.

La fabricación de los adobes y muros experimentales fue realizada con la ayuda de Alberto Fernández Enríquez y Miguel Soto Plata, Ciriaco Martínez del Mazo, Noel Felipe Fernández y Juan Daniel Enríquez Pérez, Ismael Felipe Fernández y Gerardo González Castañeda, y la Mtra. Rocío Velasco Fuentes.

Todos los análisis de muestras prehispánicas, experimentos en el sitio arqueológico de La Joya y las obras de preservación de la pirámide fueron realizados con los permisos del Consejo de Arqueología del Instituto Nacional de Antropología e Historia de México.

AUTORES

Yuko Kita, doctora en arquitectura, maestra en conservación y restauración de bienes culturales inmuebles, arquitecta; profesora investigadora de tiempo completo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Investigación posdoctoral sobre tecnología original de arquitectura prehispánica de tierra en el sitio arqueológico de La Joya, Medellín de Bravo, Veracruz y su preservación. Investigación actual sobre el patrimonio construido en tierra en la zona norte de México.

Annick Daneels, doctora en antropología, doctora en arqueología, arqueóloga; investigadora de tiempo completo de la UNAM; miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA; editora del Anales de Antropología; responsable del proyecto Exploraciones en el Centro de Veracruz, responsable del proyecto de excavación, investigación y preservación de la arquitectura monumental del sitio arqueológico de La Joya, Medellín de Bravo, Veracruz.

Alfonso Romo de Vivar, doctor en química, químico; investigador emérito de la UNAM y del Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México; miembro del Laboratorio Nacional de Ciencias para la Investigación y la Conservación del Patrimonio Cultural de México.

10. BLOQUES DE TIERRA COMPRIMIDOS CON SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS Y MATERIALES RECICLABLES: UNA ALTERNATIVA ECOLÓGICA

Gloria Milena Molina Vinasco[1]; Mónica Andrea Arenas Castaño[2]; Alejandro Londoño[3]; Oscar Andrés Parra[3]; Lina Marcela Vallejo[3]

Universidad Libre Seccional Pereira
[1]gmmolina@unilibrepereira.edu.co, [2]moaca5@hotmail.com, [3]alondono.civil@unilibrepereira.edu.co, [3]oaparra.civil@unilibrepereira.edu.co, [3]lmvallejo.civil@unilibrepereira.edu.co.

Palabras clave: BTC, ceniza volcánica, resistencia a compresión, materiales reciclables

Resumen

El suelo como materia prima se ha usado en la construcción de vivienda desde la antigüedad con el uso del bahareque, tapia, adobe y bloque de tierra comprimida BTC. Actualmente se adelantan investigaciones para utilizarlo en la fabricación de bloques comprimidos. Este proyecto presenta la metodología para la elaboración de BTC no estructurales con suelos, producto de la meteorización de las cenizas volcánicas y materiales reciclables, comparando su resistencia y absorción con las normas NTC para la fabricación de ladrillos no estructurales y bloques de suelo cemento. En el proyecto se realizaron 16 tratamientos con distintas dosificaciones y con los siguientes materiales: suelo/vidrio, suelo/cartón, suelo/aserrín y suelo/plástico. Se logró determinar que el tratamiento que mostro mejores resultados fue suelo/cartón, sin embargo todos tuvieron absorciones superiores al 14%. Con la adición de cal al 3% al tratamiento suelo/cartón, se obtuvo resistencias a la compresión simple hasta de 9 MPa y absorciones inferiores a 14%, que se acercan a las recomendaciones de la norma NTC 4205 y NTC 5324. El costo del bloque individual no estructural terminado fue de 9,17 centavos de dólar (septiembre de 2015), valor que resulta inferior al costo de un ladrillo común (11,67 centavos de dólar). Se concluye entonces que este BTC puede ser considerado como un material alternativo de bajo costo y alto beneficio ambiental en cuanto al ahorro de energía, durante su proceso de secado al aire sin usar proceso de combustión.

INTRODUCCIÓN

La tierra ha sido un material de construcción usado en todos los lugares y en todos los tiempos; los hombres se familiarizaron con sus características y aprendieron a mejorarlas agregándole fibras vegetales como refuerzos para mejorar su resistencia (Pons, 2001). De acuerdo con Bestraten, Hormías y Altemir (2011), la construcción con tierra durante la primera década del siglo XXI ha resurgido en todo el mundo como un material con propiedades sostenibles, de bajo impacto ambiental y de gran capacidad expresiva, en su artículo realizan un compendio de obras construidas con técnicas como el tapial, el bloque de tierra comprimida (BTC) y el adobe, haciendo énfasis en los avances de investigación y calidad en las mismas. Sin embargo en la actualidad aún existe la preocupación por su calidad y técnicas de preparación.

De acuerdo con esta problemática, se observa una tendencia a nivel latinoamericano y europeo en reutilizar la construcción con bloques de tierra comprimida fabricados con suelo y otros aditivos que cumplan con las normas de construcción y calidad de cada uno de los países. Diversas investigaciones han sido realizadas para encontrar la resistencia y/o aditivos que se pueden aplicar al suelo en el proceso de fabricación de BTC, entre ellas se pueden mencionar: comportamiento de bloques de tierra comprimida sometidos a diferentes condiciones de humedad en España en el año 2003; bloques de tierra comprimida sin adición de cemento (Galíndez, 2009); resistencia a la compresión de bloques de tierra comprimida estabilizados con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula; hacia un avance ambiental y tecnológico de la construcción con tierra como patrimonio futuro (Yepes; Bedoya; Gómez, 2012).

Al mismo tiempo, en la literatura se encuentran normas, centros de investigación y artículos dedicados al análisis de estos materiales, entre ellos se puede mencionar: estructuras de bajo costo y el rol del CISMID en Perú (Torres, 2012); normas nacionales de sismo-resistencia en Perú en el año de 2006; Proyecto de investigación Proterra del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, CYTED, que busca difundir el uso de la tierra en la construcción de edificaciones (Garzón; Neves, 2007); el Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda – CRIATIC (Mellace y otros, 1992). En la década de 1950, el Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento de Colombia realizó un programa de investigación y construcción con tierra, desarrollando un modelo bastante simple de una prensa manual para fabricación de bloques de suelo cemento, hoy muy conocida por la denominación CINVA Ram. Además de desarrollar actividades de construcción comunitaria en programas de ayuda mutua (Bedoya, 2011).

En Latinoamérica se pueden citar ejemplos de construcciones realizadas con este material, con resultados confiables y que hasta la fecha permanecen estables, como son: Casa de campo en Maldonado (Uruguay-2003); Casita Linda CEDESA México, Guanajuato, 2007 (Cereceda, 2010), Casa Manuel Hernández (Antioquia-1996), Obras como Mesa de Yeguas y Casa Mejía, construidas por el arquitecto Darío Angulo en bloques de suelo cemento procedentes de Bogotá en Colombia (Bedoya, 2011); viviendas sector Cazucá en Bogotá construidas en bloques de tierra prensada (González, 2005).

Sin embargo en el eje cafetero en Colombia no se encuentra información sobre investigaciones dedicadas al análisis de la resistencia de estos materiales construidos con suelos de la zona, así mismo dentro de las normas y códigos sismo resistentes no existe aún aprobación para el uso de estos materiales que aún en la actualidad siguen siendo utilizados.

Por éste motivo, es necesaria la realización de investigaciones que permitan conocer si los BTC construidos en la zona cumplen con las normas de construcción vigentes; este documento presenta los resultados de la investigación realizada con suelo (cenizas volcánicas) mezclado con algunos materiales reciclables (vidrio, cartón, aserrín, plástico), como una alterativa de construcción, utilizando todos aquellos conceptos ingenieriles que permiten el desarrollo de un material constructivo.

La investigación además de encontrar la resistencia de los BTC, involucra elementos ambientales en la elaboración de los mismos, como son incorporar elementos reciclados y ahorro energético en su proceso de fabricación.

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló en la Universidad Libre Seccional Pereira, Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería Civil. La metodología de tipo experimental (Sampieri; Collado; Lucio, 2006) presenta las fases de trabajo realizadas para llevar a cabo el proyecto. Durante ellas se determinó para la elaboración de los BTC: el suelo a utilizar, los porcentajes de aditivos a aplicar al suelo, así como las variables relevantes en su proceso de fabricación, como son la humedad de compactación y el tiempo de secado.

2.1 Fase 1: Extracción y análisis de suelos

Se extrajeron muestras de suelo derivado de cenizas volcánicas, en zona rural del Municipio de Pereira Risaralda Colombia, Norte: 4° 43´ 35,59”, Oeste: 75° 42´ 24,66”, Elevación: 1449 msnm.

Se realizaron cinco perforaciones a una profundidad máxima de 2,0 m, las muestras fueron tomadas de forma aleatoria en el lugar. Se tomaron 5 kg de material alterado y muestras inalteradas en tubo Shelby.

A estas muestras se les realizaron ensayos de clasificación y de resistencia, como son: contenido de humedad (NTC 495), límites de Atterberg (NTC 4630), granulometría (NTC 1522), lavado por tamiz #200 (NTC 78), hidrómetro (INV E 124), resistencia a la compresión inconfinada (NTC 1527), peso unitario (INV E 141), Proctor modificado (INV E 142). En la tabla 1 se presentan los resultados de los análisis de laboratorio realizados.

Tabla 1. Características de los suelos analizados

Suelo	W (%) NTC 1494	ɤ (t/m³) I.N.V.E 141	Clasificación NTC 4630				Lavado tamiz #200 NTC78	Hidrometría INV.E 124-07			Resistencia a la compresión NTC 1527		ɤd (t/m³) INV142	*w* (%) INV142
			LL (%)	LP (%)	IP (%)	USCS		% Arcilla	% Limo	% Arena	qu (N/m²)	C (N/m²)		
1	56,2	1,7	64,6	52,4	12,2	MH	45,3	7,41	37,1	54,7	9,0	4,5		
2	55,7	1,7	72,8	56,9	15,9	MH	54,9	14,2	39,0	45,1	10,0	5,0		
3	74,9	1,6	50,3	47,9	2,4	ML	64,1	38,4	24,5	35,9	2,6	1,3		
4	52,6	1,6	54,5	48,6	5,9	MH	66,8	45,4	37,8	15,2	2,8	1,5	1,2	26,0
5	77,2	1,5	58,0	51,3	6,7	ML	84,8	28,5	35,6	33,2	6,1	3,0		

γ_d: peso unitario seco máximo (t/m³); *w:* humedad óptima de compactación (%);

Después de haber obtenido los resultados de los análisis de laboratorios mencionados y de conocer el porcentaje de suelos finos, limos y arcillas, se escogió la muestra de suelo con mayor contenido de arcilla para la elaboración de bloques de tierra comprimida.

2.2 Fase 2: Dosificación de los materiales suelo/aditivos

Los aditivos elegidos para conformar los BTC son reciclables para fabricar un bloque ecológico y económico. Los materiales fueron: cartón, vidrio, plástico y aserrín; además del suelo del sitio, arena y agua.

Los porcentajes de dosificación se determinaron de acuerdo con la experiencia en fabricación de ladrillos y con base en las investigaciones realizadas en BTC que anteceden el proyecto. El BTC tiene dimensiones de 30 cm x 15 cm x 5 cm, volumen de 2250 cm³; de acuerdo con los ensayos realizados previamente a los suelos, se determinó que el peso de cada bloque es de 3,6 kg.

En la tabla 2 se describe de forma detallada el número de bloques que se realizaron para cada uno de los tratamientos escogidos, utilizado porcentajes fijos del 5%, 10% y 15%, para un número total de 120 unidades fabricadas.

Tabla 2. Dosificación de los materiales

Componentes	Unidades	Porcentajes de aditivos	Tratamiento
Arena + Suelo	4	Arena 5%	T1
	4	Arena 10%	T2
	4	Arena 15%	T3
Cartón + Arena + Suelo	4	Cartón 5%, arena 10%	T4
	4	Cartón 10%, arena 10%	T5
	4	Cartón 15%, arena 10%	T6
Aserrín + Arena + Suelo	4	Aserrín 5%, arena 10%	T7
	4	Aserrín 10%, arena 10%	T8
	4	Aserrín 15%, arena 10%	T9
Vidrio + Arena + Suelo	4	Vidrio 5%, arena 10%	T10
	4	Vidrio 10%, arena 10%	T11
	4	Vidrio 15%, arena 10%	T12

Plástico + Arena + Suelo	4 4 4	Plástico 5%, arena 10% Plástico 10%, arena 10% Plástico 15%, arena 10%	T13 T14 T15
Cartón + Arena + Cal + Suelo	40	Cartón 5%, arena 10%, cal 3%	T16

2.3 Fase III – Proceso de elaboración del bloque de tierra comprimida

El primer paso de esta fase consistió en la preparación de los aditivos, el cartón se utilizó en estado saturado, llevándolo hasta una consistencia acuosa, el vidrio se pulverizo hasta llegar a un tamaño máximo de 2mm, el aserrín se tamizo por un tamiz de abertura igual a 4,75 mm y la arena se tamizo por un tamiz de abertura 0,425 mm.

La fabricación del BTC se realizó con una prensa manual modelo CINVA Ram desarrollado por el Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento en 1963. El procedimiento consistió en realizar la dosificación por peso, determinada para cada uno de los tratamientos, para posteriormente realizar la mezcla con una humedad óptima determinada con el ensayo de Proctor modificado dejándola cubierta para evitar pérdida de humedad por un periodo mínimo de 16 horas, en el cual la mezcla alcanzara una humedad de equilibrio.

Pasado este tiempo se llevó el material a la prensa que tiene un molde de acero con las dimensiones de fabricación del BTC, por medio de la cual se realiza el ciclo de compresión. Comprimido el bloque, se dejó secar al aire libre durante un periodo de 7 días.

Para todos los bloques se realizó el mismo procedimiento y fueron fabricados el mismo día para minimizar las variables de cambio en los resultados esperados. Después de 7 días de edad, se procedió a realizar las pruebas de resistencia en la maquina universal adaptando las recomendaciones de NTC 4205 y NTC 4017 para ladrillos cocidos y NTC 5324 para bloques de suelo cemento y de absorción NTC 4205 y NTC4017 para ladrillos cocidos y NTC 5324 para bloques de suelo cemento.

Con los resultados de los ensayos de absorción y compresión simple, se determinó que para el tratamiento que cumpliera con la resistencia a la compresión promedio más alta, se le adicionaría un porcentaje de cal del 3% para aumentar la cohesión en el suelo y por ende su resistencia en seco, y evitar el desmoronamiento del bloque ante la prueba de absorción. Este porcentaje fue escogido usando los ábacos de Mc. Dowel y de Metcalf, y buscando no exceder el costo de fabricación de un ladrillo convencional macizo.

2.4 Fase IV. Construcción de muretes de BTC, aplicando el tratamiento 16

Se replicó el proceso para la elaboración de BTC, utilizando suelos derivados de cenizas volcánicas, seleccionados en la ciudad de Pereira, producto de la excavación para fundaciones.

Se elaboraron nueve muretes de tres unidades de mampostería unidas con mortero, como se muestra en la figura 1.

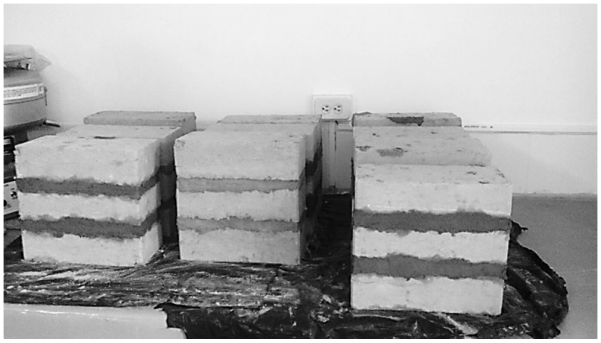


Figura 6. Elaboración de los muretes

Los muretes fueron probados siguiendo las recomendaciones de la norma NTC 3495, NTC 5324 y la norma sismo resistente NSR-10 para ensayos en muretes.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados de las pruebas de compresión y de absorción de los BTC. En los tratamientos 11–12 (vidrio) y 14–15 (plástico), no se logró obtener una adecuada manejabilidad ya que el contenido de humedad con la mezcla de vidrio y plástico se incrementó, por tal motivo no se llegó a la compactación esperada y no fue posible elaborar el bloque propuesto.

En la figura 2 se presentan una comparación entre los valores de la resistencia a la compresión no confinada promedio, para todos los tratamientos, con un tamaño de muestra mínimo de 4 unidades y máximo de 40 unidades. Al comparar todos los tratamientos analizados, se determinó que el valor mínimo fue de 1,25 MPa (tratamiento 9) y el máximo valor de 7,28 MPa (tratamiento 16).

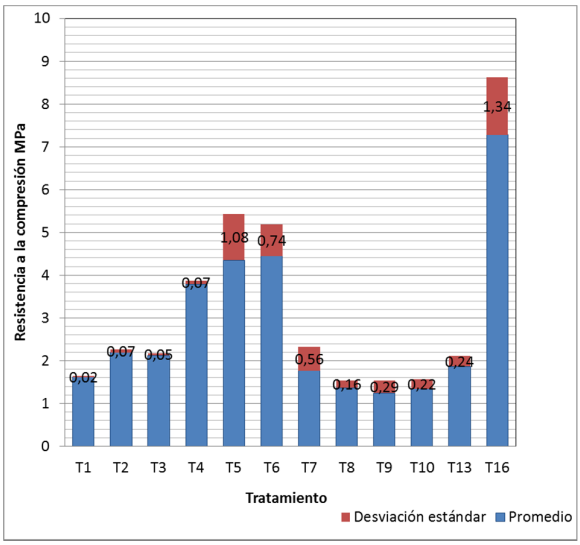


Figura 7. Resistencia a la compresión promedio de los tratamientos

De acuerdo con la norma NTC 4017, el valor de resistencia a la compresión promedio para un grupo de 5 ladrillos macizos no debe ser inferior a 10 MPa, se encontró que los tratamientos realizados sin adición de cal presentaron valores promedios inferiores en un 90%, al valor estipulado en la norma, mientras que, para el tratamiento 16 con adición de cal al 3%, se obtuvieron valores comprendidos entre 4,41 MPa y 9,59 MPa, con un porcentaje menor al aceptado en la norma desde un 1%, hasta un 50%.

Se observó que los bloques probados alcanzaron resistencias menores a las exigidas por la norma NTC 5324, las cuales no deben ser inferiores a 2MPa para BSC-20 y a 6 MPa para BSC-60. Debe tenerse en cuenta que los bloques se realizaron con suelos de textura limo y si adición de cemento; solamente el bloque con adición de cal alcanzo los valores recomendados por la norma.

Sin embargo estos resultados son superiores a los obtenidos por Roux y Olivares (2002), en bloques estabilizados con 6% de cemento y fibra de coco, elaborados con una prensa manual modelo CINVA Ram, como también que los obtenidos por Otero y Sandoval (2003) y Yetgin, Çavdar y Çavdar (2006) en bloques realizados con suelo comprimido.

Al mismo tiempo, Tejada (1993), Moromi (1993), Red Habiterra (1995) y Rodríguez, Barroso y Saroza (1997) coinciden en que la resistencia mínima que debe alcanzar una unidad debe encontrarse entre 1,00 MPa y 1,20 MPa, valores alcanzados en todos los bloques probados.

Adicionalmente se realizó una comparación entre los pesos unitarios húmedos de los bloques y la resistencia a la compresión para el tratamiento 16, mostrando el comportamiento en la figura 3. Se determinó que, con la energía de compactación aplicada por la máquina CINVA Ram, se logran obtener pesos unitarios secos comprendidos entre 0,91 t/m^3 y 1,58 t/m^3, con un valor promedio de 1,05 t/m^3, el último inferior al valor obtenido en el ensayo de Proctor modificado para el suelo, que debía ser de 1,23 t/m^3.

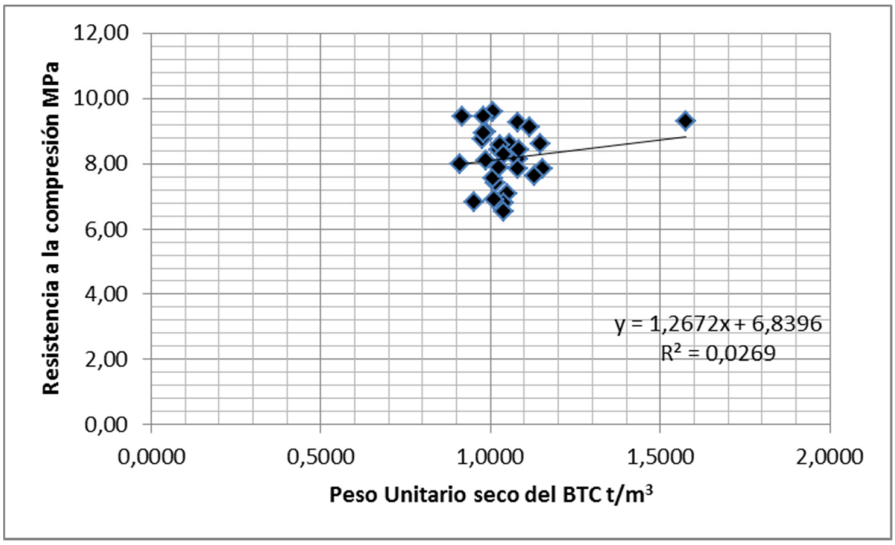


Figura 8. Comparación entre el peso unitario húmedo y la resistencia a la compresión del BTC

Los análisis de absorción mostraron que todos los tratamientos que no contenían cal, sufrirían un proceso de desmoronamiento cuando estuvieron sometidos a saturación en agua, como se observa en la figura 4, solamente el tratamiento 16 presento un valor de absorción distinto al 100%, con un intervalo de valores entre 7,48% y 13,82%.

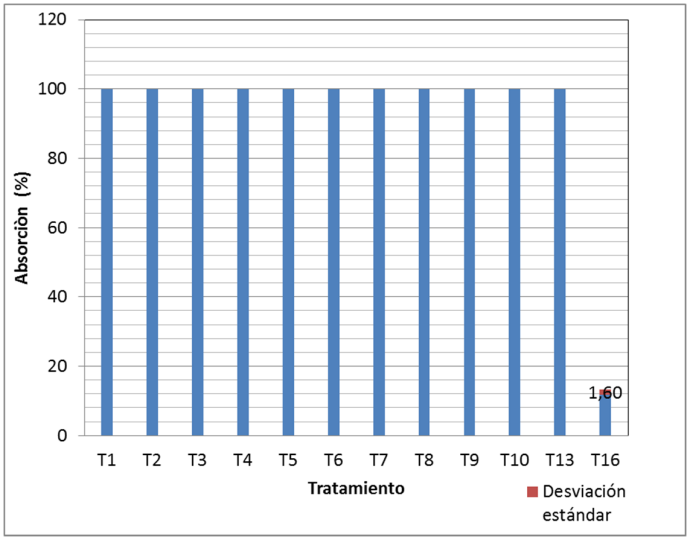


Figura 9. Comportamiento de los BTC al ensayo de absorción

Roux y Olivares (2002) encontraron valores de absorción máximos en sus ensayos de 15% para BTC estabilizados con cemento. Galíndez (2009) encontró que a mayor energía de compactación aplicada al suelo, se disminuirá la absorción de agua y se incrementará la resistencia a la compresión del mismo hasta un valor de 4,4 MPa sin adición de ningún estabilizante para suelos con altos contenidos de arcilla, también recomienda el uso de materiales hidrófugos para disminuir la absorción.

Los muretes fueron realizados con suelos producto de la meteorización de cenizas volcánicas extraídos de un sector diferente al cual se realizaron las pruebas iniciales, con el objeto de verificar si se podrían obtener réplicas del comportamiento a la compresión aún con suelos en los cuales las condiciones granulométricas y de plasticidad no fueran idénticas a las del suelo base, las demás condiciones no se alteraron.

El suelo utilizado fue clasificado como un suelo limo arenoso de baja plasticidad, ML, con un menor contenido de arcilla y mayor contenido de arena que el suelo inicial. La resistencia promedio para los muretes individuales fue de 1,0 MPa, mucho menor a la encontrada con suelos con mayor contenido de arcilla.

En la tabla 3, se presentan los resultados obtenidos para las pruebas de resistencia de los muretes. Se observa que las resistencias de los muretes son mayores a 1,00 MPa, con un valor promedio de 1,35 MPa. Este comportamiento muestra que la resistencia de los muretes es menor a la establecida para BSC-20 establecida por la norma NTC-5324.

Tabla 3. Resultados de la resistencia de los muretes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a (cm)	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
b (cm)	28,00	27,00	29,00	30,00	28,00	28,50	26,00	28,50	28,00
c (cm)	29,50	29,50	29,50	29,00	29,50	29,50	29,50	30,00	29,50
Peso (kg)	14,02	13,81	14,88	15,16	14,55	14,62	13,53	15,37	14,58
Resistencia (MPa)	1,04	1,04	1,18	1,10	1,24	1,44	1,70	1,92	1,48

Como se explicó en la metodología, el proceso de fabricación de los bloques es de tipo artesanal y no incluye la fase de cocción usada en la producción del ladrillo puzolánico, hecho que disminuye el gasto energético durante su proceso de fabricación, así como las emisiones de gas carbónico durante la combustión. Por eso, en esta fase de la investigación, no se determinó el valor del costo energético para la producción de los mismos.

Para tener una referencia del beneficio se consultaron investigaciones direccionadas al cálculo del valor energético de producción de ladrillos cocidos (Oti; Kinuthia; Bai, 2009), indican que la fabricación tradicional de estos tiene un coste energético de 4186,8 MJ por cada tonelada de ladrillos producidos con una temperatura de cocción entre 900ºC y 1200ºC liberando a la atmósfera alrededor de 202 kg de CO_2/tonelada (BDA, 2008). Por el contrario, usando sistemas artesanales de fabricación sin incluir cocción se pueden llegar a costos energéticos de 657,1 MJ/t y unas emisiones totales de 40,95 kg de CO_2/t (Cabo, 2011).

4. CONCLUSIONES

Con la presente investigación se comprobó que con un suelo clasificado como un limo arenoso de alta plasticidad (MH), con un límite líquido de 54,5% y un límite plástico de 48,6%, con un índice de plasticidad de 6%, es posible fabricar BTC estabilizados con cal y cartón obteniendo una resistencia promedio a la compresión de 7,2 MPa, y una absorción menor a 14%, valores que aunque no cumplen las normas NTC para ladrillos macizos no estructurales, son superiores a los obtenidos y aceptados en investigaciones realizadas a nivel mundial para BTC.

Se determinó que el tratamiento 16, generó buenos resultados al elaborar los bloques de tierra comprimido mezclado con cal al 3%, cartón al 5%, y arena al 10%. Con esta dosificación se alcanzaron las resistencias y absorciones especificadas. El costo de la elaboración de éste bloque es de 9,17 centavos de dólar (septiembre de 2015), cuyo valor incluye costos directos e indirectos de fabricación. El precio encontrado en la zona para un ladrillo común es un valor de 11,67 centavos de dólar.

Se recomienda que la relación entre la longitud y la altura debe ser aproximadamente de 4 a 1 para permitir un traslape horizontal en proporción 2 a 1, lo cual brinda seguridad ante el efecto de corte producido por los sismos. Como también mantener el suelo en reposo húmedo durante 16 horas, con la humedad óptima determinada en el ensayo de Proctor modificado lo cual facilitara el mezclado y favorecerá la compactación.

Se concluye que deben fabricarse BTC con una prensa hidráulica que genere una energía de compactación mayor que la prensa manual, para disminuir los espacios vacíos y lograr una mayor cohesión entre las partículas. Este proceso aumentara la resistencia a la compresión simple y disminuirá la absorción del suelo para obviar la estabilización del suelo con cal.

Se observan valores aceptables para resistencias a la compresión de muretes, aunque sean realizados con suelos de menor contenido de arcilla, sin embargo es claro que el contenido de arcilla en el suelo a usar debe ser evaluado antes de la fabricación de los BTC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BDA, (2008). Brick Development Association. {online) accesses on the 28/7/2008 http://www.brick.org.uk/industry-sustainability.html.

Bedoya, M. C, M.(2011) Construcción sostenible para volver al camino. Biblioteca Jurídica DIKE. Universidad tecnológica de Cataluña

Bestraten, S. Hormías, E. Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. Earthen construction in the 21rst century. Informes de la Construcción Vol. 63, 523, 5-20, julio-septiembre 2011

Cabo, L, M. (2011). Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción presentado por María Cabo Laguna Universidad Pública de Navarra Escuela Técnica Superior De Ingenieros Agrónomos Junio.

Cereceda (2010). Construyendo con adoblock un México mejor. http://suenamexico.com/verde-y-social/construyendo-con-adoblock-un-mexico-mejor/

Galíndez, F. (2009). Bloque de tierra comprimida sin adición de cemento (BTC); Aportación al ahorro energético. Seguridad y Medio Ambiente n.115. Madrid: Revista de Fundación Mapfre.

Garzón, L, E; Neves, C. M. (2007). Investigar, formar, capacitar y transferir. Los grandes desafíos de la arquitectura y construcción con tierra. Apuntes. Volumen 20 numero 2, 324-335.

González (2005). Incidencia de la forma y composición del bloque de tierra prensada – Caso Cazucá. Disponible en http://es.slideshare.net/archieg/incidencia-de-la-forma-y-composicin-del-btp-en-el-uso-como-elemento-arquitectnico-para-viviendas-sector-cazuca

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (1995). NTC 78. Ingeniería civil y arquitectura. Método para determinar por lavado el material que pasa el tamiz 75 mm en agregados minerales. Bogotá: ICONTEC

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (1999). NTC 1522 - Suelos. Ensayos para determinar la granulometría por tamizado. Bogotá: ICONTEC

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (1999). NTC 4630. Método de ensayo para la determinación del límite líquido, del límite plástico y del índice de plasticidad de los suelos cohesivos. Bogotá: ICONTEC

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2000). NTC 1527. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión inconfinada de suelos cohesivos. . Bogotá: ICONTEC

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2003). NTC 3495; Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería. Bogotá, D.C: Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2003.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2005). NTC 4017.Métodos para muestreo y ensayos de unidades de mampostería y otros productos de arcilla. Bogotá: ICONTEC

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2008). NTC 5324; Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificacione. Métodos de ensayo. Condiciones de entrega. Bogotá, D.C: Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). .

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2009). NTC 4205. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. Disponible en: www.sinab.unal.edu.co/ntc/NTC4205-1.pdf

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2013). NTC 1495. Suelos. Método de ensayo para determinar en el laboratorio el contenido de agua (humedad) de suelos y rocas, con base en la masa. Bogotá: ICONTEC

Instituto Nacional de Vías (2007). INV E-124. Análisis granulométrico por medio del hidrómetro. Bogotá INVIAS.

Instituto Nacional de Vías (2007). INV E-141. Relaciones de humedad – masa unitaria seca e los suelos (ensayo normal de compactación). Bogotá: INVIAS

Instituto Nacional de Vías (2007). INV E-142. Relaciones de humedad – masa unitaria seca e los suelos (ensayo modificado de compactación). Bogotá: INVIAS

Mellace, R.; Sosa, M.; Maris, S.; Arias, L.; Alderete, C.; Ferreira, I.; Soria, R.; Rotondaro, R. (1992). Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda. Disponible en: http://www.habitat.arq.una.py/ambitos/tyh/cct/crh_cct_0090.pdf

Moromi Nakata, I. (1993). Materiales utilizados en edificaciones de bajo costo. V Curso Internacional sobre edificaciones de bajo costo en zonas sísmicas. Editado por CISMID la Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. Octubre, 1993.

Otero B., L.A., Sandoval, J F. (2003). Comportamiento de bloques de tierra comprimida sometidos a diferentes condiciones de humedad. II Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra. Madrid, 18-19 de septiembre de 2003.

Oti, J.E.; Kinuthia, J.M.; Bai, J., (2009). Engineering properties of unfired clay masonry bricks. Engineering Geology 107 130-139.

Pons, G. (2001). La tierra como material de construcción. Disponible en: http://ieham.org/html/docs/La_tierra_como_material_de_construcion.pdf

Red Habiterra (1995). Recomendaciones para la elaboración de normas de edificaciones de adobe, tapial, ladrillos y bloques de suelo cemento. Bolivia: CYTED/Habiterra

Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (1997). NSR-10. Título D – Mampostería estructural. Bogotá, D.C: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.

Rodríguez D., M. A.; Barroso V, Ileana J; Saroza H, B. (1997). Aplicación tecnológica del adobe estabilizado. Universidad de Oviedo.

Roux G., R.S; Olivares S., M. (2002). Utilización de ladrillos de adobes estabilizados con cemento Portland al 6% y reforzados con fibra de coco, para muros de carga en Tampico. Informes de la construcción, v. 53, n. 478, marzo-abril 2002. Disponible en: http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/627

Sampieri R.; Collado, C.; Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación. México: Ed. Mc Graw Hill

Tejada, S. U. (1993). Técnicas de preparación y estabilización del adobe. V Curso Internacional sobre edificaciones de bajo costo en zonas sísmicas. Editado por CISMID y la Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. Octubre, 1993.

Torres, R (f.c 2012). Investigaciones de estructuras para viviendas de bajo coste y el rol del CISMID. Seminario internacional de seguridad sísmica. Para vivienda de bajo costo. México

Yepes, G. O. N.; Bedoya, M. C. M.; Gómez, E. J. D. (2012). Hacia un avance ambiental y tecnológico de la construcción en tierra como patrimonio futuro. “el bloque de suelo cemento (BSC) al bloque de suelo geopolimerizado (BSG)”. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Maestría en Construcción Modalidad Profundización, Énfasis en Construcción Sostenible.

Yetgin, Ş; Çavdar, Ő; Çavdar, A. (2006). The effects of the fiber contents on the mechanic properties of the adobes. Department of Civil Engineering, Gumushane Faculty of Engineering, Karadeniz Technical University, 29000 Gumushane, Turkey

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a La Universidad Libre de Pereira, por la financiación de la investigación, y la adecuada disposición de recursos y laboratorios para el desarrollo del trabajo.

AUTORES

Gloria M. Molina Vinasco, Maestra en ciencias en ingeniería civil con énfasis en geotecnia, ingeniera civil; Líder del grupo de Investigación GICIVIL Pereira. Docente investigadora de La Universidad Libre Seccional Pereira. Currículo completo.
http://scienti1.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001361631

Mónica Andrea Arenas Castaño. Ingeniera civil. Egresada de la Universidad Libre Seccional Pereira.

Alejandro Londoño, Oscar Andrés Parra, Lina Marcela Vallejo, estudiantes de noveno semestre Ingeniería Civil. Universidad Libre Seccional Pereira.

11. LA CABUYA EN LOS REVOQUES EN TIERRA

Mónica Pesántes Rivera
mona9599@yahoo.com

Palabras clave: Acabados en tierra, fibra vegetal, agave, revestimiento, resistencia a la tensión

Resumen

El empleo de materiales como la paja en la construcción y restauración en tierra, hoy enfrenta problemas debido a la dificultad de obtenerla; el crecimiento de este material y específicamente de la variedad propia para la construcción en tierra, se da en páramos que se encuentran generalmente protegidos legalmente, haciendo cada día más difícil su recolección. Esto unido a la necesidad de mejorar la resistencia a la tensión del revoque a través de materiales similares a la paja, lleva a buscar alternativas que sean manejables y fáciles de obtener para su uso hoy en día. Así el uso de fibras vegetales como la cabuya, producto de una planta de origen andino muy conocido en el Ecuador y que se encuentra presente en grandes cantidades en el mercado, evidencia características que la hacen idónea como ingrediente que supera las funciones y cualidades de la paja en el revoque tradicional. Así el uso de este material brinda la posibilidad ya no solo de cubrir la falencia de la paja en este proceso constructivo; su uso brinda la posibilidad de superar la capacidad de resistencia a la tensión que presenta la paja y con una preparación y empleo adecuado del barro puede generar una mejor calidad de revoque eliminando incluso la necesidad de protecciones adicionales como el conocido empañete.

1 INTRODUCCIÓN

En este momento, cuando se hace evidente los efectos causados por un desarrollo antagónico con el medio ambiente, la mirada de la humanidad se encamina hacia un trabajo conjunto que materialice el hoy indispensable desarrollo sostenible. En este camino surge la Agenda para el Desarrollo Sostenible[4], promovida por Naciones Unidas y de cumplimiento por parte de los estados adherentes, Plan cuya aprobación definitiva se celebrará en septiembre del 2015.

Esta Agenda constituye una herramienta para planificar el desarrollo en los países suscriptores, y, a través de sus metas se pretende garantizar que el cumplimiento de los mismos se refleje en un desarrollo coherente con los recursos de su territorio, su cultura y su gente. Y es en uno de ellos, el de la construcción de la vivienda y de los asentamientos humanos (objetivo 11), donde se puede evidenciar de manera muy clara sus metas concretas en torno a esa sostenibilidad; el camino está trazado, el cómo se haga el recorrido hará la diferencia y será cada uno de los países suscriptores los que asuman ese trabajo.

Adicional, se ha desarrollado y se está desarrollando una serie de estudios vinculados directamente con la construcción de vivienda; concretamente entorno a materiales y sistemas constructivos sostenibles que contribuyan al confort y calidad de hábitat; por lo tanto aspectos como los medio ambientales, socio-económicos y culturales son parte imprescindible de sus respuestas; Universidades e instituciones encargadas de la investigación, cada día se suman en esta tarea que ya se observa como una tarea colectiva; donde materiales y sistemas constructivos son analizados desde una visión

[4] Esta Agenda constituye la continuación de la Agenda para los Objetivos del Milenio cuyo año meta era el 2015; y para su implementación los países firmantes se comprometerán en realizar los cambios necesarios tanto en sus políticas económicas, sociales, culturales, de gobernabilidad, etc. Conformada por 17 objetivos y 169 metas que serán comunes para que los gobiernos del mundo se encaminen hacia un bienestar para los próximos 15 años.

ambiental y de responsabilidad social, y sin lugar a duda es en el conocimiento ancestral donde reposa una de las respuestas más adecuadas desde hace miles de años y más específicamente en la construcción en tierra.

En el tema de la vivienda y de la sostenibilidad ambiental en Ecuador, estos últimos años, ha venido direccionando lentamente una mirada al pasado; técnicos vinculados con el Patrimonio Cultural son los que con más fuerza han colocado "la construcción en tierra" sobre la mesa de discusión; camino que en algunos países al estar con pasos más adelantados, ya se empieza a observar su tratamiento como un material necesario a considerar hacia un desarrollo sostenible. Esto en el país aún no arranca con fuerza, sin embargo algunas universidades ecuatorianas ya han armado programas de investigación sobre la eficiencia y empleo adecuado de estas técnicas constructivas tradicionales[5], pero aún en el campo oficial su tratamiento se limita al área del Patrimonio Cultural Inmueble.

Sin embargo, es precisamente en la actividad privada, en el ejercicio profesional independiente, donde se han dado pequeños, constantes pero significativos aportes en el manejo, mejoramiento e incluso innovación tanto en el uso de los materiales como en la aplicación de estas técnicas constructivas ancestrales. La práctica, la experiencia y la persistencia profesional han podido generar logros que pueden y deben ser difundidos o incluso puestos a profundizar sus estudios en los mismos centros de investigación y Universidades del país.

"Tradición e innovación" son condicionamientos imprescindibles a la hora de abordar la construcción en tierra como un camino verdadero hacia el desarrollo sostenible y es en ese marco donde el aporte de quienes día a día trabajan en contacto directo con este material, pueden y deben tomar una posición activa de reivindicación de estos saberes tan antiguos como nobles con esta sociedad, este territorio, su cultura y su tiempo.

Este trabajo se sustenta en la experiencia levantada sobre aciertos y desaciertos en el ejercicio profesional privado y donde se tiene que enfrentar nuevos problemas que se derivan de la pérdida de la memoria constructiva, problemas vinculados con la protección al medio ambiente, dificultad en la obtención de los materiales básicos para estos sistemas constructivos tradicionales.

Es en el campo de estos dos últimos problemas donde se ubica el desarrollo de este estudio; el uso de la paja, que hoy se ha convertido en un material difícil de obtener por lo que se hace indispensable brindar una nueva alternativa si se pretende recuperar las técnicas constructivas tradicionales, sin afectar ninguna de sus cualidades.

2 PROBLEMA CONTINUO Y CRECIENTE

Es conocido que los materiales empleados en la preparación de la materia prima para la construcción en tierra, se caracterizan por ser materiales de la localidad, regularmente éstos se obtienen sin mayor esfuerzo o complicación en el territorio donde aplicar; esta situación en el Austro empieza a ser por lo menos dificultosa cada vez en mayor medida, concretamente con uno de sus componentes principales: la paja; fibra conocida como paja de páramo, con el término científico de *Stipa ichu;* elemento que regularmente se lo obtiene en zonas andinas ubicadas en alturas superiores a los 3500 a 4000 metros s.n.m., zonas que concretamente en el Austro, al estar ubicados en páramos, son parte de áreas ambientalmente protegidas; esto limita considerablemente su obtención, incluso al quedar

[5] La Universidad de Cuenca, y su Facultad de Arquitectura, a través de su programa Vlir, viene desarrollando proyectos de investigación en torno a materiales y su aplicación en la construcción en tierra; adicional ha desarrollado talleres de intervención en viviendas patrimoniales en un barrio histórico de la ciudad.

en lugares muy limitados para el abastecimiento legal de este material, y ante la pérdida del conocimiento sobre sus variedades y la identificación de la adecuada para este uso, se ha generado que se emplee paja que no posee las características necesarias y por consiguiente disminuye o se ve deteriorada la calidad del elemento al cual se vaya a aplicar.

La paja al ser una fibra vegetal, puede ser sustituida con otras como las provenientes del tamo del trigo o cebada; sin embargo es conocido que este tipo de cultivos prácticamente han disminuido a casi su extinción en la zona austral del país.

Sin lugar a dudas esto es un problema que se debe afrontar el momento en que se pretende abordar la recuperación de estas técnicas constructivas ancestrales; haciéndose indispensable buscar un sustituto de la *Stipa ichu* que cumpla con las mismas características o incluso brinde mejores cualidades en su uso.

3 OBJETIVO

Definir un material que sea la mejor alternativa a la paja *Stipa ichu*.

3.1 Parámetros de selección del nuevo material alternativo

- De fácil acceso y obtención, tanto en zonas rurales como urbanas
  - Material de la localidad
  - Que tenga propiedades aglutinantes
  - Que sea un material natural y renovable, amigable con el medio ambiente
  - Que permita mejorar la capacidad de ductilidad y de adherencia del barro
  - Que su uso y preparación no requiera equipos o procesos sofisticados
  - Bajo costo

4 EL NUEVO MATERIAL

Para poder definir una alternativa, se hace indispensable conocer el trabajo que cumple, no solo la paja como componente del barro en la construcción; es importante conocer el trabajo y las funciones que cumplen cada uno de los elementos que lo conforman, sin olvidar el trabajo y función del elemento construido; que en este caso específico es el muro y su revoque

4.1. El revoque, protección de muros en tierra

Ya son conocidas las ventajas y cualidades que tiene el construir en tierra; estas ventajas están dadas por la capacidad de contribuir cada uno de sus componentes hacia un trabajo conjunto en esta construcción; es todo un trabajo que depende de la interrelación y del equilibrio de las funciones entre ellos; por eso se hace indispensable conocer su razón de ser, su papel en este proceso que no se inicia con la construcción, continúa y se concreta con su trabajo presente en pleno funcionamiento de la edificación.

Al hablar de muros de tierra, se está hablando de una unidad conformada por dos elementos: el soporte (de abobe, bahareque o tapia) y su envolvente (revoque); dos elementos que trabajan de manera complementaria y monolítica para garantizar el correcto funcionamiento del muro.

Como ya se refirió, este documento se centra en su envolvente: el revoque; elemento que tiene como objetivo convertirse en una capa de protección para el soporte (principalmente contra la erosión) y de brindar un aspecto estéticamente agradable a la edificación. Esto implica garantizar que el soporte desarrolle de manera correcta todas y cada una de sus funciones y exprese sus cualidades, sin olvidar que junto con el soporte conforman una

unidad cuyo funcionamiento y trabajo conjunto genera un muro técnicamente correcto y estéticamente agradable y acogedor.

Por lo tanto para conseguir un correcto funcionamiento, es indispensable conocer los componentes y la función de cada uno de ellos presentes en el revoque y de su vinculación con el trabajo del soporte de tierra. Solo conociendo el papel de cada una de sus partes, se podrá optimizar el funcionamiento del todo.

Elementos que conforman el revoque

El revoque objeto de este análisis, es el tradicionalmente utilizado en la zona del Austro del Ecuador; es un revoque conformado por "barro reposado", al que regularmente se agrega dos estabilizantes para mejorar su capacidad de trabajo: la "paja de páramo" y algún tipo de "aglutinante" que originalmente solía variar entre colas vegetales (mucílago de cactus, nopal, suculentas) y colas de origen animal; en la actualidad muchas de estas "colas tradicionales" han sido olvidadas, en el mejor de los casos, se mantiene la de cactus (mucílago) o simplemente se sustituye por cola blanca.

Sin embargo, cuando este revoque tradicional presenta una baja resistencia a la compresión éste puede ser mejorado a través de la incorporación de un agregado muy conocido como es la cal; producto cuyo uso es muy amplio y presenta cualidades estabilizante "que limita los efectos de absorción hídrica, dilatación y retracción de las arcillas presentes" (Guerrero, 2010, 179); y que en un trabajo conjunto, todos contribuyen a generar una mayor elasticidad, durabilidad, y permeabilidad en el revoque.
De esta manera se evidencia que cada uno de los componentes cumple una función específica que debe ser comprendida para poder generar procesos de mejoramiento o, como es en este caso, generar alternativas de nuevos elementos que los sustituyan; la Tabla 1 sintetiza las funciones de cada uno de sus componentes y las facilidades o no de conseguir los mismos.

Tabla 1 – Componentes de un revoque y sus funciones

Componente	Función	¿De fácil obtención?
Arcilla	Hace el papel de pegamento en la mezcla, tiene la capacidad de unir todos los elementos; la falta de la misma da paso a la erosión y su exceso a un fuerte agrietamiento	Si
Arena	Da dureza a la mezcla, ayuda como estabilizador frente a la humedad y la temperatura	Si
Limo	Agregado que contribuye facilitando la fricción interna, su plasticidad es muy baja	Si
Paja	Su presencia y disposición conforma una red que facilita la adherencia del barro, pero adicional absorbe y controla los efectos de cambio de temperatura del ambiente e incluso del mismo fraguado, a través de brindar mayor ductilidad [6], elasticidad y resistencia evitando el agrietamiento de la tierra	No. Su cultivo se da en páramos que están declaradas zonas ambientales protegidas
Cal	Aglutinante que permite adherencia con otros materiales sin perder la capacidad de respiración del soporte y de la misma tierra que conforma el revoque, así como de permitir el balance de humedad en el aire permitiendo el intercambio del vapor de agua. La cal empleada normalmente es la cal apagada, que puede contribuir a proteger de la humedad al muro y aumenta la resistencia mecánica.	Si

[6] Propiedad de deformarse de un material frente a la acción de una fuerza

Explorando una alternativa

En la búsqueda del material que sustituya a la paja *Stipa ichu*, se direcciona la investigación hacia las fibras vegetales, mismas que han sido objeto de diferentes estudios para ser utilizadas en la construcción con tierra; sin embargo la mayoría de ellos se centran en la utilización para la elaboración de adobes y hasta para paneles (Abad M., Aguirre J, Pañega F. 2012) existiendo muy pocos enfocados en revoques o enlucidos y enfocándose en productos como la tuna, plátano y algarrobo, generando emulsiones para su mejoramiento, sin embargo no abordan materiales que sustituyan a la paja de cerro. (Vargas Julio y otros, 1986).

En observancia con los parámetros de selección del nuevo material, se analiza la conveniencia o no de utilizar el sisal o fibra de agave, nombres con el que se le conoce en otros países a la cabuya; se ubica estudios que plantean el uso de esta fibra en la elaboración de adobes cuyos resultados demuestran que su trabajabilidad se vuelve más difícil el momento de preparar el barro lo que aumenta el tiempo de esfuerzo físico y el tiempo de trabajo. Sin embargo se resalta el incremento en su resistencia a la tensión y compresión[7] (Montes B. José Luis, 2009, p.100), datos de mucho valor en la definición de este material para utilizarlo en revoques.

Una vez establecido el papel que debe cumplir el nuevo material, y conociendo de las cualidades físicas, químicas y mecánicas de la cabuya, que ha sido utilizada en algunos procesos de la misma construcción tradicional desde épocas históricas y se encuentra dentro del mismo grupo de las fibras con cualidades similares y en algunos campos superiores a los de la paja; se define a la cabuya como material alternativo sin dejar la necesidad de comparar sus cualidades físicas y mecánicas con otros materiales.

La cabuya es una fibra derivada de las hojas de una planta de género de la *Furcraea andina*, familia de las agaváceas, cultivada en zonas de temperaturas entre los 18 y 24 grados centígrados; una vez procesada y colocada en el mercado, esta fibra junto con otras conocidas, tienen en su composición química los siguientes elementos:

Tabla 2. Composición química de la cabuya comparada con otras fibras existentes en el mercado nacional (Tamayo, 2012, p. 4)

Fibra	Celulosa % peso	Hemicelulosa % peso	Lignina % peso	Pentosas % peso
Cabuya	62,7	----	15,5	17,7
Yute	61 – 71	13 – 20	8,1 – 13	----
Algodón	82 – 93	3 – 6	----	----
Cáñamo	70 – 75	17 – 22	3,7 – 5,7	----

Es necesario tener presente que otros estudios realizados por la Politécnica Nacional en la *Stipa ichu* de Albarracín (2012, p.51), establece que su composición de celulosa es del 45,9%, de lignina el 18,20%, de pentosas 5,5%, cenizas 5,6% y resinas, ceras y grasas 6,7%.

Albarracín (2012, p.5) plantea

> La lignina otorga a los vegetales impermeabilización y además facilita la adhesión entre los componentes estructurales (celulosa y hemicelulosa) en el

[7] Se pudo encontrar que las investigaciones conseguían un incremente hasta de un 7% en tensión y 24% en compresión, en concentraciones del 1% con respecto al peso del barro y con respecto a muestras con paja.

tejido vegetal. Provee a los tejidos la capacidad de resistir ataques patógenos y evitar la pérdida de agua

Si esto se compara con lo manifestado en la Tabla 2, se puede concluir que en base al porcentaje de lignina presente en la cabuya, ésta brinda mayor resistencia hacia impactos de compresión y flexión con respecto a otro tipo de fibras (excepto la paja de páramo), pero adicional es un elemento que contribuye a la impermeabilización de la cabuya, limitando la accesibilidad del agua a la celulosa y hemicelulosa. En general, su papel es el de convertirse en el elemento que facilita la adhesión entre la celulosa y la hemicelulosa; si a esto se une la función de las Pentosas, se puede concluir en este campo que el poder de no oxidación es mayor en la cabuya que en cualquiera de las otras fibras analizadas, incluida la paja de páramo (*Stipa ichu*).

Esto se corrobora con los respectivos análisis de laboratorio con respecto a densidad, tracción, elasticidad, fractura y humedad que se han realizado en algunos estudios, evidenciándose los siguientes datos.

Tabla 3. Características mecánicas de la cabuya comparada con otras fibras existentes en el mercado nacional (Tamayo, 2012, p. 4)

Fibra	Densidad g/cm^3	Resistencia a la tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Elongación a la fractura(%)	Absorción de humedad(%)
Cabuya	1,3	305,15	7,5	4,96	----
Yute	1,3	193-773	26,5	1,5-1,8	12
Algodón	1,5	393-773	27,6	7-8	8-25
Cáñamo	1,4	690	34	1,6	8

Si bien la cabuya no tiene capacidad de absorción de humedad, su módulo de elasticidad si le permite que frente al agua, no tenga alteraciones estructurales que pueda afectar al revoque en sus proceso normales de absorción y desprendimientos de humedad de la tierra, elasticidad que carece la paja de páramo y que por lo tanto constituye una ventaja[8].

Todo esto contribuye a la durabilidad y sin lugar a dudas también a su no perecibilidad, lo cual es fácilmente comprobable en las edificaciones patrimoniales existentes, donde a la cabuya se le encuentra en perfecto estado en inmuebles de mucho más de cien años de construcción. Estas características, precisamente fueron observadas en el uso de este material en el campo de la artesanía y en ciertos elementos para la construcción como es el estuco de yeso, lo que contribuyó y dio luces iniciales sobre el nuevo empleo.

Finalmente la presencia de esta fibra en el mercado tanto urbano como rural, es de muy fácil acceso y muy bajo costo económico; todo esto le convierte en un producto adecuado para el objetivo planteado.

USO DE LA CABUYA EN EL REVOQUE: ANTECEDENTES

Como se ha manifestado, este estudio se levanta sobre un proceso largo de prácticas, de aciertos y desaciertos; llegando a este punto final donde el tiempo y los resultados

[8]Este planteamiento se inicia como hipótesis, poniéndose en práctica como producto de pruebas empíricas y experimentación; incluso en obras propias donde el tiempo ha demostrado la certeza en su empleo; sin embargo fueron las pruebas de laboratorio realizados por los estudios ya citados y referidos, confirmaron de manera categórica la hipótesis inicial

obtenidos pueden de manera categórica concluir que la cabuya es un material adecuado a ser utilizado dentro de revoques en la arquitectura en tierra.

Su primera aplicación en el revoque se dio en el 2009, hoy, luego de varios procesos de mejoramiento y de constante control, se ha generado un procedimiento seguro a desarrollar.

El material

La cabuya se encuentra en el mercado en dos formas de presentación: moños y pacas, siendo el moño un atado pequeño y la paca de aproximadamente un quintal.
Partiendo el trabajo con la unidad menor de cabuya, el moño, éste debe iniciar por una etapa de escarmenado o peinado; esto consiste en pasar una porción de cabuya sobre una tabla provista de clavos para a través de este peinado obtener dos formas de presentación de la cabuya, una de fibra peinada y otra de fibra enredada; es necesario resaltar que no existe desperdicio en este proceso, ya que todo el material es utilizado.
Como experiencia y luego de haber aplicado este procedimiento en varias intervenciones, tanto edificaciones nuevas como procesos de restauración, se puede concluir que la cabuya enredada trabaja de mejor manera que la peinada por la facilidad de adherencia que da al barro y a la nueva capa que se superpone; incluso se ha visto que en muros de más de 5 años la presencia de daños en el revoque, causado por golpes y que generan una separación del barro, se limita a la capa superficial del acabado ya que la misma cabuya no le permite que continúe el deterioro por el enredamiento que tienen las fibras con el barro, algo que con la paja se ha visto es todo lo contrario.
Por lo tanto la cabuya enredada es la que trabaja de mejor manera y el escarmenado es para enredar a la cabuya, este proceso produce una parte de material peinado, pero que el mismo no es desperdiciado bajo ninguna circunstancia.
Una vez clasificado el material, la cabuya peinada se corta en secciones de 20 cm y la enredada se utilizará en porciones como va saliendo de la tabla de clavos, actividad que se realiza conforme se requiere para su colocación en el revoque, sin mayor anticipación.

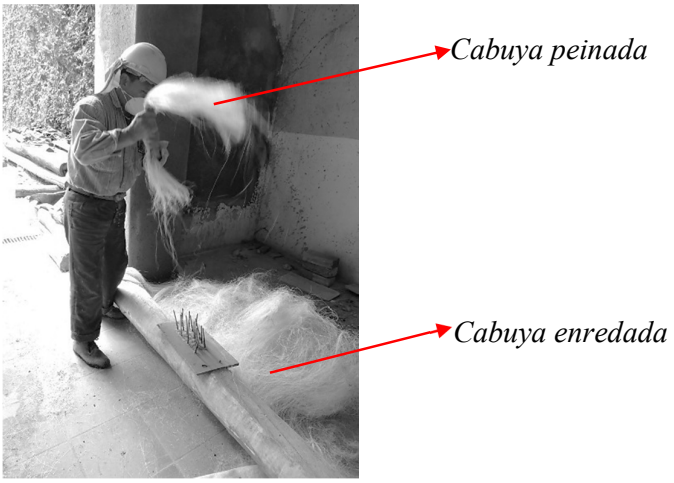


Figura 1. Preparación de la cabuya para uso en revoque

Aplicación de la cabuya en capas con el barro

Dado que el objetivo de esta ponencia es el uso de la cabuya, se partirá del hecho que se tiene ya el barro estabilizado y listo para su uso.

El procedimiento parte con la primera capa gruesa de barro, del espesor que permita nivelar la pared; una vez conseguida esta nivelación se coloca una primera capa de cabuya, que corresponde a la cabuya enredada; paulatinamente se va colocando de manera que cubra el revoque completamente y de manera uniforme; se nivela cubriendo esta capa con el mismo barro del soporte, constituye una especie de veladura pero con aspereza para que permita adherencia a la siguiente capa.

Luego de un reposo no mayor a 24 horas, dependiendo del clima, se procede a colocar una segunda capa de barro, allí se puede observar ya ciertas fisuras que no deben ser mayores si el barro ha sido estabilizado correctamente. Una vez colocada la segunda capa, se procede a insertar la segunda capa de cabuya, en esta ocasión es la cabuya peinada, misma que se inserta de manera ordenada pero formando una red.

Figura 2. Aplicación de la primera capa de “cabuya enredada” en un muro de adobe

Figura 3. Aplicación de la segunda capa de “cabuya peinada” en un muro de adobe

En el caso eventual de requerir una tercera capa de revoque, se recomienda que tanto la primera como la tercer capa de cabuya sea la enredada; dejando la cabuya peinada para la capa intermedia, esto con el objetivo de que las dos primeras, por la misma presencia de hilos desordenados, se enlacen entre si generando una mayor adherencia entre ellas y dando mayor ayuda a la tercera capa.

Una vez terminado el proceso de colocación de cabuya y de revoque, este sistema tiene la ventaja de no necesitar la capa final que en el Azuay se le conoce como empañete,

capa que tenía como objetivo alisar el revoque y evitar la visibilidad de sus trizaduras; la capa final de barro que sujeta la cabuya, muy bien puede terminar con una pulida con la herramienta metálica respectiva de tal manera que el muro queda listo para el fondeado.

CONSIDERACIONES FINALES

La arquitectura en tierra se caracteriza por su simplicidad en la obtención y uso de los materiales y los procesos constructivos; la necesidad de reemplazar un elemento importante como es la paja de cerro, responde a la dificultad social, ambiental de conseguirla e incluso a la cuestión económica; esto exige que la selección del nuevo material cumpla con estas necesidades.
El uso de la cabuya en los revoques, constituye sin lugar a dudas una excelente alternativa; hoy las pruebas exitosas realizadas por largo tiempo, ha demostrado que puede convertirse en el material idóneo y por qué no decirlo, mejorar sus funciones. Se debe tener presente que este planteamiento es producto del ejercicio profesional independiente y privado y que no responde a planteamientos de laboratorio de manera inicial, éstos más bien fueron insertados en el camino frente a dudas y muchas inquietudes que surgían en el proceso, por lo que sería recomendable ingresar en procesos de validación y de certificación técnica con resistencias y análisis necesarios de estos procesos y elementos, posibilitando abrir un mayor abanico de alternativas y mejoramiento en su uso.

Sin lugar a dudas, estas iniciativas deben de ser capitalizadas por instituciones investigativas que vayan juntas de la mano con las experiencias y planteamientos del sector de profesionales independientes que han tomado iniciativas propias y muchas veces sin mayor interés de reconocimiento, justamente por el convencimiento en el material y las posibilidades infinitas que brinda la arquitectura en tierra como respuesta a las necesidades de sostenibilidad que enfrenta el planeta. Hoy la experiencia en este sector tiene a su haber muchos aportes e innovaciones que están aplicándose con éxito, pero que no son conocidos ni difundidos. “Innovación y Tradición” son campos presentes en el tema de la arquitectura en tierra sin mayor voz.

Espacios como estos del SIACOT, son los que generan una apertura al mundo no académico, a la experiencia y conocimiento popular que es donde se encuentra el origen de estos saberes ancestrales y donde los profesionales deben regresar para desde allí proyectar a la comunidad en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad M. Aguirre J. Pañegas F. (2012) Diseño de paneles prefabricados en tierra. Tesis previa la obtención del título de Arquitecto. Facultad de Aquitectura y Urbanismo. Universidad de Cuenca. Cuenca Ecuador.

Albarracín T., Katty (2012). Diseño de una planta piloto para la obtención de bioetanol a partir de paja de páramo (*Stipa ichu*). Tesis previa la obtención del título en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria. Escuela Politécnica Nacional. Quito

Montes B. José Luis (2009). Estudio del efecto de la fibra de Bagazo de Agave angustifolia Haw en la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado. Tesis de Maestría para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral Regional Unidad Oaxaca. México.

Tamayo D., Andrés (2012). Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con cabuya mediante estratificación. Tesis previa a obtención del título de ingeniero mecánico. Facultad de Ingeniería Química. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.

Vargas J. Heredia E. Bariola J. Mehta P. (1986) Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima Perú

Social Watch. Transformando nuestro mundo: Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. Disponible en http://www.socialwatch.org/sites/default/files/Agenda-2030-esp.pdf. Fecha de acceso 08/09/2015

Guerrero, L.F.; Soria, J.; García, Beatriz. "La cal en el diseño y conservación de arquitectura de tierra". En: Arquitectura construida en tierra, Tradición e Innovación. Congresos de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2004/2009. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2010. P. 177-186. Disponible en internet: http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/ /digital/libro2010/2010_9788469345542_p177- 186_guerrero.pdf. Acceso en 02/09/2015

AUTOR

Mónica Pesántes Rivera, Maestría en Conservación de Monumentos y Sitios (2008), Arquitecta ecuatoriana; trabaja con temas del patrimonio desde el 2004, tanto en ejecución de obra como en estudios y gestión de proyectos de conservación del Patrimonio Cultural Inmueble. Profesional en pleno ejercicio que realiza investigaciones de manera independiente en temas vinculados con la cultura y tecnologías constructivas tradicionales.

12. TECNICAS ADOPTADAS EN LA ELABORACIÓN DE HORMIGÓN PARA OBTENER UNA MATRIZ A BASE DE TIERRA

Mirta A. Sánchez[1]; Silvia N. Casenave[2]; Javier Fornari[3]; Susana Keller[4]; Federico Amaya[5];Lucía Belinde[6]; Marilina Beltramo[7]

Facultad Regional Rafaela – Universidad Tecnológica Nacional, Rafaela, Argentina
[1]msanchp@yahoo.com.ar; [2]sncasenave@gmail.com; [3]javier.fornari@frra.utn.edu.ar; [4]susana.keller@frra.utn.edu.ar; [5]mmofamaya@gmail.com; [6]luli_belinde@hotmail.com; [7]maguibeltramo-22@hotmail.com

Palabras claves: Material compuesto, tierra, técnicas, hormigón, sustentabilidad

Resumen

La presente investigación busca en esta dirección sumar esfuerzos que en similar sentido vienen realizandose en la región centro sur de la provincia de Santa Fe, en lo relativo al desarrollo tecnológico de materiales de construcción que emplean tierra en su formulación y que su procedimiento tiene puntos en común con la preparación del hormigón tradicional. Asimismo se propone rescatar e incorporar mejoras a esta última técnica de construcción con tierra que suele llamarse hormigón verde o tierra vertida y que tiene aspectos similares con la tierra apisonada y con antiguas técnicas encontradas en obras patrimoniales en donde se utilizaban los lodos multigranulares de los depositos aluvionales. La tierra surge del aprovechamiento de los lodos provenientes de excavación para pilotes cuya deposición final no es aceptada en el relleno sanitario de la ciudad de Rafaela. Se exponen resultados experimentales surgidos del análisis de las determinaciones de parámetros físicos y mecánicos de probetas cilíndricas. Los especímenes fueron elaborados con técnicas similares a las del hormigón tradicional compuestos por una matriz de tierra y cemento, agregado fino, grueso y hormigón reciclado y en alguno de ellos con la inclusión de otros agregados como puede ser el talco (Silicato de magnesio hidratado). El producto es un resultado tecnológico que se puede analizar desde distintos enfoques; por un lado el de sustentabilidad ambiental, donde el impacto de este tipo de tecnologías sobre el medio ambiente es muy bajo. Por otra parte la energía utilizada en el ciclo total de vida tambien es baja, utilizándose recursos locales con mínimo gasto para su extracción y transporte. Además desde la perspectiva socio económicas e obtuvo una solución de bajo costo para los sectores mas desprotegidos, especialmente los de medios rurales o suburbanos que cuentan con el recurso de la materia prima al alcance de la mano.

1. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

1.1. Generales

- Determinar una misma metodología de selección y ensayo en tres escenarios diferentes correspondientes a los laboratorios de las facultades regionales intervinientes para obtener materiales comparables y aptos para construcción.

1.2. Específicos

- Determinar la cantidad de agua en función de la granulometría para distintos tipos de fluidez del material en función de su uso.

- Diseñar moldes y encofrados que permitan el correcto vertido del material para diversas formas.

- Sistematizar los ensayos de resistencias a compresión y otros ensayos de durabilidad (chorro de agua) para adecuar las dosificaciones a los usos requeridos.

- Incorparar agregados y adiciones que mejoren las caracteristicas del producto en una adecuada relación costo-beneficio.

- Verificar la utilización del producto en componentes constructivos (muros, revoques, contrapisos).

- Realizar la transferencia de los resultados a instituciones públicas y privadas que trabajen en el mejoramiento del hábitat, así como a microemprendimientos de economía social.

2. ÁMBITO DE ESTUDIO

2.1. Ubicación

En muchas regiones de la República Argentina, como es el caso de Rafaela, el suelo es el recurso natural más abundante, sino el único, para utilizar como material de construcción, como es la técnica del ladrillo cocido, muy difundida en la región. Con motivo del ascenso del nivel freático, disminuyó la capacidad portante de los suelos de la zona por lo que, desde hace más de 25 años, se utiliza mayoritariamente la fundación con pilotes excavados y colados in situ (Begliardo; Navarro; Salusso, 2010). La ejecución de estos involucra la generación de lodos de excavación que se constituye en un residuo de construcción y demolición (RCD) de estado inicial líquido, no siendo aceptados en el relleno sanitario de Rafaela, generando un gran problema la localización de su deposición final. (Panigatti et al, 2005). Sin embargo, este tipo de material constituye un insumo fundamental para el desarrollo de nuevos negocios relacionados con el aprovechamiento de los RCD, recurso éste que configura una solución medioambiental que traslada sus beneficios a la faz económica y social, por cuanto al presente no tienen valor monetario alguno y con ellos es posible construir componentes constructivos para atender la demanda de viviendas sociales. Este cambio de enfoque y de caracterización los valoriza, al trocar el término “residuos” por “subproductos” o materia prima para otro proceso.

Los primeros estudios sobre reutilización de residuos como es el agregado por trituración del hormigón (Tonda; Begliardo; Panigatti, 2008) y de lodos en la fabricación de ladrillos, realizados en UTN F. R. Rafaela, comenzaron en el año 2008. Como referencias más importantes se citan la utilización de lodos de excavación de pilotes con agregado de arena, reciclado de hormigón y cemento por parte de la Regional Rafaela (Sánchez et al, 2008; 2010), el proyecto bilateral entre la Regional Santa Fe y la Universidad Autonoma de Tamaulipas para obtener un material alternativo en base a tierras regionales

Contando con una selección de bibliografía escasa y de origen foráneo se plantea un proyecto de investigación entre las facultades regionales Rafaela, Santa Fe y Vendo Tuerto donde se propone rescatar e incorporar mejoras a la técnica poco utilizada y difundida como es la mezcla de agua con suelos y otros agregados trabajados de manera similar a un mortero u hormigón. Tomando las experiencias de cada regional se plantea entre las tres instituciones evaluar las propiedades físico-mecánico de probetas cilíndricas compuestas por una matriz de tierra, cemento y agregados. Para ello se definieron en primera instancia los parametros tecnológicos a emplear en el laboratorio para hacer comparables los resultados fundamentados en las normas IRAM del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales y acordando, entre las regionales, la norma más conveniente para ensayos específicos no comprendidos en las normas anteriormente sitadas. Como primeras variables se tomó la fluidez y trabajabilidad, la retracción, la cantidad de agua, de aglomerantes y la resistencia tanto a la compresión como a los agentes climáticos e intemperismo. La propuesta de la regional Rafaela, expuesta en el presente trabajo, es utilizar una matriz de tierra proveniente de la excavación de pilotes

por ser un RCD, arena fina, arena gruesa y hormigón reciclado empleando técnicas similares a las del hormigón tradicional. En instancias posteriores y de acuerdo a las evaluaciones obtenidas se trabajará con la tecnología de puesta en obra. En investigaciones futuras y partiendo de los resultados obtenidos se planteará la inclusión de fibras en su estructura como son las provenientes de bolsas plásticas obtenidas de scrap industrial.

3. METODOLOGÍA

3.1. Materiales y métodos

La investigación se desarrolló según el siguiente proceso experimental:

- Ubicación del material de estudio y cuantificación del material disponible.
- Definición de las variables de estudio e identificación de la unidad de análisis tomando como patrón los bloques realizados con barros de excavación estabilizados con cemento.
- Análisis de los requisitos de ensayos.
- Investigación de ensayos en casos de estudio similares.
- Caracterización del material utilizado.
- Determinación del porcentaje de cemento para estabilizar el suelo.
- Diseño de metodología para resguardo y almacenaje.
- Confección de planillas para la recolección de datos con codificación de las muestras para su mejor identificación.
- Ensayos de los especímenes.
- Análisis de los resultados y conclusiones.

3.2. Identificación de las muestras y de las variables

Las muestras se identificaron según volumen de material y tipo de agregado designándolas conforme se indica en la Tabla 1 para su posterior identificación.

Tabla 1. Caracterización y dosificación de las muestras en volumen

MUESTRA	Suelo	Cemento	Arena		Talco[1]	Piedra partida	AR TM:25 mm
			fina	gruesa			
M_1	4	1	2	2	1	-	2
M_2	3	1	2	2	-	-	2
M_3	2	1	2	3	-	2	
M_4	2	1	2	3	-	-	2
M_5	4	1	1	1	1	2	.
M_6	4	1	1	1	1	-	2
M_7	4	1	1/2	1 1/2	1	-	2

[1] silicato de magnesio hidratado

4. MATERIALES UTILIZADOS

La elaboración de las probetas y ensayos de los especímenes se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela de la UTN sistematizando el curado y los ensayos según la normativa vigente, obteniendo comportamientos físicos y mecánicos según las exigencias de la normativa vigente para el hormigón elaborado, para la identificación de suelos y de los agregados reciclados.

4.1. Suelo

Se procedió a secar los barros de excavación profundas para pilotes (mezclas de cota -2,00 m a -13,00m), dejándolos al aire libre, posteriormente triturados y tamizados. Se caracterizaron dichos barros identificando las variables y su incidencia en las propiedades de los especímenes, con el objetivo de lograr la mejor estabilización y los modos de ejecución.

4.2. Arena

Se aportó como agregado natural arena silícea mediana del río Paraná (Santa Fe) la que fue acopiada en estado seco preservándola del humedecimiento debido a condiciones atmosféricas y de la contaminación con material orgánico.

4.3. Agregado reciclado

De la trituración del hormigón recogido se obtuvieron tres tamaños de agregados, designados en función de su tamaño máximo (T.M.) AR 37,5; AR 25,4 y AR 9,5 caracterización realizada en el Laboratorio de Ingeniería Civil. Se utilizó en la mezcla como agregado grueso el proveniente de hormigón triturado, utilizado como reciclado el tipo AR 9,5. Determinándose la densidad y absorción de agua según norma IRAM Nº 1520. Por otra parte se tomó como referencia las normas IRAM Nº 1512, 1531, 1533 para el análisis de la aptitud de los agregados reciclados, finos y gruesos, para hormigones de cemento.

4.4. Cemento

Se utilizó cemento portland CPN 40 al que no se le incorporó aditivos de ninguna índole.

4.5. Agua

Se utilizó agua potable guardando las mismas exigencias que las demandadas para la elección del agua de amasado para la elaboración de hormigones (Norma IRAM Nº 1601, Agua para morteros y hormigones de cemento pórtland). La cantidad de agua empleada se definió en base a la trabajabilidad deseada de la mezcla, la que correspondió esencialmente al de una masa con asentamientos promedios de 21 cm, por lo que el porcentaje de agua en peso de la mezcla varió entre un 16% y un 20%. Para ello se adoptó Método de ensayo de la consistencia utilizando el cono de Abrams, norma IRAM Nº 1536.

5. CURADO

Para asegurar un fraguado eficiente, el 50% de los especímenes se resguardaron del sol y la lluvia cubriéndolos con un nylon de 4 micrones, sometiéndolos a un riego diario de agua en forma de fina lluvia durante 7 días en la cámara húmeda del laboratorio y el otro 50% fueron sumergidas en agua durante 28 días y luego fueron colocadas en cámara húmeda de curado a 56 y 90 días, extrayéndolos a media que se realizaban los ensayos en las fechas proyectadas. La norma IRAM 1534 fue tomada como base a tener en cuenta para la preparación y curado de las probetas a ensayar en el laboratorio.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

En el laboratorio de Ingeniería Civil se hicieron los siguientes ensayos:

a) Identificación de suelos (límites de Atterbeg y clasificación según Casagrande S.U.C.S.). (Tabla 2). Para su clasificación se utilizaron las normas IRAM: Nº 10501 (Método de determinación del límite líquido e índice de fluidez) y Nº 10502 (Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad) y para la identificación de los

suelos se utilizó la IRAM Nº 10521 (Suelos. Clasificación por el sistema del índice de grupo).

b) Descripción de suelos mediante análisis tacto-visual, según IRAM Nº 10535.

c) Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos inorgánicos (extracción con KH2PO4 y determinación de sulfato por Método turbidimétrico con espectrofotómetro a 420 nm).

d) Caracterización física del agregado natural y reciclado. Tanto los agregados naturales y reciclados fueron sometidos a ensayos para su caracterización registrándose sus valores en la Tabla 3 y Tabla 4. En los agregados reciclados, dada su porosidad en relación a las arenas se halló la evolución de la absorción en el tiempo, factor que ha sido de utilidad para regular la consistencia y tiempo de amasado de las mezclas para la realización de los especímenes. Por lo expuesto se consideró que el tiempo de 10 minutos es un buen criterio de mezclado de los materiales e hidratación de la tierra. El procedimiento utilizado para la caracterización fueron los establecido por las normas: IRAM Nº 1505, IRAM Nº 1509, IRAM Nº 1512, IRAM Nº 1533, IRAM Nº 1520. Además con igual criterio que los agregados naturales se evaluaron las propiedades del agregado reciclado (hormigón triturado) según las normas citadas.

Tabla 2. Caracterización de los suelos

Determinaciones	Ensayos clasificación	Suelos profundos (barros de excavación)
Límites de Atterberg (%)	LL	32,29
	LP	24,10
	IP	8,20
Clasificación	SUCS	ML (Limos inorgánicos de mediana compresibilidad)
Sulfatos	Determinación de azufre inorgánico	S = 119,2 mg S/100g suelo SO_4= 357,6 mg $SO_4^=$ /100 g de suelo

Tabla 3. Caracterización física del agregado natural y reciclado

Designación	T.M (mm)	M.F	Absorción		
			5 min	10 min	25 h
AN (Arena)	--	2,54	--	--	0,18%
AR 37,5	37,5	7,73	3,11%	3,66%	4,43%
AR 25	25,4	6,55	3,56%	4,37%	5,19%
AR 9,5	9,5	3,90	--	--	8,46%

Tabla 4. Mortero adherido en el agregado reciclado

Designación	Mortero adherido (%)
AR 37,5	17,34
AR 25,4	41,83
AR 9,5	65,72

7. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN

El procedimiento utilizado fue realizado considerando las siguientes premisas de trabajo:

- Para cada diseño (M1, M2, M3, M4, M5, M6, y M7) se elaboraron dos mezclas determinándose previamente la humedad natural de sus componentes.

- Para una mejor homogeneidad del producto se tomó como criterio colocar en la hormigonera primeramente el agregado reciclado, luego la arena, y el suelo y por último

cemento procediendo al mezclado en seco. Una vez lograda la homogeneidad se le adiciona el agua en la proporción establecida para un asentamiento con Cono de Abrams comprendido entre 20 cm y 22 cm (IRAM 1536, 1978).

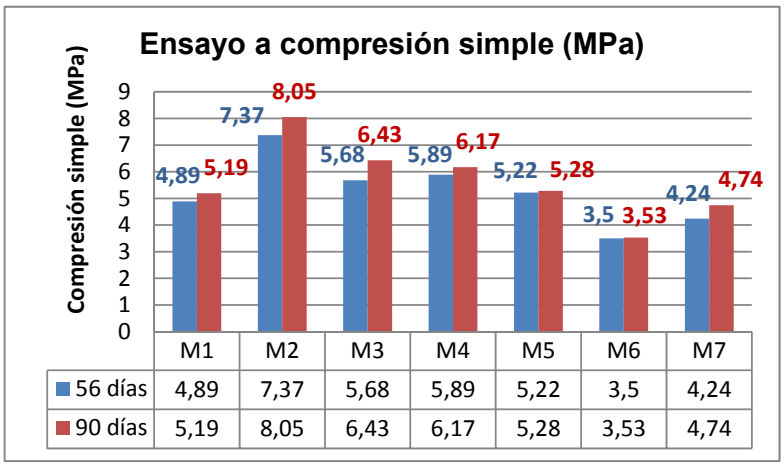
- Una vez incorporada el agua se deja en funcionamiento la hormigonera por 10 minutos, para posteriormente dejar descansar la mezcla por el término de 7 minutos, reanudando el mezclado durante otros 5 minutos esto permite que la matriz de tierra tenga la humedad óptima para el moldeo de las probetas, según IRAM 1524 y 1534.

8. ENSAYOS Y RESULTADOS

8.1. Probetas cilíndricas

- Compresión simple

Los cilindros ensayados a compresión simple, según la norma IRAM 1546, tienen las siguientes dimensiones 10 cm de diámetro y 20 cm de altura, ensayadas a compresión simple en el laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela. En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos a los 56 y 90 días.



	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
56 días	4,89	7,37	5,68	5,89	5,22	3,5	4,24
90 días	5,19	8,05	6,43	6,17	5,28	3,53	4,74

Figura 1: Ensayo compresión simple (MPa)

- Tracción por compresión diametral

En la Figura 2 se muestra el ensayo de tracción por compresión diametral realizado según la norma IRAM 1658 a los 90 días a los especímenes M_2 y M_3 cuya resistencia a compresión simple fue mayor.

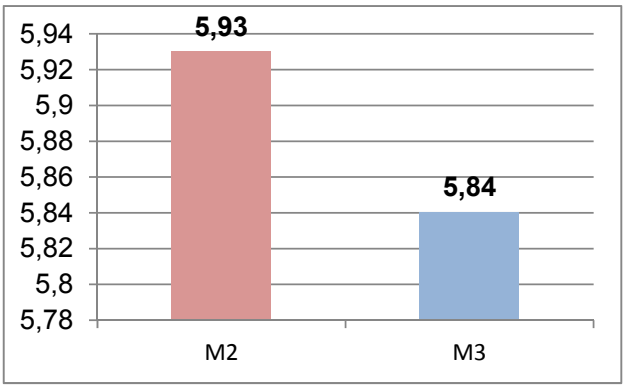


Figura 2: Ensayo tracción por compresión diametral (MPa)

10. CONCLUSIONES

- Los resultados de los ensayos, tanto a compresión como a tracción por compresión diametral permiten apreciar que las resistencias aumentan con el tiempo y con la inclusión de agregado reciclado, no así con piedra partida natural. Esto se debe a una mejor distribución en la curva granulométrica considerando en ella la tierra, la arena fina, la arena gruesa y el AR con inclusión de la fracción fina de este último.

- La resistencia a la tracción por compresión diametral de las probetas cilíndricas alcanzaron a los 90 días un valor que oscila entre el 85% y el 95% de la resistencia a compresión simple. Comparados con los valores medios de resistencias similares en hormigones simples, los cuales están en el entorno del 10%, se destaca el significativo incremento obtenido con materiales como los empleados en este estudio, por lo que es necesario verificación de los resultados para un número mayor de probetas.

- La presencia de sulfatos en los suelos o en el agua torna aconsejable el empleo de un cemento resistente a ellos, en prevención de deterioros con el tiempo por el ataque de este tipo de sales.

- La adición de agregado reciclado a la mezcla ha permitido obtener un material que ha experimentado menor cambio volumétrico en la dirección de las aristas mayore que aquellos elaborados sin ellos, pudiendo atribuírselo a la elevada capacidad de absorción del AR debido a estar conformado por un alto porcentaje de mortero de cemento:arena (65% en peso). No obstante, en ambos casos los valores han sido bajos, registrándose una media del 1,06% y 1,13%, respectivamente.

- Todos los ejemplares (probetas cilíndricas y ladrillos) en sus distintas dosificaciones han presentado inalterabilidad al sumergirlos en agua.

- El material compuesto obtenido, además de proveer una solución al problema mediambiental de la disposición final de un residuo como son los barros de excavación y roturas de hormigón, no demanda mano de obra calificada para su ejecución y es significativamente económico para ser aplicado en la construcción vivienda de interés social debido a que la tierra y el hormigón reciclado como agregado grueso no tiene valor económico por ser un residuo que al momento no tiene disposición final en el relleno sanitario de la ciudad.

- Los resultados que arrojaron los ensayos a compresión de las probetas cilíndricas cuya resistencia promedio es de 8,07 MPa. permitió la realización de contrapisos como base de pisos de mosaicos calcáreos con excelentes resultados considerando que un hormigón de cascote para aplicaciones corrientes requiere una resistencia entre 2 a 3 MPa. Lo expuesto hace inferir la posibilidad de utilizar el material obtenido para hormigones no estructurales como las mencionadas y tambien para relleno de excavaciones, relleno en sitios de difícil acceso o reemplazo de suelos compactados,

- Los ladrillos elaborados con hormigón de tierra presentan reducido cambio volumétrico, aristas firmes, buena resistencia, un excelente acabado superficial, muy buena adherencia a los revoques y terminaciones (yeso) presentando además muy buen comportamiento a pinturas al látex. Las probetas cilíndricas elaboradas denotan una resistencia a compresión de 12,45 MPa, muy superior a la de un ladrillo común de arcilla cocida cuya resistencia a compresión es del orden de 5 Mpa. (Norma IRAM 12566-1), o un bloque hueco portante cerámico de 13,0 MPa., (Norma IRAM 12566-2), aún de un bloque hueco portante de hormigón de 13,0 MPa., (Norma IRAM 11561-5).

- El costo de contrapisos y mampostería construida con ladrillos de tierra-cemento-agregado reciclado es aproximadamente un 60 % menos que de ladrillo cerámico o bloques de hormigón, sin considerar los gastos de fletes y considerando que la mayor parte de los insumos utilizados (tierra y agregado grueso) son RCD y no tiene valor económico.

- Las resistencias de los especímenes con incorporación de talco (Silicato de magnesio hidratado) o piedra partida natural no mostraron datos relevantes frentes al resto de las mezclas. Por otra parte el costo de los materiales hacen que no resulten conveniente su uso.

- Los encofrados utilizados para la realización de muros monolíticos son iguales que aquellos empleados para un hormigón estructural tradicional mientras que los moldes de los ladrillos son de madera desmontables cuyas dimensiones son 29,50 cm x 14,50 cm x 7,50 cm.

- Tomando como base los resultados satisfactorios de la presente investigación se está trabajando en la elaboración de componentes constructivos reforzados con fibras de bolsas plásticas provenientes de scrap industral de una empresa de la ciudad de Rafaela (Pcia de Santa Fe, Argentina).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Begliardo, H.F; Navarro, V.B; Salusso, C. (2010). Estudio comparativo de pilotes excavados con lodos bentoníticos en la ciudad de Rafaela, vía método semiempírico. Congreso Argentino de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica, CAMSIG 2010, Mendoza, Argentina, Anales del Congreso. Disponible en CD-ROM y <http://www.edutecne.utn.edu.ar/publicaciones/jit2013/FR-RAFAELA/RA_06_componente_constructiva.pdf>.

IRAM 10501. Mecánica de suelos. Métodos de determinación del límite líquido y del índice de fluidez. (1968).

IRAM 10502. Mecánica de suelos. Métodos de determinación del límite plástico e índice de plasticidad. (1968).

IRAM 10521. Suelos. Clasificación por el sistema de índice de grupo. (1971).

IRAM 11561-5. Bloques de Hormigón (1997)

IRAM 12566-1. Ladrillos cerámicos macizos para la construcción de tabiques y muros.(1993)

IRAM 12566-2. Bloques cerámicos para la construcción de tabiques y muros.(En acta 4-2002 se dividió en dos normas 1 y 2)

IRAM 1505. Agregados. para morteros y Hormigones. Análisis granulométricos. (2003).

IRAM 1509. Agregados para hormigones. Muestreo. (1987).

IRAM 1512. Agregado fino natural para hormigón de cemento pórtland. (1994) Requisitos.

IRAM 1520. Agregados finos. Método de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, aparente y de la absorción de agua. (2002).

IRAM 1524 y 1534. Hormigón de cemento pórtland. Preparación y curado de probetas para ensayos en laboratorios. (1985). Revisión norma IRAM 1524:1968. Incluye Modificación 1971. Incluye Fe de Erratas 09/78)

IRAM 1531. Agregado grueso para hormigón de cemento portland. (1994).

IRAM 1533. Agregados grueso. Método de laboratorio para la determinación de la densidad relativa real, aparente y de la absorción de agua. (2002).

IRAM 1536. Hormigón fresco de cemento pórtland. Método de ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono. (1978).

IRAM 1546. Hormigón de cemento portland. Método de ensayo de compresión. (1992)

IRAM 1601. Agua para morteros y hormigones de cemento pórtland.(1986)

IRAM 1658. Hormigón. Determinación de la resistencia a la tracción simple por compresión diametral. (1995)

IRAM 10535. Mecánica de suelos. Descripción de suelos mediante análisis tacto-visual, (1991).

Panigatti, M.C.; Begliardo H.; Boglione, R.; Griffa, C.; Casenave, S. (2005). Relevamiento de generadores de residuos en la zona de influencia de la ciudad de Rafaela. 3er. Encuentro PROCQMA. Carlos Paz, Córdoba, 2005. Anales del Congreso CD-ROM.

Sanchez, M.; Casenave, S.; Begliardo, H.; Garrapa, S.; Keller, S. (2010). Componentes confinados de suelo cemento, utilizando barros de excavación de pilotes, como material de baja resistencia controlada (MBRC). Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (X SIACOT). Uruguay: Ed.: Red Proterra. CD-ROM

Sánchez. H; Begliardo.H. H, Casenave.S, Fornero. M, Schuk. J. (2008). Ladrillos de suelo cemento comprimidos elaborados con barros de excavación para pilotes. Red Proterra, II Congresso de Arquitetura e Construção com Terra, VII Seminário Ibero-americano de Construção com Terra. Brasil, 2008. CD-ROM

Tonda, M.; Begliardo,H.; Panigatti, M.C. (2008). Reciclado de hormigón sin preselección en origen. Anales III Congreso Internacional y 17ª Reunión Técnica de la A.A.T.H., Córdoba, Argentina. 2008. Anales del Congreso CD-ROM.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal y becarios del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela de la Universidad Tecnológica Nacional

AUTORES

Mirta Amalia Sánchez, Ing. en Construcciones, Especialista en scientiae en metodología de la investigación científica y técnica. (Universidad Nacional de Entre Ríos), Especialista en Docencia Universitaria, Profesor Titular Ordinario de la cátedra Ingeniería Civil II. Investigador UTN Categoría C, Investigadora MCyT Categoría III. msanchp@yahoo.com.ar

Silvia Noemí Casenave, Ingeniera en Construcciones. Especialista en Docencia Universitaria. Profesor Asociado de la cátedra Estructuras de Hormigón de la carrera de Ingeniería Civil. Docente Investigador. Investigador UTN Categoría C. Investigador MCyT Categoría III.silvia.casenave@frra.utn.edu.ar; sncasenave@gmail.com

Javier Fornari, Licenciado en Sistemas y Computación. Facultad Católica de Química e Ingeniería “Fray Roger Bacon”. Doctor en Ingeniería de Sistemas y Computación. Universidad de Málaga, España. Maestría en Administración de Negocios, Facultad Regional Rafaela – UTN. Especialista en Ingeniería Gerencial, Facultad Regional Rafaela – UTN. Docente Investigador UTN, Categoría D. Investigador MCyT, Categoría IV. javier.fornari@frra.utn.edu.ar

Susana Keller, Ing. en Construcciones. Jefe del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela. Investigadora. Investigador UTN Categoría: E. susana.keller@frra.utn.edu.ar

Federico Amaya, Estudiante 5º Nivel de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela. Investigador UTN Categoría: G. mmofamaya@gmail.com

Lucia Belinde, Estudiante 5º Nivel de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela. Investigador UTN Categoría: G. luli_belinde@hotmail.com

Marilina Beltramo, Estudiante 5º Nivel de Ingeniería Civil de la Facultad Regional Rafaela. Investigador UTN Categoría: G. maguibeltramo-22@hotmail.com

13. INVESTIGACION TEÓRICO-PRÁCTICA SOBRE LA CULTURA CONSTRUCTIVA REGIONAL EN LAS TERMINACIONES DE MUROS DE TIERRA CRUDA EN DOS CLIMAS DE ARGENTINA

Giulia Scialpi[1]; Natacha Hugón[2]; Rodolfo Rotondaro[3]

[1] Facultad de Arquitectura, Universidad de Roma La Sapienza - giulia.scialpi@gmail.com

[2] Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires / centro CIDART – natachahugon@gmail.com

[3] Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires / CONICET – rodolforotondaro@gmail.com

Palabras clave: revoques finos, suelos estabilizados, cultura constructiva, materiales locales, auto-construcción.

Resumen

Este trabajo presenta una síntesis de los avances de la investigación, realizada en el marco del programa Arconti (IAA – FADU UBA), que apunta a indagar, registrar, procesar y difundir los saberes empíricos de las culturas constructivas regionales en relación a las terminaciones de muros de tierra cruda, con particular enfoque sobre los revoques finos con tierras arcillosas y arcillo-arenosas, para su utilización en los procesos constructivos contemporáneos. Los objetivos principales son dos: a) rescatar, a través de su conocimiento empírico y su estudio, las técnicas tradicionales en cuanto expresión cultural de una región que se convierten en un saber práctico estrictamente vinculado al entorno, cuya transmisión suele dificultarse por encontrarse aislada; y b) elaborar y evaluar una metodología de trabajo que permita una elección consciente de las materias primas a utilizarse en base a la situación climática-geográfica y al entorno local, dirigida tanto al auto-constructor como al profesional, quienes muchas veces suelen desconocer las potencialidades de los materiales locales y se encuentran obligados a utilizar recursos industriales o de importación. A nivel metodológico la investigación se articula en tres áreas de análisis: 1) Material – función. En este área se definen las propiedades, el proceso productivo, la disponibilidad y el costo económico de los componentes principales de los revoques; 2) Material – técnica constructiva y de aplicación. Enfocada a describir y experimentar las herramientas y las técnicas de aplicación para revoques; 3) Material – área geográfica. Restringe, en primera instancia, el campo de investigación a dos zonas bioclimáticas de Argentina y posteriormente a países limítrofes para poder intercambiar datos y examinar las experiencias de otros investigadores. Los resultados presentados permiten comparar, a través de ensayos de laboratorio y de campo, las propiedades de distintos tipos de revoques finos actualmente utilizados por profesionales y auto-constructores.

1. INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de bibliografía sobre la temática referida a las terminaciones en construcciones de tierra cruda se comprobó que la misma es escasa, en general. La mayoría de las veces la temática es tratada en el contexto más amplio de los manuales de construcción con tierra, sin una atención particular sobre los procesos constructivos y los materiales a disposición.

Por otro lado, a la hora de profundizar la temática, se encuentran estudios aislados llevados a cabo en marcos institucionales (Houben; Guillaud, 1984; Guerrero Baca, 2007; Rotondaro et al, 2009; Minke, 2011, 2013; entre otros), que a veces no tienen contacto con las experiencias prácticas particulares (de la autoconstrucción y de la construcción dirigida por profesionales) que aprovechan tradiciones y usos locales.

Con este trabajo se pretende comenzar a compilar y clasificar el conocimiento existente, integrando el saber empírico local con los avances logrados por la investigación científico-tecnológica, para favorecer las buenas prácticas y la importante difusión de estos saberes.

1.1 Antecedentes

En la región ibero-americano existen varios centros que desarrollan actividades de

investigación sobre el tema, tanto en el ámbito público como privado.

Dentro del panorama argentino actual son antecedentes a tener en cuenta las investigaciones sistemáticas de los grupos de trabajo y centros de la Red PROTERRA en varias provincias: Jujuy, Salta, Tucumán, La Rioja, Mendoza, San Juan, Córdoba, Santa Fé, Buenos Aires, Río Negro y Chubut, principalmente. Se destaca a nivel nacional el centro CRIATIC (Centro Regional de Investigación de Arquitectura de Tierra Cruda) de la Universidad Nacional de Tucumán.

En Francia el centro internacional CRATerre de Grenoble es un referente importante en este ámbito, por su larga experiencia a nivel de formación e investigación.

En países como Italia, Alemania, Reino Unido, Canadá y Nueva Zelanda existen muchas organizaciones y empresas, la mayoría privadas, que trabajan para impulsar la utilización de revoques y pinturas naturales certificadas.

Fuera del ámbito formal se cuenta con las experimentaciones llevadas a cabo por los auto-constructores y los profesionales en las obras y con las tradiciones propias de cada lugar, muchas de las cuales aún viven y se transmiten.

1.2 Relevancia del tema

Para entender la relevancia de la temática es necesario analizar el rol que las terminaciones cumplen en términos de proceso constructivo (limitándonos en este trabajo a los revoques finos) y como manifestación de la identidad cultural de un lugar.

Las técnicas tradicionales en revoques, así como la elección de materiales y pigmentos, forman parte de la expresión cultural de una región que se convierten en un saber práctico estrictamente vinculado al entorno y cuya transmisión suele dificultarse, a veces, por encontrarse aislada, o incluso puede llegar a perderse.

Por otro lado las terminaciones, que corresponden a una segunda fase en el desarrollo de la obra una vez concluida la obra gruesa, cumplen un papel fundamental: garantizan la durabilidad de la construcción protegiéndola de la intemperie y aportan un valor estético la mayoría de las veces también cargado de simbolismos. En la construcción con tierra, su buena ejecución es aún más importante, para que la arquitectura de tierra se pueda visualizar alejada del prejuicio que suele desvalorarla y asociarla a una construcción de baja calidad, subestimando la innovación tecnológica que hoy en día nos permite cumplir con las exigencias de salubridad y durabilidad aceptables.

Los revoques ecológicos actuales, utilizados en bio-construcción, son similares en apariencia y técnica de aplicación a sus homólogos convencionales y al mismo tiempo aportan numerosas ventajas: un ciclo de vida ejemplar con un impacto ambiental reducido (Melia et al, 2014), un buen confort térmico, la protección de paredes contra la humedad y la ausencia de sustancias tóxicas o nocivas para personas, animales y plantas (Minke, 2013).

También se destaca el potencial de “inclusión de género” que el trabajo de revoques naturales ofrece, pues permite rescatar la presencia de las mujeres en la obra, teniendo en cuenta su rol ancestral como ejecutoras de las terminaciones del hogar.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos generales

La investigación apunta a registrar y rescatar las culturas constructivas regionales vinculadas a las terminaciones de muros de tierra cruda a través de su conocimiento empírico y su estudio.

A partir del relevamiento y análisis de estos conocimientos, la investigación podrá elaborar una metodología que permita escoger una opción alternativa a los productos que se encuentran en el mercado, buscando una opción más saludable, de menor costo e impacto ambiental, conforme al clima y a los materiales disponibles localmente, sin necesidad de recetas.

2.2 Objetivo especifico

Investigar, registrar y evaluar los materiales disponibles (en relación a sus propiedades, al proceso constructivo y a los costos relativos) para lograr la composición de un revoque que responda de manera apropiada a las características requeridas por el entorno de cada caso concreto.

3. METODOLOGÍA

El estudio previo de metodologías referenciales y de la bibliografía específica sugirió articular la investigación en tres áreas de análisis.

3.1 Material – función

En esta área se definen las propiedades, el proceso productivo, la disponibilidad y el costo económico de los componentes principales de los revoques clasificados según su función:

a) Aglutinantes: unen fragmentos de uno o más materiales para formar un conjunto compacto.

b) Hidrófugos: reducen la absorción capilar del agua y la permeabilidad del revoque, inhibiendo en cierta medida la capacidad de transformación del revoque en barro plástico nuevamente.

c) Estabilizantes: se agregan al barro en estado plástico para mejorar su estabilidad una vez seco, proporcionando al revoque una mejor resistencia al desgaste producido por el uso o los agentes atmosféricos y una menor retracción, reduciendo de esta forma su necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo.

d) Fijadores: aplicados superficialmente garantizan la durabilidad del revoque brindándole cierta impermeabilidad y aumentando la cohesividad del material (aceite de lino, aceite de cocina reciclado, jugo de cactus fermentado, agua de arroz, etc.).

e) Pigmentos: aportan color a la terminación (en esta investigación se utilizaron solo pigmentos minerales, los óxidos de hierro).

3.2 Material – técnica constructiva y de aplicación

A la hora de elegir un revoque fino se deben tener en cuenta múltiples variables:

a) El sustrato: se debe analizar o elegir el tipo de sustrato sobre el cual se aplicará el revoque fino. Si se trabaja arriba de un revoque ya existente, deberá estar firme y sin grietas o irregularidades profundas, en caso contrario deberá repararse convenientemente ya que muchas patologías son relativas a problemáticas estructurales o a la técnica de elevación de la pared, y no directamente relacionadas al tipo de revoque.

b) La técnica de aplicación: la técnica puede variar en función de la mano de obra a disposición o de las condiciones del sustrato, en línea general puede ser manual, fratasado, llaneado, bruñido, al fieltro.

c) Las herramientas de mano: en la fase de preparación del revoque se puede elegir si mezclar el material manualmente o con una mezcladora mecánica, en todo caso se debe contar con tamices finos; en la fase de aplicación, en función de la técnica elegida, se necesitan distintas herramientas como baldes, cuchara, fieltro, fratacho, llana, brocha.

d) El tipo de revoque: en primera instancia es fundamental definir si el revoque se aplica al interior o al exterior.

Para los ensayos de esta investigación se decidió utilizar como sustrato, un revoque grueso (a base de tierra, arena y paja) sobre bastidores de quincha, aplicado manualmente con fratacho. Los finos, ensayados solo para exterior, son aplicados con llana.

3.3 Material – área geográfica

Los revoques tradicionales son una expresión de los recursos de un lugar, al mismo tiempo nos ofrecen una alternativa más sustentable por utilizar materiales locales sin necesidad de traerlos de otros lugares. En esta investigación se decidió trabajar en dos zonas bioclimáticas de Argentina según norma IRAM 11603 (1996) en la Ciudad de Buenos Aires (zona IIIb - clima templado cálido) y en la ciudad de El Bolsón Provincia de Río Negro (zona VI - clima muy frío).

Estos dos lugares se diferencian no solo a nivel climático sino también por tratarse de una zona urbana (Buenos Aires) y de una zona rural.

Posteriormente la investigación se extenderá a países limítrofes para poder intercambiar datos y examinar las experiencias de otros investigadores.

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Diseño de ensayos

Para diseñar los ensayos de esta investigación se plantearon las siguientes pautas:

a) Propiedades del revoque fino: durabilidad (buena adherencia al sustrato; resistencia a los agentes de erosión); elasticidad (conforme al sustrato y a la flexibilidad de la estructura para evitar la formación de grietas); permeabilidad (para evitar fenómenos de condensación que podrían ocasionar desprendimientos o la formación de hongos).

b) Variables: tipo de suelo (suelo de Buenos Aires y suelo de El Bolsón); técnica de aplicación; exposición (diferente zona bioclimática, exposición Norte y Sur).

c) Constantes: sustrato constituido por un revoque grueso a base de suelo arcilloso o arcillo-arenoso, paja, arena, agua, aplicado sobre bastidores de quincha; revoque fino de base (R1) realizado con arena fina tamizada, suelo arcilloso tamizado fino, agua.

d) Aditivos: se añaden a los revoque a base de tierra para mejorar sus prestaciones sin afectar su adherencia al sustrato. Los aditivos pueden variar el aspecto y el tiempo de secado de los revoques además de su durabilidad y “reversibilidad”, por ejemplo un revoque estabilizado con cemento o cal será más difícil de reciclar (Didier-Feltgen, 2005). Los aditivos se pueden añadir a la mezcla del revoque o aplicar superficialmente. Los aditivos ensayados en esta investigación se seleccionaron al ser los más utilizados por profesionales y auto-constructores de las zonas geográficas objeto de estudio (tabla 1).

Tabla 1. Aditivos utilizados

Nombre	Función	Origen	Proceso productivo	Adquisición	Precio[1]	Observaciones
Aceite de lino doble cocido	Hidrófugo, endurece	Aceite de lino crudo	Industrial: resultante de la cocción de aceite de lino crudo y secantes	Ferreterías, madereras	10,65 USD/1l (fuente: Sodimac)	Precio elevado. Se puede reemplazar con aceites de cocina reciclados.
Cal aérea	Aumenta las propiedades mecánicas, acelera el proceso de endurecimiento	Rocas calizas, cal viva	Industrial: obtenida por calcinación de la caliza, que fragua en contacto con aire ambiente	Ferreterías, corralones	4,12 USD/ 20kg (fuente: Canasta materiales[2])	Es muy corrosiva para el trabajo manual, debe utilizarse protección
Caseína	Aglutinante, sellador, reduce la retracción	Proteína de la leche	Se puede extraer del queso por medio de amoniaco	Se puede comprar en polvo o extraer de la leche	1,65 USD/ 0,2 kg leche en polvo (fuente: lista precios cuidados)	Dificultosa adquisición. Se obtiene como derivado de otro lácteo
Ceniza de madera	Reduce la retracción, aumenta la resistencia mecánica	Madera	Producto de la combustión de la celulosa	Entorno domestico	Gratis	Mejora la textura de la mezcla. Debe estar bien fina.
Cola vinílica	Mejora la adhesión	Polímero del acetato de vinilo	Industrial	Ferreterías, corralones	5,35 USD/1kg (fuente:Easy)	Aumenta la elasticidad del revoque
Cemento	Endurece el revoque y lo hace secar más rápido, reduce la retracción	Rocas calizas, arcillas	Industrial: mezcla de rocas calizas y arcilla cocidas a temperatura elevada, luego se añade yeso y se reduce a un polvo fino	Ferreterías, corralones	4,61 USD/ 40kg (fuente: Canasta materiales[2])	Es muy corrosivo para el trabajo manual, debe utilizarse protección
Emulsión asfáltica	Hidrófugo, ignífugo, mejora resistencia a la erosión	Petróleo	Industrial: mezcla de asfalto con emulsificantes	Ferreterías, corralones	27.37 USD/18kg (fuente: Easy)	Oscurece la mezcla. Puede disminuir la adhesión del revoque al sustrato.
Engrudo	Aglutinante, hidrófugo, aumenta resistencia a la abrasión y endurece	Harina, agua	Casero: resultante de la cocción de harina y agua	Tiendas alimentarias	0,70 USD/kg harina (fuente: lista precios cuidados)	Mejora la trabajabilidad de la mezcla.
Estiércol	Aumenta las propiedades mecánicas	Fibras vegetales	Digestión y excreción de fibras vegetales por un ganado	Viveros, granjas, hipódromos	Gratis	Mejora las propiedades de la mezcla si se lo deja fermentar

Jugo de cactus fermentado	Aglutinante, hidrófugo	Plantas de cactus familia Opuntia	Casero: resultante de fermentación de las hojas de cactus	Entorno natural	Gratis	Buena relación calidad – precio
Papel de diario	Reduce la retracción	Fibras de celulosa	Industrial	Puestos de diario	Gratis	Favorece la erosión
Óxido de hierro	Pigmento, agrega color	Hierro	Industrial: compuestos químicos formados por hierro y oxígeno	Ferreterías, corralones	4,41-6,60 USD/kg según color (fuente: mercado libre)	Es indispensable hidratar antes de incorporar a la mezcla
Yeso o tiza	Endurece el revoque y lo hace secar más rápido	Sulfato de calcio hidratado o piedra de aljez	Industrial: deriva de la calcinación del sulfato cálcico	Ferreterías, corralones	8,21 USD/ 25 kg (fuente Canasta materiales[2])	Fácil de adquirir. Listo para usar

[1] Los precios en pesos argentinos fueron convertidos a dólares estadounidenses según el cambio oficial en la fecha de redacción del artículo 1 USD= AR$9,06.

[2] Canasta de materiales para la construcción CABA y GBA

Tabla 2. Materiales y probetas

Sustrato: revoque grueso sobre quincha mejorada													
Probeta[2,3]	Dosificación (porcentaje en volumen)[1]												
	Aditivos												
	Aceite de lino d.c.	Aceite [illegible]	Estiércol	Cal-Caseína	Cal-Mucilago	Cemento	Ceniza de madera	Co.l.ca.	Emulsión asfáltica	Engrudo	Papel de diario	Pigmento (oxido de	Tiza
RF1.1	4%		30							30		X	
RF1.2.	4%								4%				
RF1.2.	4%								6%				
RF1.3			30	20								X	
RF1.4	4%							30					
RF1.5	4%		30				50			30		X	25
RF1.6		4				8%					30		
RC1.1	4%		30							30		X	
RC1.2.	4%								4%				
RC1.2.	4%								6%				
RC1.3			30	20								X	
RC1.4					30								
RC1.5	4%		30				50			30		X	25
RC1.6	4%				8%						30		

[1] Los porcentajes son en función de la cantidad de suelo

[2] RF1 (suelo tamizado, arena fina tamizada, agua) mezcla base clima muy frío

[3] RC1 (suelo tamizado, arena fina tamizada, agua) mezcla base clima templado-cálido:

4.2 Selección del suelo

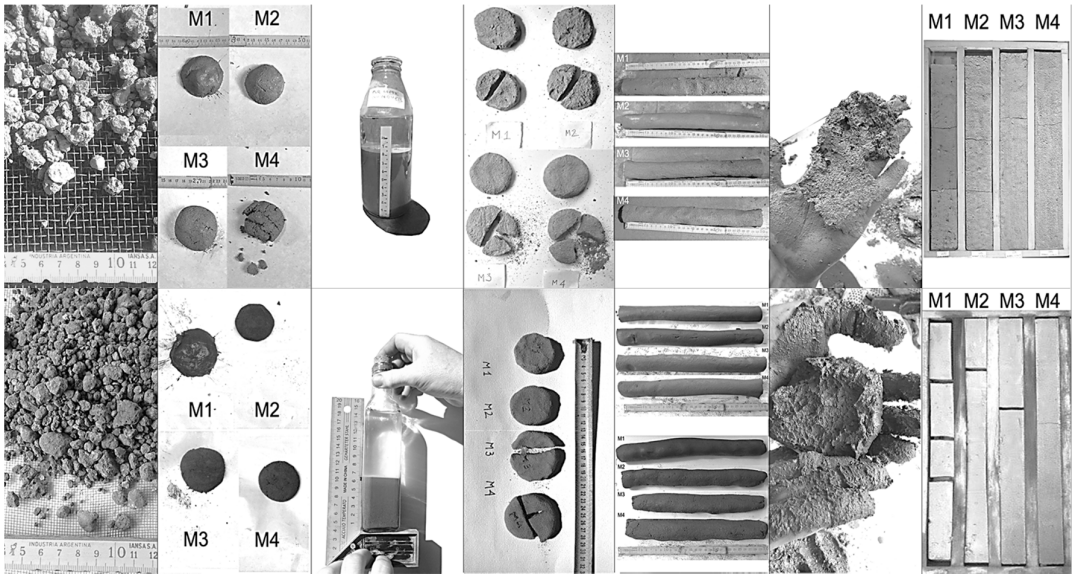


Figura 1. Ensayos sensoriales: arriba suelo de El Bolsón; abajo suelo de Buenos Aires

Antes de empezar con los ensayos sobre revoques se procede a la identificación del suelo a utilizarse. Sobre las muestras M1 (suelo solo); M2 (1 suelo, 1 arena); M3 (1 suelo, 2 arena); M4 (1 suelo, 3 arena) se realizan los siguientes testeos preliminares: test táctil-visual, test de la caída de la bola, test de sedimentación, test de resistencia en seco, test de plasticidad, test de exudación, test de retracción lineal (figura 1).

Estos testeos permiten además de establecer el contenido de arena necesario para estabilizar las mezclas base de los revoques (RF1 y RC1).

A partir de estos ensayos se obtuvieron los siguientes resultados: a través del test táctil-visual, del test de sedimentación y de exudación, se supuso que ambos suelos son de alta plasticidad, ricos en partículas finas y bastante cohesivos en estado húmedo. La proporción adecuada de arena para estabilizarlos, correspondiente al doble del suelo (muestra M3), fue sugerida por el test de caída de la bola, test de resistencia en seco, test de plasticidad y de retracción lineal, aunque en el suelo de Buenos Aires las muestras parecen oponer más resistencia a la ruptura y ser menos cohesivas comparadas con las de El Bolsón.

4.3 Preparación de los materiales

Ambos suelos se tamizaron en seco con tamiz IRAM número 18 (1 mm) y se hidrataron con agua por lo menos 15 días antes de su utilización. La arena utilizada en Buenos Aires es de río, tan fina que no necesitó ser tamizada. En cambio la arena utilizada en El Bolsón es arena de cantera, que se tamizó con tamiz IRAM número 35 (0,5 mm).

4.4 Realización del test de abrasión

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro).

Equipo y herramientas: moldes para baldosín-probeta (10 cm x10 cm x2 cm); balanza electrónica; calibre electrónico; cronometro; máquina con cepillo metálico (figura 2).

Materiales y técnicas: probetas de baldosas con cara vista plana (10 cm x10 cm x2 cm) de mezclas para revoques finos con diferentes aditivos (tabla 2).

Descripción del ensayo: el ensayo consiste en ejercer una presión y una velocidad constante por medio de un cepillo metálico (de bronce) contra la superficie de la probeta, durante un tiempo establecido.

Las probetas se pesan antes de comenzar el ensayo y al finalizarlo y la diferencia de peso establece el valor de la abrasión. Según la ecuación:

$$\Delta_a = P_i - \mathrm{P_r} \quad (1)$$

Donde:

P_i = peso inicial de la probeta (g)
P_r = peso resultante de la probeta ensayada (g)
Δ_a= peso material desprendido (g)

Para el ensayo de desgaste por abrasión se suele utilizar la Máquina Dorry. Ya que en laboratorio no se cuenta con dicha máquina, se utilizó un dispositivo que si bien no replica exactamente su funcionamiento, nos permite homologar los resultados, pudiendo comparar diversos prototipos ensayados de esta forma. Para esto es necesario que el dispositivo asegure idénticas condiciones en cada una de las posibles variables (granulometría del abrasivo, presión ejercida en la zona ensayada, velocidad de rotación del abrasivo y duración del ensayo). El dispositivo utilizado se compone de un soporte para un cepillo metálico con peso propio de 2,2 kg, regulado para que efectúe 20 rotaciones por minuto (Minke, 2011). Como duración del ensayo se establecieron tres minutos (60 rotaciones).

4.5 Realización del test de goteo

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro); laboratorio centro CIDART (CABA, Buenos Aires).

Equipo y herramientas: batea plástica contenedor; cronometro; equipo para administración de soluciones de macro-goteo (guía); ladrillos de apoyo para probetas; tanque de diez litros de capacidad (figura 2).

Materiales y técnicas: probetas de baldosas con cara vista plana (20 cm x20 cm x2 cm) de mezclas para revoques finos con diferentes aditivos (tabla 2).

Descripción del ensayo: el ensayo de goteo sirve para comprobar la resistencia a la erosión hídrica de los revoques. Dentro de una batea plástica de suficiente capacidad se colocan dos ladrillos de canto que sostendrán las probetas en forma horizontal evitando que quede sumergida por el agua vertida. Se instala un tanque, lleno de agua, con capacidad de mínimo diez litros conectado a una manguera con regulador de goteo, colocada a una altura de dos metros y medio. La tapa del tanque permanece abierta para permitir el flujo de aire. El goteo suministrado sobre la probeta es de una gota por segundo. Se toma el tiempo necesario para que la probeta sea perforada y atravesada completamente, momento en el cual el ensayo se da por terminado. Estos ensayos se deben realizar en un local cerrado para evitar las corrientes de aire que pueden desviar la caída de la gota y alterar el resultado (Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT, 2012).

4.6 Realización del test de retracción lineal

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro); laboratorio CIDART (CABA, Buenos Aires).

Equipo y herramientas: cajón de Alcock; calibre electrónico (figura 2).

Materiales y técnicas: se ensayan mezclas para revoques finos con diferentes aditivos (ver tabla 2). Los componentes de las mezclas se miden en seco. El contenido de agua

será el suficiente para lograr una buena plasticidad, en lo posible homogéneo en todas las mezclas ya que cuanta más agua contienen mayor es la contracción.

Descripción del ensayo: la mezcla se coloca en unos cajones de madera tratada con fondo (cajón de Alcock), cada cajón se divide en compartimentos cuyas dimensiones interiores son (8,5x60x3,3 cm). Cada compartimiento podrá contener una mezcla diferente. Las mezclas se dejan secar en un lugar ventilado, protegidas de la radiación solar directa y de toda variable que pueda comprometer o acelerar excesivamente el proceso de secado (mayor a siete días). La retracción lineal se mesura, una vez completado el proceso de secado, parando el cajón y midiendo el espacio que se generó entre las muestras y la parte superior y lateral del cajón. La medida se toma con calibre electrónico. Es posible también apreciar cualitativamente las fisuras que se pueden generar. El porcentaje de retracción representa la relación entre el largo de la muestra después del testeo y el largo de la muestra en el estado original (Ashour; Derbala, 2010). Se puede calcular con la ecuación:

$$retracción(\%) = (\Delta L \div \mathrm{L}) \cdot 100\% \qquad (2)$$

Donde:

ΔL= diferencia del largo de la muestra en estado húmedo y seco
L= largo de la muestra en estado húmedo

4.7 Armado de bastidores para el ensayo de resistencia a la intemperie

Ubicación: laboratorio J. Belanko (El Bolsón, Río Negro); El Cobijo Urbano (San Martín, Buenos Aires).

Equipo y herramientas: baldes; cuchara; clavos; fratacho; martillo; regla; sierra (figura 2).

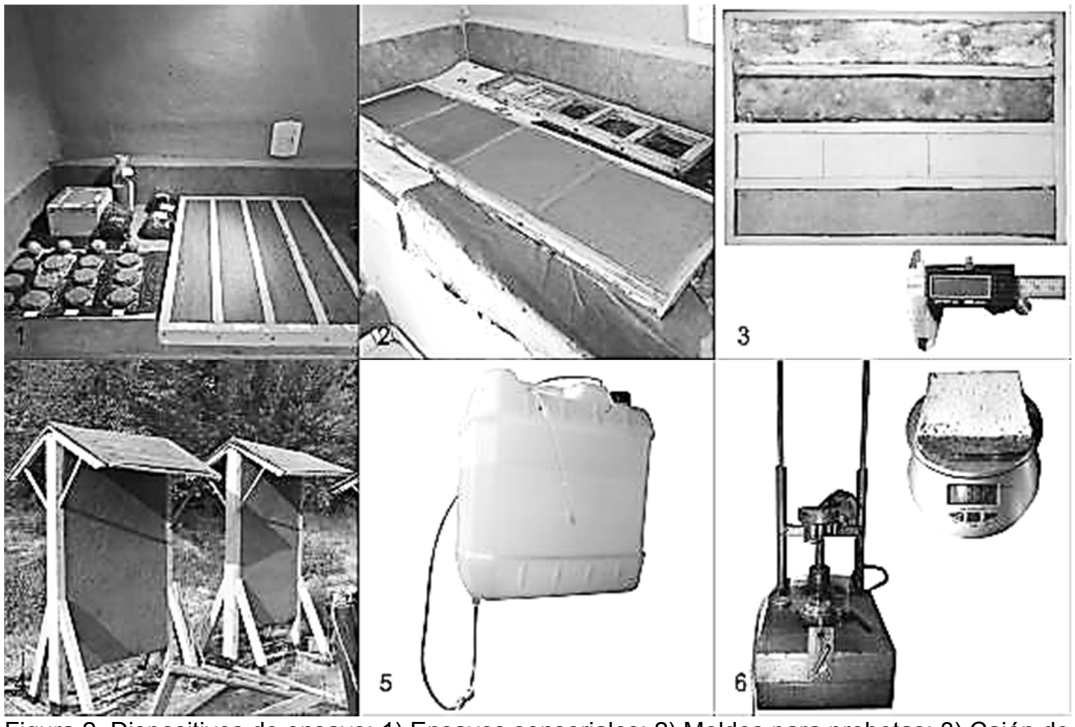


Figura 2. Dispositivos de ensayo: 1) Ensayos sensoriales; 2) Moldes para probetas; 3) Cajón de Alcock y calibre electrónico; 4) Bastidores; 5) Tanque capacidad 10 litros; 6) Máquina con cepillo metálico y balanza electrónica.

Materiales y técnicas: se realizan bastidores con la técnica de la quincha. El bastidor queda orientado sobre el eje Este-Oeste para que las superficies queden expuestas a la

orientación Norte y Sur, al fin de comparar la resistencia del revoque en las dos orientaciones opuestas. Se aplican las mezclas de finos que dieron los mejores resultados en los ensayos de laboratorio.

Descripción del ensayo: además de las pruebas de laboratorio, cuyos resultados pueden ser parciales debido a la escala reducida de las muestras y a la imposibilidad de volver a crear las mismas condiciones climáticas y de uso, se realizaron unos bastidores de quincha cuya dimensión es de un metro de ancho por dos metros de altura. En cada bastidor se aplican dos mezclas diferentes sobre ambas caras. Estos bastidores se expondrán a la intemperie, colocados por arriba de un sobre-cimiento y protegidos por un alero de mínimo 50 cm, para simular las condiciones reales de la pared. El ensayo dura un año para que se puedan registrar los resultados de la exposición del revoque a las cuatro estaciones.

Monitoreo: el monitoreo del ensayo, que tiene la finalidad de relevar los cambios ocurridos en las muestras, se efectúa una vez por semana durante el periodo de secado, en el curso del segundo mes una vez cada 15 días, a partir del tercer mes una vez cada 30 días.

Análisis de los resultados: se analiza de forma comparativa la durabilidad, la fisuración, la adherencia al sustrato, la resistencia a la erosión de los agentes atmosféricos (lluvia, viento, granizo, heladas). Al momento de la redacción de este artículo se armaron los bastidores en el área de El Bolsón listos para recibir los revoques finos.

5. PRINCIPALES RESULTADOS

Los principales resultados obtenidos se presentan en la siguiente Tabla 3. Los aditivos ensayados brindaron una resistencia a la abrasión parecida en ambos suelos. Algunos, como la emulsión asfáltica y la ceniza de madera mejoraron la resistencia tanto a la abrasión como a la erosión hídrica. La ceniza en particular es un material atractivo, por ser barato y fácil de conseguir sobre todo en zonas rurales, por eso en este momento se están realizando ensayos sobre la tierra estabilizada únicamente con ceniza. Por otro lado, la observación de revoques contenientes emulsión asfáltica en las obras ubicadas en el área de El Bolsón demostró una escasa adhesión al sustrato en el caso de una infiltración de agua, ya que la emulsión genera una película que tiende a despegarse en láminas grandes.

Tabla 3. Comparación de los resultados obtenidos según materiales y ensayos

Probeta	Aditivos[1]	Abrasión (g)	Goteo (min)	Retracción lineal (%)
RF1	200% arena	35	220	0,21%
RF1B	200% arena, 30% estiércol	25	135	0,3%
RF1.1	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 30% engrudo	66	266	0,3%
RF1.2.4	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 4% emulsión asfáltica	33	68	-
RF1.2.6	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 6% emulsión asfáltica	13	240	0,5%
RF1.3	200% arena, 30% estiércol, 20% cal-caseína	105	780	0%
RF1.4	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 30% colca	86	635	0,26%
RF1.5	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 50% ceniza, 25% tiza, 30% engrudo	13	95	0,25%

RF1.6	200% arena, 4% aceite de cocina reciclado, 8% cemento, 30% pulpa de papel de diario	80	170	0,21%
RC1	200% arena	17	305	0,26%
RC1.1	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 30% engrudo	6	416	0,32%
RC1.2.4	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 4% emulsión asfáltica	52	-	-
RC1.2.6	200% arena, 4% aceite de lino doble cocido, 6% emulsión asfáltica	-	285	0,48%
RC1.3	200% arena, 30% estiércol, 20% cal-caseína	93	816	0,08%
RC1.4[2]	200% arena, 30% cal-mucilago	189	398	-
RC1.5	200% arena, 30% estiércol, 4% aceite de lino doble cocido, 50% ceniza, 25% tiza, 30% engrudo	4	172	0,18%
RC1.6	200% arena, 4% aceite de cocina reciclado, 8% cemento, 30% pulpa de papel de diario	66	105	0,17%

[1] Los porcentajes son en función de la cantidad de suelo.

[2] La probeta RC1.4 se disgregó en el curso del ensayo de abrasión.

El estiércol brindó una mejor resistencia a la abrasión pero no mejoró la resistencia a la erosión hídrica, probablemente por absorber más rápidamente el agua.

El engrudo aumentó la resistencia a la abrasión, sin embargo es un aditivo complejo de manejar por su necesidad de ser añadido a la mezcla poco antes del uso para evitar que se pudra, las probetas contenientes engrudo secaron más lentamente en los dos climas y en muchos casos dieron resultados muy variables debido a la fermentación a lo largo del proceso de secado.

La cal-caseína reaccionó muy bien a las pruebas de erosión hídrica y retracción lineal, redujo la pulverización y puede ser utilizada con éxito como base para una pintura por su color claro pero no dio buenos resultados en el test de abrasión. Además resulta difícil conseguir caseína en polvo y su preparación es más elaborada: para estos ensayos se recurrió en Buenos Aires al uso de queso fresco y en El Bolsón cortando la leche en polvo con limón, sin substanciales diferencias en los resultados.

El aceite de lino doble cocido en el área de El Bolsón fue difícil de conseguir, teniendo que ser remplazado por aceite para madera sin diferencias en los resultados. Utilizado como sellador, pintado sobre probetas de suelo estabilizado solo con arena, dio muy buenos resultados al test de abrasión (desgaste de uno a dos gramos) y resistió más de 12 horas al test del goteo sin presentar ninguna marca de la gota, unos resultados parecidos se lograron con el aceite de cocina reciclado que constituye una alternativa interesante y más ecológica al aceite de lino.

Es importante señalar que el ensayo al goteo es un ensayo económico realizable aunque no se disponga de un laboratorio, no obstante requiere un seguimiento muy estricto ya que las guías suelen desregularse con el paso del tiempo debido al cambio de presión ejercido por el agua contenida en el tanque. Otro dato a tener en cuenta es la disminución de la eficacia del impacto de la gota sobre la superficie de la probeta, debido a la acumulación de agua al interior del hueco producido por la misma, para obviar a este problema se podría reducir el espesor de la probeta a un centímetro o inclinarla.

6. CONCLUSIONES

Los ensayos realizados hasta ahora permitieron probar y analizar las propiedades de algunos materiales, mezclas y aditivos de uso común. En particular su capacidad de

proporcionar al revoque fino resistencia a la erosión hídrica y a la abrasión, y de reducir los fenómenos de contracción y fisuración.

Al ser similar la composición de los suelos en ambos climas, no se encontraron diferencias significativas en los resultados de los ensayos de laboratorio, a exclusión del tiempo de secado de las probetas, mucho mayor en clima frío, que sugiere descartar ciertos aditivos o inclinarse a la selección de los que reduzcan los tiempos de secado. No obstante se espera observar un mayor rango de comportamiento en los materiales en el ensayo a la intemperie, al ser el clima la variable más notable.

La metodología y el desarrollo de la investigación sugieren un paso a paso que a partir del análisis de las características del suelo, permite establecer si hace falta y en qué medida estabilizarlo primariamente con arena y sucesivamente, según las variables dadas, qué aditivos agregarle. Es notorio que algunos aditivos, por su proceso productivo, parecen adaptarse mejor al cronograma y a la logística de una obra de autoconstrucción más que a los de una obra profesional.

Sin embargo los resultados obtenidos permiten evaluar especialmente la interacción entre aditivos e inducen a realizar nuevos ensayos sobre el suelo estabilizado con un solo aditivo a la vez para obtener resultados enfocados en las propiedades de cada uno.

Los ensayos se completarán con el ensayo a la absorción de humedad y el ensayo de lluvia simulada, y con el monitoreo anual del ensayo a la intemperie, con los cuales se podrán obtener resultados comparativos completos en cuanto al comportamiento de los prototipos de revoques diseñados y ensayados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ashour, T.; Derbala, A. (2010). Shrinkage of natural plaster materials for straw bale buildings affected by reinforcement fibers and drying. CIGR Journal vol. 12 n°1. Disponible en http://www.cigrjournal.org. Acceso Diciembre 2014.

Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT (2012). Evaluación de daños y soluciones para construcciones en tierra cruda. Documento técnico n°32. Disponible en http://www.cdt.cl. Acceso Junio 2015.

Didier-Feltgen, L. (2005). Les enduits en terre. Mémoire DSA-Terre 2002-2004. École d'architecture de Grenoble. Laboratoire CRATerre-EAG.

Guerrero Baca, L.F. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Revista Apuntes, vol. 20, N° 2: 182-201. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. Colombia. Disponible en http://apuntes.javeriana.edu.co/ . Acceso Junio 2015

Houben, H.; Guillaud,H. (1984). Earth Construction Primer. CRATerre/UNCHS-PCD-CRA-AGCD. Brussels. Belgium.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación (1996). IRAM 11603 - Acondicionamiento térmico de edificios - Clasificación bioambiental de la República Argentina.

Melia, P.; Ruggieri, G.; Sabbadini, S.; Dotelli, G. (2014). Environmental impacts of natural and conventional building materials: a case study on earth plasters. ELSEVIER. Disponible en http://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production. Acceso Junio 2015.

Minke, G. (2011). Shrinkage, abrasion, erosion and sorption of clay plasters. Informes de la Construcción Vol. 63. Disponible en http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es.Acceso Septiembre 2014

Minke, G. (2013). Revoques de barro: mezclas, aplicaciones y tratamientos. Bariloche: BRC ediciones.

Rotondaro, R.; Cacopardo, F.; Patrone, J.C.; Rolón, G. (2009). El empleo de la tierra cruda en áreas urbanas pobres. Algunas propuestas para mejorar la vivienda auto-producida en barrios de Buenos Aires y Mar del Plata, Argentina. CD VIIIº SIACOT- IIºSAACT “Arquitectura de tierra y hábitat sostenible”. Tucumán, Argentina. 8 al 13 de junio 2009.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Nora y Jorge Belanko que pusieron a disposición su laboratorio ubicado en la ciudad de El Bolsón (Río Negro) para el desarrollo de esta investigación.

AUTORES

Giulia Scialpi, arquitecta; investigadora en el Programa ARCONTI-FADU UBA, Buenos Aires; responsable del área de proyecto en el grupo ECOHACER Bioarquitectura y Bioconstrucción, El Bolsón.

Natacha Hugón, docente en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires; investigadora de proyecto en el Programa ARCONTI- Instituto de Arte Americano-Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires; Co-directora del Centro CIDART(Capacitación, investigación y diseño en arquitecturas de tierra).

Rodolfo Rotondaro, doctor arquitecto, profesor adjunto e investigador CONICET en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Director del Programa ARCONTI-IAA, FADU UBA. Responsable temático Cátedra UNESCO “Arquitectura de Tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible”(CRATerre/UNESCO. Realiza tareas de investigación, docencia, diseño, transferencia y extensión en el campo de la Arquitectura de Tierra y las Tecnologías Sociales.

14. Comparación entre propiedades físicas y mecánicas de adobes tradicionales y btc estabilizados químicamente

Marcelo Vázquez[1]; Daniel Sebastián Guzman[2]; Jorge Mateo Iñiguez[3]

Universidad de Cuenca- Ecuador

[1]marcelo.vazquez@ucuenca.edu.ec; [2]sgf_9g@hotmail.com; [3]mit_2110@hotmail.com

Palabras claves: bloques de tierra comprimida, estabilización, cloruro de sodio, cal, cáscara de arroz

Resumen

La crisis energética suscitada en la década de los 70 obligó a los países a buscar soluciones ecológicas en el campo de la construcción para reducir su consumo desmedido, en este contexto, los sistemas constructivos conformados por bloques de tierra adquirieron mayor importancia desplegándose investigaciones que buscan lograr mejoras técnicas tanto del sistema como de los materiales que lo constituyen. Desde esta visión la investigación pretende contribuir al desarrollo tecnológico, proponiendo una combinación de materiales alternativos que reemplacen a los empleados comúnmente como estabilizantes para la producción de bloques de tierra y así generar una técnica constructiva benéfica para el medio ambiente. De manera concreta se utiliza el prensado hidráulico para lograr piezas de tierra que mejoren las características mecánicas del material. Para su estabilización se experimenta con fibras vegetales alternativas a las que se han venido utilizando. Adicionalmente, en la investigación se experimenta con estabilizantes que cumplen características ecológicas y de menor impacto ambiental en su obtención. El reciclado es otra particularidad que se contempla en el estudio, partiendo de las disponibilidades del mercado y su costo de obtención. Para la elección del estabilizante óptimo se utiliza una matriz basada en parámetros ponderados que den como resultado el que mejor cumpla con los objetivos de la investigación. La producción de los bloques experimentales ha sido sometida a estudios físico-mecánicos utilizando normas internacionales de construcción en tierra; el método comparativo ha permitido lograr resultados entre los adobes tradicionales y los adobes mejorados. El resultado de los ensayos físico-mecánicos, demostrarán la eficacia de los estabilizantes experimentales, en el caso concreto de la investigación nos referimos a la cáscara de arroz y al cloruro de sodio con cal.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación desarrolla una propuesta de mejoramiento de los bloques de tierra. Se da esta denominación a los mampuestos de tierra sin cocer que pueden contener una fibra vegetal u otros materiales para optimizar sus propiedades técnicas.

El sistema constructivo en adobe ha sido utilizado por distintas culturas a lo largo de la historia, en el caso de Ecuador y más concretamente en la región del austro los pueblos pre-hispánicos empleaban la tierra (adobe y bahareque) como material predominante para la construcción de sus viviendas (Pesantes; González, 2011). Sin embargo, en la actualidad, estas prácticas constructivas han caído en desuso debido a la introducción de nuevas técnicas de construcción que han provocado una subvaloración y desprestigio de estos sistemas.

A partir de esta problemática surge el interés por revalorizar el sistema constructivo de bloques de tierra debido a sus ventajas como sistema constructivo, además la tierra -insumo principal para la elaboración de los bloques- es de fácil obtención y no necesita de mano de obra especializada para su extracción.

Con el fin de desarrollar una propuesta de mejoramiento del material que constituye dichos bloques, se realiza un estudio práctico donde se emplean 3 tipos de estabilización que buscan optimizar las propiedades físico-mecánicas del bloque. Primero se emplea la estabilización física donde se realiza un correcto diseño de mezclas para la tierra con el fin de tener una composición granulométrica óptima; la estabilización mecánica en la cual

se somete a la mezcla de tierra a una prensa hidráulica; y finalmente la estabilización química donde para empezar se realiza el estudio de estabilizantes que modifiquen las propiedades del suelo. Posteriormente se realiza la elección del compuesto óptimo para la estabilización química mediante una matriz capaz de calificarla en cuatro aspectos: impacto ambiental, materiales reciclados, economía y mejora técnica.

2. OBJETIVOS

El objetivo de esta investigación es aplicar la estabilización física, mecánica y química a una propuesta de mejora de bloques de tierra, estudiar sus propiedades físico-mecánicas y compararlas con las propiedades físico-mecánicas de los adobes – bloques de tierra fabricados de forma tradicional.

3. METODOLOGÍA

Para la elaboración de la propuesta de mejora se ha realizado un análisis granulométrico por tamizado del suelo que conforma la materia prima principal para la elaboración de los bloques de tierra, con el fin de conocer su composición. Este análisis se ha realizado aplicando la norma ASTM D-422.

Para la determinación del índice de plasticidad se ha realizado ensayos de límite líquido y límite plástico de muestras de suelo siguiendo la norma ASTM D-4318.

A continuación se han analizado varias posibilidades de estabilización física en las mezclas que conformarían los bloques, esto debido a que en el ensayo granulométrico el suelo con el que se han de realizar los bloques de tierra y los adobes tradicionales cuentan con un porcentaje de arena de del 39% y un porcentaje de finos (arcilla y limos) del 61%. Según Saroza y otros (2008) no existe un consenso al momento de determinar el porcentaje óptimo de arcillas en una muestra para realizar bloques de tierra, sin embargo, el porcentaje mínimo debería ser un 15%. Barrios y otros (1986) mencionan que un porcentaje de arena es admisible entre el 55% a 65%. Al conocer estas connotaciones se ha decidido elaborar bloques de tierra cuya composición granulométrica se encuentre alrededor del 60% de arena y 40% de finos (arcilla y limos). Para esto se tuvo que adicionar arena en el suelo elegido con el fin de conformar una mezcla de tierra que alcance dicha composición granulométrica.

Posteriormente se ha determinado que los bloques se elaborarán mediante el uso de una prensa hidráulica con el fin de compactar la mezcla y determinar si existe una mejora en la resistencia a compresión (Figura 1). La comparación entre el bloque prensado de tierra se realiza con los adobes realizados por métodos tradicionales en el sector donde se realiza el estudio, en Cuenca, Ecuador. Con la finalidad de realizar el análisis comparativo se ha recurrido a un productor de adobes donde se ha elaborado dichos bloques de tierra por métodos tradicionales cuya composición granulométrica es igual a la de los bloques prensados (Espínola; Valderrama, 2011).

Figura 1. Máquina para fabricar bloque prensado y muestras de bloque prensado

Con el fin de optimizar las propiedades físicas y mecánicas del bloque de tierra se ha decidido incorporar estabilizantes químicos para probar su comportamiento al mezclarlos con tierra. Para la elección de los estabilizantes se ha realizado una clasificación según su tipo; posteriormente se ha procedido a elaborar una lista de parámetros mediante los cuales se califica cada compuesto. Los dos agregados con mayor puntuación serán los empleados en la mezcla de tierra que conformarán los bloques.

Para cumplir los objetivos propuestos en esta investigación los parámetros elegidos para calificar a los estabilizantes son los siguientes:

Impacto Ambiental – el impacto ambiental o la denominada huella de carbono se calcula considerando la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera, autores como Wiedmann y Minx (2008, apud Espíndola; Valderrama, 2011), mencionan que para el cálculo del impacto ambiental se toma en cuenta un gas único (CO_2). Con el fin de evaluar el consumo energético en la elaboración de un material se debe tomar en cuenta la energía incorporada en su construcción que considera todos los procesos que fueron necesarios para llevar un material hasta el lugar donde se lo va a utilizar, esto comprende desde extracción hasta energía incorporada por transporte, logrando una calificación a cada material presente en la clasificación según dicho coste energético.

Uso de materiales reciclados y/o reutilización de materiales – se buscan materiales de bajo impacto ambiental o en su defecto materiales que aporten soluciones para reducir el despilfarro energético en la actualidad, se han considerado materiales reciclados como componentes para la estabilización del adobe, es decir, materiales que en su proceso de elaboración usen materia prima reciclada y/o procesada para la conformación de compuestos. También se considera como positivo la re-utilización de desechos.

Economía – se califica el costo extra que significa el agregar el estabilizante para la elaboración de un bloque. Además se califica la disponibilidad del material en el medio en el que se realiza el estudio, en Cuenca, Ecuador.

Mejora de propiedades técnicas del suelo – se realiza una revisión bibliográfica con el fin de identificar si existen estudios que mencionen el uso de cada uno de los estabilizantes en los suelos. Se califica de manera positiva estudios que mencionen el uso de los estabilizantes en suelos para mejorar la resistencia a la compresión y/o resistencia al agua, con el fin de mejorarlas propiedades físico-mecánicas.

Se califica cada apartado con puntajes que va de uno hasta cinco puntos siendo este puntaje el mayor. Se realiza una ponderación con el fin de dar más peso a los parámetros de impacto ambiental y mejora de propiedades técnicas en consideración de ser los más importantes. Estas valoraciones obedecen a un estudio de cada uno de los estabilizantes en la ciudad de Cuenca, Ecuador y la puntuación ha sido otorgada por los autores de este artículo después de conocer las distintas condicionantes presentes en el medio (Tablas 1-2).

Después de identificados los procesos para elaborar los bloques en la prensa hidráulica se ha procedido a su fabricación. Con el fin de identificar si los estabilizantes químicos producen una mejora, se realiza una primera muestra de 25 bloques que no contienen ningún estabilizante químico, cuya composición granulométrica contiene un 60% de arena y un 40% de finos (arcilla y limos). Posteriormente se realizan muestras de igual cantidad de bloques prensados con una similar composición granulométrica y se adiciona en la mezcla en seco el estabilizante químico elegido en porcentajes del 3%, 6% y 10%, es decir, se han realizado muestras cada una con 20 a 30 bloques prensados que contienen 60% de arena 40% de finos (arcilla-limos) y 3%, 6% y 10% de estabilizante. Los estabilizantes empleados en la mezcla son cáscara de arroz y cloruro de sodio. En el caso de los bloques estabilizados con cloruro de sodio se agrega un 2% de cal a la mezcla de tierra ya que después de consultar algunos autores, estos indican que al mezclar este

compuesto con cal se estabiliza aún más. La dosificación utilizada para cada una de las propuestas se muestra en la tabla 3.

Tabla 1. Matriz para calificación de precio de estabilizantes

Estabilizante	Precio por kg	Peso específico kg/m^3	Precio por m^3	Ratio precio (RP)	Puntaje
Cascara de arroz	0,004	780	3,12	100%	5
Escorias de fundición	0,010	1500	15	100%	5
Puzolana	0,017	1100	18,7	100%	5
Cabuya	0,913	60	54,78	80%	4
Cal	0,105	1000	105,4	80%	4
Cloruro de sodio	0,090	1200	108	80%	4
Cemento	0,144	1200	172,8	60%	3
Yeso	0,162	1250	203	60%	3
Almidón de yuca	0,760	500	380	60%	3
Silicato de sodio	0,900	1380	1242	40%	2
Bitumen	2,950	800	2360,0	40%	2
Resinas acrílicas	2,639	1010	2665,5	40%	2
Aceite de linaza	7,149	940	6720	20%	1
Resina epóxica	6,247	1170	7308,6	20%	1

Para la calificación del precio se aplica un ratio o relación entre los estabilizantes. Se obtiene el precio de cada estabilizante por kg y se calcula el precio para 1 m^3. Posteriormente se toma el precio del estabilizante de mayor costo (resinas acrílicas) para 1 m^3; este se divide para el precio de cada uno de los otros estabilizantes. De esta manera se consigue una relación de precio entre todos los compuestos estudiados. Esta relación se establece en porcentajes, dando un puntaje de uno a cinco puntos a cada estabilizante según el porcentaje conseguido

Precio por m^3	Puntaje
%RP>90	5
60<%RP<90	4
40<%RP<60	3
20<%RP<40	2
RP<20%	1

Tabla 2. Matriz para calificación y elección de estabilizantes

Estabilizante	Impacto ambiental	Material reciclado	Disponible	Mejora técnica	Precio	Total	Total ponderado	Ratio calidad
Cascara arroz	5	5	4	3	5	22	21,00	84%
Cloruro de sodio	4	1	5	3	4	17	18,00	72%
Cal	2	1	4	5	4	16	18,00	72%
Escorias de fundición	4	5	1	3	5	18	17,00	68%
Cabuya	4	1	4	3	4	16	17,00	68%
Cemento	1	1	5	5	3	15	17,00	68%
Almidón de yuca	4	1	4	3	3	15	16,00	64%
Silicato de sodio	3	1	4	4	2	14	15,50	62%
Yeso	1	1	5	3	3	13	14,00	56%
Puzolana	3	1	2	2	5	13	13,50	54%
Aceite de linaza	5	1	1	4	1	12	13,50	54%
Resinas acrílicas	1	1	4	4	2	12	13,50	54%

Resina epoxica	1	1	4	3	1	10	11,00	44%
Bitumen	1	1	3	3	2	10	11,00	44%
	20%	10%	20%	30%	20%			

Tabla 3. Dosificaciones de mezclas para la elaboración de bloques prensado

	Estabilizante	% Estabilizante	% Arena	% Arcilla y limo
Bloque Tipo	Ninguno	0	60	40
Bloque A	Cáscara de arroz	3	60	37
Bloque B	Cáscara de arroz	6	60	34
Bloque C	Cáscara de arroz	10	60	30
Bloque D	Cloruro de sodio	3	60	35
	Cal	2		
Bloque E	Cloruro de sodio	6	60	32
	Cal	2		
Bloque F	Cloruro de sodio	10	60	28
	Cal	2		

Con el fin de conocer las propiedades físico-mecánicas de los bloques fabricados se efectúan ensayos de compresión, absorción por capilaridad y humectación. El ensayo de humectación se realiza siguiendo la norma UNE-EN 41410:2008, donde se emplean dos bloques: uno para realizar el ensayo y un segundo como referencia. Para realizar este ensayo se coloca la cara del bloque que va a ser remojada sobre 3 piezas de apoyo de 3 mm de altura. Se añade agua hasta que quede sumergida 10 mm. Se mantiene sumergida 30 segundos. Se deja secar al aire hasta igualar al color del bloque de referencia y se observa su estado, anotando si aparecen las condiciones de rechazo como: grietas aleatorias, hinchamiento, pérdida de capacidad de suelo, penetración de agua en más del 70% de la anchura, perdida de fragmentos mayores a 50 mm. Se debe repetir el proceso seis veces. Se consideran bloques aptos a los que después de pasados los 6 ciclos no presenten ninguna condición de rechazo de las antes mencionadas. Los ensayos de compresión y absorción por capilaridad al igual que el anterior sigue los lineamientos expuestos por la Normativa UNE-EN 41410:2008 para bloques de tierra comprimida por ser la más completa y está acorde a la definición del bloque realizado (BTC). Los ensayos de compresión se han realizado a los 15, 25, 32 días de elaborados los bloques prensados con el fin de identificar la influencia del tiempo de secado en la resistencia a compresión y de esta manera conocer el tiempo óptimo de secado para conseguir una mayor resistencia de las piezas. La variación de tiempo en el desarrollo de los ensayos obedeció a la disponibilidad de la máquina y del laboratorio para realizarlos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 4 se exponen los resultados conseguidos de los ensayos a compresión, absorción y humectación.

Los bloques de tierra estabilizados mecánicamente (bloques prensados) sin ningún tipo de estabilizante se los denominarán “bloques tipo”. Estos obtuvieron resistencias aceptables a la compresión. La normativa española UNE-EN 41410:2008 no estipula un mínimo aceptable para la resistencia a la compresión de bloques. Por esta razón, se toma en cuenta el esfuerzo mínimo admisible para adobes simples o estabilizados estipulados

en la normativa peruana E.080, que específica que la resistencia mínima debe ser superior a 1,17 MPa (12 kgf/cm^2). La resistencia promedio conseguida al ensayar una muestra de 6 “bloques tipo” ha sido 2,03 MPa (20,71 kgf/cm^2). La desviación estándar obtenida al realizar dicho ensayo ha sido de 0,31 MPa. Es necesario puntualizar que la Norma NEC (2011) para el caso de sistemas constructivos en tierra dispone la observancia de la Norma E.080.

Al agregar a la dosificación cáscara de arroz como estabilizante químico existe una mejora en la resistencia a la compresión, esto si comparar con los bloques tipo. Al agregar el 3% del estabilizante se produce una mejora en la resistencia a compresión del 23%, 2,61 MPa (26,63kgf/cm^2). La dosificación de 6% produce una mejora del 14%, 2,30 MPa (23,47 kgf/cm^2). La dosificación que generó mejores resultados fue la correspondiente a la dosificación de 10% que obtuvo una mejora de su resistencia en casi un 50%, 2,84 MPa (29,05kgf/cm^2).

Tabla 4. Promedio de resistencia a compresión, resultados de ensayo de absorción y humectación de bloques prensado

Material	Resistencia a la compresión (MPa)	% de absorción	Humectación	Desviación estandar
Adobe tradicional	0,518	sin ensayo	No cumple	
Adobe tradicional, estabilización física	0,673	sin ensayo	No cumple	
Bloque prensado tipo	2,031	19%	Cumple	0,31
Bloque prensado, Cascara de arroz (3%)	2,612	19%	Cumple	0,30
Bloque prensado, Cascara de arroz (6%)	2,302	15%	Cumple	0,40
Bloque prensado, Cascara de arroz (10%)	2,849	28%	Cumple	0,32
Bloque prensado, Cloruro de sodio (3%)+Cal (2%)	1,708	16%	Cumple	0,34
Bloque prensado, Cloruro de sodio (6%)+Cal (2%)	1,159	21%	Cumple	0,29
Bloque prensado Cloruro de sodio (10%)+Cal (2%)	0,765	28%	Cumple	0,33

En cuanto al tiempo de secado de las piezas, después de realizar los ensayos a los 15, 25 y 32 días, se ha identificado la influencia directa sobre la resistencia a la compresión. Después de ensayar a los 15 días de secado los “bloques tipo”, así como, los bloques con dosificaciones del 3%, 6% y 10% de cáscara de arroz, se ha podido determinar que bloques que contienen 10% de cáscara de arroz obtuvieron resistencias superiores. Mediante el tacto de las piezas, se ha identificado que, internamente, estos bloques contenían menor humedad, esto a diferencia del resto de muestras ensayadas que se ha podido constatar que constaban con mayor humedad, condición que puede haber influido en la resistencia final obtenida. Sin embargo, no existen datos suficientes que permitan corroborar dicha hipótesis. Posteriormente con los ensayos realizados a los 25 y 32 días, la resistencia a la compresión tanto de los “bloques tipo” como de las muestras elaboradas con dosificaciones del 3% y 6% de cáscara de arroz, se demuestra su incremento de modo sustancial. Los especímenes llegan a un pico de resistencia a los 25 días de secado en el caso de bloques empleados con el 3% de cáscara de arroz; y, a los 32 días para los bloques prensados con 6% de cáscara de arroz y los “bloques tipo”.

En el caso de las muestras que contienen 10% de cáscara de arroz si bien existió una mejora en la resistencia a compresión a los 25 y 32 días de secado, ésta resulta insignificante ya que aumentó alrededor del 7%.

Para el caso de las muestras estabilizadas con cloruro de sodio y sal, el ensayo a los 15 días de secado no ha podido ser realizado debido a que los bloques contenían un alto porcentaje de humedad. A los 25 días de secado, se observó que los bloques, cuya dosificación contenían un 3% de cloruro de sodio y 2% de cal, podían ser sometidos a los ensayos de compresión porque se encontraban con menor porcentaje de humedad. No obstante, los bloques con el 6% y 10% de cloruro de sodio aún se hallaban húmedos. A los 32 días de secado los bloques con el 6% y 10% de cloruro de sodio todavía contenían un porcentaje de humedad significativo, que se evidenciaban en sus cantos, sin embargo, se procedió al ensayo de compresión con el fin de conocer su resistencia.

Los bloques prensados con el 3% de cloruro de sodio a los 15 días de secado y curado, obtuvieron resistencias superiores a la especificada en la normativa E.080, 1,70 MPa (17,42 kgf/cm^2), sin embargo, estas fueron inferiores a las obtenidas por los “bloques tipo”; a los 32 días la resistencia a la compresión fue similar.

Los bloques prensados con el 6% y 10% de cloruro de sodio ensayados únicamente a los 32 días -las muestras seguían húmedas a los 15 y 25 días- dieron como resultado resistencias extremadamente bajas que no cumplen con los mínimos especificados en la normativa E.080, 1,15 MPa y 0,76 MPa (11,82 kgf/cm^2 y 7,80 kgf/cm^2 respectivamente).

Ulteriormente a los ensayos, se ha observado que todas las piezas de bloque prensado estabilizadas con cloruro de sodio, internamente contenían un alto porcentaje de agua aún a los 32 días de producción debido a que el estabilizante mantiene la humedad de la pieza y dificulta su secado.

Finalmente, de los ensayos realizados a los 15, 25 y 32 días se concluye que en el caso de los bloques estabilizados con cáscara de arroz, el tiempo adecuado de secado se encuentra entre los 15 y 25 días, a su vez, la tendencia evidenciada en los sondeos indican que al agregar mayor cantidad del estabilizante se necesita menor tiempo de secado, sin embargo, si existe una mayor cantidad de material, esta repercute en una menor resistencia debido a la absorción de agua de la pieza.

4.1 Ensayos de humectación

En los ensayos de humectación se ha observado que a excepción de la pieza estabilizada con un 10% de cáscara de arroz -que presentó condiciones de rechazo-, el resto piezas de bloque prensado cumplen con la normativa. Se ha identificado que a mayor porcentaje de cáscara de arroz agregada a la mezcla menor es la resistencia ante la humedad.

4.2 Ensayos de absorción

El ensayo ha permitido determinar que el porcentaje de humedad promedio de los “bloques tipo” es del 19%.

En cuanto a los bloques estabilizados con cáscara de arroz, los que contienen un 10%, absorben mayor cantidad de agua, llegando a un porcentaje promedio del 28%. Sin embargo, las muestras que contienen el 3% y 6%, tienen un porcentaje de absorción del 19% y 15% respectivamente. Según Minke (2001), esto se debe a la cantidad de poros generados en la mezcla de tierra con fibras vegetales. Las muestras estabilizadas con el 3% de cloruro de sodio y 2% de cal reducen la absorción del agua en un 3% con respecto a los “bloques tipo”.

Las muestras estabilizadas con 6% y 10% de cloruro de sodio y un 2% de cal en ambos casos tienen un porcentaje de absorción promedio mayor, siempre comparando con el “bloque tipo” que no contiene ningún estabilizante.

La normativa UNE-EN 41410:2008, que se ha tomado como referencia para realizar los ensayos, no específica un porcentaje máximo admitido. Sin embargo, después de la investigación realizada, se puede concluir que los porcentajes de absorción obtenidos por las piezas elaboradas en esta investigación son aceptables, ya que, bloques de tierra prensada con patente registrada y calidad comprobada – similares a los realizados en esta investigación (como BTC con patente registrada como Cannabric o Bioterre)- tienen porcentajes de absorción que oscilan entre el 30% y 40%.

4.3 Comparación de propiedades técnicas entre adobe tradicional y propuesta de mejoramiento

La resistencia a la compresión de los bloques prensados supera en alrededor del 500% a los adobes tradicionales.

En el caso de los adobes tradicionales, no se han realizado ensayos de absorción debido a que distintos autores mencionan que la pieza tradicional fracasa antes de terminar dicha prueba. La resistencia a la humedad entre los adobes tradicionales y los propuestos en la investigación demuestran un incremento significativo en este orden, la razón, el prensado reduce la cantidad de poros, consiguiéndose menor absorción.

5. CONCLUSIONES

La compactación en prensa hidráulica genera un aumento significativo en la resistencia a la compresión y absorción de humedad de la pieza. Este aumento es concluyente si se compara con el adobe realizado por métodos tradicionales.

Al aplicar la compactación en una prensa hidráulica se ha constatado que existe una mejora sustancial en cuanto al tiempo de producción de las piezas. La máquina empleada al contar con una mezcladora mecánica y una prensadora con un molde múltiple -3 bloques simultáneamente- puede producir de 70 a 100 bloques prensados por hora con la participación de 4 obreros.

La estabilización química cumple un papel preponderante en la realización de una propuesta de mejoramiento para el adobe. La combinación del barro con materiales alternativos (estabilizantes) a los empleados en la construcción tradicional (paja) influye de manera directa en sus propiedades físico-mecánicas.

De los estabilizantes adicionados, se concluye que la cáscara de arroz funciona como material de mejoramiento y optimiza las propiedades técnicas del bloque prensado. Su bajo precio, así como, el poco volumen necesario de material para realizar el mejoramiento, hace que el costo de optimizar la resistencia sea casi nulo.

En cuanto al cloruro de sodio, se debe descartar su utilización como material de mejoramiento para el bloque prensado, ya que ralentiza el tiempo de secado, siendo incluso superior al de los adobes tradicionales. En cuanto a la resistencia a la compresión, tampoco se podría considerar como un compuesto que mejore su propiedad mecánica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Española de Normalización y Certificación (2008). UNE 41410 – Bloque de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Madrid: AENOR.

ASTM International D-4318-10 e1 (2010) Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of doils. DOI: 10.1520/D4318

ASTM International D-422-63 (2007) e2. Standard test method for particle-size analysis of soils. DOI: 10.1520/D0422-63R07E02

Barrios, G.; Alvarez, L.; Arcos, H.; Marchant, E.; Rosi, D. (1986). Comportamiento de los suelos para la confección de adobes. Informes de la Construcción, 37(377), 44-49.

Espíndola, C.; Valderrama, J. (2011). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. Información Tecnológica, 163-176. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642012000100017

Minke, G. (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Kassel: Forschungslabor fur Experimentelles Bauen.

Norma Técnica de Edificación (1999) NTE E.080. Adobe. Lima: SENCICO

Norma Ecuatoriana de Construcción (2011). NEC – SE – VIVIENDA. Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m. MIDUVI

Pesántes, M.; González, I. (2011). Arquitectura tradicional en Azuay y Cañar. Técnicas, creencias, prácticas y saberes. Cuenca: INPC Regional 6

Saroza, B.; Rodriguez, M.; Menendez, J.; Barroso, I. (2008). Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Vladés, Villa Clara, Cuba. Informes de la Construcción, 60(511), 41-47.

Wiedmann, T.; J. Minx. (2008). A definition of carbon footprint In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends, n. 1, p. 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. Disponible en: http://www.censa.org.uk/docs/ISA-UK_Report_07-01_carbon_footprint.pdf

AUTORES

Marcelo Vázquez Solórzano, Arquitecto, Docente Titular del Área de Construcciones, Facultad de Arquitectura y Urbanismo-Universidad de Cuenca. 3er lugar premio ODEBRECHT edición 2014. Director de la Investigación “La Arquitectura y la construcción de Ecuador involucrada en el quehacer de la construcción sostenible” desarrollado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

Sebastián Guzmán Freire, Egresado de la Facultad de Arquitectura Universidad de Cuenca (2014), Auxiliar Investigación en proyecto de investigación “La Arquitectura y la construcción de Ecuador involucrada en el que hacer de la construcción sostenible” desarrollado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

Mateo Iñiguez Tinoco, Egresado de la Facultad de Arquitectura Universidad de Cuenca (2014).

15. PROPUESTA DE PANELES ESTRUCTURALES MODULARES DE BAHAREQUE PREFABRICADO DE MADERA

Juan Pablo Astudillo Cordero[1]; Nina Vacacela Albuja[2]

[1]Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca; A+P Proyectos. InLab_Cuenca Laboratorio de Innovación de Cuenca. juan.astudillo@ucuenca.edu.ec; juanpa_ascor@hotmail.com; Inlab.cue@hotmail.com

[2]Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca. ninav103@hotmail.com

Palabras clave: panel estructural de bahareque, construcción modular

Resumen

La experimentación con tierra comienza con la puesta en valor de las técnicas constructivas tradicionales, el bahareque realizado en obra pero adaptado a estéticas contemporáneas o a nuevas formas de habitar, han sido ejemplos realizados en las áreas rurales de la provincia del Azuay. Uno de ellos merecedor del 2do premio en la Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito, año 2012. Construcciones colectivas y sociales, en las que, tanto el arquitecto como los propietarios forman parte del proceso intelectual y material de la obra. Con éstas experiencias y una vez legitimado el sistema, se plantea una propuesta de investigación de pregrado que debía buscar: un sistema versátil, tradicionalmente conocido, que no requiera mano de obra especializada, que no contamine, antisísmico, de bajo costo y que genere empleo, permitiendo la construcción artesanal familiar o comunitaria. El bahareque lo cumple y la tierra es el material idóneo, pues, es factible utilizarla en todas las regiones del país. Se proyectó un panel (60 cm x 240 cm x 10 cm), modular y estructural, se estudiaron materiales, mediciones, pruebas y simulaciones virtuales, maquetas y prototipos a escala real que sometidos a carga, dieron como resultado una resistencia mayor a los 250 kg/panel. Se concluyó con un sistema constructivo completo, desde los cimientos hasta la cubierta, haciendo uso para el entrepiso y contrapiso de una loseta prefabricada de madera resultado de una investigación de post grado. Para comprobar su aplicación, docentes y estudiantes en conjunto con el Municipio de Saraguro-Loja, realizaron un taller de construcción y lectura de planos, enfocado al público obrero de la zona antes nombrada, quienes en un futuro posible, serán los usuarios del panel, retroalimentando la propuesta con sus saberes empíricos y construyendo al finalizar un prototipo de 9m2, que demostró la facilidad de armado, reducción de tiempos, resistencia y que la estandarización de un sistema tradicional es posible.

1 INTRODUCCIÓN

Las soluciones planteadas en el Ecuador y Latinoamérica para la vivienda social y económica han generado propuestas de baja calidad ambiental y estética, basando su economía en la reducción de espacios o en la producción en serie de modelos y técnicas, importando, para esto, materiales que lo permitan o la materia prima para elaborarlos, generando contaminación en sus procesos y un costo adicional en su transporte. Peor aún, dichas soluciones habitacionales no reconocen la diversidad cultural en los hábitos de uso del espacio o la realidad climática de cada región del país.

La legitimidad de la propuesta se fundamenta en la versatilidad del sistema, generada a partir del uso de un material como la tierra, abundante e históricamente responsable y resistente, que permita su uso en todas las regiones y climas del Ecuador, así como su adaptabilidad a varios sistemas de arrostramiento como la madera, el hormigón y el metal. Establece la modulación y estandarización en la construcción reduciendo la contaminación en todos sus procesos, tomando como punto de partida el rescate de los conocimientos arquitectónicos ancestrales del bahareque, transformados en una propuesta constructiva sencilla, con materiales al alcance de todos y que reduce el tiempo en la construcción y los costos; inserta en el sistema productivo nacional materiales renovables y reciclados y que pueden ser autofabricados o elaborados en pequeñas industrias.

OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Ofrecer una alternativa de construcción sustentable, saludable para la sociedad y el medioambiente, de fácil armado, transporte y colocación, que permita la autoconstrucción, sea económica y autoportante y que tenga en cuenta parámetros térmicos y acústicos.

1.2 Objetivos específicos

a) Mejorar la técnica del bahareque, sistematizando su construcción, optimizando su estructura, armado, aplicación, relleno y recubrimiento.

b) Demostrar su sostenibilidad ambiental, económica y social en contraste al sistema constructivo tradicional de bloque y ladrillo.

c) Elaborar un modelo flexible que pueda construirse en cualquier parte del Ecuador, en pequeñas fábricas y/o a pie de obra.

d) Ofrecer diferentes posibilidades de panel con diversas opciones de uso, acabado y aplicación rural/urbana.

2 ALCANCE

El panel podrá ser aplicado en todo el territorio ecuatoriano por su versatilidad, ya que para la elaboración del mismo se utiliza la tierra propia del lugar con mejoras en sus proporciones y características, (ver dosificación del recubrimiento). Por sus propiedades estructurales: se pueden construir viviendas de uno a tres pisos y por su recubrimiento: en cualquier clima, pues “el barro posee la propiedad de regular la humedad ambiental y la temperatura interior; absorbiendo y expulsando la humedad más rápido y en mayor cantidad, que los demás materiales de construcción” (Minke, 2001, p. 36).

3 FUNDAMENTO TEÓRICO

El bahareque o quincha es un sistema constructivo tradicional de Sudamérica y Panamá, que consiste fundamentalmente en una estructura fija y estable de madera anclada al cimiento, cubierta con palos delgados, carrizo o caña y barro (figura 1). Frente a los demás sistemas constructivos en tierra, éste presenta las siguientes ventajas: menor peso, menor sección, mejor comportamiento ante sismos y la utilización de cualquier tipo de tierra, pues esta es usada solamente como relleno.

Figura 1 – Pared de bahareque (Crédito: Valeria Bustos)

En pocos sectores del Ecuador y en algunos países, se están buscando nuevas soluciones, como la quincha prefabricada y el bahareque encementado. La quincha prefabricada consiste en paneles modulares de madera y carrizo (no portantes), que son colocados dentro de una estructura puntual de madera y recubiertos en obra con una capa de barro y mortero de cemento. El bahareque encementado es un muro de guadua y/o madera, recubierto con malla de gallinero y mortero de cemento.

Ninguno de los sistemas anteriores generan un sistema modular ni prefabricado; no incentivan la pequeña industria y utilizan cemento para su mejoramiento; pero sin duda son un aporte para la revitalización e innovación de los sistemas constructivos tradicionales.

5 PROBLEMÁTICA A ABORDAR

La construcción de vivienda con materiales que generan contaminación mediante las emisiones de CO_2, generados por la sobreutilización de energía en los procesos desde su creación hasta su desmaterialización; la utilización de materiales importados en los cuales se incluye un gasto energético innecesario y un incremento en los costos. Cabe destacar que: "el sector de la edificación es el responsable de casi el 40% de las emisiones de CO_2 a la atmósfera debido a los elevados niveles de consumo energético del mismo[9]". Además, la mayoría de los recursos utilizados en la actualidad no son renovables, con sólo el 5% del flujo de material procedente de fuentes renovables, a excepción de la madera y los productos de fibras y plantas (Borsanii, 2011, p.15).

6 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

Se buscó un sistema versátil de construcción, tradicionalmente conocido, que no requiera mano de obra especializada, que no contamine, que se comporte bien ante sismos, que reduzca costos y genere empleo a otra escala y permita la construcción artesanal familiar o comunitaria a través de la minga. Mediante la investigación previa se confirmó que el bahareque cumplía con todo lo anterior; que la tierra era el material idóneo para esto y que su utilización es factible en todas las regiones del país.

Por lo tanto se genera un sistema constructivo alternativo, mediante la Indagación de materiales y proporciones y la elaboración de pruebas, mediciones y simulaciones virtuales con programas adecuados, lo cual lleva a la solución del proyecto.

7 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este apartado, se exponen las etapas en la fabricación del panel, justificando técnicamente el uso de materiales, así como las soluciones constructivas, para ello se subdividen sus procesos en: estructura del panel, la aplicación de preservantes sobre ella, escogiendo el menos tóxico, el entramado interno y que sujetará en lo posterior al acabado, así como el aislante térmico y acústico que será sujeto a mediciones para determinar sus cualidades. Se detallará el acabado final, así como los detalles de armado del panel. Así al final se demostrará con las pruebas apropiadas la versatilidad y validez del sistema.

7.1 Estructura

Ecuador se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, por lo que la estructura de madera representa una solución óptima y económica. Se escoge el pino radiata, pues proviene de bosques implantados que no generan problemas de deforestación

[9] Certificaciones energéticas y proyectos (http://certificarq.es/?p=423)

Tabla 1 – Ficha técnica de la madera de pino (PADT, 1984)

Nombre científico	*Pinus sylvestris*
Dureza	media
Secado	fácil y lento al aire libre, presentando deformaciones leves
Resistencia a la deformación	media
Trabajabilidad	fácil, presentas defectos muy leves en el cepillado y moldurado
Durabilidad	no es resistente al ataque de hongos e insectos
Usos	estructura de viviendas, muebles, envases, tableros, aglomerados y contrachapados
Densidad	0,4 g/cm^3
Módulo de elasticidad de flexión	110,2 kgf/cm^2
Módulo de ruptura de flexión	1780 kgf/cm^2
Compresión paralela	299 kgf/cm^2
Compresión perpendicular	74 kgf/cm^2

Se utilizan dos tablones de madera de 10 cm x 240 cm, unidos entre sí mediante transversales cortafuegos, con uniones y destajes a caja y espiga, o pasadores de madera, evitando clavos o tornillos, facilitando así su armado por mano de obra no calificada (figura 2).

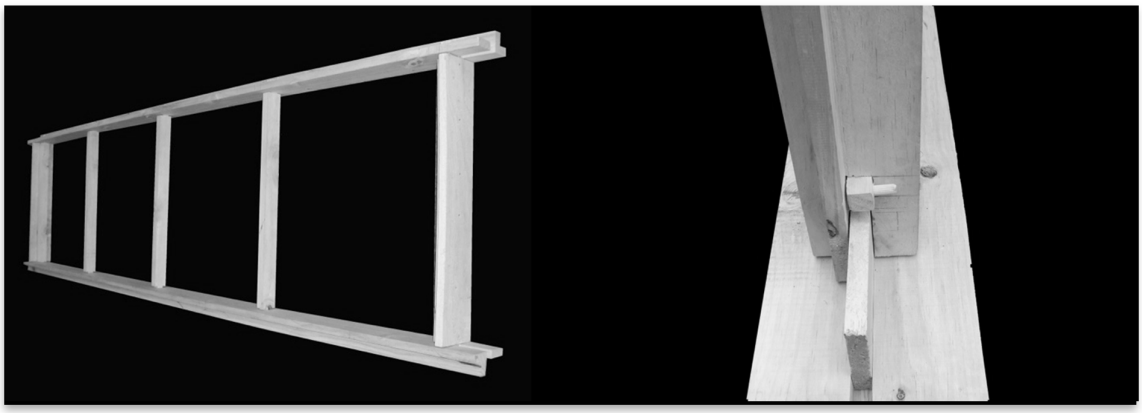


Figura 2 – Imagen de la estructura y detalle de unión con pasadores

7.2 Preservantes

Son esenciales, debido a las características del pino.

De los diversos métodos y sustancias para proteger la madera, se escogen los menos tóxicos. Por lo tanto se utiliza bórax[10] y ácido bórico mediante el método de inmersión[11] y por último se aplica una capa de aceite de linaza para proteger la madera de las inclemencias del tiempo (ver tabla 2 toxicidad de los preservantes). El tiempo de inmersión son 48 horas y por cada litro de agua se colocan 10 g de bórax y 10 g de ácido bórico (Salazar, Díaz, 2001, p.3).

[10]según EPA lo ha calificado como un pesticida seguro p. 255.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_12.pdf

[11]el cual presenta menos riesgos industriales y produce menos contaminación, debido a que pueden reutilizarse los residuos líquidos (Berrocal; Muñoz; González, 2004, p.2)

Tabla 2 – Toxicidad de los preservantes

Nombre	Composición	Toxidad	Contaminan agua y suelos	Carcinogénica
Sales CCA	dicromato de potasio	x	x	x
	sulfato de cobre	x	x	
	pentóxido de arsénico	x	x	x
Sales CCB	dicromato de potasio	x	x	x
	sulfato de cobre	x	x	
	boro	x		
Creosota	diferentes compuestos químicos	x	x	x
Preservante 1	bórax	x		
	ácido bórico	x		
	dicromato de sodio	x	x	x
Preservante 2	ácido bórico	x		
	sulfato de cobre	x	x	
	dicromato de sodio	x	x	x
Preservante 3	aceite de linaza	x		

7.3 Aislante y entramado

El aislante, esencial para el confort acústico y térmico, será realizado con materiales naturales y/o reciclados que dependen de su accesibilidad, temporada y precio, como: el pucón (hoja que envuelve la mazorca de maíz), hojas de habas, hojas de arveja, viruta, residuos de tela, etc. comprimiéndolo con el material de entramado adecuado para el lugar de construcción (figura 3).

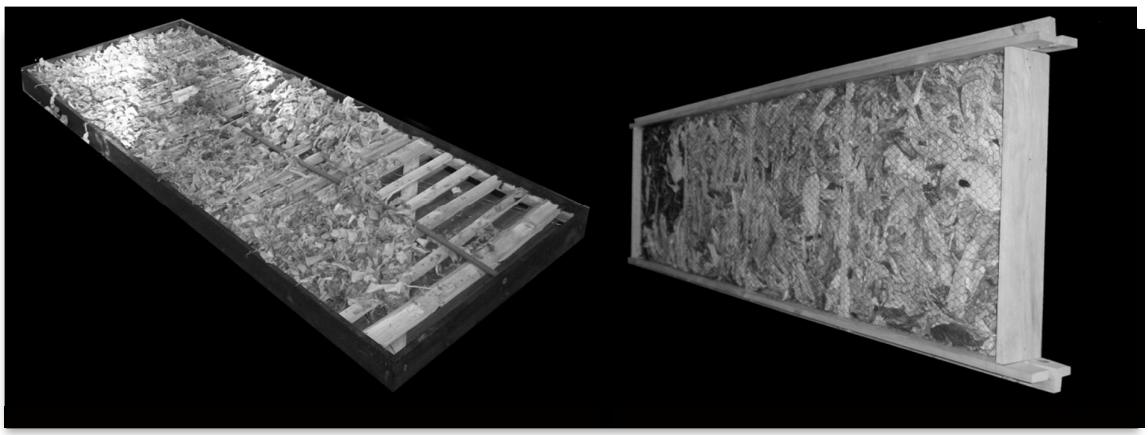


Figura 3 – Imagen del aislante de viruta y pucón

Figura 4 – Imagen del entramado de caña guadua o malla de gallinero

Para el entramado alternativas como la caña guadua (gramínea de gran altura) o el carrizo (gramínea que crece cerca del agua), colocando diagonales de madera para rigidizar su estructura (figura 3) o malla de gallinero, sin diagonales pues estructural (figura 4).

7.4 Recubrimiento

Se eligió la tierra, gracias a sus propiedades y facilidad de obtención, ya que por ser un material de recubrimiento, no requiere características específicas y puede ser obtenida de cualquier lugar.

La dosificación del recubrimiento planteada es de cada 6 kg de tierra -75% arena y 25% arcilla (Abad; Aguirre; Pañega, 2011-2012)- se añaden, en volumen, 8% cabuya, 8% de

estiércol de caballo y 4% de engrudo. La cantidad de agua depende de la humedad de los materiales, y se irá añadiendo hasta obtener una mezcla pastosa.

Se pueden colocar una o dos capas de revoque dependiendo del fisuramiento que se haya producido después del secado, capas de revoque (figura 5).

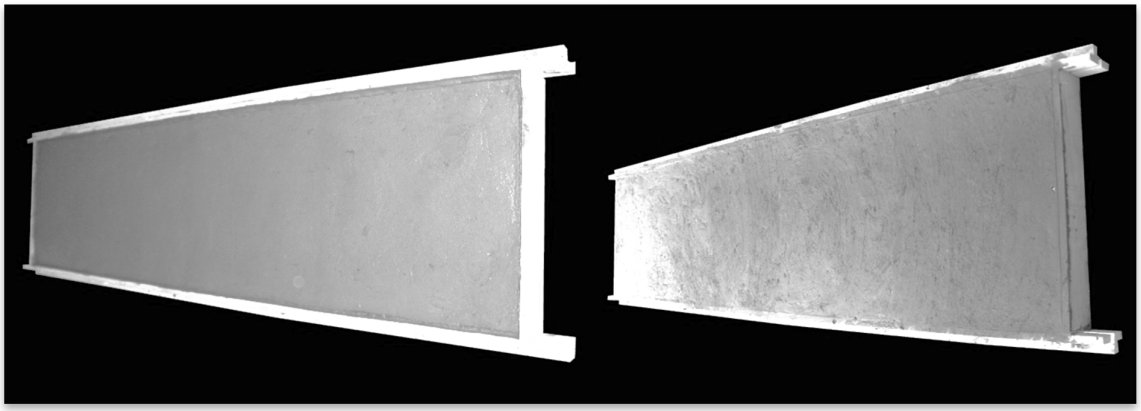


Figura 5 – Primera y segunda capa de revoque

7.5 Propiedades del barro

a) Regula la humedad ambiental; pues absorbe y expulsa la humedad más rápido y en mayor cantidad, que los demás materiales de construcción. Almacena calor; en zonas climáticas donde las diferencias de temperatura son amplias, el barro regula el clima interior.

b) Ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental; ya que el barro necesita el 1% de la energía requerida para la preparación, transporte y elaboración del hormigón armado o ladrillos cocidos.

c) Es reutilizable; pues solo necesita ser triturado y humedecido con agua.

d) Es un material apropiado para la autoconstrucción; pues puede ser preparado con herramientas sencillas, por personas no especializadas.

e) Preserva la madera y otros materiales orgánicos en contacto directo con él, debido a su bajo equilibrio de humedad de 0.4-6% en peso y su alta capilaridad, por lo que insectos y hongos no pueden destruir el elemento, pues necesitan como mínimo el 14% y 20% de humedad para vivir (Minke, 2001, p.17).

Se comprueba este último punto mediante la elaboración de 3 bolas de barro de 10 cm de diámetro con viruta en la mitad (figura 6), luego se parten a los 15, 30 y 60 días (figura 7), y se observa que la viruta está totalmente seca y no presenta inicios de pudrición.

Figura 6 – Bola de tierra

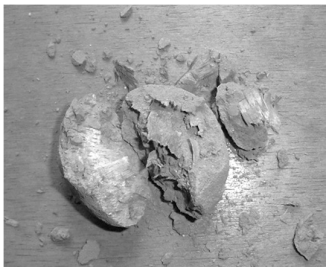


Figura 7 – Tierra-viruta

Se realizan recubrimientos impermeables diferentes, aceite de linaza[12], capa de revoque al fuego con aditivos, con suero y con sábila. El procedimiento consistió en la elaboración de esferas de barro con las sustancias antes detalladas y que por observación según el tiempo de inmersión en agua modificaron sus características y morfología, pudiendose obtener el cuadro siguiente (figuras 8 y 9):

Tabla 3 – Aceite de linaza como impermeabilizante

Aditivos	Presenta bubujas	Se fisura	Se disgrega
Sin aditivo	al instante	al min	a los 5 min
Suero	al min	10 min	a los 15 min
Sábila	a los 5 min	10 min	a los 7 días
Aceite de linaza	no	20 días	no

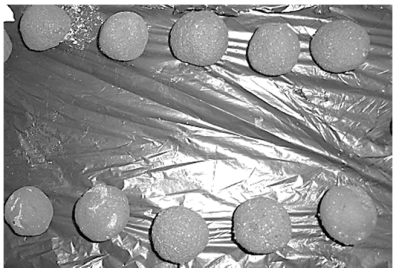


Figura 8 – Muestras de tierra

Figura 9 – Tierra en inmersión

7.6 Comportamiento térmico y acústico

No todos los aislantes térmicos son buenos absorbentes acústicos, pues estos aislantes incorporan en su estructura mucho aire, por lo que tienen poca masa. Sin embargo, si el impermeabilizante tiene una estructura porosa como las fibras naturales (celda abierta), tiene buenas propiedades de absorción acústica y la capacidad de convertir en calor parte de la energía que incide sobre ellos (Cecor, 2011).

En el ECOTEC[13] se realizó una comparación entre el panel de bahareque de 10 cm de espesor que contempla 2,5 cm de tierra a cada lado, mejorado (impermeabilizado con fibras naturales), el ladrillo de 14 cm de espesor y el bloque de 15 cm de espesor y enlucido con mortero en dosificación 1-3 y de 1,5 cm de espesor (figuras 10-12), obteniendo mejores resultados térmicos el panel de bahareque (tabla 4).

El procedimiento para la elaboración de las pruebas térmicas se genera a partir de la introducción de los datos de las cualidades del muro, es decir, espesor, características y coeficientes de absorción de los materiales que incluye el software antes citado. Además se simulan las características ambientales y climáticas de la provincia austral de Loja-Ecuador, lugar de emplazamiento del prototipo para la medición real.

[12]es utilizada en las construcciones en tierra, pues es resistente a las inclemencias del tiempo y a la abrasión (Minke, 2001, p.50)

[13] ECOTEC: programa utilizado para realizar análisis de radiación solar, porcentajes de sombra, diagramas de trayectorias solares interactivas y análisis de la iluminación natural y artificia y para diseñar elementos bioclimáticos pasivos.

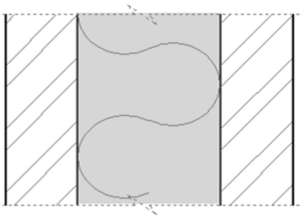


Figura 10 – Panel de bahareque

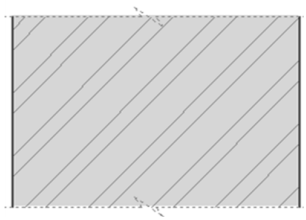


Figura 11 – Pared de ladrillo

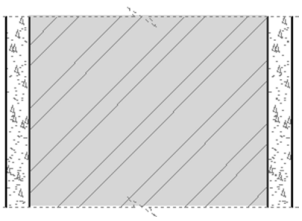


Figura 12 – Pared de bloque enlucido

Tabla 4 – Resultados térmicos

Panel/Pared	Bahareque	Ladrillo	Bloque
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	0,91	3,14	4,68
Acceso ($W/m^2 \cdot K$)	2,55	4,38	5,51
Absorción térmica (0-1)	0,495	0,495	0,545
Disminución térmica (0-1)	0,92	0,82	0,85
Aislante térmico (h)	4	4	5

La transmisión de ruido se comprobó empíricamente, a través de una prueba de impacto, resultando la tierra la que obtuvo el mejor comportamiento. Para la comparación se establece lo siguiente: el coeficiente de absorción de la madera es la mitad que la del hormigón y que la del ladrillo (tabla 5).

Tabla 5 – Coeficientes de absorción acústica
Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Argentina.

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Madera	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Bloque enlucido		0,02	0,03	0,04	0,05	
Ladrillo	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07

Por lo tanto y luego de la comparación establecida en los cuadros anteriores, se determina que: el material con mejor comportamiento térmico y acústico es el panel prefabricado de bahareque, pues por similitud, la madera y la tierra transmiten teóricamente la misma intensidad de sonido. Determinándose por tanto que dicho panel estaría por sobre la construcción común en paredes de bloque y ladrillo.

7.6.1 Comportamiento real: térmico, acústico y de humedad

Para realizar las pruebas térmicas, acústicas y de humedad, se realizaron ensayos durante una semana en tres módulos con materiales diferentes: paneles de bahareque (M1), ladrillo (M2) y bloque (M3) (figuras 13-15 y tabla 6).

Figura 13 – Módulo 1

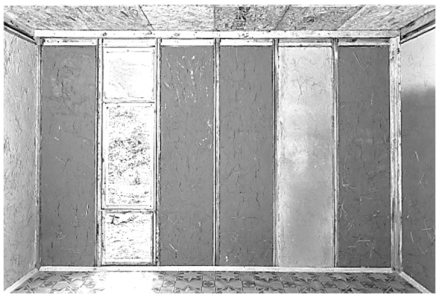
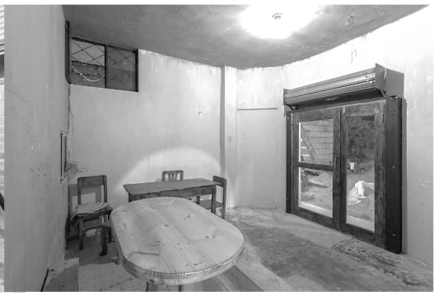


Figura 14 – Módulo 2

Figura 15 –



Módulo 3

Tabla 6 – Características de los módulos

Parámetros	Módulo 1 M1	Módulo 2[1] M2	Módulo 3[1] M3
área (m^2)	13	15	13
distancia a la Panamericana Cuenca-Loja (m)	60	20	10
material de pared	paneles de madera, con aislante de fibras naturales y recubrimiento de barro	estructura de madera y relleno de ladrillo sólido	bloque enlucido y pintado
material de piso	losas prefabricadas con madera y MDF, recubiertas con una lámina de vinil	ladrillo	hormigón
cubierta	losas prefabricadas con madera y MDF, protegidas con planchas de zinc	vigas de madera, duelas y teja	losa de hormigón
distancia a M1 (m)		170	200
altura (metros sobre el nivel del mar)	2886	2876	2866

[1] Los módulos de bloque y ladrillo son módulos habitados

Para realizar las mediciones y establecer las comparaciones se utilizaron los instrumentos presentados en la tabla 7. Los ensayos térmicos, acústicos y de humedad relativa se realizan al interior y al exterior de cada módulo, tres veces al día (6:00h, 13:00h y 20:00h).

Tabla 7 – Equipos utilizados

Equipo	Descripción
Anemómetro	Aparato meteorológico que se usa para la predicción del clima y específicamente, para medir la velocidad del viento. Permite medir temperatura, humedad relativa, humedad específica, punto de rocío, punto de evaporación y presión barométrica
Pirómetro	Medidor de temperatura de una porción de superficie de un objeto a partir de la emisión de luz del tipo cuerpo negro que produce
Sonómetro	Aparato que mide el nivel de ruido que existe en un determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio

7.6.2 Pruebas térmicas

Considerando que la sensación de satisfacción térmica se alcanza entre los 21°C y 25°C, se observa, en los gráficos (figura 16), que ningún módulo llega a la temperatura de confort, sin embargo, el panel de barro (bahareque) obtiene mejores condiciones térmicas y un rango de variación constante. De esta manera cuando los cambios de la temperatura exterior son grandes, su temperatura interior se encuentra sobre los valores mínimos y bajo los valores máximos.

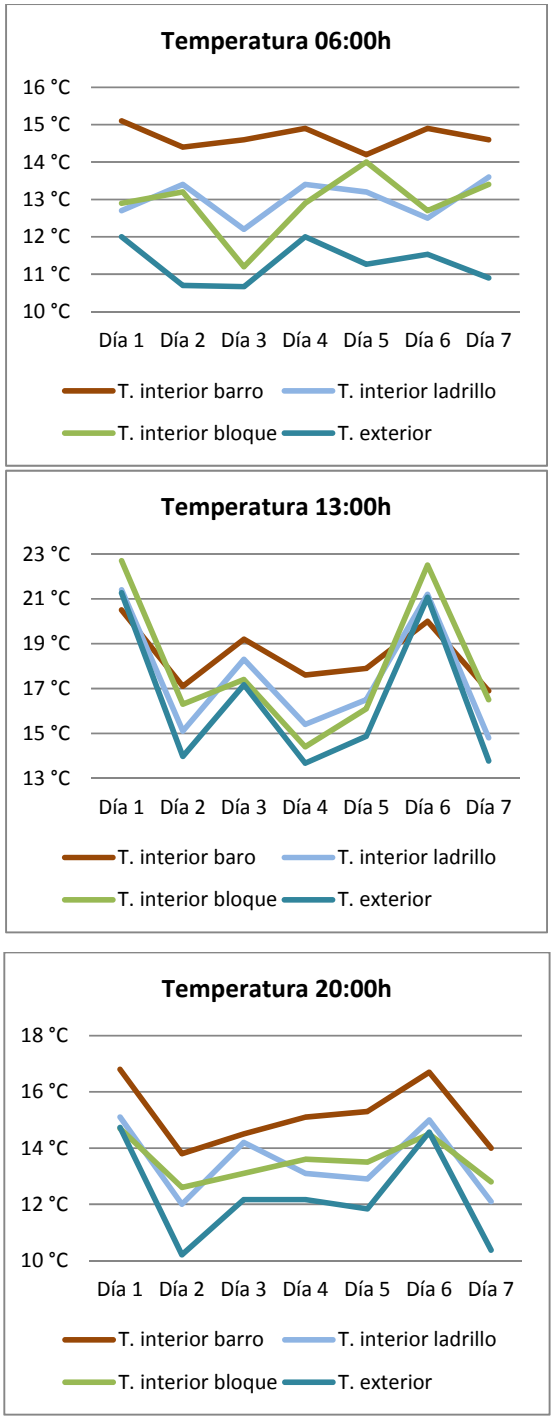


Figura 16 – Valores de la temperatura de los módulos obtenidos durante 7 días

La temperatura exterior se obtiene al sacar un promedio de los valores obtenidos en los tres módulos

7.6.3 Pruebas de humedad

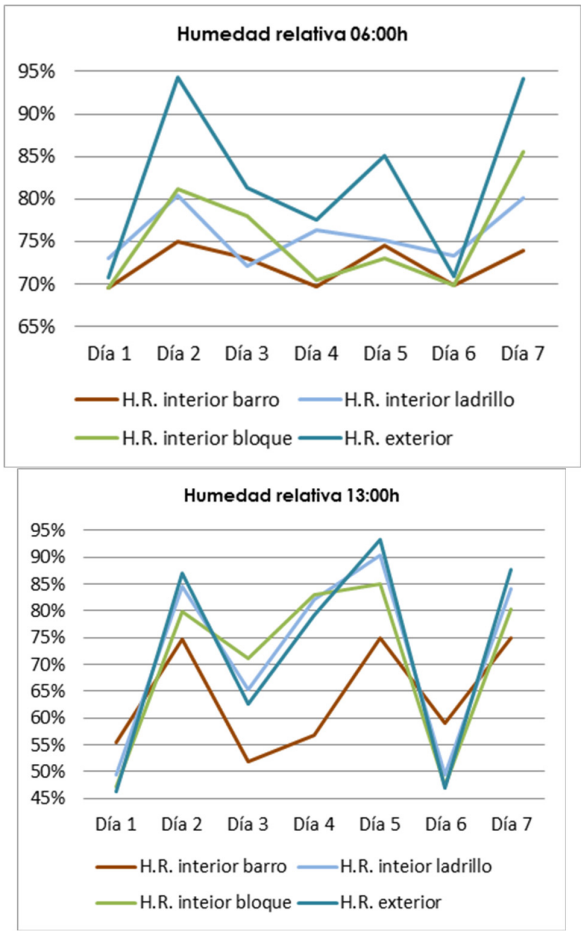


Figura 17a – Valores de la humedad de los módulos obtenidos durante 7 días

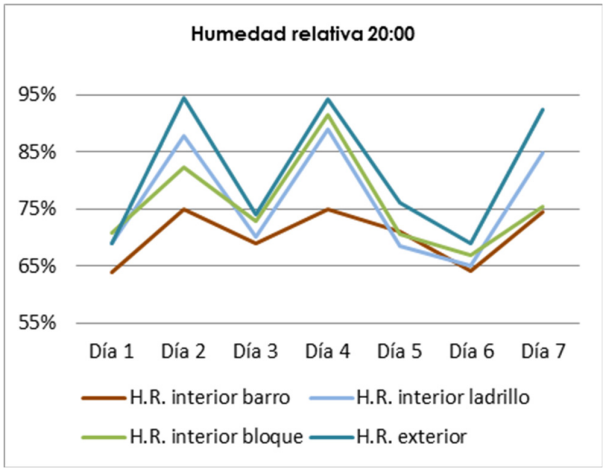


Figura 17b – Valores de la humedad de los módulos obtenidos durante 7 días

Considerando que los límites de confort de la humedad relativa admitidos por el cuerpo humano oscilan entre 20% y 75%, se observa, en los gráficos (figuras 17a e 17b), que los valores de humedad relativa son altos, sin embargo, solamente el panel de barro (bahareque) se encuentra dentro del rango de confort.

La humedad relativa exterior se obtiene al sacar un promedio de los valores obtenidos en los tres módulos

7.6.4 Pruebas acústicas

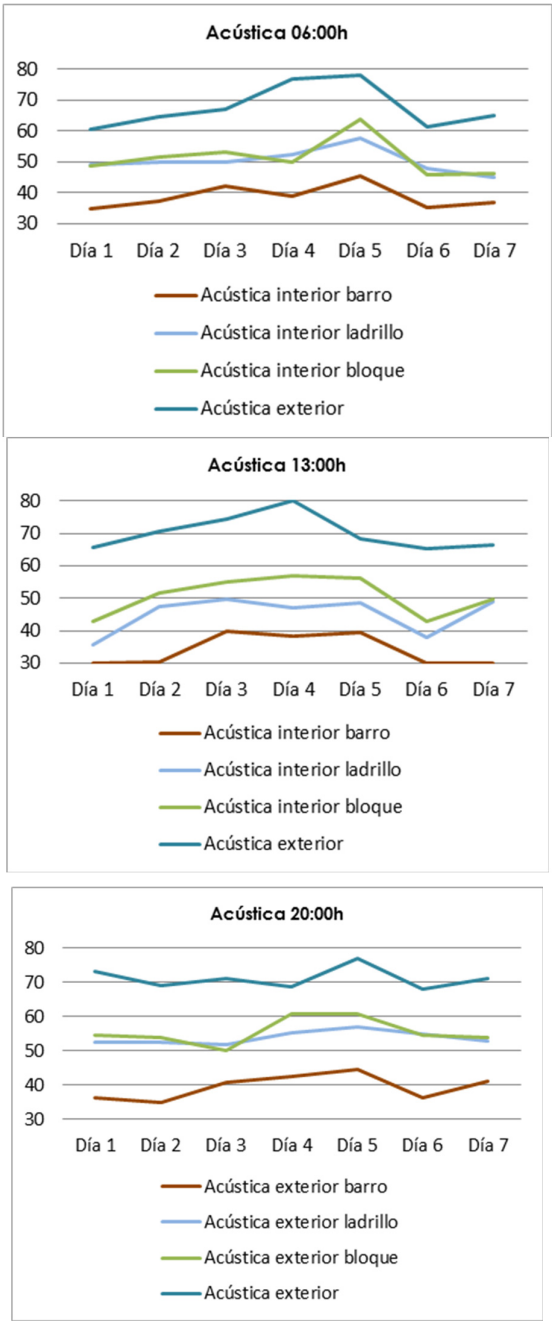


Figura 18 – Valores de los decibelios de los módulos obtenidos durante 7 días

La fuente de ruido que pasa cerca de los módulos de prueba, es la Panamericana Cuenca-Loja con un valor teórico de 80 decibelios. Los niveles de ruido establecidos para una zona residencial son de 65db en el día y 45db en la noche.

En este caso, no se puede una comparación directa entre los tres módulos ya que estos se encuentran a diferentes distancias de la vía principal. Sin embargo, en los gráficos (figura 18), se observa que los módulos de bloque y ladrillo tienen valores similares

mientras que el panel de barro (bahareque) tiene mejores condiciones acústicas y se encuentra dentro del rango de confort.

Para calcular la acústica exterior de los tres módulos, se adoptó los datos obtenidos al exterior del módulo de bloque, pues este es el más cercano a la Panamericana (10m).

7.7 Detalles constructivos del panel definitivo

A continuación se presenta el dimensionamiento del panel, así como los detalles de armado, unión y composición de los materiales que lo forman (figura 19).

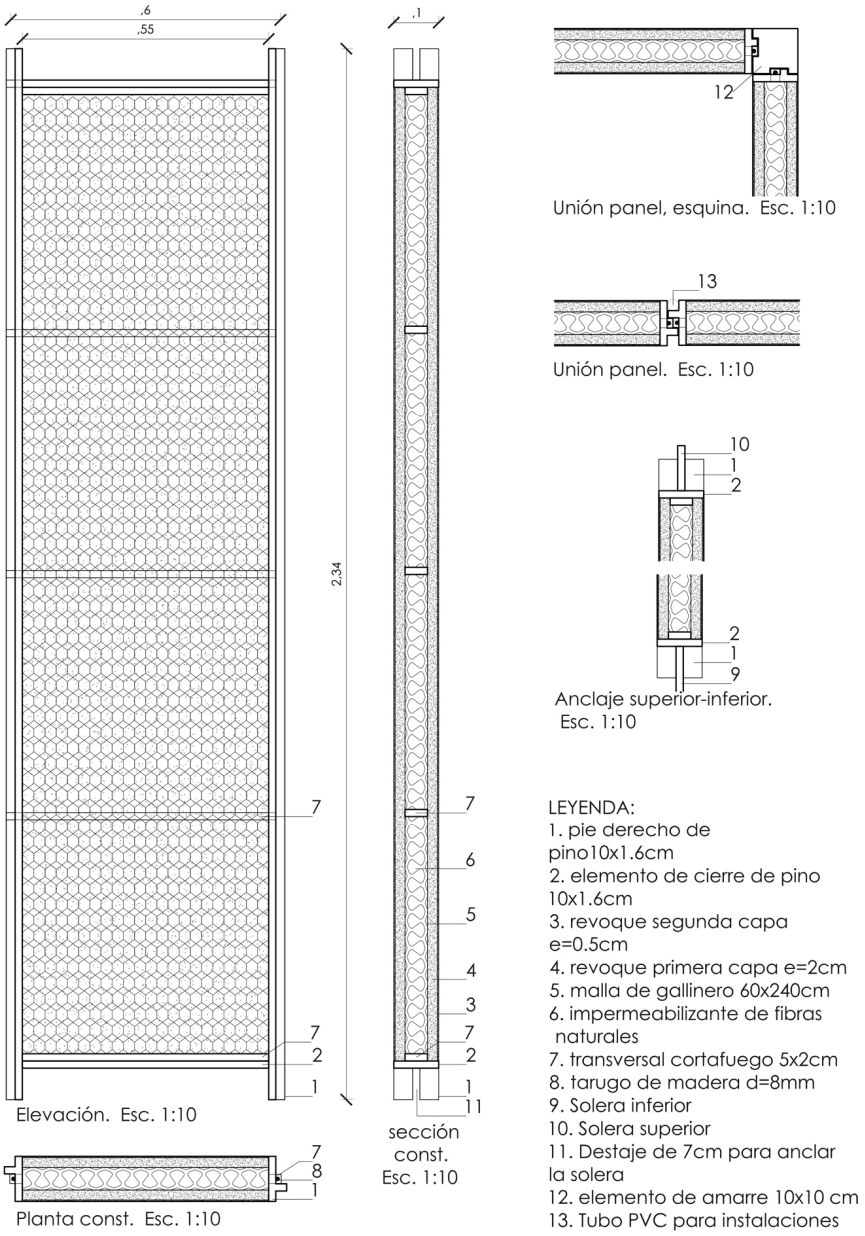


Figura 19 – Detalles del painel de bahareque

7.8 Anclajes

Los paneles se pueden adaptar a cualquier tipo de estructura de arriostramiento, con uniones: madera-madera, madera-metal y madera-hormigón (figura 20).

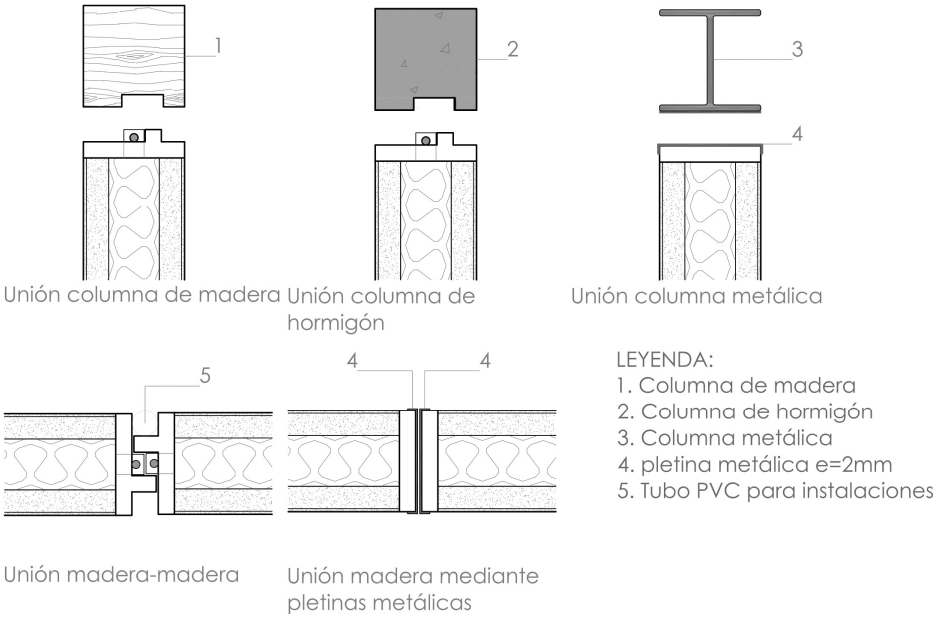


Figura 20 – Detalles de anclajes

7.9 Prueba de rotura

Para comprobar la resistencia estructural del panel, se aplicaron 250 kg de peso en 10 sacos de arena de 25 kg cada uno (figura 21). Está es una prueba empírica desarrollada en laboratorio, pues no se tenía forma alguna de probar un panel de las dimensiones reales del prototipo. El panel no presentó ningún cambio en su estructura ni en su recubrimiento (esta prueba se hizo con los tres tipos de entramados).

Figura 21 – Prueba de rotura con sacos de arena

7.10 Comparación de costos

Este proyecto es una alternativa económica por sus materiales, la facilidad de armado y puesta en obra va en concordancia con el planteamiento de que “las necesidades del hábitat en los países en vías de desarrollo solo se pueden encarar utilizando materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción” (Minke, 2001, p.13).

Se puede afirmar que la utilización de materiales industrializados como el ladrillo, hormigón y acero, no solo que no ha podido solucionar los requerimientos del hábitat sino que, además, han contribuido a la contaminación del planeta y al consiguiente deterioro del ecosistema.

En la tabla 8 se demuestra la viabilidad del proyecto mediante su comparación con los sistemas tradicionales de bahareque, bloque y ladrillo, se detallan en resumen cada uno de los análisis realizados en los cuadros anteriores, introduciendo además la variable del costo por m^2 determinada de un presupuesto referencial generado en el presente estudio.

Tabla 8 – Comparación de los diferentes sistemas constructivos

Sistema constructivo / Referencia		Bahareque	Panel mejorado	Ladrillo	Bloque
Propiedades	Térmicas	buena	buena	media	mala
	Acústicas	buena	buena	media	mala
	Ignífugas	mala	media	buena	buena
	Higroscópicas	buena	buena	mala	mala
	Impermeabilidad	mala	media	media	media
Consumo energético		mínimo	mínimo	alto	alto
Generación de escombros		cero	mínimo	alto	alto
Reciclable		si	si	no	no
Costo/m^2			46,48	46,98	48,22

En el cuadro se puede ver que el precio del panel mejorado es más caro, sin embargo, este ya contiene la estructura, mientras el bloque y ladrillo son solo recubrimiento.

El panel propuesto, no es una solución a la crisis ecológica, pero es un recurso para convivir en el futuro. “Tenemos que darnos cuenta, que la crisis de la agresión al medio ambiente, no es una causa. La causa es el modelo de civilización que hemos montado. Y lo que tenemos que revisar es nuestra forma de vivir”[14].

8 CONSIDERACIONES FINALES

Entre los aportes que el sistema puede generar están:

a) el cambio del sistema constructivo, de estructura puntual a estructura autoportante modular

b) las uniones del panel (entre paneles, a la estructura, al cimiento, al entrepiso y a la cubierta, los pasadores)

c) el aislamiento térmico y acústico dentro de los paneles de bahareque con materiales de temporada como el pucón, los deshechos de las habas, arveja, porotos, etc.

d) y las proporciones de la mezcla de barro que tomando como base otros autores fueron modificadas en las pruebas.

Por tanto, se creó un panel autoportante, que evita la construcción de una estructura independiente[15], modular y prefabricado reduciendo costos y tiempos de construcción. Puede ser elaborado a pie de obra o en pequeñas empresas, lo que resulta socialmente sustentable, además rescata las técnicas constructivas tradicionales y utiliza los materiales del lugar, reciclados, reciclables, reutilizables y biodegradables, sin generar contaminación. Complementa su construcción con un núcleo de fibras naturales que dan al panel características térmicas y acústicas únicas.

Contribuye al cuidado del medioambiente ya que reduce en un 80% la contaminación por emisiones de CO_2 y brinda nuevas oportunidades para la obtención de vivienda digna a las personas de bajos recursos.

[14] José Mujica, Presidente de Uruguay, https://www.youtube.com/watch?v=Pa9lz7SV_7Q

[15] la cual representa “un gasto energético del 44,58% en viviendas unifamiliares” (Cepeda; Mardaras, 2004)

De acuerdo con la bibliografía estudiada no existe un sistema completo con las características antes descritas y que además sea socialmente incluyente. La creatividad e innovación del proyecto es la inclusión de varios recursos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad, Mateo; Aguirre, José; Pañega, Freddy (2011-2012). Diseño de paneles prefabricados en tierra. Universidad de Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Berrocal, Alexander; Muñoz, Freddy; Gonzalez, Guillermo (2004). Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (Gmelinaarborea) crecida en Costa Rica. Costa Rica: Kurú: Revista Florestal

Borsanii, María Silvia (2011). Materiales ecológicos: estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles. Universitat Politècnica de Catalunya. http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/13759/1/Borsani,%20Mar%C3%ADa%20Silvia.pdf. Acceso: 7 agosto 2014

Centro de Estudio y Control del Ruido (2011). Materiales absorbentes acústicos: aislantes que no aportan aislamiento acústico. Valladolid: CECOR. http://www.cecorsl.com/materiales-absorventes-acusticos-aislantes-que-no-aportan-aislamiento-acustico

Cepeda, Mikel; Mardaras, Iker (2004). Cuantificación energética de la construcción de edificios y el proceso de urbanización. Revista ConArquitectura, n. 12, p.65. Madrid: conarquitectura ediciones.

Minke, Gernot (2001). Manual de construcción en tierra. Montevideo: Nordan-Comunidad

Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico – PADT (1984). Mannual de diseño para maderas del grupo andino. Perú: Junta del acuerdo de Cartagena.

Salazar, Jaime; Díaz, Gustavo (2001). Inmunización de la guadua. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia

AUTORES

Juan Pablo Astudillo Cordero, magister en proyectos arquitectónicos; arquitecto; especialidad en diseño y planificación urbana; administrador y director del Proyecto Cuenca Ciudad Universitaria; arquitecto planificador para la Universidad de Cuenca; docente de la Facultad de Artes; docente de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca; Investigador de PVS_Proyecto de Vivienda Social / Universidad de Cuenca; director de In_Lab Cuenca Laboratorio de Innovación de la Universidad de Cuenca; segundo lugar en la Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito 2012/Quinta López Cordero; segundo lugar en la Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito 2012/ Aulario Universidad de Cuenca; premio Ornato Cañar 2012/ Quinta López Cordero; plataforma arquitectura; Quinta López Cordero, Aulario Universidad de Cuenca, Readecuación del Teatro Carlos Cueva Tamaríz; Revista Trama Quinta López Cordero. Currículo completo en http://portafolio.ucuenca.edu.ec/webPortafolio/faces/frmPerfil.xhtml

Nina Pani Vacacela Albuja, egresada de la Carrera Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca; Participación y Sustentación en la Exposición de los mejores trabajos estudiantiles, en la “Casa Abierta Arquitectura” (Mayo 2013); participación “Paneles prefabricados de bahareque y aplicación a una vivienda” en el proyecto de investigación Allpacamp de la Universidad de Cuenca; participación “Paneles Prefabricados de bahareque y aplicación a una vivienda” en el concurso del Premio Odebrecht para el Desarrollo Sostenible; Ayudante para la rehabilitación de inmuebles patrimoniales de la comunidad de Jima con el Ministerio Coordinador de Patrimonio (Junio 2012 – Agosto 2012); ponente en el taller “Arquitectura Ancestral” dictado en Saraguro (Agosto 2015-Septiembre 2015).

16. CARACTERIZACIÓN CONSTRUCTIVA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL BAHAREQUE: FIBRAS, AMARRES Y ATADURAS COMO REPRESENTACIÓN CULTURAL DEL AZUAY

Freddy Espinoza Figueroa[1]; Álvaro Maldonado Valverde[2]; Paulina Mejía Coronel[3]

Ante Consultores, Cuenca, Ecuador,

[1]freddyespinozaf@gmail.com; [2]garq@live.com; [3]mepauli1@hotmail.com

Palabras clave: Caracterización constructiva, uniones y amarres, bahareque, arquitectura tradicional

Resumen

Históricamente la utilización de fibras, ya sean animales o vegetales para la construcción popular ha formado parte de la caracterización constructiva de diversos asentamientos humanos. El reconocimiento de su valor estructural, resistencia y duración, así como las facilidades para su aprovisionamiento permitió su amplia utilización; conforme aparecieron nuevos materiales constructivos, en conjunción con la aparición del fenómeno migratorio, campo-ciudad, las técnicas, los materiales y la mano de obra calificada, se pierden paulatinamente, al igual que la transmisión de saberes, el conocimiento de la arquitectura tradicional e incluso las especies vegetales propias del sitio. El objetivo de estudio es conocer los tipos amarres o ataduras típicas que se utilizan entre los elementos fundamentales del entramado del bahareque como pies derechos, diagonales, soleras y vigas; definiendo su caracterización, determinación territorial de utilización, uso formal y estructural. La metodología utilizada es de tipo transversal orientado al análisis y observación in situ mediante fotografías, mapas y tablas elaboradas por el equipo. Los resultados demuestran que el amarre más utilizado corresponde al tipo redondo seguido por el oblicuo, siendo los más sencillos de realizar, mientras que el amarre diagonal y el cuadrado se emplean escasamente, posiblemente por el tiempo que toma realizarlos y la elasticidad de la fibra. Se concluye que existe una falencia en el inventario de la Dirección de Áreas Históricas y Patrimoniales, debido a que las edificaciones reconocidas en bahareque superan a las documentadas, adicionalmente persiste la falta de injerencia en planes y proyectos que se dirijan a la conservación de tan valiosa técnica.

1. INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cuenca, existen varios tipos de usos del sistema constructivo de bahareque, el mismo se aprecia en culatas, en paredes divisorias internas, en paredes de servidumbre, en espacios de entrecubiertas, bases de cubiertas, claraboyas; cabe mencionar que a simple apreciación se puede evidenciar en algunos casos de edificaciones patrimoniales la utilización de adobe en la primera planta y bahareque en la segunda planta, también adobe en primera y segunda planta en conjunto con el uso de bahareque en culatas y enchagcleados. Cabe señalar que los bienes patrimoniales del Centro Histórico de Cuenca que poseen bahareque están en condición de fragilidad, alterados o en vías de desaparición, estos demuestran intervenciones sobre elementos de bahareque, con actividades de eliminación, alteración o aplicación de materiales incompatibles con la técnica, dichas acciones son motivo de análisis, crítica y reflexión.

El bahareque es un sistema constructivo existente previo a la colonización española, es importante hablar de su uso en la cultura cañari. En sus distintas fases culturales tales como la Tacalshapa y Cashaloma (Quille, 2010, p.34). Es factible reflexionar acerca de este sistema constructivo, que tiene una raíz tecnológica muy cercana a la zona de Azuay y Cañar. Es importante la influencia de los cambios socio – culturales en la ciudad, que afectan a la técnica, y están relacionados a fenómenos de la modernidad, globalización y comportamiento del mercado. En consecuencia estos fenómenos han contribuido para estudiar la viabilidad de los sistemas y técnicas constructivas de otras latitudes del mundo.

El estudio se enmarca en la ciudad de Cuenca, enfocándose en varias muestras, que la misma tiene pues la ciudad al ser un elemento vivo, se modela y transforma de acuerdo a cambios en factores socioculturales, medioambientales y económicos. El bahareque no está exento de estos cambios puesto que si cambian las personas, por lógica cambia su entorno. Así nace la necesidad de buscar estrategias para su conservación como un legado para nuevas generaciones.

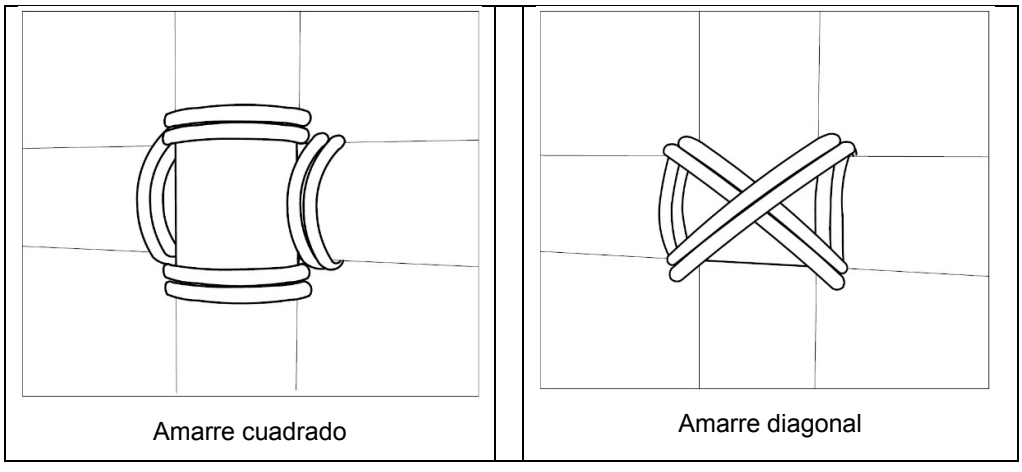
Es importante resaltar que existen aspectos inmateriales presentes en la transmisión cultural del bahareque, factores ligados a la continuidad de la técnica que refuerzan la identidad de nuestro pueblo y que se dan en la transferencia generacional; si estos no son valorados de manera acertada, pueden afectar a la cultura constructiva y por ende a la perdida de la técnica. Dicho lo anterior cabe mencionar que se han realizado varios estudios sobre el bahareque, más la incipiente preocupación sobre este sistema constructivo, son las fibras para amarres del mismo que en nuestro medio es amplia y facilita la construcción y posee varias características, entre las más comunes existe la cabuya, el sisal, mora andina, cuero animal, arpillera y en la actualidad caucho, alambre galvanizado y plástico. Cabe indicar que Pinos y Baculima (2014, p.40), destacan cuatro tipos de amarre, redondo, diagonal, redondo y oblicuo.

2. METODOLOGÍA

El estudio es de tipo transversal, se ha orientado a realizar un análisis en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, en base al inventario de áreas patrimoniales y valoración realizado por la Dirección de Áreas Históricas y Patrimoniales (DAHP) del Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) Municipal de Cuenca. La muestra de estudio está enfocada en el Área de Primer Orden (1) y el Área Especial (2) solamente de la calle Rafael María Arízaga.

Cabe indicar que este estudio parte de la identificación de edificaciones de bahareque en el Centro Histórico de Cuenca por parte de la DAHP, 44 en total, sin embargo por razones de identificación, intervenciones o porque el propietario no brindaba información ni acceso a los bienes inmuebles, se logró identificar 23 bienes de bahareque según la información recabada en la DAHP. Adicionalmente se identificaron 26 bienes inmuebles de bahareque en el área de estudio antes mencionada, (1, 2), (Figura 2) demostrando que existen falencias en la información de la DAHP. Es necesario precisar que se tomó información del Censo de Población y Vivienda (2010) realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos para efectuar una relación entre el cantón Cuenca y el área de estudio, para luego tener un resultado solamente del área de estudio.

Así también, se consideró la tesis de Pinos y Baculima (2014) titulada Recuperación del sistema constructivo en la técnica del bahareque en la contemporaneidad, el mismo describe en un apartado las fibras utilizadas para la realización del bahareque, así como el tipo de amarre, que viene a ser el interés principal de este estudio (Figura 1).



Amarre cuadrado

Amarre diagonal

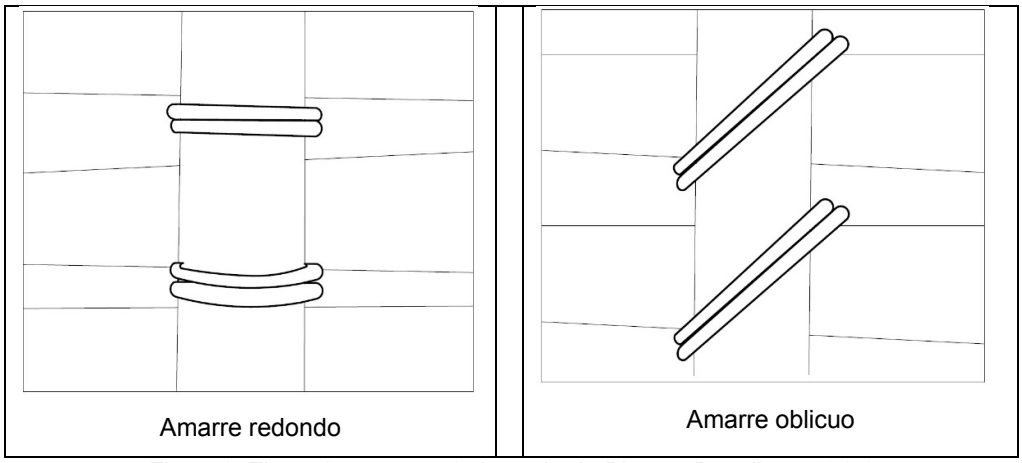


Figura1. Tipos de amarres (adaptado de Pinos y Baculima, 2014)

A partir de la información mencionada se realizaron recorridos y observación de campo, logrando así la identificación de bienes inmuebles de bahareque, mediante la observación de culatas, y entrecubiertas, comprobando la información de la DAHP e identificando otras edificaciones con el sistema constructivo mencionado y por último visualizando el tipo de amarres mediante fotografía, para posteriormente analizarlo entre los autores en base al estudio mencionado y experiencia del equipo de trabajo.

Tabla.1 Equipos, herramientas y software implementados en la investigación.

Equipos Herramientas Software	Características	Descripción
Cámara réflex Canon Rebel T5.	Lente 70 – 300mm	Registro fotográfico de los detalles de amarres del bahareque
Cámara réflex Nikon D3100.	Lente 18-55mm	Registro fotográfico de las edificaciones
Impresora Konika Minolta	Impresora A3 Laser	Impresión de mapas
Binoculares Canon	Binoculares	Observación de detalles de amarres
Mapas impresos A3 del Centro histórico de Cuenca	Áreas del Centro Histórico, catastral, predial	Constatar y buscar información predial, catastral. Trazo de recorridos
Material de registro	Esferos, lápices, marcadores, etc.	Escritura, señalización, marcas, etc.
Microsoft Office	Word, Excel	Documento
Redatam	Ecuador en Cifras	Información del censo de población y vivienda
Arc GIS	Layers	Mapas
Photoshop	Tipos de amarre	Gráficos

Los recorridos para la obtención de fotografías se realizaron entre tres personas, una a cada lado de la calle (aceras) observando culatas y entrecubiertas con binoculares y el zoom de las cámaras y fotografiando detalles, la tercera persona registra la información predial y hace una aproximación al tipo de amarre. Es necesario mencionar que se tomó como punto de referencia y encuentro la plaza de Santo Domingo, teniendo en consideración el área de primer orden del Centro Histórico y posteriormente el área especial de la calle Rafael María Arízaga; en primera instancia el recorrido se extendió hacia el oeste

de la mencionada plaza, cubriendo las calles Tarqui, General Torres, Coronel Talbot, etc. Luego se cubrió el norte de la plaza en cuestión, recorriendo las calles Gran Colombia, Gaspar Sangurima, Mariscal José Lamar, Antonio Vega Muñoz, etc. Posteriormente se recorrió el lado este de la plaza considerando las calles Padre Aguirre, Benigno Malo, Luis Cordero, Hermano Miguel, etc. Luego se cubrió el lado oeste de la plaza, Simón Bolívar, Mariscal Sucre, Juan Jaramillo, Calle Larga, etc. Finalmente se realizó el recorrido de la calle Rafael María Arizaga.

Existieron ciertos puntos de altura y acceso interior tal es el caso de parqueaderos, hoteles, edificaciones como la Alcaldía, la Catedral de la Inmaculada Concepción, la Iglesia de Todos los Santos, viviendas, y otros.

3. RESULTADOS

La investigación se aplica sobre las 9925 edificaciones que existen actualmente en el Centro Histórico de Cuenca (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2011, p.136), sobre las cuales se conoce que 44 de ellas son de bahareque, según la Dirección de Áreas Históricas y Patrimoniales. Se pudo reconocer 26 inmuebles adicionales que también cuentan con dicho sistema constructivo, por otra parte no se pudo confirmar el sistema constructivo de algunos de las edificaciones reconocidas oficialmente en el inventario debido a que poseen revestimientos o modificaciones que impiden observar.

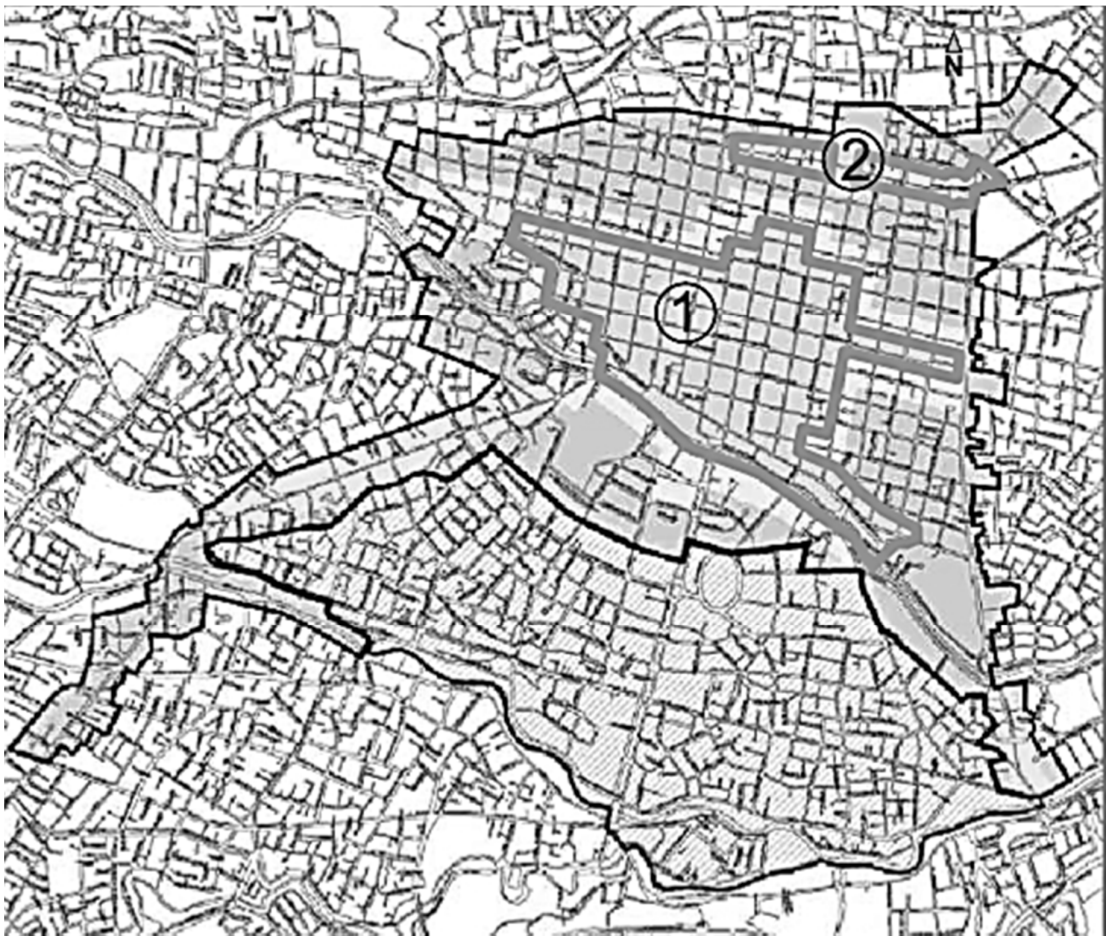


Figura 2. Área de estudio (adaptado de DAHP, 2010)

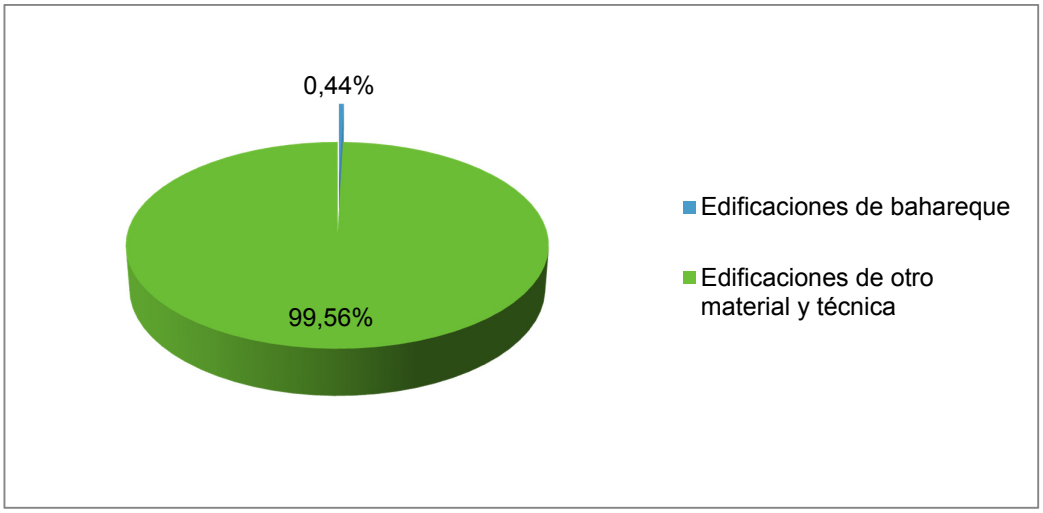


Figura 3. Porcentaje de edificaciones de bahareque en el Centro Histórico de Cuenca.

Tabla 2. Tipo de amarres en carrizos identificados de edificaciones en bahareque en el área de primer orden el Centro Histórico de Cuenca

	Número de edificaciones	Número de edificaciones de bahareque	Número de edificaciones de otro material y técnica
Cantón Cuenca	86317	189	86128
Centro Histórico	9925	44	9881

Edificaciones de bahareque en el área de primer orden del Centro Histórico de Cuenca (DAHP, 2010).

Edificaciones identificadas de bahareque en área de primer orden del Centro Histórico de Cuenca

Figura 4. Comparativa de edificaciones de bahareque dentro del área de estudio

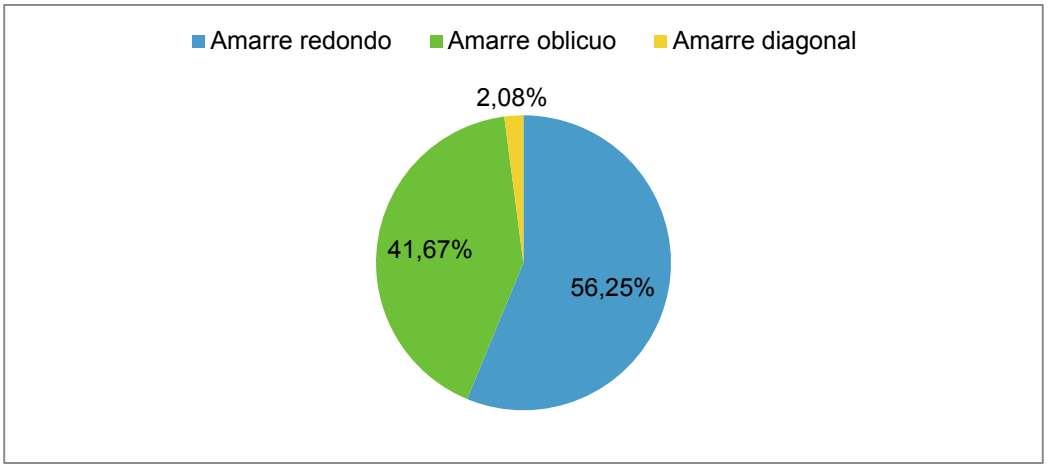


Figura 5. Tipos de amarre por porcentajes encontrados en las edificaciones de bahareque.

4. DISCUSIONES

La presente investigación se ha efectuado tomando como referencia una identificación previa de las edificaciones que poseen el sistema constructivo de bahareque del Centro Histórico de Cuenca por parte de la Dirección de Áreas Históricas y Patrimoniales del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (Figura 6); además se parte de la información oficial del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, a través del Censo de Población y Vivienda del año 2010, el mismo identificó a nivel del cantón Cuenca 189 viviendas de caña revestida o bahareque siendo el 0,22% del total de edificaciones del territorio mencionado (Tabla 2). Por otra parte se ha considerado oportuno utilizar la tesis Recuperación del sistema constructivo en la técnica del bahareque en la contemporaneidad de Pinos y Baculima (2014).

Figura 6. Detalle constructivo en fotografía: amarres

El bahareque, ha sido por mucho tiempo una técnica constructiva altamente utilizada en el Azuay, sin embargo el avance tecnológico ha permitido que este método, en especial, sea reemplazado por otros materiales como el hormigón. Este fenómeno repercute en gran medida en la conservación de este valor distintivo de la región, es por ello que el 0,22% representa una llamada de alerta para la comunidad, se podría decir que la técnica se encuentra en peligro de extinción.

En el Cantón Cuenca, el porcentaje de edificaciones en adobe es 8,82% (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2011) considerándose también un índice bajo para esta técnica, sin embargo aún se mantiene en mayor grado en comparación al bahareque. En otros países como Perú aún se utiliza la tecnología de tierra amarrada en el 60% de las viviendas

(Carranza, 2010, p. 26), lo cual representa un buen ejemplo de conservación para la arquitectura vernácula, implementándose aún dentro de la arquitectura contemporánea.

El bahareque ha perdurado a través de los años a pesar de los diversos factores que atentan contra su integridad, demostrando en esta forma que su estructura resiste ante las adversidades climatológicas y físicas, es por ello que su implementación dentro de la arquitectura contemporánea es una opción que no debe ser descartada.

Existe una falencia en la información presentada por la Dirección de Áreas Históricas y Patrimoniales, ya que posterior a la investigación de campo se detectó 26 edificaciones en bahareque adicionales que no están contempladas dentro del inventario (Figura 4). La falencia en este tipo de fuentes lastimosamente repercute en los programas y proyectos patrimoniales que no incluyen este tipo de tecnologías como parte fundamental de su planificación ni alcances.

Figura 7. Edificación de bahareque cubierta con tol en la culata

La actual Ordenanza para la Gestión y Conservación de las Áreas Históricas y Patrimoniales del Cantón Cuenca (Ilustre Municipalidad de Cuenca, 2010) posee diversos artículos que se dirigen al manejo e intervención en los bienes patrimoniales, emitiendo cláusulas que restringen las modificaciones arquitectónicas; sin embargo el documento no posee ningún artículo específico que haga alusión a la protección del bahareque como cultura constructiva lo cual repercute considerablemente en su conservación. De igual forma no existen recomendaciones en relación a la mezcla de materiales terrosos y cementicos, representando un impacto constante en la integridad de los mismos al no ser compatibles molecularmente.

Figura 8. Edificación de bahareque que utiliza mortero de cemento para cubrir deterioros

En el área de estudio se observa que el 56,25% de las edificaciones de bahareque poseen un amarre de tipo redondo entre sus carrizos (Figura 5), lo cual podría corresponder a una especie de practicidad en la que se trata de construir de la manera más sencilla utilizando los materiales propios de la zona. Por su parte el 41,67% mantienen un amarre de tipo oblicuo entre sus carrizos, mientras que el 2,08% poseen un amarre diagonal; podría asumirse que este último en conjunto con el amarre cuadrado, que no se encontró en ninguna edificación, son poco utilizados posiblemente por el tiempo que toma en realizarlos o por las propiedades de elasticidad de la fibra.

Los amarres que posee el bahareque son factores importantes para su consolidación, la técnica utilizada para su construcción podría ser recuperada para su aplicación como alternativa en la arquitectura. Carazas (2014) analiza en su libro, Bahareque Ceren, el descubrimiento arqueológico de una muestra de bahareque prehispánico conocido como la Joya de Ceren en el Salvador, la cual posee una retícula en carrizo reforzada que favorece a la resistencia del muro frente a movimientos telúricos y otras fuerzas físicas. El autor reflexiona ante la valiosa capacidad que posee el sistema, añade que el tipo de tecnología funciono muy bien en el pasado por lo que puede también funcionar ahora.

Se conoce también que se han efectuado pruebas de laboratorio en construcciones de tierra, comprobando que el sistema es resistente a movimientos telúricos, sin embargo algunas de estas pruebas han generado mejoras en la técnica para reforzar puntos débiles en la estructura, tales como el fortalecimiento de las uniones en esquinas, vigas y soleras (Carazas; Rivero, 2002).

5. CONCLUSIONES

La información oficial está desactualizada e incompleta, es difícil acceder a la misma, además existe una incipiente falta de integración departamental, a esto se suma que la información territorial se limita a sistemas de información geográfica con códigos alfa numéricos limitados para arquitectos, dejando entrever que la gestión del patrimonio es una cuestión de una sola disciplina, en consecuencia circunscribiendo las posibilidades de conservación del patrimonio cultural edificado.

Carencia de normativas de rigor, e involucramiento de la normativa con normas internacionales (autenticidad, integridad) educación y difusión patrimonial; inexistencia de cooperación internacional y diplomacia cultural en temas de asesoría técnica, respaldo económico etc. Así como existencia de esfuerzos aislados al interior del GAD y competencia con entidades gubernamentales como el INPC, Ministerio de Cultura y Patrimonio, entre otras, las cuales deben generar sinergias para complementarse entre sí tomando como objetivo general la conservación sustentable y sostenible del patrimonio cultural edificado para el disfrute de futuras generaciones.

La difusión de la técnica del bahareque y su valor cultural es una estrategia imprescindible que no se está utilizando en la ciudad, los manuales de construcción en bahareque que existen en el medio no permiten conocer el valor que existe tras esta técnica; los saberes se transmiten como un procedimiento estrictamente práctico destinado casi siempre a trabajadores de la construcción. Se podría potencializar dichos documentos como medios para difundir y promocionar la importancia de la técnica, su historia y valor cultural a toda la comunidad; incluyendo nuevas tecnologías como la fotogrametría y el uso de drones que a su vez contribuyen a un sistema de monitoreo periódico, favoreciendo en gran medida a la conservación preventiva de las edificaciones que contengan esta y otras técnicas tradicionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Carazas Aedo, Wilfredo; Rivero Olmos, Alba. (2002). Guía de construcción parasísmica. Francia: CRATerre.

Carazas Aedo, Wilfredo. (2014). Bahareque Cerén. El Salvador.

Carranza, Marcela (2010). ¿Existen técnicas adecuadas para construcción en tierra para países sísmicos? Universidad de Catalunya, España.

Ilustre Municipalidad de Cuenca. (2011). Plan Especial del Centro Histórico de Cuenca.

Ilustre Municipalidad de Cuenca. Ordenanza para la Gestión y Conservación de las Áreas Históricas y Patrimoniales del Cantón Cuenca (2010).

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010). Censo de Población y Vivienda. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/sistema-integrado-de-consultas-redatam/

Pinos Sarmiento, Jessica Alexandra; Baculima Armijos, Andrea Teresa. (2014). Recuperación del sistema constructivo en la técnica del bahareque en la contemporaneidad. Tesis de graduación. Universidad de Cuenca, Cuenca.

Quille, Xavier. (2010). Arquitectura Cañari. Universidad de Cuenca. Cuenca

AUTORES

Freddy Espinoza Figueroa, coordinador de proyectos en la Fundación Municipal de Turismo para Cuenca, Ingeniero en Turismo; egresado de la Maestría en Gestión y Conservación del Patrimonio Cultural Edificado; miembro de ANTE consultores; gestor cultural; gestor patrimonial

Álvaro Maldonado Valverde, técnico en el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural R6; Arquitecto; egresado de la Maestría en Gestión y Conservación del Patrimonio Cultural Edificado; miembro de ANTE consultores; gestor cultural; gestor patrimonial.

Paulina Mejía Coronel, profesional independiente; Diseñadora de interiores; egresada de la Maestría en Gestión y Conservación del Patrimonio Cultural Edificado; miembro de ANTE consultores; gestor cultural; gestor patrimonial.

17. METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD EN PRODUCCIÓN DE PANELES CON SUELOS ESTABILIZADOS

Adriana Beatriz García[1]; Juan Pablo Mazzeo[2]; Armenia G. Martínez[3]

Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, Argentina,
[1]abgarciafalcon@gmail.com; [2]jpmazzeo@gmail.com;

[3]Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires-Facultad Regional Avellaneda, UTN, Buenos Aires, Argentina armelaboral@gmail.com

Palabras claves: control de calidad, suelos-cementos, suelos-cal, paneles, vivienda social

Resumen

El presente trabajo describe la implementación tecnológica de un sistema de control de calidad sobre la producción de paneles compuestos por suelos-cementos o suelos cal, destinados a la construcción de viviendas sociales. El mismo surge como parte del programa de tareas desarrolladas por becarios de investigación, estudiantes, graduados y docentes de la Facultad Regional Avellaneda, Universidad Tecnológica Nacional (UTN). Este sistema de control de calidad se enfoca en el desarrollo de una metodología que incluye ensayos, diseño de equipamiento específico y observaciones del comportamiento de los productos obtenidos, que contribuya al aseguramiento de la calidad de las piezas fabricadas con suelos estabilizados y que se destinen a la construcción de viviendas sociales. Se han adoptado como bases las experiencias desarrolladas desde el año 2006 por el Grupo de investigación Tecnologías Constructivas Biosostenibles, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras del Departamento de Ingeniería Civil. El desarrollo de productos cuyos materiales componentes resulten de fácil obtención y bajo costo, más requerido en la última década para satisfacer la demanda de vivienda, requiere métodos de control específicos que aseguren su calidad. El estudio y aporte de la Universidad Tecnológica Nacional, en este sentido, puede ser generador de mejoras en la calidad de vida de la población, resultando además interesante en sus aspectos bioambientales y sustentables, ya que la mayor energía que utiliza es renovable y su cadena de valor se incrementa por las facilidades de reciclado de los materiales y producto final. A partir de la investigación realizada se profundizarán los estudios de laboratorio que proponen métodos para optimizar los métodos de control y aseguramiento de la calidad de estas tecnologías, considerando la composición del suelo y su dosificación dentro de parámetros económicos.

1. INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, los primeros habitáculos o construcciones protectoras, fueron hechos con “tierra cruda”. Según los relevamientos realizados por organismos oficiales, más de un tercio de la población mundial habita en casas construidas con este material, tierra. Con el avance de las técnicas e investigaciones en curso, se han mejorado estas viviendas y se llega a construir estructuras e mayor complejidad.

Arqueológicamente, se encuentran construcciones con tierra que conformaron los primeros asentamientos humanos. La tierra fue empleada desde la antigüedad para todo tipo de estructuras, bajo diversas condiciones climáticas, resultando un material noble y de una vida útil por demás extensa.

Actualmente el suelo como material constructivo es utilizado en países de menores recursos económicos y sectores rurales alejados de zonas urbanas, comparado con países centrales donde ha desaparecido con la industrialización. Socialmente se ha generado la asociación de este material con la pobreza y la inseguridad (García; Nigro; Mazzeo, 2007).

No obstante, y ante el agotamiento de los recursos naturales, usados tradicionalmente por la industria, es cada vez más acuciante la necesidad de encontrar y poner en práctica los buenos usos en la construcción e implementar las buenas prácticas que engloba la sustentabilidad.

Muchas han sido las voces que se han levantado, a través de Organismos Internacionales en defensa del Medio Ambiente, tales como la ONU, OEA, Organizaciones sin fines de lucro, etc., que llaman a una toma de conciencia en defensa de los recursos que el planeta brinda.

Como ejemplo, cabe mencionar la reflexión realizada por la denominada Comisión Brundtland (ONU, 1987):

> Meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs (Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades).

En la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo – Agenda 21 (ONU, 1992) se planteó un programa de acción sobre desarrollo mundial sostenible mediante lineamientos tendientes a tomar como base los mencionados aspectos. Presentó una propuesta de desarrollo orientada a mejorar la calidad de vida de la comunidad sobre la base de:

- Respetar la diversidad biológica, la ecología.
- Satisfacer necesidades básicas primarias de las personas, entre las que se encuentra la salud y la vivienda.
- Reducir del uso de recursos no renovables y la producción de basura.

La problemática de la escasez de vivienda se ha extendido a países de Latinoamérica y el mundo, acompañando a la escasez de recursos y pobreza. En Argentina, la Subsecretaría de Vivienda ha desarrollado desde el 2003 distintos Programas Federales destinados a atender diversas necesidades habitacionales.

Por otra parte, se desarrollan técnicas constructivas en las que se utilizan diferentes materiales como un desafío enfocado en el crecimiento de la denominada “construcción sostenible”, aquella que respeta y se compromete con el medio ambiente.

Las investigaciones que en la actualidad se llevan a cabo en distintos países, alientan el uso de los “ecomateriales” como materia prima para la construcción de viviendas.

La aplicación de estas tecnologías de bajo impacto como el uso de suelos estabilizados procura menor impacto en el medio ambiente, disminución de costos para un mejor aprovechamiento de recursos y principalmente deben atender a una mejor calidad de vida de las personas.

Este contexto requiere de sistemas que aseguren la calidad de las obras, desarrollando un sistema de control de calidad que incluya ensayos, diseño de equipamiento específico y observaciones del comportamiento de los productos obtenidos, asegurando la calidad de las piezas fabricadas con suelos estabilizados para la construcción de viviendas sociales.

2. ANTECEDENTES

Las edificaciones que emplearon piedra calcárea, ladrillo cocido y de tierra apisonada datan de muchos siglos.

Algunas de ellas, datan de 8000-6000 años a.C., como por ejemplo en Turquestán, las bóvedas del Templo de Ramses II en Egipto, la gran muralla China construida del siglo V a.C. (Minke, 2001). En América los vestigios más importantes se encuentran en México, Estados Unidos, Perú, Brasil y otros países de la región. En la Argentina, la construcción en tierra, la típica casa de adobe, se desarrolló fuertemente durante todo el periodo colonial. Construcciones como el Convento de San Francisco en la Provincia de Santa Fe

o las Estancias Jesuíticas en la Provincia de Córdoba, se encuentran aún en pie y en buen estado de conservación.

En el extremo Norte de Argentina, en Provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, el adobe es de uso frecuente.

Destacados grupos de investigación en la temática, tales como el CECOVI - Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda. (UTN-Facultad Regional Santa Fe) y el CRIATIC - Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (Universidad Nacional de Tucumán), entre otros en Argentina, han detectado fallas que pueden sintetizarse en los ítems que a continuación se detallan:

- Selección del material
- Selección de mezclas dosificadas
- Deficiencias en el proceso constructivo
- Falta y/o escasez de especificaciones técnicas
- Falta de mantenimiento adecuado que asegure la calidad de las obras

Actualmente existen desarrollos de normativas en torno a la construcción con suelos para vivienda en Brasil, Colombia, Perú, Ecuador, Chile, EEUU, India, Italia, África entre otros, algunos orientados a la construcción con adobe y/o a la preservación de patrimonio.

La evaluación de desempeño y aptitud técnica a través de modelos constructivos elaborados con suelo estabilizado para su uso en viviendas, requiere desarrollos que contribuyan a asegurar la calidad, y conformen una base válida para el futuro diseño de normas específicas para la construcción de viviendas con este tipo de material, inexistentes actualmente en el país.

No obstante, existen ya trabajos presentados desde el año 2006 por este mismo equipo de investigación, además de otros antecedentes generados por acciones de PROTERRA orientados a su tratamiento, así como algunos registros de ordenanzas municipales con disposiciones al respecto que pueden servir como base para el tratamiento y definición de futuras normativas técnicas argentinas.

En el Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras (LEME), Departamento de Ingeniería Civil de la UTN – Facultad Regional Avellaneda, el equipo de investigación realiza trabajos enfocados en tecnologías constructivas biosustentables desde hace una década.

Se ha trabajado en el desarrollo de materiales que disminuyen daños al medioambiente, metodologías de control de calidad, alentando la formación académica de los futuros ingenieros civiles, basada en prácticas de sustentabilidad que aseguren la calidad de las obras.

El proyecto “Sistema de Control de Calidad de Modelos Constructivos con Suelo Estabilizado - SCC-MOD” (2007-2010), homologado por UTN, se orientó en la generación aportes que facilitaran el establecimiento de metodologías de control y el aseguramiento de la calidad de las obras, promoviendo fundamentalmente la mejora de la calidad de vida de la población.

La edificación utilizando suelos estabilizados es de bajo impacto hacia el medio ambiente y disminuye los costos comparativos con construcciones tradicionales, aplica tecnología de baja complejidad y ductilidad en la transferencia a la comunidad, facilitando su uso en la autoconstrucción.

3. OBJETIVOS

El presente trabajo pretende aportar una metodología en el control de calidad, destinada a mejorar la calidad en la producción de los paneles con suelos estabilizados para su uso final en la vivienda, considerando requisitos técnicos, ambientales y sociales.

Esto implica establecer:

- Un desarrollo metodológico de criterios de control, tanto en Laboratorio como en campo, destinados a lograr una construcción sostenible sobre los que el profesional debe reflexionar y adoptar decisiones en relación al diseño. Dentro de estas pautas, se deben analizar las condiciones geográficas y atmosféricas donde se emplazará la estructura, los recursos naturales propios de la región, para la toma de decisiones respecto de los materiales a utilizar en la construcción, evitando el traslado de materiales foráneos a la región. Esto último, además, propende a la reducción de costos en el mantenimiento de la estructura.
- La determinación de técnicas de control basadas en prácticas experimentales, diseño de modelos de ensayo, evaluación de su comportamiento físico-mecánico.
- Herramientas documentales de registro de ensayos y lista de verificación de criterios de control global.

4. DESARROLLO

Es de vital importancia aplicar criterios de calidad en la etapa de diseño de las mezclas y ejecución de la construcción. La aptitud del modelo constructivo, resistencia, durabilidad, etc., está en relación directa con la adecuación de la calidad de los materiales componentes, y adecuados criterios para adoptar procedimientos constructivos que aseguren la calidad de los paneles para viviendas como producto final.

Según los estudios realizados, las causas de falla pueden ser adjudicadas principalmente a la etapa de diseño y proyección de la construcción. Todo esto conlleva a un incremento en el costo final de la vivienda, a un desmesurado gasto energético y consumo de agua excesivo, a un uso indiscriminado de recursos naturales, a una selección negativa de materiales que pueden agredir el medioambiente, y por último, la producción de residuos hostiles para la naturaleza y el hombre.

Resulta apropiado insistir en esta etapa, debido a que minimizar las fallas y patologías en las construcciones con suelos estabilizados para su uso en viviendas de interés social, posibilitaría una mejora en la confiabilidad de uso y aplicación de estos sistemas constructivos.

Se entiende que los sistemas de control de calidad sobre los materiales y productos deben contemplar:

- Ensayos para determinar el material base de los modelos
- Ensayos de control de los modelos resultantes
- Diseñar las técnicas de aplicación en los procesos constructivos.

Para llegar a determinar estas metas, se ha analizado todo el material que a lo largo de los años se ha recopilado, los análisis y evaluaciones de antecedentes, las patologías presentes, las normas nacionales e internacionales referentes a la temática.

4.1. Metodología de control de calidad

- El suelo a adoptar debe provenir de una zona próxima

Es importante destacar que preferentemente los suelos seleccionados deben ser adquiridos próximos a la zona de emplazamiento de la construcción, en nuestro caso en

particular, próximo al emplazamiento del laboratorio de la Facultad Regional Avellaneda, donde se realizaron todas las pruebas. La cantera proveedora del suelo debe encontrarse, como se ha dicho anteriormente, en proximidad del emplazamiento.

- Ensayos y análisis

El suelo adoptado se sometió a ensayos de caracterización y evaluación de comportamiento físico-mecánico comparativo, con el agregado de cemento y cal como estabilizantes. Esto permite la determinación las características físicas y organolépticas, tanto del suelo en estado natural como aquel que ha sido estabilizado; determinación de la densidad máxima de compactación y humedad óptima de moldeo.

Se evalúan los resultados de ensayos sobre materias primas base para utilizar en los modelos.

Toda la información producida en esta etapa se volcó en fichas, denominadas “Modelo de Identificación de Suelos”, donde constan los siguientes datos:

- Extracción de muestras (IRAM 10500).

Datos de identificación que caracterizan la muestra. Fecha de extracción del suelo, cantidad de muestra, identificación de la cantera, zona, profundidad de extracción, color y olor.

- Granulometría (IRAM 10507).

Resultados porcentaje que pasa los tamices IRAM N°10, N°40 y N°200.

- Constantes físicas (IRAM 10501).

Resultados porcentuales de límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (IP).

- Clasificación de suelos.

Determinación según los métodos de las normas IRAM 10509 y VN-E4-84 de la Dirección Nacional de Vialidad.

De acuerdo a todos estos estudios se puede determinar el tipo de suelo y su origen. Con el agregado de estabilizantes, cemento y cal aérea, se evaluó el comportamiento del suelo seleccionado, y el grado de variabilidad de su plasticidad con cada tipo de estabilizante.

- Ensayo de compactación.

Se determina en laboratorio el comportamiento por compactación de los suelos seleccionado y con el agregado porcentuales crecientes de cementos y cales como estabilizantes (IRAM 10511-10522). Del estudio surgió la mezcla de mejor calidad y se determinaron la densidad máxima de compactación y humedad óptima.

Esto permite obtener los porcentuales más adecuados de cementos y/o cales para el suelo seleccionado, pudiendo medir los requerimientos de agua que la mezcla necesita para alcanzar a una densidad óptima.

- Diseño de las mezclas.

Se selecciona aquella mezcla que evidencia mejor desempeño considerando todos los ensayos realizados.

- Ensayos mecánicos.

Se realiza el moldeo de probetas de suelos estabilizados y seleccionados, manteniendo controlada la densidad máxima y humedad óptima, para verificar su resistencia a la compresión según la Norma VN-E-33-67 de la Dirección Nacional de Vialidad.

En este caso por tratarse de suelos finos se moldearon probetas cilíndricas de 50 x 100 mm, las cuales posteriormente se ensayaron a las edades de 7, 14 y 28 días.

- Construcción de modelos experimentales para ensayo.

Se trabajó en diferentes etapas sobre la base de construcción de modelos con posibilidades de ser ensayado con el equipamiento disponible en Laboratorio previa adaptación de mecanismos para la seguridad de los resultados. Se han evaluado y diseñado tipo de modelo experimental, método de moldeo y compactación.

El ensayo a la compresión se realiza en un pórtico de carga preparado para tal fin. El mismo cuenta con un dispositivo de transmisión de carga que asegura que se aplique dicha carga en forma distribuida a lo largo de la sección transversal del elemento en estudio (0,10 m x 1,00 m) y con incrementos progresivos hasta su rotura.

Para el ensayo a la compresión se desarrollaron diferentes técnicas de moldeo de modelos evaluando la simplicidad del trabajo, las alteraciones durante el proceso constructivo, el proceso de curado, el estudio de fallas y la prevención de aquellas potenciales.

a) Modelo a mediana escala para ensayos de diseño en laboratorio.

Incluye el diseño de un molde metálico reforzado con su sistema desmontable cuyas dimensiones de 1,00 m x 1,00 m x 0,10 m que facilitara su utilización en laboratorio evitando las dificultades propias de una escala real.

Método de moldeo y compactación. Se utiliza un equipo compuesto por un pisón neumático asistido por un compresor (Figura 1). El moldeo se realiza colocando capas del suelo estabilizado definido en la etapa anterior, cuidando que durante el proceso se mantengan las condiciones de humedad óptimas definidas. Se realizan capas de 0,10 m, compactadas a razón de 200 golpes por capa.

Figura 1. Equipo de apisonado automático (García; Nigro; Mazzeo, 2007)

Desmolde y curado. El desmolde se realiza a las 48 horas e inmediatamente se protegen las muestras con polietileno para que no pierdan humedad durante el proceso afectando

su resistencia y durabilidad. Se mantienen las muestras en ambiente de laboratorio de 20-24°C hasta su ensayo a la edad de 28 días.

b) Modelo para ensayos de control en laboratorio y campo.

Se diseñaron modelos de probetas de pequeñas dimensiones que resultaran representativas de la calidad de los materiales en la obra, considerando la facilidad de utilización y forma representativa de los paneles.

Se diseñaron y utilizaron moldes metálicos reforzados con sistemas desmontables cuyas dimensiones son de 0,30 m x 0,30 m x 0,10 m (Figura 2).

Método de moldeo y compactación:

Se utilizó el equipamiento de moldeo descripto anteriormente. El moldeo se ejecutó en tres capas con energía de compactación automática equivalente aplicada durante 60 segundos por capa.

Desmolde y curado:

El desmolde se realizó a la 24 horas. Se pesan para verificar la densidad y se colocan de manera de preservar la humedad en ambiente de laboratorio 20°-24°C hasta su ensayo a 7 y 28 días.

La frecuencia de extracción de muestra se estimó conveniente de al menos una muestra cada 10 m^2 de panel.

La muestra está compuesta por al menos tres especímenes para su ensayo a la compresión a las edades de 7 y 28 días, expresada en MPa.

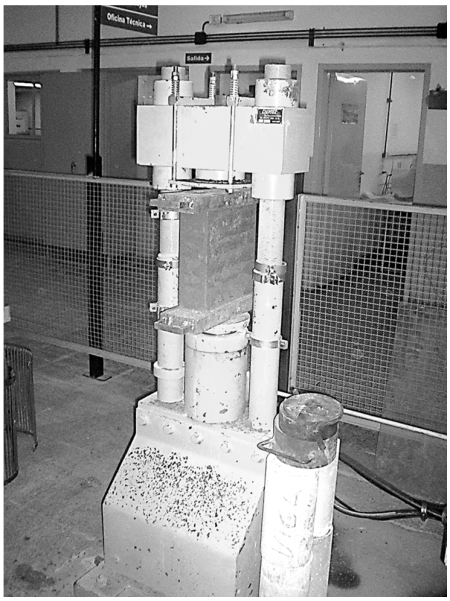


Figura 2. Probeta de suelo estabilizado ensayo a la compresión LEME UTN-FRA
(Garcia; Mazzeo, 2010)

4.2. Criterios para establecer el sistema de control

Considerando los antecedentes y las pautas de trabajo que guiaron las investigaciones, se asumen los criterios de responsabilidad sobre la construcción sostenible. Por lo cual se plantean criterios que deben evaluarse al momento de diseñar una vivienda de interés social (Dirección de Tecnología e Industrialización, 2000) y se verifican durante la

construcción (Dirección de Tecnología e Industrialización, 2008), cotejándolos con la lista de verificación, que a continuación se enumera:

1. Medioambiente

Respeto por el entorno, analizar las propuestas y optar por los caminos que lleven a una menor agresión al medioambiente.

Cuidar la calidad de vida de los destinatarios de la vivienda social; es decir, analizar y optar por los materiales y componentes que no dañen la salud e integridad de las personas.

2. Recursos

Se deberán diseñar las mezclas y métodos constructivos de las viviendas, minimizando el consumo de agua, cuidando esta fuente de vida. Además, se deberán evitar, en lo posible, los contaminantes de suelos y el consumo racional de energía.

Se deberá priorizar la elección de materiales locales, evitando los traslados, que encarecen la construcción y consumen gran cantidad de recursos. Minimizar la contaminación y residuos.

Criterio calidad vivienda

Salvaguardar el medioambiente, sus recursos naturales y las energías no renovables, llevan a la mejor decisión en la adopción de los materiales a utilizar para la construcción de viviendas de interés social, y en consecuencia, la calidad de vida de sus habitantes.

Esta calidad se traduce, además, en los procesos constructivos que demandan buenas prácticas, tales como la reducción de energía y residuos tóxicos.

Junto con los criterios de buenas prácticas, elección de materiales, procesos constructivos, se deberá elaborar un protocolo de evaluación y mantenimiento de las estructuras resultantes, una guía práctica para que los mismos usuarios de la vivienda puedan realizar esta tarea, otorgando calidad a la vida útil de la misma.

3. Factor humano

Es necesario continuar con la tarea ya emprendida en muchas regiones, tanto de nuestro país como así también del resto de Latinoamérica, respecto de la formación de grupos humanos capaces de autogestionar la construcción de viviendas de interés social.

Esta formación sería muy valiosa si emana directamente de los productores de conocimiento, tales como, Laboratorios de investigación universitarios y aquellos insertos en empresas que brinden y aporten conocimientos que generen valor para la sociedad.

Además, es necesario difundir estos conocimientos a la sociedad en su conjunto, a fin de concientizar sobre la preservación de los recursos naturales, sobre el respeto hacia la naturaleza y todo lo que ella brinda.

5. CONSIDERACIONES FINALES

La selección de métodos de compactación automatizados ha facilitado lograr desempeños adecuados de los modelos elaborados.

La metodología empleada es sensible al tipo de compactación, el equipamiento y el curado aplicado.

El método aplicado de compactación automática ha registrado repetibilidad entre muestras ensayadas.

Las patologías detectadas durante el proceso en general se asocian a defectos ocurridos en el moldeo, su compactación y alteraciones en los contenidos de humedad respecto de los determinados en el diseño.

La extensión del sistema de control durante la etapa constructiva a través de la extracción de muestras periódicas puede considerarse un aporte de aplicación sencillo en obra debido a que los moldes son de fácil maniobrabilidad y transporte.

La formación de estudiantes universitarios y técnicos en sistemas de control para este tipo de material en laboratorio y propicia la transferencia a e instalación en obras por la facilidad de implementación, asegurando la calidad de los materiales componentes de las mezclas y elementos durante el proceso de construcción.

Los modelos desarrollados han generado la posibilidad de estudiar las patologías de patologías y fallas a mediano y largo plazo.

La aplicación de controles en obra contribuye a las mejora de la calidad final (resistencia y durabilidad) de las construcciones, en especial para grupos de autoconstrucción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Dirección de Tecnología e Industrialización, (2000). Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.

Dirección de Tecnología e Industrialización, (2008). Recomendaciones para inspectores. Buenos Aires: Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda. Ministerio de Infraestructura y Vivienda.

Dirección Nacional de Vialidad, (1998). Normas de Ensayo VN-E4-84 – Clasificación de suelos. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaria de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.

Dirección Nacional de Vialidad, (1998). Normas de Ensayo. VN-E33-67. Ensayo de compresión de probetas compactadas de suelo-cal y suelo-cemento. Buenos Aires: Dirección Nacional de Vialidad. Secretaria de Obras Públicas. Ministerio de Economía, Obras y Servicios Públicos.

García, A.B.; Nigro, E.; Mazzeo, J.P. (2007). Métodos de control de calidad aplicados a modelos constructivos con suelo estabilizado. Anuario de Investigación de Construcción con Tierra y del Diseño Sustentable. ISBN 978-970-9031-22-5. México: Ediciones Universidad Autónoma de Tamaulipas, p.191-195.

IRAM, (1968). IRAM 10500. Mecánica de suelos. Preparación de muestras. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (2007). IRAM 10501. Geotecnia. Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1986). IRAM 10507. Mecánica de suelos. Método de determinación de la granulometría mediante tamizado por vía húmeda. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1982). IRAM 10509. Mecánica de suelos. Clasificación de suelos, con propósitos ingenieriles. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1977). IRAM 10511. Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en laboratorio. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales. IRAM, (1971). IRAM 10521 – Suelos. Clasificación por el sistema del índice de grupo. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

IRAM, (1972). IRAM 10522. Mecánica de suelos. Método de ensayo de compactación en mezclas de suelo-cemento. Buenos Aires: Instituto Argentino de Normalización y Certificación, ex IRAM, Instituto Argentino de Racionalización de Materiales.

Minke, G. (2001). Manual de construcción en tierra. ISBN: 9974-42-078-4. Uruguay: Editorial Nordan-Comunidad.

ONU (1987). Report of the World Commision on Environment and Development - WCED Nº A/42/427 (Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo a la Asamblea de Naciones Unidas). Estados Unidos: Organismo de Naciones Unidas.

ONU (1992). Conferencia de las Naciones Unidas sobre Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Agenda 21. Organismo de Naciones Unidas ONU, División for Sustainable Development. En: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la dedicación e interés de los becarios y estudiantes investigadores de la carrera de Ingeniería Civil de la Facultad Regional, así como al personal técnico del Laboratorio de Ensayo de Materiales y Estructuras (LEME).

AUTORES

Adriana Beatriz García. Ingeniera en Construcciones, Magíster en Docencia Universitaria. Quality System Manager, Quality Auditor DGQ-European Organization for Quality. Docente investigadora, directora proyectos de I+D+*i* del Dpto. Ingeniería Civil, Coordinadora de Ciencia y Tecnología, UTN-FRA delegada UNILAB. Asesora en tecnología de materiales hace aprox. 30 años. Auditora en Gestión de la calidad en el área pública y privada. Miembro de PROTERRA.

Juan Pablo Mazzeo, Ingeniero Civil. Docente investigador Dpto. Ingeniería Civil, Co-Director de proyectos de I+D+*i* en tecnología de materiales de construcción de UTN-FRA. Proyectista y calculista de estructuras metálicas y de hormigón armado en el ámbito privado desde hace aprox. 10 años. Miembro de PROTERRA.

Armenia G. Martínez. Personal de apoyo a la investigación Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Investigadora en proyectos de I+D+*i* en tecnología de materiales de construcción, miembro de equipo de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado, UTN-FRA. Actividad como personal de apoyo a la investigación en laboratorio el ámbito público desde hace aprox. 27 años.

18. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA DEL USO DE PLANTAS ACUÁTICAS EN TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Ariel González[1]; Roberto Constanzo[2]; José Fernandez[3]

Universidad Tecnológica Nacional – Santa Fe - Argentina

[1]aagonzal@frsf.utn.edu.ar; [2]robertoluiscostanzo@yahoo.com.ar; [3]jose_f91@hotmail.com

Palabras clave: tierra, savias vegetales, fibras vegetales, *Eichhornia crassipes*

Resumen

La presente es una aproximación exploratoria a la utilización de la planta acuática de agua dulce *Eichhornia crassipes* vulgarmente llamada camalote, como estabilizante, hidrofugante y/o fibra de refuerzo en diversas técnicas de construcción que emplean tierra. Cabe destacar que en la región, zona ribereña del río Paraná en Argentina, este vegetal se encuentra en abundancia arrastrado por el agua y en las costas, especialmente en época de creciente, y es considerada una especie invasora. Como antecedentes de utilizaciones similares se cuenta con el uso de aguas de tuna y otras cactáceas, especialmente en México, que poseen savias de similares propiedades. Como objetivos se quiere determinar las características impermeabilizantes y/o plastificantes que tienen los jugos vegetales del camalote para proponer dosificaciones adecuadas para técnicas de tierra tales como BTC, tierra vertida, adobes, revoques y pinturas. Se realizó una primera fase de reconocimiento de los componentes de la planta y por analogía con otras investigaciones de uso de savias, se experimentó su uso en técnicas similares, para luego determinar algunos parámetros de las propiedades seleccionadas. Se avanzó en el procesamiento de diferentes partes de la planta para verificar la factibilidad de su realización y el tipo de producto obtenido. Con estas primeras muestras se realizaron ensayos exploratorios, lográndose promisorios resultados en lo referido a la repelencia de agua. Los resultados presentados son avances que permiten reformular las hipótesis de investigación para un procedimiento más sistemático.

INTRODUCCIÓN

La planta acuática de agua dulce *Eichhornia crassipes* denominada usualmente “camalote”, es un vegetal que abunda en la región del litoral fluvial de Argentina. Esta región tiene un régimen de crecidas y bajantes poco estable, lo que hace que sean frecuentes cambios de nivel de la altura del río. La aparición del camalote ocurre preponderantemente en tiempos de crecida, acompañando la corriente de los ríos y arroyos más caudalosos. En las bajantes se estaciona en márgenes de los cursos de agua y lagunas. Es considerada una especie invasora.

Se tiene como antecedentes de uso de sabias vegetales especialmente de cactáceas que confieren propiedades hidrorepelentes lo que conlleva a una mejora en la durabilidad de las construcciones con tierra. Se consideró el trabajo llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, respecto al uso del Aloe Vera como estabilizante de mezclas para bloques de tierra comprimida (BTC) (Aranda, 2008) y también lo desarrollado por Farias (2003).

Los camalotes, en el interior de su tallo, cuentan con una suerte de cuerpo suave y húmedo que despide una especie de baba pegajosa similar a la obtenida de otros vegetales, utilizados por sus propiedades impermeabilizantes; estos tallos están compuestos por una serie paralela de fibras largas.

OBJETIVOS

Principal: Determinar las características que tienen extractos líquidos del camalote que puedan ser útiles en las técnicas de construcción con tierra.

Secundarios: a) Dosificar los extractos líquidos en pos de conocer las propiedades impermeabilizantes que presenta esta planta; b) Evaluar su utilización en bloques de tierra

comprimida (BTC) y en tierra vertida; c) Evaluar su utilización en el agua de revoques y/o pinturas de tierra

METODOLOGÍA ADOPTADA

Extracción del material de trabajo

En las primeras experiencias en campo, se recolectaron plantas enteras y se llevaron al laboratorio para analizarlas. Posteriormente se seleccionó durante la recolección la parte de la planta que contiene mayor cantidad de extractos vegetales líquidos. Esta “baba” se encuentra entre el tallo y las hojas a su alrededor en crecimiento, pero en muy bajas cantidades. Por otra parte, el resto del tallo (a partir del 20% de su altura aproximadamente) tiene rasgos del tipo esponjoso en su interior al igual que en toda la planta, pero lo que lo diferencia principalmente de la parte inferior es que posee a simple vista menor contenido de humedad.

En función de lo dicho anteriormente, se puede dividir a la planta en tres partes: raíz, tallo y hoja, como muestra la figura 1. Pero además, cabe aclarar, que se notó un pequeño tallo que salía por debajo de la planta, entre las raíces, que conecta a la misma con otra igual pero de menor tamaño. Este tallo inferior tiene un fuerte contenido de humedad en su interior y también en su exterior, presenta además un color oscuro y cuenta con una muy baja densidad respecto a los tallos superiores.

Figura 1. Partes componentes del camalote

Preparación de la pasta

La porción del material que se utiliza posee una altura de 3 cm o 4 cm y entre 0,5 cm y 2,5 cm de diámetro, y se procesa siempre conservando su humedad natural. El mismo consiste en fraccionarlas en tamaños menores, aproximadamente 1 cm a 2 cm de largo. Como la dosificación es en función del peso de cada componente, se los pesa para poder determinar la cantidad de agua a introducir. El siguiente paso es llevar los tallos y el agua a una licuadora en la cual se mezclan durante un tiempo determinado (el tiempo es una variable). Terminada la etapa de mezclado se lleva la pasta obtenida a reposo.

Luego, se deja una muestra cerrada en frasco y otra al aire libre, de manera comparar efectos aeróbicos y anaeróbicos sobre la muestra. Esta operación se repite para cada variante de agua en las pastas. A las muestras se les colocó el prefijo “C” y, a continuación, una numeración arábiga progresiva.

En la figura 2 se ven los dos casos de reposo con los que se trabaja, se puede ver como es la consistencia de la mezcla recién elaborada, como se verá más adelante una vez seca cambia completamente convirtiéndose en una capa sólida.

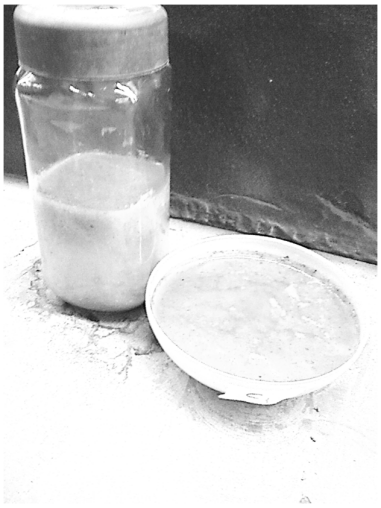


Figura 2. Pasta recién elaborada

Factores que intervienen

Se han considerado las siguientes variables: contenido de agua en la mezcla, tiempo de reposo al aire libre, tiempo de enfrascado, tiempo de procesado y temperatura del agua de mezcla.

Proporciones

En la Tabla I se expone las primeras proporciones de agua y camalote con las que se ha trabajado al respecto.

Tabla 2. Proporciones

Pasta n°	Elemento usado	Composición		Camalote (%)	Tiempo de licuado (min)	Tipo de agua
		Camalote [g]	Agua [g]			
C0	Parte baja seleccionada	-	-	-	< 1	caliente
C1	Parte baja seleccionada	76,65	50	60,52	< 1	fría
C2	Parte baja (conector)	80,62	300	21,18	< 1	fría
C3	Parte baja (conector)	80,7	100	44,66	< 1	fría
C9	Parte baja seleccionada	92,6	414,7	18,25	1	fría
C10	Hojas	98,35	400	19,74	< 1	fría
C12	Parte baja del tallo	152,5	500	23,37	> 1	fría
C13	Parte baja del tallo	102,91	336,9	23,40	> 1	caliente
C14	Parte baja del tallo	148,83	473,15	23,93	> 1	fría
C15	Parte baja del tallo	167,03	549,56	23,31	> 1	fría
C16	Parte baja del tallo	151,64	493,21	23,52	> 1	fría
C17	Parte baja del tallo	182,94	600	23,37	1	fría
C18	Parte baja del tallo	170,27	558	23,38	1,5	fría
C19	Parte baja del tallo	150,82	495	23,35	1,5	fría
C20	Tallo	137,22	450	23,37	1,5	fría

1.3 Evaluación

Después de analizar la pasta elaborada denominada "C0" (la primera realizada) se decidió dejarla secar al aire para observar el comportamiento de la misma. Después de cinco a siete días, dependiendo siempre de la humedad ambiente (parámetro no controlado), el agua se evaporaba/escurría dejando como resultado una capa seca similar a una cáscara.

En las figuras 3 y 4 se puede apreciar como es el cambio de la pasta, a la izquierda se observa la consistencia que tiene al retirarla del frasco donde estuvo en reposo durante siete días, mientras que a la derecha se puede ver el mismo pastón pero luego de haber pasado cinco a siete días secándose al aire.

Figura 3. Muestra "C1" en proceso de secado

Figura 4. Muestra "C1" seca

Procedimiento utilizado

De las muestras que quedaban secándose al aire y temperatura ambiente, luego de transcurrir el tiempo necesario para que la pasta se encontrara seca, como indicador de la propiedad hidrorepelente, se procedió a colocar una gota de agua con un gotero a cada una, con el objetivo de saber en cuáles perduraba más tiempo la gota sin ser absorbida.

Este proceso es el que se realizara posteriormente como ensayo a las pastas en estado seco, denominado "prueba de la gota de agua", que consiste en colocar gotas de agua sobre las capas secas y medir el tiempo que tardan en ser absorbidas el cual lo se identifica como "tiempo de absorción".

De los pastones en estado seco que presentaron buenos resultados a la prueba de la gota de agua, posteriormente se utilizó la pasta que aún se conservaba en reposo para pintar una porción de un BTC, y de esta manera visualizar el comportamiento en conjunto con el mampuesto.

Antes de determinar que la parte inferior del tallo era la que poseía mayor cantidad de extractos, se experimentó con toda la planta, de manera individual (separando tallo y hojas) y también en su conjunto (mezclando ambas partes). Obteniendo siempre distintos resultados como consecuencia de la variación de la porción de la planta utilizada y el contenido de agua, entre otros factores.

Método de clasificación

El proceso utilizado para la clasificación de los tiempos de absorción surgió a partir de observar el comportamiento de un grupo de pastones secos para, de esta forma, poder identificar grupos en base a ciertos rangos de comparación. Los cuatro niveles que se conformaron fueron para tratar de identificar que en algunos casos la absorción era instantánea (rápido), en otros casos la gota se mantenía durante un tiempo mayor pero desaparecía casi de forma instantánea, sin presentar una absorción parcial (medio), en el siguiente grupo están los que se observaba que la pasta los iba absorbiendo

gradualmente (lento), para el final quedan aquellos casos donde la gota de agua se absorbía en un proceso muy lento que va desde los 45 min hasta 4 hs (muy lento).

- Rápido: menor a 20 s
- Medio: entre 20 s y 5 min
- Lento: entre 5 min y 30 min
- Muy lento: mayor a 30 min

RESULTADOS Y DISCUCION

En los especímenes enfrascados mantenidos en reposo, se observó una separación de fases, es decir, la parte líquida se separa de la sólida. Muchas veces la parte sólida se mantenía en suspensión y otras en el fondo, como se muestra en la figura 5. Una vez que eran destapadas, presentaba un fuerte olor putrefacto.

Los ejemplares que se depositaban en recipientes al aire libre eran mucho más homogéneos, sin presentar esta separación de fases que caracterizó a las muestras de los frascos.

Figura 10. Separación de fases

Ensayo de muestras secas

Los pastones que se hicieron utilizando la hoja del camalote tardaron más días en secarse (figuras 6 y 7). Los pastones que contenían un mayor espesor debido a la cantidad de material que poseían, presentaban luego en estado seco una alta porosidad

Figura 11. Muestra "C3" porosa

Figura 12. Muestra "C1" húmeda

Para las muestras que contenían hojas, se observó un color verde homogéneo e intenso al poco tiempo de su procesado, y un gran olor putrefacto luego de un determinado tiempo de exposición al aire libre. Estas muestras, a diferencia del resto, presentaron gran contenido orgánico que dificultó el proceso de secado a temperatura ambiente. Los ejemplares resultaron del tipo esponjoso, poroso y con nula impermeabilidad.

Ensayo de muestras húmedas

Respecto a las muestras que recién se procesaron, una vez que se encontró uno de los patrones que mejor resultado arrojó, se decidió utilizarlo como si fuera una pintura impermeable y se lo aplicó en una cara de un bloque de tierra comprimida (BTC) como muestra la figura 8.

Figura 13. Bloque y pasta

El resultado que se obtuvo fue satisfactorio al comparar este BTC ya pintado (pintura en estado seco) con un mismo BTC sin pintar, se puede observar un tiempo de absorción mucho mayor, en el orden del 800% respecto al original. Es decir, que para un bloque donde las gotas superficiales eran absorbidas en aproximadamente media hora, con esta pasta de camalote se encontró una absorción del orden de cuatro a cuatro horas y media, como se puede observar en la Figura 9.

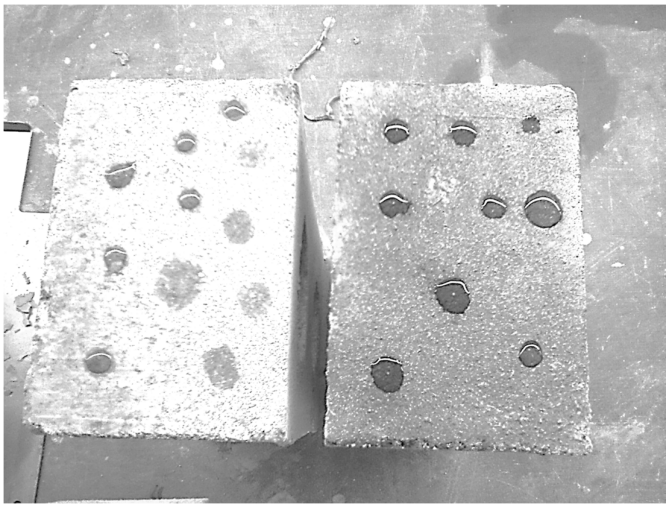


Figura 14. Prueba de absorción de gota

Se constata que algunas de las gotas del BTC sin tratar ya han sido absorbidas mientras que en el que está pintado todas las gotas se mantienen intactas. Por otro lado se aprecia que en el BTC sin tratar, las gotas están siendo absorbidas porque verse un anillo de humedad alrededor de cada una, cosa que no se observa en el bloque pintado.

Datos del ensayo

A modo de resumen, se expone en la tabla 2, algunos resultados de las distintas mezclas de camalote que se efectuaron en frascos (cerradas, anaeróbicos) y en compoteras (abiertos, aeróbicos). Los denominados “días de reposo”, hacen referencia a la cantidad de días que permaneció la muestra cerrada en frasco o en la compotera, por otro lado, los “días de secado” corresponden a los días que llevó para que la misma se seque al aire libre y temperatura ambiente, con libre escurrimiento de agua.

Tabla 2. Tiempos de absorción

Pasta n°	Mezcla en frasco						Mezcla en compotera			
	Sólido en suspensión	Sólido en fondo	Días de reposo[1]	Días de secado[1]	Estado de la muestra	Tiempo de absorción	Días de reposo[1]	Días de secado[1]	Estado de la muestra	Tiempo de absorción
C0	Si	-	5	8	Seco	Lento	-	-	-	-
C1	Si	-	4	7	Seco	Rápido	-	-	-	-
C1´	Si	-	14	7	Húmedo	Rápido	-	-	-	
C2	-	Si	4	-	-	-	-	-	-	-
C3	-	Si	4	7	Húmedo	Rápido	-	-	-	-
	-	Si	7	14	Seco	Rápido	-	-	-	-
C3´	-	Si	14	7	Húmedo	Rápido	-	-	-	-
C9	Si	-	7	4	Seco	Medio	7	4	Seco	Medio
C10	Si	-	7	4	Húmedo	Rápido	7	4	Húmedo	Medio
C12	Si	-	7	4	Húmedo	Rápido	7	4	Seco	Muy Lento
C13	Si	-	0	7	Seco	Rápido	-	-	-	-
	Si	-	7	14	Seco	Rápido	7	14	Seco	Rápido
C14	Si	-	9	5	Seco	Medio	9	5	Seco	Rápido
	Si	-	14	7	Seco	Medio	-	-	-	-
C15	Si	-	9	5	Seco	Medio	9	5	Seco	Rápido
	Si	-	14	7	Seco	Rápido	-	28	Seco	Lento
C16	Si	-	9	5	Seco	Medio	9	5	Seco	Rápido
	Si	-	14	7	Seco	Rápido	-	28	Seco	Lento
C17	Si	-	7	7	Seco	Lento	7	7	Seco	Med./Lent.
	Si	-	7	28	Seco	Lento	7	28	Seco	Med./Rap.
C18	Si	-	7	7	Seco	Muy lento	7	7	Seco	Med./Lent.
	Si	-	7	28	Seco	Muy lento	7	28	Seco	Med./Rap.
C19	Si	-	7	5	Seco	Lento	7	5	Seco	
C20	Homogéneo		7	5	Seco	Rápido	7	5	Seco	Rápido

[1] Los días de reposo hacen referencia a los días que transcurren desde que se elaboró la pasa hasta que se selecciona una porción de la misma para pasar a la etapa de secado; los días de secado son los que la pasta pasa con libre escurrimiento de agua sobre una superficie metálica hasta lograr un estado seco.

A partir de los resultados obtenidos con esta pasta, se tomó como base la dosificación para elaborar pastones con el fin de obtener siempre comportamiento similar, en esta nueva etapa el objetivo principal es el lograr un similar resultado en el ensayo de goteo para mezclas elaboradas con la misma dosificación. La identificación de esta última tanda de pastas es de la C14 a la C19. En la Tabla 2 se muestra un los resultados obtenidos para cada caso.

Como se puede identificar los pastones del C14 al C19 tuvieron un comportamiento similar, con buenos resultados en la gran mayoría de los casos a diferencias de los pastones anteriores. Se pudo observar que en los casos de esta tanda que se obtuvieron malos resultados la pasta no se secó de forma homogénea quedando lugares con gran porosidad y humedad. Por otro lado puede verse también que las C17, C18 y C19 tuvieron resultados muy favorable, en esta caso se detectó que a mayor tiempo de mezclado se tritura el camalote en partículas de menor tamaño, lo que permite obtener una pasta más uniforme y que al secarse se ocupen todos los espacios reduciendo el porcentaje de vacios en la cascara.

Las mezclas C4 a C7 fueron las primeras pruebas que se hicieron mezclándolo con suelo, la pasta elegida para este caso fue la C2f para C4 y C5 y la C0 para las dos restantes. En las dos últimas muestras que no tienen resultados es porque el suelo en ambos caso se contrajo tanto que se partió.

CONCIDERACIONES FINALES

Dado el carácter exploratorio del presente desarrollo, las conclusiones no son definitivas sino que se está redescubriendo caminos por donde transitar en función de los escasos antecedentes encontrados. En este segundo año de investigación se pudo aislar la variable de tiempo de mezclado y la relación $Peso_{AGUA}/Peso_{CAMALOTE}$, manteniendo estos dos parámetros se pude lograr un resultado de tiempo de absorción de valores similares, los últimos observados en la Tabla 2.

Tras un análisis constante de los BTC que se encuentran tratados con camalote se puede observar que con el tiempo la capa de camalote se empieza a fisurar permitiendo el ingreso de las gotas de agua. Por lo que en el futuro sería bueno incorporar alguna materia para reforzar la matriz de la mezcla.

PROYECCIONES A FUTURO

Como esta investigación está dando sus primeros pasos pero con buenas expectativas, son muchas las ideas para experimentar en adelante, algunas de las que se consideran óptimas para un futuro inmediato son;

- Variar la relación de agua/camalote manteniendo constante las otras variables, con el fin de obtener resultados similares para la misma relación ya sean positivos o negativos, de esta manera se tendrá certeza que es un parámetro que gobierna el comportamiento de la pasta.
- Tras la observación hecha para las capas secas que se pueden apreciar fisuras con el tiempo, sería conveniente incorporar algún ligante en la pasta a fin de reforzar la unión entre las partes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda, Y. (2008). Utilización de savias vegetales para la fabricación de BTC. São Luís, TerraBrasil 2008.

Faria, Obede (2003). Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana – SP). Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo. Tese de doutorado. Disponible en: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/pt-br.php

AUTORES

Ariel González: Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica, Ingeniero en Construcciones. Profesor e investigador de la UTN, Santa Fé, Argentina, trabaja en equipos interdisciplinarios en temas del hábitat urbano y rural. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Cátedras de Vivienda (ULACAV), miembro de la Red Ibero-americana PROTERRA.

Roberto Luis Costanzo: Técnico Electromecánico, Becario de Investigación, Estudiante Avanzado de la Carrera Ingeniería Civil, Expositor en JIT2014 FRRO (Jornada de Investigadores Tecnológicos), Organizador de JEA1°,JEA2°, JEA3° (Jornada de Edificios en Altura), CONEIC IV 2013 (Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil).

Fernández, José Ariel: Estudiante de Ingeniería Civil (Universidad Tecnológica Nacional). Becario de Investigación. Presentó trabajos en la Jornada de Investigadores Tecnológicos 2014, Rosario. Participó en la organización de Jornada Edificios en Altura 4ta edición.

19. INFORMACIÓN ANÁLISIS DE BANCOS DE ARCILLAS PARA LA FABRICACIÓN DE BTC EN COAHUILA, MÉXICO

Rubén Salvador Roux Gutiérrez[1]; Jesús Velazquez Lozano[2]

[1]Facultad de Arquitectura Unidad Saltillo – Universidad Autónoma de Coahuila-, Red Iberoamericana PROTERRA
rroux33@hotmail.com

[2]Faculdad de Arquitectura Unidad Saltillo – Universidad deCoahuila

Palabras clave: suelo, pruebas, calidad, BTC

Resumen

La presente investigación trata los estudios realizados a diversos bancos de arcillas en el Estado de Coahuila, México, para determinar la calidad del material y así poder determinar si estos suelos son adecuados para la fabricación de bloques de tierra comprimida (BTC), los bancos estudiados se localizan en diversas ciudades del Estado, Torreón, Monclova, Saltillo, Ramos Arizpe, Arteaga, esto con la finalidad de poder tener bancos con un radio no mayor a 25 kilómetros, para que los costos de trasporte de la materia prima no impacten en el costo del producto. Por otra parte se presenta una propuesta de mezcla con varios estabilizadores y cada una de las arcilla estudiadas con el fin de comprobar si los resultados de resistencia a la compresión, durabilidad, permeabilidad, eran adecuados para la fabricación de mampostería de buena calidad. Finalmente se muestran todos los estudios realizados a las arcillas y los BTC con lo que se demuestra que los materiales estudiados son factibles de ser utilizados en la fabricación de BTC para ser utilizados en muros en viviendas.

1. INTRODUCCIÓN

Los suelos son el elemento principal en la construcción con tierra, el poder determinar la calidad de los suelos, para determinar si estos son adecuados para realizar cualquier técnica de construcción, permite saber si los materiales que se fabricarán con dicho suelo serán adecuados y de buena calidad.

Para lograr lo anterior se deben hacer pruebas para determinar la plasticidad del suelo, así como saber el contenido de suelo fino, esto tiene dos finalidades, determinar en primer lugar su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y segundo poder determinar el tipo de estabilizante a utilizar, ya que no se pueden utilizar los estabilizantes de manera genérica.

Objetivo

Determinar la calidad de los suelos de diversos bancos en el Estado de Coahuila, como materia prima, para la fabricación de bloques de tierra comprimida

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para determinar la calidad de los bancos de suelos estudiados se basa en la pruebas límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico) y en la prueba de sedimentación

2.1 Límite líquido

El límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm, aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos

mitades, cuando la capsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm, a la velocidad de 2 golpes por segundo (Borfitz; Bochs, 2008)

2.1.1. Aparatos

- Mortero de porcelana o de madera con pisón revestido con goma, de medidas corrientes.
- Tamiz IRAM de 420 micrones (Nº 40).
- Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 cm a 12 cm de diámetro.
- Espátula de acero flexible con hoja de 75 mm a 80 mm de largo y 20 mm de ancho, con mango de madera.
- Aparato para la determinación semimecánica (o mecánica) del límite liquido de las dimensiones y demás características indicadas en la figura 1.
- Acanalador de bronce o de acero inoxidable de las dimensiones y demás características indicadas en la figura No 2.
- Pesa filtros de vidrio o de aluminio de 40 mm de diámetro y de 30 mm de altura, aproximadamente.
- Pobretas de vidrio
- Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105-110 °C.
- Elementos varios de uso corriente en laboratorio de suelos.

2.1.2. Preparación de la muestra

El ensayo se realiza sobre la muestra de suelo que pasa la malla Nº 40. Suelos finos: si se trata de suelo fino, se toma por cuarteo una porción de 400 g a 500 g de suelo secado al aire y se lo hace pasar por la malla Nº 40. La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se desmenuza con el pisón revestido de goma. Se la tamiza y se repite la operación hasta que pase su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz. Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pisón tiene por finalidad deshacer los grumos de suelos formados naturalmente y no la rotura de partículas de arena. Se reúnen las porciones obtenidas y se mezcla cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

Suelos con material granular: si la muestra contiene material grueso, se separa esta por tamizado a través de la malla según norma del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) de 2 mm (No 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el punto anterior. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con la menor cantidad de agua posible y se hace pasar por el tamiz No 40. Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor de 50°C. El residuo se desmenuza y se incorpora a las fracciones ya obtenidas mezclándose cuidadosamente para obtener un material homogéneo (Juárez Badillo, 1996).

2.1.3. Calibración del aparato

Verificar que el aparato de Casagrande para la determinación del límite liquido este en buenas condiciones de funcionamiento, que el eje sobre el cual gira la capsula no este desgastado hasta el punto de permitir desplazamientos laterales de la misma; que los tornillos que conectan la capsula al brazo estén apretados y que la superficie de la capsula no presente excesivo desgaste.

La base, de 50 mm de espesor, debe ser de ebonita o de madera dura con una placa de ebonita, de no menos de 10 mm de espesor, firmemente encastrada en la madera.

La capsula debe ser de bronce pulido, debe tener las dimensiones fijadas en el croquis de la figura No 1 y su peso, incluido el engarce y la pestaña, debe ser de 205 g aproximadamente.

El acanalador que acompaña al aparato, debe ser de bronce o de acero inoxidable, con las dimensiones y demás características indicadas en el croquis de la figura 1.

La calibración mecánica del aparato es una práctica sencilla que no requerirá mayor conocimiento; bastara con el ajuste de la caída de la capsula en 10 mm con el mango del acanalador, que frecuentemente cuenta con un cubito metálico destinado a tal fin. Se pondrá el excéntrico en su parte superior y ajustar los tornillos. Efectuar los retoques necesarios.

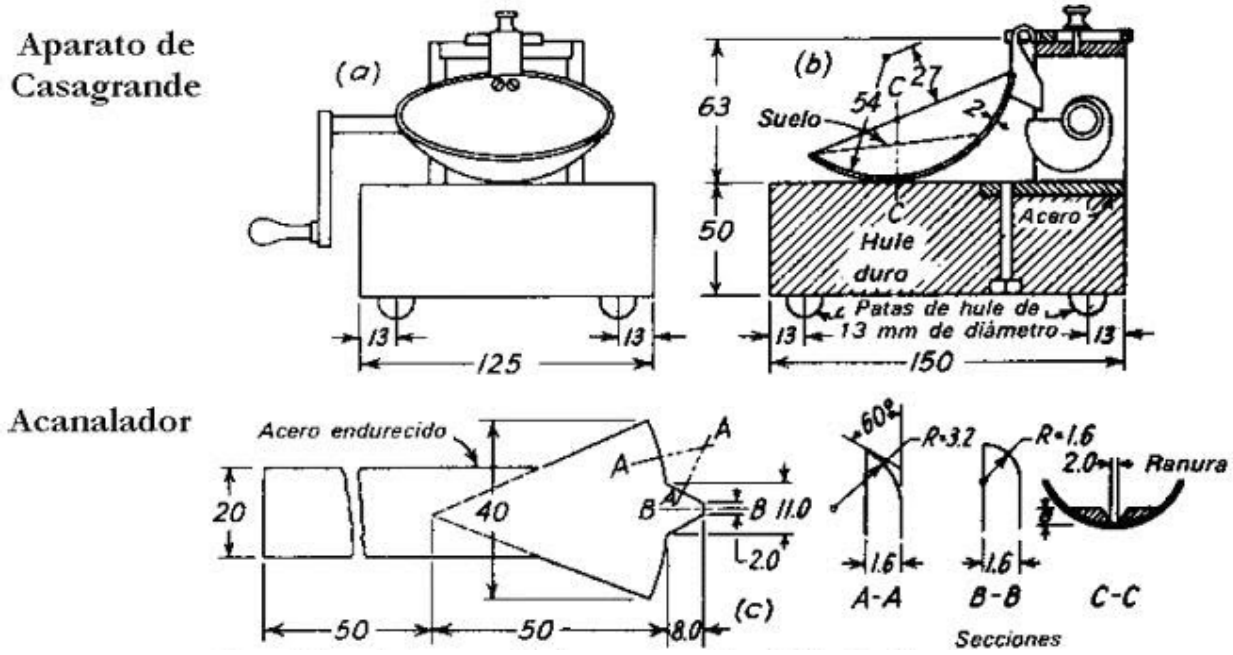


Figura 1. Copa de Casagrande y acanalador. Medidas en milímetros
(http://geotecnia-sor.blogspot.mx/2010_11_14_archive.html)

2.1.4. Procedimiento

- Se toman 50 g o 60 g del material obtenido de acuerdo al punto “preparación de la muestra” y se colocan en una capsula especificada en “aparatos”.
- Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado, procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.

- Cuando la pasta adquiere una consistencia tal que, al ser dividida en dos porciones, estas comiencen a fluir cuando se golpea la capsula contra la palma de la mano; se transfiere una porción de la misma a la capsula de bronce del aparato, se la amasa bien y se le distribuye de manera que el espesor en el centro sea aproximadamente 1 cm.
- Con el acanalador se hace una muesca en forma tal que quede limpio el fondo de la capsula en un ancho de 2 mm; la muesca debe seguir una dirección normal al eje de rotación en su punto medio, figura 2. (Borfitz; Bochs, 2008)
- Se acciona la manivela a razón de dos vueltas por segundo, y se cuenta el número de golpes necesarios para que, por fluencia, se cierren los bordes inferiores de la muesca, en una longitud de aproximadamente 12 mm.

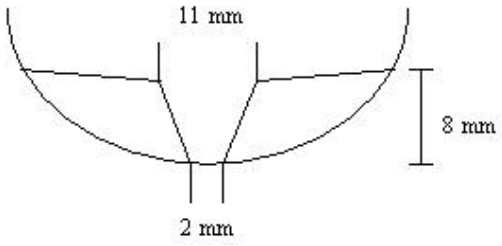


Figura 2. Forma de la ranura en el suelo.
(http://geotecnia-sor.blogspot.mx/2010_11_14_archive.html)

- Verificar si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Para esto se procura separar con la espátula los bordes unidos. Si ha habido corrimiento de toda la masa, la separación se logra fácilmente, quedando limpio el fondo de la capsula. En cambio sí ha habido fluencia, la espátula mueve únicamente la parte que ataca y el resto queda adherido al fondo de la capsula.
- Se retira la porción de pasta, de peso más o menos 10 g, de la parte en que se produjo la unión, y se coloca en un pesafiltro previamente tarado. Se pesa y se anota en la planilla. También se anotara el peso del pesafiltro, su número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.
- Se repiten estas operaciones dos o más veces, con contenidos crecientes de agua, procurando que el número de golpes requeridos para el cierre de la muesca sean, uno mayor y otro menor de 25 golpes.
- La pasta colocada en los pesa filtros serán llevadas en estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105°C y 110°C.

2.1.5. Cálculos

La humedad porcentual de cada punto se calcula con la fórmula:

$$H = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f}$$

Donde:

P_1 = peso del pesafiltro más la porción de pasta de suelo húmedo (g)

P_2 = peso del pesafiltro mas la porción de pasta de suelo seco (g)

P_f = peso del pesafiltro (g)

Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisa escala logarítmica el número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos los que estarán sensiblemente alineados. Se traza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, en el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta a la perpendicular trazada a las abscisas por el punto No 25, se lee el valor del límite líquido (figura 3).

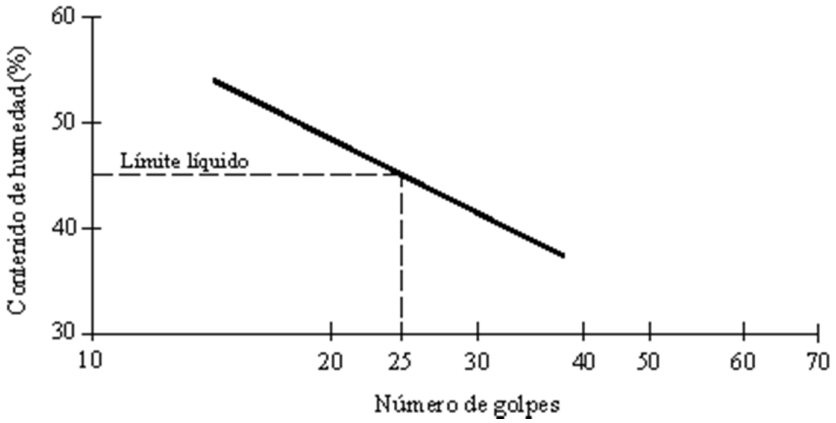


Figura 3. Cálculo gráfico del límite líquido. (http://apuntesingenierocivil.blogspot.mx/2010/11/se-llama-liquidez-al-estado-liquido-que.html)

2.2. Límite plástico – índice de plasticidad

Es el contenido de humedad, expresado en porciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado semi-solido del mismo.

Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm de diámetro. (Borfitz & Bochs, 2008)

2.2.1. Aparatos

- Mortero de porcelana o de madera con pisón revestido con goma, de medidas corrientes.
- Tamiz que cumpla com las especificaciones Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) de 420 micrones (Nº 40).
- Capsula de porcelana o hierro enlozado de 10 cm a 12 cm de diámetro.
- Espátula de acero flexible con hoja de 75 mm a 80 mm de largo y 20 mm de ancho, con mango de madera.
- Vidrio plano de 30 cm x 30 cm, o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.
- Trozos de alambre galvanizado redondos de 3 mm de diámetro para ser utilizados como elemento de comparación.
- Pesafiltros de vidrio o de aluminio de 40 mm de diámetro y de 30 mm de altura, aproximadamente.
- Probetas de vidrio
- Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- Estufa para secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105-110°C.

- Elementos varios de uso corriente en laboratorio de suelos.

2.2.2. Preparación de la muestra

El ensayo se realiza sobre la muestra de suelo que pasa la malla Nº 40.

Suelos finos: si se trata de suelo fino, se toma por cuarteo una porción de 400 g a 500 g. de suelo secado al aire y se lo hace pasar por la malla Nº 40. La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se desmenuza con el pisón revestido de goma. Se la tamiza y se repite la operación hasta que pase su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz. Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pisón tiene por finalidad deshacer los grumos de suelos formados naturalmente y no la rotura de partículas de arena. Se reúnen las porciones obtenidas y se mezcla cuidadosamente para obtener un material homogéneo.

Suelos con material granular: si la muestra contiene material grueso, se separa esta por tamizado a través de la malla IRAM de 2 mm (Nº 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el punto anterior. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con la menor cantidad de agua posible y se hace pasar por el tamiz No 40. Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor de 50°C. El residuo se desmenuza y se incorpora a las fracciones ya obtenidas mezclándose cuidadosamente para obtener un material homogéneo (Borfitz; Bochs, 2008).

2.2.3. Procedimiento

- Se toman 15 g o 20 g. del material obtenido de acuerdo al punto “preparación de la muestra” y se colocan en una capsula especificada en “aparatos”.
- Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado, procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.
- Se continúa el mezclado hasta obtener que la pasta presente una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador.
- Una porción de la parte así preparada se hace rodar con la palma de la mano sobre la lámina de vidrio, dándole la forma de pequeños cilindros.
- La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud.
- La velocidad con que se manipula a la pasta haciéndola rodar debe ser tal de obtener de 60 a 70 impulsos por minuto, entendiendo como un impulso un movimiento completo de la mano hacia adelante y atrás.
- Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se unen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario. La operación también se repite si las barritas cilíndricas se fisuran y agrietan antes de llegar al diámetro 3 mm En este caso se reúnen los trozos y se amasan nuevamente con el agregado de agua hasta lograr la completa uniformidad.
- El ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a fisurarse y agrietarse al alcanzar los 3 mm de diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolas con los trozos de alambre.

- Las barritas cilíndricas colocadas en los pesafiltros serán llevadas a la estufa hasta lograr el peso constante a una temperatura entre los 105°C y 110°C.

2.2.4. Cálculos

La humedad porcentual correspondiente al límite plástico de un suelo se calcula con la fórmula:

$$LP = \frac{P_1 - P_2}{P_2 - P_f}$$

Donde:
P1= peso del pesafiltro más las barritas de suelo húmedo (g)

P2= peso del pesafiltro más las barritas de suelo seco (g)

P3= peso del pesafiltro (g)

2.2.5. Índice Plástico

El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico del mismo. Es decir:

$$IP = LL - LP$$

2.3. Prueba de sedimentación

2.3.1 Equipo para la prueba de tierras

- Una malla de 1/4" a 3/8" (6 mm a 10 mm)
- Una pala
- Un balde
- Un envase transparente de boca ancha

2.3.2 Procedimiento

- Se tamiza a tierra por una malla de ¼" o 6 mm
- Se pone dentro de la botella de boca ancha tierra hasta la mitad
- Agregar dos cucharaditas de sal
- Se llena la botella con agua y se tapa.
- Agitar la botella por dos minutos

Deje reposar por media hora en una superficie plana.

Las piedritas o gravas se asientan en el fondo, luego se encuentra la arena, en seguida la arcilla (el lodo) con arenilla fina ó limo, después el agua turbia por encima la materia orgánica flotando. Mida los niveles de cada capa marcándolos en la botella, los niveles por encima de la arcilla no cuentan. Arcilla se queda arriba. Flotando queda la materia orgánica (Juarez Badillo, 1996).

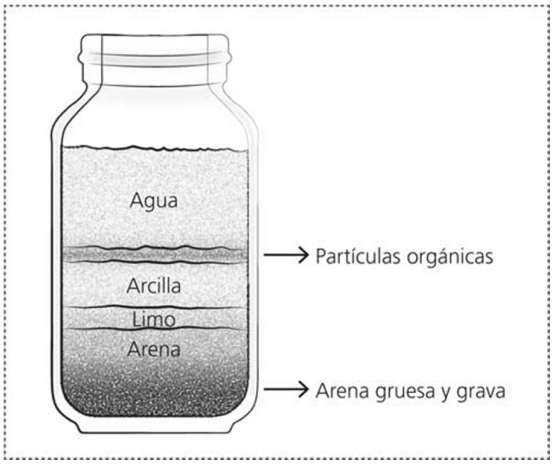


Figura 4. Prueba de sedimentación. Fuente de obtención: http://www.correodelmaestro.com/

3. RESULTADOS

3.1. Análisis de suelos

Una vez que se realizaron las pruebas de plasticidad y sedimentación a los diferentes suelos de los bancos estudiados; se obtuvieron los siguientes resultados que se presentan en la tabla 1

Tabla 1. Resultados de pruebas de sedimentación y plasticidad a los suelos de los bancos estudiados

BANCO	% de Arcilla	% de Limo	% de Arena	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Tipo de suelo
Torreón, Coahuila	48,60	23,40	28,00	24	10	14	CL
Arteaga, Coahuila	50,00	4,55	45,45	28	16	12	SCL
Tunal	40,50	5,50	54,00	40	22	18	SCL
Monclova, Coahuila	44,00	2,00	54,00	39	21	18	SCL
Abasolo, Coahuila	48,20	2,12	49,64	26	12	14	SCL
Cd. Acuña, Coahuila	91,00	9,00	0,00	45	10	35	CL
Piedras Negras, Coahuila	47,86	4,19	48,95	23	12	11	SCL
Nueva Rosita, Coahuila	32,90	2,85	64,25	21	8	13	SCL
Monclova, Coahuila	47,05	1,45	51,50	34	9	25	SCL
Saltillo, Coahuila	38,24	2,94	58,82	20	9	11	SCL

3.2. Fabricación de BTC para prueba de compresión simple

Terminado el análisis de suelos se procedió la fabricación de las poblaciones de muestras con una población de 20 piezas, de las cuales se probaron cinco piezas de cada población. Los BTC se fabricaron con dos tipos de máquinas: una prensa CinvaRam,

manual, que produce BTC de 11,0 cm x 18,5 cm x 38,5 cm, dicha prensa se verificó la fuerza de compresión que fue de 10 kgf/cm^2 o 1 MPa; la otra fue una prensa hidráulica marca Ital Mexicana, modelo 3000, la cual produce BTC de 12 cm x 20 cm x 40 cm, la fuerza de compresión de esta prensa es de 24,38 kgf/cm^2 o 2,43 MPa. Se tomó la decisión de estabilizar estos tipos de suelos con 3% de cal y 3% de cemento CP-20 con dos tipos de humedades de acuerdo al tipo de prensa: para la CinvaRam la humedad fue del 25% en peso y para la prensa Ital Mexicana de 16% en peso. A continuación la tabla 2 se presenta los resultados promedios de las pruebas a compresión simple:

Tabla 2. Resultados de pruebas de compresión simple de los BTC realizados con los suelos de los bancos estudiados

Banco	Prensa CinvaRam		Prensa Ital Mexicana	
	kgf/cm^2	MPa	kgf/cm^2	MPa
Torreón, Coahuila	26,45	2,64	73,23	7,32
Arteaga, Coahuila	60,25	6,05	120,24	12,02
Tunal	40,10	4,01	75,67	7,56
Monclova, Coahuila	27,25	2,72	67,12	6,71
Abasolo, Coahuila	36,18	3,61	57,64	5,76
Cd. Acuña, Coahuila	29,80	2,98	79,50	7,95
Piedras Negras, Coahuila	33,78	3,37	43,75	4,37
Nueva Rosita, Coahuila	28,50	2,85	50,34	5,03
Monclova, Coahuila	37,62	3,76	67,07	6,70
Saltillo, Coahuila	71,43	7,14	267,32	26,73

Nota: La resistencia a la compresión simple de un bloque de concreto realizado en Saltillo, Coahuila es de 38 kgf/cm^2 (3,8 MPa) y del ladrillo regional de Saltillo es de 54 kgf/cm^2 (5,4 MPa).

4. CONCLUSIONES

Una vez terminadas todas la pruebas planteadas en la metodología se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El 80% de los suelos analizados son arenas arcillosas, por otra parte la fracción fina de todos los suelos son arcillas de baja plasticidad (CL)-

2. El 30% de los BTC realizados con la CinvaRam estuvo por encima de la resistencia del bloque de concreto y el 20% sobre la resistencia del ladrillo regional.

3. El 100% de los BTC realizados con la CinvaRam estuvo por encima de la resistencia del bloque de concreto y el 90% sobre la resistencia del ladrillo regional.

4. Se concluye que la fuerza de compresión que aplica la prensa mecánica influye favorablemente en la resistencia a la compresión simple que se obtienen finalmente, ya que esta se incrementa en promedio en 115,32% con respecto a la obtenida por la prensa manual CinvaRam.

5. En cuanto a la comparativa de resistencia a la compresión simple con los materiales convencionales, como el bloque de concreto que tiene una resistencia de 31,66 kgf/cm^2 (Morales, 2008) y el ladrillo recocido regional que tiene una resistencia de 85,27 kgf/cm^2 (Hernández, 2008)

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

Borfitz, A.; Bochs, D. (2008). Cátedra: Geotecnia. Facultad de Ingeniería UNNE. Argentina: Universidad Nacional del Nordeste.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1976). Norma IRAM-1501- Tamices de ensayo. Buenos Aires: IRAM.

Hernández Hernández, José Luís. (2008). Evaluación de la resistencia a la compresión de tabique rojo de la región de Xalapa en base a la Norma NMX-C-036-ONNCCE-2004 (Tesis de Pregado). Universidad Veracruzana, Xalapa.

Juárez Badillo, E. R. (1996). Mecánica de suelos, Tomo I, Fundamentos básicos de la mecánica de suelos. México: Limusa.

Morales Padilla, Marco Antonio (2008). Evaluación de la resistencia a la compresión de blocks fabricados en región de Perote, Ver., de acuerdo a la Norma NMX-C-ONNCCE-2004 (Tesis de Pregado). Universidad Veracruzana, Xalapa.

AUTORES

Rubén Salvador Roux Gutiérrez, Maestro Investigador de la Facultad de Arquitectura Unidad Saltillo de la Universidad Autónoma de Coahuila, Miembro de la Red PROTERRA, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT, México.

Jesús Velázquez Lozano, Maestro Investigador de la Facultad de Arquitectura Unidad Saltillo de la Universidad Autónoma de Coahuila, Líder Cuerpo Académico de Tecnología de la Arquitectura y profesor con perfil PRODEP de la Secretaria de Educación Pública de México.

TEMÁTICA 1
Materiales y cultura constructiva

TEMÁTICA 2
Conservación preventiva y curativa

TEMÁTICA 3
Contemporaneidad y producción

TEMÁTICA 4
Desarrollo social y comunidad

1. LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE TIERRA EN EL MÉXICO PREHISPÁNICO

Annick Daneels

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, México, D.F., México, annickdaneels@hotmail.com

Palabras clave: adobe, relleno apisonado, bloque de tierra húmeda, encofrado, tierra colada.

Resumen

Debido a la poca atención prestada a la arquitectura de tierra prehispánica en México, en comparación con la de piedra, se considera oportuno realizar un primer ejercicio de síntesis para entender el origen y desarrollo de las importantes tradiciones presentes en el país, a partir del estudio de los sistemas constructivos de basamentos y edificios de carácter público, donde se pueden apreciar las estrategias y técnicas de arquitectura más elaboradas y que generalmente se perdieron al momento de la conquista española. Se definen dos tradiciones: la mesoamericana y la del noroeste de México. La primera parece originarse en el segundo milenio antes de Cristo en las tierras bajas de trópico húmedo del Istmo mexicano, predominando el uso de tierra apisonada y adobe. Esta cultura constructiva se diversifica en una tradición costera y otra del altiplano semiárido (que incluye el uso de bases de piedra y recubrimientos de cal), una impactando a las áreas mesoamericanas de Centroamérica en Guatemala y Honduras, la otra en El Salvador y posiblemente hasta Perú al sur, hacia 600-700 d.C., y el suroeste de Estados Unidos al norte, después de 1200 d.C. La segunda tradición es parte de las culturas Pueblo, con arquitectura monumental predominantemente de lodo vertido (y casas en acantilado de bajareque), que se extienden en el territorio mexicano a lo largo de la Sierra Madre Occidental en el Postclásico Temprano (1200-1450 d.C.).

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre la arquitectura de tierra en México se ha centrado tradicionalmente en la arquitectura colonial e histórica del Norte de México (misiones, haciendas…) y sólo en casos excepcionales ha reparado en la arquitectura prehispánica, como Paquimé (Patrimonio mundial desde 1998), cuya región es recientemente objeto de nuevos proyectos de arqueología y restauración. En el ámbito mesoamericano, casi toda la investigación ha sido acaparada por la arquitectura de piedra, haciendo caso omiso de la tradición de construcción en tierra que ha existido de manera paralela a la de piedra y que probablemente la precede.

Este trabajo propone revisar de manera sintética los distintos sistemas constructivos del México prehispánico, hasta donde exista información publicada o accesible en informes, y evaluar su distribución en el tiempo y el espacio para ver si es posible hablar de tradiciones constructivas. Se tomarán en cuenta las técnicas constructivas de basamentos y edificios, usando tierra apisonada, adobe, bloques de tierra húmeda, encofrado o lodo vertido; además se considerará información complementaria sobre los tipos de recubrimientos y de drenaje.

Aún no se ha hecho un intento de sistematización de la arquitectura de tierra prehispánica en México. Tal estudio aporta no sólo al conocimiento de las tradiciones tecnológicas antiguas del país, sino permite también evaluar las similitudes y diferencias con áreas en contacto con la región desde la época prehispánica, como el suroeste de Estados Unidos y Centroamérica, y por momentos, Sudamérica. Además, contribuye a la selección de estrategias adecuadas para la preservación de este patrimonio, al permitir un mejor entendimiento de las estructuras por intervenir.

PLANTEAMIENTO

A diferencia de las arquitecturas de tierra prehispánicas en Estados Unidos y la zona Andina, para las que existe abundante información, así como obras de síntesis sobre las técnicas y sistemas constructivos a través del tiempo (p.ej. Cameron 1998, Reindel, 1993, Campana, 2000), en el caso de México tal ejercicio es problemático debido a que la información es dispersa y poco sistemática. Por un lado hay anotaciones someras en informes o publicaciones dedicadas a temas de arqueología (p. ej. Marcus, 1999, Drucker 1943) y por el otro, estudios muy avanzados en unos contados sitios (p.ej. Di Peso 1974, Daneels; Guerrero, 2011, Gama et al, 2012). No se pretende presentar todo lo existente, debido a las limitaciones de extensión del presente trabajo, pero sí lo suficiente para poder plantear la posible distribución y temporalidad de ciertas tradiciones y su relación fuera del área nacional. Por esta razón, de momento se dejarán fuera los datos sobre los sistemas de techado, los sistemas de aislamiento de humedad capilar y los modos de acceso (rampas, escaleras), por no existir aun un cuerpo de información suficientemente extenso para permitir las comparaciones.

El estudio se enfocará a la construcción monumental de uso cívico-ceremonial (no-doméstico). La razón es que su tamaño y función especializada requiere un conocimiento de arquitectura e ingeniería distinto al de la construcción doméstica, que es el saber que generalmente ha sobrevivido en las tradiciones vernáculas. Se considera que la información etnográfica e histórica no es suficiente para entender la amplitud y los alcances de la arquitectura prehispánica, de la misma manera que estudiar las casas comunes de un pueblo no permitirá explicar cómo se puede construir un rascacielos o un teatro en una ciudad. La comprensión de los sistemas constructivos antiguos aporta no sólo a la historia de la tecnología, sino que proporciona datos fundamentales para entender y por lo tanto conservar adecuadamente los sitios arqueológicos, además de revelar estrategias originales que se fueron perdiendo al ser en América la tierra relegada a material de construcción secundario partir el siglo XVI, por la imposición de conceptos arquitectónicos europeos.

Tomando en cuenta sólo aquellas construcciones donde la tierra tiene función estructural (lo que descarta todas las variantes de bajareque y quincha donde la estructura es de madera), es posible hablar de tradiciones de arquitectura de tierra monumental en 5 áreas culturales de América: al norte la Misisipiana y la Pueblo (del suroeste de EEUU y noroeste de México), en el centro la Mesoamericana y en el sur la Andina y la Amazónica (Figura 1, recuadro). Hay reporte de montículos de tierra en el área circuncaribeña, pero su tamaño modesto no alcanza el rango de arquitectura monumental, por lo que no se tomarán en consideración en el presente trabajo. Es interesante observar que en términos generales, en la vertiente atlántica la técnica constructiva es de tierra apisonada, mientras en la pacífica es el adobe, situación que puede ser influenciada por las condiciones más húmedas en la primera que en la segunda.

Sin embargo, dentro de la tradición mesoamericana se funden las técnicas de tierra apisonada con las de adobe, fenómeno lógico si se toma en cuenta el estrechamiento de la masa continental y la fuerte interacción entre las distintas subáreas culturales mesoamericanas. Para poder evaluar la posible adopción de técnicas constructivas, es necesario tomar también en cuenta los contactos que tuvo Mesoamérica tanto con el norte como con el sur de América en distintos momentos de su historia. Esos se pueden resumir de la siguiente manera: (1) la distribución del cultivo de maíz desde el área istmeña de México hacia el octavo milenio a.C. al norte y al sur del continente, (2) desde la esfera sudamericana (zona septentrional andina) la introducción en el ámbito mesoamericano de la cerámica en el segundo milenio a.C. y de la metalurgia en el siglo VII d.C., y (3) los contactos con el sur de Estados Unidos que tuvieron su momento de apogeo entre 700 y 900 d.C. y continuaron hasta 1450 d.C. (Clark; Knoll, 2005; Hers; Carot, en prensa; Hosler, 2014).

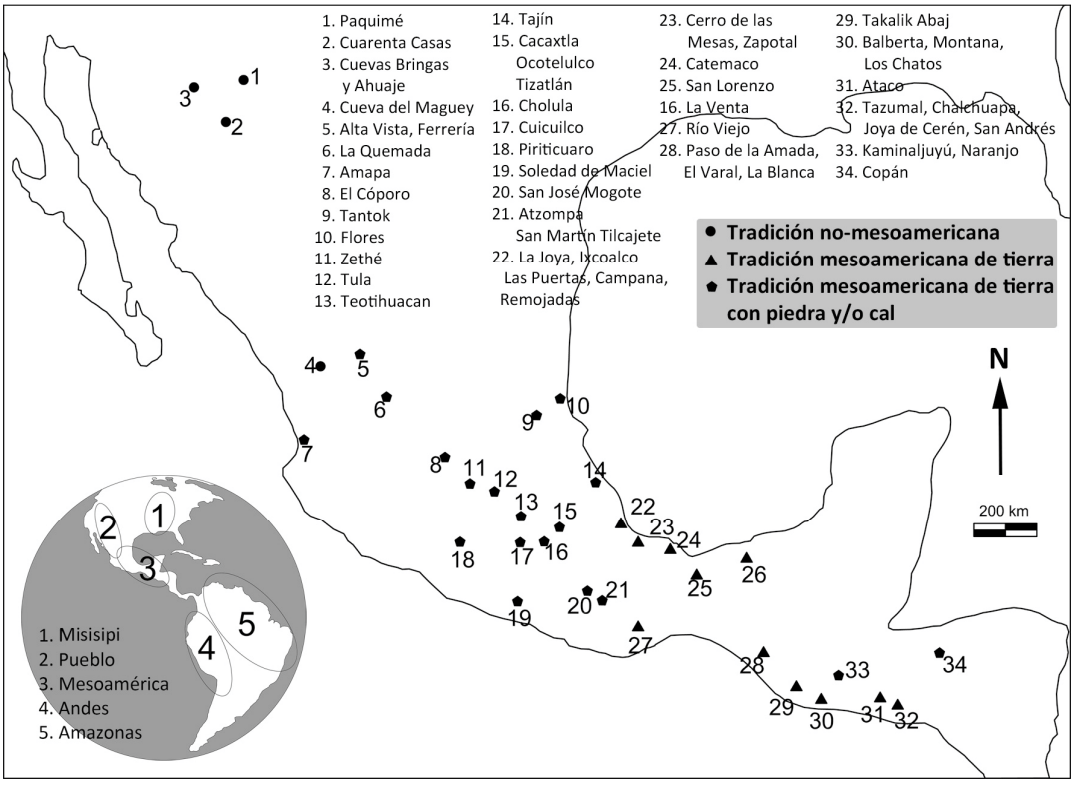


Figura 1. Sitios en México y Centroamérica con información sobre su arquitectura de tierra. Recuadro: áreas culturales de América con arquitectura de tierra (contornos continentales de Google Earth – Landsat, 2014).

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE BASAMENTOS

En todos los sitios de cierta importancia de México, se observa que los edificios mayores tienden a erigirse encima de basamentos sólidos para elevarlos por encima del nivel de superficie donde se ubican las residencias normales o humildes, una estrategia arquitectónica de diferenciación social común en muchas culturas antiguas y modernas.

Tierra apisonada

La técnica más difundida y más antigua es la acumulación de rellenos de tierra seca o ligeramente húmeda, tal como se acaba de extraer del banco de material y acarrear en canastos, en capas superpuestas a veces bastante irregulares. Estas se van apisonando probablemente con los pies, a veces colocando capas de fragmentos de cerámica para facilitar la compactación. Tales rellenos carecen de sistemas de contención de presión interna. Es común que la textura de las tierras utilizadas varíe, especialmente en rellenos de gran volumen, fenómeno que puede deberse a la utilización de varios bancos de material. En algunos casos, cuando la alternancia de capas es muy regular, se ha interpretado como resultado de una selección intencional de texturas y colores diversos, posiblemente por razones simbólicas (Cyphers 1997:97-99; Drucker; Heizer; Squier, 1959; Gillespie, 2008), propuesta similar hecha para Cahokia (Baltus; Baires, 2012).

Los casos más antiguos están reportados en Paso de la Amada, Chiapas, hacia 1400-1250 a.C., en los edificios 7 (la cancha de pelota) y 6 (la residencia de elite) (Blake et al, 2006). En temporalidad les sigue el conjunto de patio hundido de San Lorenzo, del 1200-900 a.C. (Cyphers et al, 2006). La mayoría de las pirámides tempranas de Mesoamérica, como en La Venta (González, 1997) y La Blanca (Love et al, 2005), de

hacia 700-400 a.C., están construidas así, hasta culminar en la monumental Pirámide del Sol de Teotihuacan (revestida de piedra, del siglo 3 d.C.; Sugiyama; Sugiyama; Sarabaia, 2013). Todas se caracterizan por un perfil de pendientes inclinadas, propio de rellenos no estructurados (Daneels, 2005).

La técnica continúa durante el Clásico y Postclásico, en la costa del Golfo: La Joya (Daneels; Guerrero, 2013) y Cerro de las Mesas (con recubrimientos de cal – Drucker 1943) en Veracruz, y Flores en Tamaulipas (Guevara, 1993), hasta Paquimé en Chihuahua (Di Peso 1974: 215), este último con revestimiento de piedra exterior, de 1200-1450 d.C. La Figura 2, (izquierda) muestra como ejemplo la primera etapa constructiva de la pirámide de La Joya, con capas subhorizontales de rellenos arenosos recubiertos de rellenos de tierra de textura limosa.

Rellenos estructurados

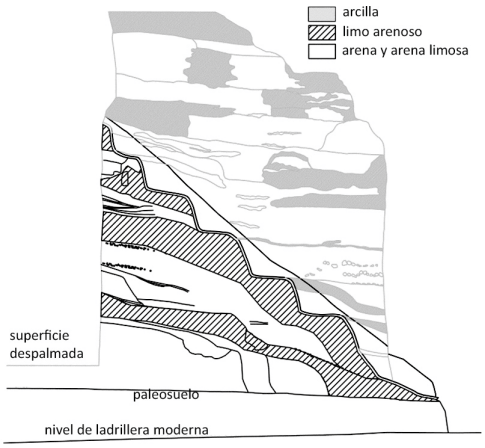
El término relleno estructurado se refiere a rellenos en los que se aplicó algún método de control de presión interna. Hay varias estrategias, algunas más frecuentes que otras.

3.2.1. Rellenos alternos

Se trata de un sistema reticulado donde grandes bloques de rellenos de textura arenosa alternan con bloques de textura arcillosa. Los bloques arcillosos contienen los rellenos arenosos, mientras los rellenos arenosos mitigan la expansión de la arcilla en las variaciones estacionales de humedad. Al elevar el basamento con capas horizontales de tales bloques alternos, se permite cierto traslape, de manera a que los rellenos arenosos superpuestos estén comunicados de manera vertical, lo que favorece la evacuación de la humedad interna que se origina tanto por precipitación como por capilaridad (Figura 2, izquierda, segunda etapa constructiva). En México este sistema sólo ha sido reportado hasta ahora en La Joya, en el Centro de Veracruz, fechado hacia 700 d. C. (Daneels; Guerrero 2011: Figura 3, 2013), aunque parece haber un sistema similar en Kaminaljuyú, Guatemala (Ohi, 1994).

3.2.2. Variante de rellenos alternos

Esta variante se da cuando se usan basamentos y edificios previos, parcialmente desmantelados, para contener los rellenos de textura ligera (limos arenosos) de una nueva etapa constructiva. Esto es frecuente en Mesoamérica, donde la costumbre de construir encima de edificios previos es recurrente. Hay ejemplos publicados del Golfo (Daneels; Guerrero; Liberotti, 2013), de la costa de Oaxaca (Joyce; Levine; Barber, 2013), Teotihuacan (Cabrera 1991) y Cacaxtla (Lucet 2013), todos del periodo Clásico.



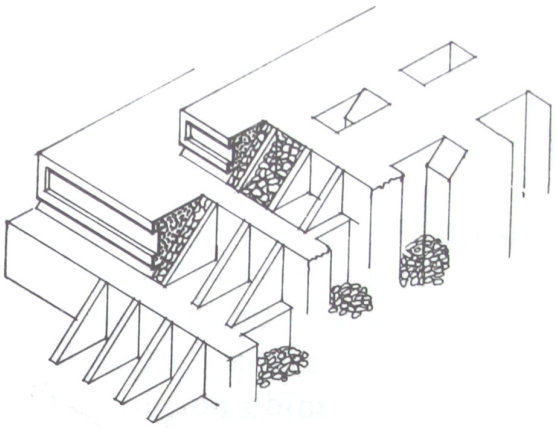


Figura 2. Sistema de rellenos alternos (Dibujo Daneels 2010).

Figura 3. Cajones de adobe (Dibujo retomado de Marquina 1951: 65, Figura 4)

3.2.3. Cajones de adobes

Una evidencia temprana del uso de muros internos de adobes para contener los rellenos de tierra son del Preclásico de Oaxaca, usando adobes planoconvexos (1150-700 a.C.) y algo más tarde adobes rectangulares (700-500 a.C.) (Marcus; Flannery, 1996: 109, 112, 126). En Cholula se reporta el uso de cajones de tamaños variados desde la segunda etapa constructiva de la gran pirámide, hacia 100 d.C. (Robles; Uruñuela, Pluket, en prensa). En Teotihuacan, gran urbe del Clásico en el centro de México, son frecuentes los cajones de adobe, como celdas de un panal, de un metro cuadrado, por hasta varios metros de alto, desplantando sobre roca madre (tepetate) y rellenados de tierra y basura variada (como desecho de obsidiana, Daneels et al. 1998: 489); este tipo de construcción en adobe es común entre 300 y 600 d.C., siendo en este sitio el caso más antiguo de piedra (Figura 3), del Templo de Quetzalcoatl, fechado 150-200 d.C. (Cabrera; 1991:122-130,143). Este sistema se reporta también en el sitio de Amapa, Nayarit, para el periodo 600-1200 d.C. (Meighan, 1959: 3).

Rellenos de adobes

La evidencia más antigua de rellenos realizados únicamente con adobes es (hasta la fecha) de la cultura olmeca: en La Venta (800-400 a.C.). Se usaron para erigir una plataforma conformada sólo por bloques rectangulares (Drucker 1952:31; Drucker; Heizer; Squier, 1959; Reilly, 1999, Figura 7.1). Para el mismo periodo se reporta el basamento del templo de Huitzo (Flannery, Marcus 2005:12), pero en Marcus 1999 (p.63-64) esta misma plataforma se describe como un muro perimetral de adobes cónicos relleno de tierra apisonada. Para el periodo Clásico tales rellenos son reportados ya no en la planicie costera, sino en el altiplano central mexicano: Cholula (Robles, 2007), Xochitécatl (Serra, en prensa) y Teotihuacan (Cabrera, 1991). No se reporta si tales rellenos están conformados en segmentos o adosamientos, como en Perú (Reindel, 1993), donde se interpretan como estrategias anti-sísmicas.

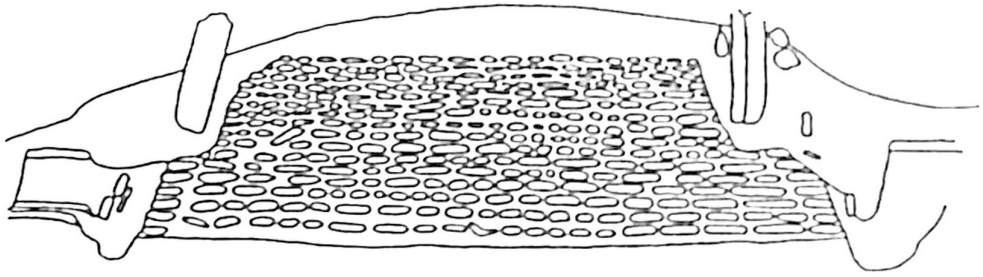


Figura 4. Basamento de adobes de las plataformas SE y SW del complejo A de La Venta (desplante de basamento de 5 m x 5 m) (Retomado de Reilly 1999:29).

SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE MUROS

Adobe

Los más antiguos podrían ser los muros del edificio 4 del montículo 6 de Paso de la Amada (1400-1250 a.C., pre-Olmeca), en la planicie costera de Chiapas; sin embargo, los datos publicados a la fecha (Blake et al, 2006) no permiten saber si se trata de adobe, de bloques húmedos o de lodo vertido.

Los casos más antiguos son de Oaxaca, donde se reportan muros de adobes planoconvexos en el periodo Preclásico Temprano (1150-700 a.C.), luego rectangulares en el Preclásico Medio (700-500 a.C.) (San José Mogote – Flannery; Marcus 1983:61, 63; 2005:419). Para el altiplano es común que los adobes estén montados sobre una base de hileras de piedra, recubiertos con tierra y luego cal; se reportan en Oaxaca (del Preclásico: San José Mogote – Flannery; Marcus, 2005; Dainzú – Marcus, 1999:67, 200-150 a.C.; San Martín Tilcajete – Redmond, 2000; del Clásico: Atzompa – Robles; Andrade, 2011; del Postclásico: Spores, 1983), en el Estado de México (Teotihuacan – Widmer; Storey 1993:88), en Hidalgo (en Clásico Tardío: Zethé - Gama et al, 2012, y en el Postclásico Temprano: Tula – Healan, 1993:109), en Zacatecas (La Quemada – Nelson 1995), Durango (Ferrería – Punzo, 2005) y en Chihuahua (Whalen; Minnis 2001:656). Recientemente se han encontrado en Michoacán muros, columnas y escalones de adobe del final del periodo Clásico, desplantando directamente sobre suelos, igual que en los sitios de las planicies costeras, pero recubiertos con revoques de cal (sitio Loma de Piríticuaro, Punzo, comunicación personal, 23 de junio 2015).

En el ambiente de trópico húmedo, la información más abundante es de sitios del periodo Clásico (0-1000 d.C.): hay adobes para la construcción de muros en varios sitios del Centro de Veracruz: Remojadas (Medellín, 1960), La Campana (Jiménez; Bracamontes, 2000), Las Puertas (Guerrero, 2005) y La Joya (Daneels; Guerrero, 2011). En el ámbito mesoamericano, igualmente en ambientes de trópico húmedo, hay muros de adobes rectangulares en Honduras (Copán - Sharer et al, 1999) y San Salvador (San Andrés – Boggs, 1943), en el Clásico Medio y Tardío, respectivamente. Todos los casos enumerados son de residencias palaciegas o edificios de cierta jerarquía, lo que refuta la preconcepción largo tiempo mantenida que el adobe era un material constructivo usado sólo en aldeas tempranas o modestas (Sanders et al, 1979: 295-358).

Los tamaños de los adobes no siempre están reportados, aunque algunas veces se pueden derivar de los dibujos o de las fotografías de registro arqueológico. La tabla en la figura 4 presenta algunas medidas de sitios de ubicación y temporalidad distintas, que indica que hay una variabilidad dentro y entre sitios. Esto puede deberse a razones temporales o sociopolíticas, pero salvo un caso (Robles et al. prensa), este aspecto no ha sido abordado de manera sistemática.

Tabla 1. Dimensiones de adobes en algunos sitios de México

Sitio	Medidas (cm)			Temporalidad	Uso	Referencia
	L	A	H			
La Venta	23	18	3	Preclásico Medio	relleno de adobe	Drucker 1952: 31
	55	25	8	Preclásico Medio	relleno de adobe	
San José Mogote	60	40	15	Preclásico Medio	muros	Fernández; Hueda, 2008
	40	20	10	Preclásico Medio	muros	Flannery; Marcus, 2005:419
Cholula (promedio)	49	25	8	100 d.C.	cajones de adobes	Robles et al. en prensa
Cholula (máximo)	75	46	15	100 d.C.	cajones de adobes	
La Joya	80	40	10	Clásico Temprano	muros	Daneels; Guerrero, 2011
	80	35	10	Clásico Medio	muros	
Teotihuacan	40	30	8	Clásico Medio	relleno de adobe	Sarabia com pers 2009
	40	35	12-18	Clásico Medio	cajones adobe	Cabrera 1991:136 (fig. 8)

Encofrado (lodo vertido)

En el caso de Paquimé, en el norte de México, el equipo de excavación inicial, formado en las tradiciones constructivas del SW de Estados Unidos, identificó que la forma más común de construir los muros en el periodo Medio (1200-1450 d.C.) era el encofrado, con lodo (mezcla de 60% de limo y 40% de caliche - carbonato de calcio), vertido en estado líquido en formas de madera (parecidas a tapiales), de más de 60 cm de ancho en la base (Di Peso 1974:211, 215-217). Esta propuesta es seguida por Castellanos (1995:88), Whalen y Minnis (2011:652) y Gamboa (2009:89), pero otros investigadores reportan el sistema de construcción como tapia, que implica apisonar fuertemente tierra apenas húmeda (Brown; Sandoval; Orea, 1991; Orea; Sandoval, s/f, Bagwell, 2004), o como bloque húmedo (Cameron, 1998:188-189). En las imágenes publicadas, no se observan en los muros sin recubrimiento las delgadas líneas de capas apisonadas típicas de un procedimiento de tapia. De hecho, hasta el momento, no se ha encontrado publicada evidencia contundente del uso de tapiales en la época prehispánica en México (aparte de los autores citados arriba para el caso de Paquimé, sólo se reporta esa posibilidad en la capital olmeca de San Lorenzo Tenochtitlan – Cyphers, 1997: 99).

El lodo vertido se reporta no sólo en Paquimé sino también en decenas de sitios de su periferia (Whalen; Minnis, 2001:656), donde se usa para edificios “de autoridad”, de mayor tamaño y rango en los asentamientos (Whalen; Minnis, 2001).

Bloques de tierra húmeda

Los datos no son muy claros al respecto del uso de bloques de tierra húmeda (equivalente al *cob* inglés). Generalmente se distingue por carecer de mortero entre bloque y bloque, y presentar una forma no perfectamente rectangular debido a cierto asentamiento por haberse colocado en húmedo. Tentativamente este tipo de construcción está reportado por Flannery y Marcus (1983:63) para Santo Domingo Tomaltepec, Oaxaca, en el Preclásico (1200-1000 a.C.) y por Manzanilla (1985:158) cuando describe una casa de 160-140 a.C. de Cuanalan, en el Valle de Teotihuacan. Dentro del área mesoamericana, se reporta en Joya de Cerén, San Salvador, para 600-1000 d.C. (Kievit 1994:195). En el noroeste de México se reporta en Paquimé (*puddled adobe* – Di Peso 1974:217) y en Loma de Moctezuma (*melted adobe* – Kelley; Burd 2003), todos para el periodo 1200-1450 d.C. En los casos mencionados, los edificios construidos en esta técnica son de tamaño modesto y de tipo habitacional rural.

SISTEMAS DE DRENAJE

Hay reportes de drenajes de tubos de barro en sitios del Clásico en la Costa de Golfo (Daneels; Guerrero, 2011, Ortiz, 2015: menciona 7 casos). En el altiplano no se reportan para Cholula (Robles; Uruñuela, Pluket, en prensa – reportan canales de piedra) y sólo hay un caso en Teotihuacan (Gómez, 2002:574, Clásico Medio), pero en Oaxaca se reportan cuando menos para el Clásico Tardío en Atzompa (Hernández; Pacheco, 2014), mientras en Hidalgo Healan (1993) los describe en Tula en el Postclásico.

Aún dentro del ámbito mesoamericano, se encuentran los mismos sistemas en varios sitios de la zona costera del Pacífico de Guatemala, fechados entre 500 y 1000 d.C. (Wolley, 1993, Medrano; Bove en prensa). Cuando hay suficiente información, es recurrente leer que los tubos están calzados a los lados y cubiertos por encima con fragmentos de vasijas rotas (Figura 5).

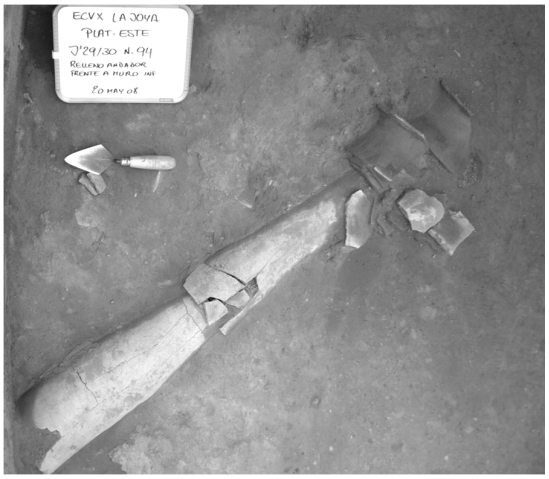


Figura 5. Tubos de drenaje en La Joya (Foto: Daneels, mayo 2008).

COMPARACIONES

La construcción de basamentos de tierra apisonada tiene una mayor antigüedad en Norte y Sudamérica que en Mesoamérica, pero tratándose de una estrategia constructiva muy sencilla, no es necesariamente indicativo de una transferencia de tecnología; sin embargo, otros sistemas constructivos, más particulares, podrían serlo. Por ejemplo, es interesante observar el temprano uso de adobes cónicos en el área andina (en el norte de Perú 1000-800 a.C. – Sakai; Martínez 2008, posiblemente desde 1800 a.C., 1500-500 a.C. - Campana 2000:59, 68), en periodos similares a los de Oaxaca (San José Mogote, 1150-700 a.C.), momento cercano a la aparición de la tecnología cerámica en Mesoamérica, de posible origen andino.

La adopción de adobes rectangulares parece ser más temprana en Mesoamérica (800-400 a.C.) que en Sudamérica (0-1000 d.C.- Campana, 2000:62) o en Norteamérica (950-1050/1150 d.C. - Wasley; Doyel, 1980:349-350) y va de la mano de las primeras evidencias de rellenos de cajones de adobe y de adobes mampuestos. Estos sistemas de relleno no están reportados en Norteamérica, pero los de adobes mampuestos son comunes en Centroamérica a partir del Clásico Tardío (600-1000 d.C., Boggs, 1943) y en Perú a partir de la cultura Moche (100-800 d.C.), mientras los de cajones de adobe se reportan como una novedad a partir de 850 d.C. en la cultura Chimú que sigue a la Moche (Cavallaro; Shimada 1985: 55, Reindel, 1993: 433-434, Campana, 2000: 123; para Tsai, 2012 en periodo 1310-1460 d.C.). En el caso de estos dos sistemas de relleno con adobes podrían ser ejemplos de transmisión tecnológica, considerando la aparición repentina de los rellenos de adobes mampuestos en la región centroamericana de Mesoamérica (que podría provenir de México) y de los cajones de relleno en la zona andina, que podría venir desde el altiplano de México. Hay que recordar que es en el siglo VII que se introduce la tecnología metalúrgica andina a la costa del Pacífico de México (Hosler, 2014).

Por su parte, los asentamientos del noroeste de México se relacionan con la tradición del suroeste de Estados Unidos, en técnica y forma, con el lodo vertido para la arquitectura mayor y el bajareque para la vivienda modesta (con una forma de asentamiento particular que son las casas en acantilado, cuyo ejemplo más sureño es la Cueva del Maguey en el sur de Durango – Punzo, 2013). Aunque haya evidencia de contacto directo entre la extensión más norteña de Mesoamérica con el suroeste de Estados Unidos entre 700 y 900 d.C. en la presencia de intercambio de materias primas y en la iconografía (Hers; Carot en prensa), la aparición de esta tradición constructiva

no-mesoamericana en México es bastante más tardía, reevaluada hacia el 1200 d.C. al 1450 d.C. (Wasley; Doyel, 1980:349-350; Cameron, 1998: 199-201, Whalen; Minnis, 2001: 652). Sin embargo, ciertos tipos de edificios (basamentos rectangulares, canchas de pelota) y posiblemente el uso de adobes rectangulares (que inicia en 950-1050/1150 d.C. - Wasley; Doyel, 1980: 349-350.), se han reconocido como elementos mesoamericanos que llegan a insertarse a la tradición Pueblo (Di Peso, 1974). Su adopción se debe ubicar en los contactos que continúan entre ambas regiones a lo largo del periodo Postclásico, enfocado a la obtención de turquesa norteamericana para la fabricación de objetos suntuarios en Mesoamérica (Melgar, 2009).

CONCLUSIONES

En México parecen existir dos tradiciones de arquitectura de tierra: una mesoamericana y una no-mesoamericana, del noroeste de México y suroeste de Estados Unidos. La primera es la más antigua, y antecede incluso los ejemplos más antiguos de piedra. Hasta donde alcanza la información por el momento, parece surgir en las tierras tropicales del Istmo, entre la costa pacífica en Chiapas y el Golfo de México, posiblemente como parte de la misma transmisión tecnológica de origen sudamericano que introdujo la cerámica al área hacia 1700 a.C. Consiste en montículos de tierra apisonada, con muros posiblemente de adobe, bloque húmedo o lodo vertido. Sin embargo, a los pocos siglos (1150 a.C.), se puede observar una separación entre una (sub-)tradición en el altiplano semiárido y otra en las planicies de trópico húmedo. La del trópico húmedo continúa con rellenos de tierra apisonada y luego con rellenos alternos (con la excepción, notoriamente temprana, de los basamentos de rellenos de adobes mampuestos de La Venta). Los muros son de adobe, sin base de piedra, con revestimientos de tierra. Son comunes los drenajes de tubo de barro cocido. Este tradición parece extenderse hasta la costa y el valle de Guatemala y posiblemente Honduras hasta cuando menos el Clásico Medio y Tardío (400-1000 d.C.).

La tradición (o sub-tradición) del altiplano tiene primero adobes cónicos y luego rectangulares, con rellenos estabilizados por medio de cajones o de adobes mampuestos; los muros son generalmente de adobe sobre bases de piedra con acabados de tierra recubiertos de cal. Esta tradición parece transmitirse a San Salvador en el Clásico Tardío (con rellenos de adobes mampuestos fechados para 600-1000 d.C.), y posiblemente hasta Sudamérica, donde los cajones de adobes para estructurar los rellenos surgen como una novedad en este periodo. Es el momento donde hay clara evidencia de contacto entre Mesoamérica y la zona andina, al introducirse la tecnología metalúrgica andina a Jalisco.

Por el momento no es posible establecer si las tradiciones mesoamericanas de las tierras bajas húmedas y del altiplano semiárido son de origen independiente o no. La precedencia cronológica de medio milenio de la construcción en tierra en el trópico húmedo, y la presencia ocasional de elementos de una en la otra (como los rellenos de adobes mampuestos del sitio olmeca de La Venta, los acabados de cal en el sitio costero de Cerro de las Mesas o los tubos de drenaje de cerámica en el altiplano), sugiere que ambas se originan de un tronco común istmeño, aunque luego se diversifiquen acorde a las condiciones ambientales y culturales. Sin embargo, la información disponible es aun muy escasa, y sólo se plantea un origen común como la hipótesis más viable por el momento.

La tradición no-mesoamericana en México se relaciona con la arquitectura Pueblo (construcciones monumentales de lodo colado) y las casas acantilado (construcciones de vivienda de bajareque) del suroeste de Estados Unidos. Su extensión en México es tardía, posiblemente hasta el 1200-1450 d.C., a lo largo de la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental, con los sitios más sureños en el límite meridional del Estado de Durango. En la medida que incluye bloques húmedos, lodo vertido y bajareque, con

recubrimiento de tierra, que son elementos que aparecen tempranamente en la tradición mesoamericana, podría ser derivada de la misma. Sin embargo, los tipos de arquitectura y los conceptos espaciales que se manejan en los sitios de esta tradición son muy distintos a la mesoamericana (tanto la de tierras bajas como las del altiplano), que comparte plenamente los cánones de la arquitectura de piedra (basamentos piramidales, palacios acrópolis, antesalas porticadas, canchas de juego de pelota, adoratorios...). Por lo tanto, es más viable tenerla separada.

Como se puede apreciar, éste es un primer intento de síntesis, que tendrá que consolidarse a medida que la información se vuelva más abundante y detallada. Sin embargo, tal ejercicio es importante para orientar la investigación a futuro, enfocando la atención a los sistemas de la arquitectura monumental de tierra prehispánica para ayudar a la definición de tradiciones constructivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bagwell, E. A. (2004). Architectural patterns along the Río Taraises. *Kiva* 70 (1), p. 7-30.

Baltus, M. R.; Baires, S. E. (2012). Elements of ancient power in the Cahokian World. *Journal of Social Archaeology* 12 (2), p. 167-192.

Blake, M.; Lesure, R. G.; Hill W. D.; Barba, L.; Clark J. E. (2006). The residence of power at Paso de la Amada, México. En Christie, J. J.; Sarro, P. J. (eds.). *Palaces and Power in the Americas. From Peru to the Northwest Coast*. Austin: University of Texas Press. p. 191-210.

Boggs, S. H. (1943). Notas sobre las excavaciones en la Hacienda "San Andrés", Departamento de La Libertad. *Tzunpame* Año III, no. I, p. 104-126.

Brown, R. B.: Sandoval, B.; Orea Magaña, H. (1991). The protection and conservation of the adobe structures at Paquimé, Casas Grandes, Chihuahua, México. *6th International Conference on the Conservation of Earthen Architecture. Adobe 90 Pre-Prints*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute. p. 204-207.

Cabrera Castro, R. (1991). Los sistemas de relleno en algunas construcciones teotihuacanas. En Cabrera, R., Rodríguez, I., Morelos, N. (coords.) *Teotihuacan 1980-1982. Nuevas Interpretaciones*. Colección Científica, Serie Arqueología 227, México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 113-143.

Cameron, C. (1998). Coursed adobe architecture, style, and social boundaries in the American Southwest. En Stark, M. (ed.). *The archaeology of social boundaries*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press. p. 183-207.

Campana Delgado, C. (2000). *Tecnologías constructivas de tierra en la costa norte prehispánica*. Trujillo: Instituto Nacional de Cultura.

Castellanos, C. (1995). Hacia una propuesta integral de conservación para los sitios con arquitectura de tierra. Paquimé: un estudio de caso. Tesis de licenciatura en Restauración de Bienes Muebles. México D.F.: Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía.

Cavallaro, R.; Shimada, I. (1985). Monumental adobe architecture in the late prehispanic northern North Coast of Peru. *Journal de la Société des Américanistes* 71, p. 41-78.

Clark, J. E., Knoll, M. (2005). The american formative revisited. En White, N. (ed.). *Gulf Coast archaeology*. Gainesville: University Press of Florida. p. 281-303.

Cyphers, A. (1997). La arquitectura olmeca de San Lorenzo Tenochtitlan. En Cyphers A. (ed.). *Población, subsistencia y medio ambiente en San Lorenzo Tenochitlan*. México, D.F.: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 91-117.

Cyphers, A.; Hernández Portilla, A.; Varela Gómez, M.; Gregor López, L. (2006). Cosmological and sociopolitical synergy in Preclassic Architectural Complexes. En Lucero, L. J.; Fash, B. W. (eds). *Precolumbian Water Management, Ideology, Ritual and Power*. Tucson: University of Arizona Press. p. 17-32.

Daneels, A. (2005). El Protoclásico en el centro de Veracruz. Una perspectiva desde la cuenca baja del Cotaxtla. En Vargas Pacheco, E. (ed.). *Arqueología Mexicana. IV Coloquio Pedro Bosch*

Gimpera, Volumen II: Veracruz, Oaxaca y mayas. México, D.F.: Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM. p. 453-488.

Daneels, A.; Domenici, D.; Goldsmith K.; Grazioso, L.; Layet, V.; Moragas, N.; Nóbile, J. C.; Paz Bautista, C.; Rodríguez Manzo V. (1998). The architectural development of a Three-Temple Complex. Excavations in the Group 5', Teotihuacan, Mexico. En *Proceedings of the XIII International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences, Volume 5, Section 17*. Forli: A.B.A.C.O. Edizioni. p. 487-492.

Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F. (2011). Millenary earthen architecture in the tropical lowlands of Mexico. *APT Bulletin* 42 (1), p. 11-18.

Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F. (2013). La construction en terre crue dans les tropiques humides: un cas archéologique exceptionnel au Véracruz, Mexique. En Mouton, B. (ed.) *Heritage, a driver of development: Rising to the challenge. Results of the 17th ICOMOS General Assembly Symposium*. Paris: ICOMOS France. p. (en CD) 429-437.

Daneels, A.; Guerrero Baca, L. F.; Liberotti, G. (2013). Monumental earthen architecture in the humid tropics of Mexico: archaeological evidence of a millenary tradition. *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol 131, p. 457-468.

Di Peso, C. C. (1974). Medio Period Architecture. En Di Peso, C. C., Rinaldo, J. B., Fenner, G. J., *Casas Grandes, a fallen trading center in the Gran Chichimeca*, Vol. 4. The Amerind Foundation series no. 9. Flagstaff: Northland Press. p. 197-474.

Drucker, P. (1943). *Ceramic stratigraphy at Cerro de las Mesas*. Bureau of American Ethnology, Bulletin 141. Washington, D.C.: Smithsonian Institution.

Drucker, P. (1952). *La Venta Tabasco. A Study of Olmec Ceramics and Art*. Bureau of American Ethnology Bulletin 153. Washington D.C.: Smithsonian Institution.

Drucker, P.; Heizer, R. F.; Squier, R. J. (1959). *Excavations at La Venta, Tabasco, 1955*. Bureau of American Ethnology, Bulletin 170. Washington, D.C.: Smithsonian Institution.

Flannery, K. V.; Marcus, J. (1983). The growth of site hierarchies in the Valley of Oaxaca. Part 1. En Flannery, K. V.; Marcus, J. (eds.). *The Cloud People*. New York: Academic Press. p. 53-64.

Flannery, K. V.; Marcus, J. (2005). *Excavations at San José Mogote 1: the household archaeology*. Museum of Anthropology Memoirs 40. Ann Arbor: University of Michigan Press.

Gama Castro, J. E.; Cruz y Cruz, T.; Pi Puig, T.; Alcalá Martínez, R.; Cabadas Báez, H.; Jasso Castañeda, C.; Díaz Ortega, J.; Sánchez Pérez, S.; López Aguilar, F.; Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 64(2), p. 117-188.

Gamboa Carrera, E. (2009). Un estudio de caso: la zona arqueológica de Paquimé. En L. F. Guerrero (ed.). *Artesanos de arquitectura de tierra en América Latina y el Caribe*. México D.F.: Oficina de la UNESCO en México. p. 89-95.

Gillespie, S. (2008). *The architectural history of La Venta Complex A: A reconstruction based on the 1955 field records*. Foundation for the Advancement of Mesoamerican Studies, Crystal River. Disponible en: http://www.famsi.org/reports/07054. Consultado el 23 de julio de 2015.

Gómez Chávez, S. (2002). Presencia del Occidente de México en Teotihuacan. En Ruiz Gallut, M.E. (ed.) *Ideología y política a través de materiales, imágenes y símbolos*. México D.F.: UNAM/IIEs-IIA, INAH/CONACULTA. p. 563-625.

González Lauck, R. (1997). Acerca de pirámides de tierra y seres sobrenaturales: observaciones preliminares *Arqueología* 17, p. 79-97.

Guerrero Andrade, M. (2005). Sitio arqueológico Las Puertas: excavación en arquitectura de tierra: un edificio construido en terracota. Tesis de licenciatura en arqueología. México, D.F.: Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Guevara Sánchez, A. (1993). Rescate y consolidación de la zona arqueológica de Las Flores en Tampico, Tamaulipas. *Arqueología* 9-10, p. 35-43.

Healan, D. M.(1993). Urbanism at Tula from the perspective of residential archaeology. En Santley, R. S., Hirth, K. G. *Prehispanic Domestic Units in Western Mesoamerica*. Boca Ratón: CRC Press. p. 105-119.

Hernández Díaz, G.; Pacheco Arias, L. (2014). La cerámica de Atzompa. *Arqueología Mexicana* 126.

Hers, M. A., Carot, P. (en prensa). De perros pelones, buzos y Spondylus. Una historia continental. *Anales de Instituto de Investigaciones Estéticas.*

Hosler, D. (2014). Mesoamerican metallurgy: the perspective from the West. En Roberts, B. W.; Thornton, C. P. (eds.). *Archaeometallurgy in global perspective.* New York: Springer. p. 329-359.

Jiménez Pérez, J.; Bracamontes Cruz, A. (2000). Estudio arqueológico del montículo de La Campana del Clásico Temprano, con arquitectura de barro cocido y hallazgos asociados, en Jamapa en el Estado de Veracruz. México. Tesis de licenciatura en arqueología. México, D.F.: Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Joyce, A.; Levine, M.; Barber, S. B. (2013). Place-making and power in the terminal formative: excavations on Río Viejo's Acropolis. En Joyce, A. (ed.). *Polity and Ecology in Formative Period Coastal Oaxaca*. Boulder: University Press of Colorado. p. 135-163.

Kelley, J. H.; Burd-Larkin, K. (2003). The southern zone of the Chihuahua culture. *Archaeology Southwest magazine* 17 (2), p. 8.

Kievit, K. A. (1994). Jewels of Cerén. Form and function comparisons for the earthen structures of Joya de Cerén, El Salvador. *Ancient Mesoamerica* 5, p. 193-208.

Love, M.; Castillo, D.; Ugarte, R.; Damiata, B.; Steinberg, J. (2005). Investigaciones en el montículo 1 de La Blanca, costa sur de Guatemala. En Laporte, J. P.; Arroyo, B.; Mejía, H. (eds.). *XVIII Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 2004*. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología. p. 918-928.

Lucet, G. (2013). Arquitectura de Cacaxtla, lectura del espacio. En Uriarte, T.; Salazar, F. (coords.). *Cacaxtla, tomo II* (Serie La pintura mural en México 5). México D.F.: Instituto de Investigaciones Estéticas, Universidad Nacional Autónoma de México. p. 19-109.

Manzanilla, L. (1985). El sitio de Cuanalan en el marco de las comunidades pre-urbanas del Valle de Teotihuacan. En Monjarás, J.; Brambila, R.; Pérez, E. (eds.). *Mesoamérica y el Centro de México*. Colección científica Serie Antropología. México D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 133-178.

Marcus, J. (1999). Early architecture in the Valley of Oaxaca, 1350 B.C.- A.D. 500. En Kowalski, J. K. (ed.). *Mesoamerican architecture as a cultural symbol*, New York: Oxford University Press. p. 59-75.

Marcus, J.; Flannery, K. V. (1996). *Zapotec Civilization*. London: Thames and Hudson.

Marquina, I. (1951). *Arquitectura prehispánica*. México D.F.:Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Medellín Zenil, A. (1960). *Cerámicas del Totonacapan. Exploraciones en el Centro de Veracruz*. Xalapa: Universidad Veracruzana.

Medrano, S.; Bove, F. (en prensa). Construcciones de tierra en Escuintla, Guatemala. En Daneels, A. (ed.) *La arquitectura de tierra mesoamericana*. México, D.F.: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Meighan, C. W. (1959). New findings in west Mexican archaeology. *Kiva* 25 (1), p. 1-7.

Melgar Tisoc, E.R. (2009). Una relectura del comercio de la turquesa entre yacimientos, talleres y consumidores. En Long, J.; Attolini, A. (coords.). *Caminos y mercados de México*. México D.F.: Instituto de Investigaciones Históricas de la Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 153-168.

Nelson, B. (1995). Complexity, hierarchy, and scale: a controlled comparison between Chaco Canyon, New Mexico, and La Quemada, Zacatecas. *American Antiquity* 60 (4), p. 597-618.

Ohi, Kuniaki (1994) *Kaminaljuyu*. 2 vols. Tokio: Museo del Tabaco y Sal.

Orea Magaña, H.; Sandoval, B. (s/f ¿1992?). El problema de la Zona Arqueológica de Paquimé y algunas alternativas para la conservación de la arquitectura en tierra. *Imprimatura Revista de Restauración* Año III, No. 7, p. 3-13.

Ortiz Ceballos, P. (2015). *Sistemas hidráulicos prehispánicos en el Centro de Veracruz*. Guión de exposición. Accesible en http://www.mna.inah.gob.mx/coleccion/huellas-mna/anteriores/sistemas-hidraulicos-prehispanicos-en-el-centro-de-veracruz.html. Consultado el 1 de julio de 2015.

Punzo Díaz, J. L. (2005). El uso de la arquitectura de tierra en sitios arqueológicos de la Sierra Madre de Durango. *Anuario de estudios de arquitectura de tierra-UAM*, p. 21-30.

Punzo Díaz, J. L. (2013). Los moradores de las casas en acantilado de Durango, rememorando el mundo de la vida de los grupos serranos en el siglo XVII. Tesis de Doctorado en Arqueología. México D.F.: Escuela Nacional de Antropología e Historia.

Redmond, E. M. (2000). Excavations at El Palenque, San Martín Tilcajete: A Late Formative subregional center in the Oaxaca valley, Mexico. Report 98109. Crystal River: FAMSI. Disponible en http://www.famsi.org/reports/98019/98019Redmond01.pdf. Consultado 26 de junio de 2015.

Reilly, F. K. (1999). Mountains of Creation and Underworld Portals. The ritual function of Olmec architecture at La Venta, Tabasco. En Kowalski, J. K. (ed.). *Mesoamerican architecture as a cultural symbol*. New York: Oxford University Press. p. 15- 39.

Reindel, M. (1993). *Monumentale Lehmarchitektur an der Nordküste Perus.* Bonner Amerikanische Studien 22. Bonn: Holos.

Robles, M. A. (2007). Motivación y cambio culturales: los orígenes de la Gran Pirámide de Cholula. Tesis de licenciatura en arqueología. Cholula: Universidad de las Américas Puebla.

Robles, M. A., Uruñuela, G., Plunket, P. (en prensa). Ingeniería en tierra e inversión energética en la primera versión monumental de la Gran Pirámide de Cholula. En Daneels, A. (ed.) *La arquitectura de tierra mesoamericana*. México, D.F.: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Robles García, N. M., Andrade Cuautle, A. E. (2011). El proyecto arqueológico del conjunto monumental de Atzompa. En Robles, N. M.; Rivera, I. (eds.). *Monte Albán en la encrucijada regional y disciplinaria. Memoria de la Quinta Mesa Redonda de Monte Albán*. México, D.F.: Instituto Nacional de Antropología e Historia. p. 285-313.

Sakai, M.; Martínez, J. J. (2008). Excavaciones en el Templete de Limoncarro, Valle Bajo de Jequetepeque. *Boletín de Arqueología PUCP* 12, p. 171-201.

Sanders, W. T.; Parsons, J. T., Santley, R. S. (eds.) (1980). *The Basin of Mexico. Ecological processes in the evolution of a Civilization*. Vol. 1. New York: Academic press.

Serra, M .C. (en prensa). El uso de la tierra y el tepetate en la construcción de Xochitécatl-Cacaxtla, Tlaxcala. En Daneels, A. (ed.) *La arquitectura de tierra mesoamericana*. México, D.F.: Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Sharer R. J.; Fash, W. L.; Sedat, D. W.; Traxler, L. P., Williamson, R. (1999). Continuities and constrasts in Early Classic Architecture of Central Copán. En Kowalski, J. K. (ed.). *Mesoamerican architecture as a cultural symbol*, New York: Oxford University Press. p. 220-360.

Spores, D. (1983). Postclassic Settlement Patterns in the Nochistlan Valley. En Flannery, K. V.; Marcus, J.(eds.). *The Cloud People*. New York: Academic Press. p.246-248.

Sugiyama, N.; Sugiyama, S.; Sarabia, A. (2013). Inside the Sun Pyramid at Teotihuacan, Mexico: 2008-2011 excavations and preliminary results. *Latin American Antiquity* 24 (4), p.403-432.

Tsai, H. I. (2012). Adobe bricks and labor organization on the North Coast of Peru. *Andean Past* 10, p. 133-169.

Wasley, W. W.; Doyel, D. E. (1980). Classic Period Hohokam. *Kiva* 45 (4), p. 337-352.

Whalen, M. E.; Minnis, P. (2001). Architecture and authority in the Casas Grandes area, Chihuahua, Mexico. *American Antiquity* 66 (4), p. 651-668.

Widmer, R. J.; Storey, R. (1993). Social organization and household structure of a Teotihuacan appartment compound S3W1:33 of the Tlajinga Barrio. En Santley, R. S., Hirth, K. G. (eds.). *Prehispanic Domestic Units in Western Mesoamerica*. Boca Ratón: CRC Press. p. 87-104.

Wolley, C. (1993). Excavaciones arqueológicas del Proyecto Los Chatos-Manantial, Escuintla, 1991-1992. En Laporte, J. P.; Escobedo, H.; Villagrán de Brady, S. *VI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala, 1992*. Guatemala: Museo Nacional de Arqueología y Etnología. pp.310-315.

AUTORA

Annick Daneels, doctora en Arqueología y doctora en Antropología, arqueóloga, investigadora de tiempo completo en la UNAM, activa desde 1981 en La Costa Del Golfo de México, desde 2004 con línea de investigación sobre la arquitectura monumental de tierra prehispánica; miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA; miembro de comités científicos de varias revistas.

2. RECUBRIMIENTOS DE TIERRA COMPACTADA PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO DE MÉXICO Y EL SALVADOR

Luis Fernando Guerrero[1]; Oscar Camacho[2]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México, luisfg1960@yahoo.es

[2]Secretaría de Cultura de la Presidencia, El Salvador, camachomayorga@hotmail.com

Palabras clave: superficies de sacrificio, estabilización de suelos, cal, puzolanas, compactación

Resumen

La conservación del patrimonio arqueológico de tierra resulta muy compleja, entre otras razones, como consecuencia de la necesaria compatibilidad con sus materiales de protección. Históricamente, el mantenimiento preventivo desarrollado con superficies protectoras de tierra o cal, permitía que las estructuras permanecieran estables por largos periodos. Sin embargo, el abandono de los sitios que ahora se consideran arqueológicos ha generado importantes pérdidas patrimoniales. Durante el siglo pasado muchos de estos componentes históricos se intervinieron colocando revoques a base de cemento, o bien, aplicando polímeros artificiales, los cuales, en la mayor parte de los casos, han resultado nocivos por su excesiva impermeabilidad y rigidez. Ante esta problemática, en la última década se ha experimentado el uso revoques compactados, realizados con tierra estabilizada con cal y puzolanas, los cuales además de resultar compatibles con inmuebles arqueológicos, representan una destacada alternativa de conservación por su bajo impacto ambiental, reversibilidad y mínima intervención. En la ponencia se presentan los resultados de la ejecución de esta estrategia en estructuras patrimoniales de El Salvador en donde se ha puesto en evidencia su durabilidad y protección ante los efectos climáticos típicos del trópico húmedo. Esta información se contrasta con los estudios sobre el comportamiento físico de revoques similares probados en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco en México. Este tema de conservación tiene un elevado potencial porque son pocas las intervenciones y estudios que se han realizado de esta técnica y los análisis desarrollados permiten plantear aspectos metodológicos para verificar la calidad de estos recubrimientos, a partir de la comparación entre los datos de laboratorio y los resultados de intervenciones desarrolladas *in situ* con procedimientos y materiales semejantes.

1 INTRODUCCIÓN

La arquitectura prehispánica de México y El Salvador destaca por la extensa difusión del empleo de tierra como material constructivo. Aunque existen numerosos sitios arqueológicos que utilizaron piedra como apoyo estructural, predominan los conjuntos compuestos en su mayoría de edificios de bajareque, tierra modelada, tierra compactada y adobe, que fueron revestidos finalmente con argamasas de tierra y cal.

Sin embargo, desafortunadamente muchos de ellos no han llegado hasta nuestros días con la integridad necesaria como para hacer estudios detallados sobre sus sistemas constructivos. Esto se debe tanto a los daños que sufrieron durante siglos de abandono, como a la poca atención que por décadas han recibido por parte de las instancias responsables de su exploración y conservación.

Debido a esto, la intervención y mantenimiento son problemas fundamentales que requieren enfrentar la arqueología y la salvaguardia del patrimonio construido con tierra. Ante la necesidad de estudiar la historia de estos sitios arqueológicos en la región Mesoamericana, el tema de conservación se vuelve una tarea bastante difícil, tanto por carencias económicas como por la escasez de especialistas con experiencia en temas de este tipo.

Para tratar de revertir esta problemática en la UAM-Xochimilco, en la Ciudad de México, desde el 2009 se han venido experimentando diferentes procesos físicos y químicos para estabilizar la tierra con fines constructivos y de protección del patrimonio edificado.

Se han desarrollado diferentes componentes y módulos experimentales para verificar tanto su aplicabilidad como su capacidad de carga, resistencia a los embates climáticos y comportamiento higrotérmico (Soria; Guerrero; Roux, 2013).

En fechas recientes, a partir de los valiosos resultados obtenidos en el caso específico de la estabilización de suelos con cal (Guerrero; Roux; Soria, 2011), se empezó a trabajar en una línea dirigida hacia la protección superficial de edificios históricos.

De manera paralela pero sin ningún vínculo de comunicación, en El Salvador se han estado implementando estrategias de conservación a partir de la aplicación de recubrimientos de tierra estabilizada con cal en diferentes sitios arqueológicos, con resultados altamente satisfactorios. Estas actividades se han centrado tanto en las estructuras de tierra, de la zona arqueológica de Chalchuapa como también del Valle de Zapotitán.

Dichos antecedentes, brindan una orientación para realizar trabajos de conservación y restauración, ya que por más de una década se han realizado ensayos con énfasis en las técnicas tradicionales para la elaboración de adobes y recubrimientos de tierra compactada estabilizada con cal y materiales con comportamiento puzolánico de origen volcánico, los cuales han demostrado cumplir con los criterios de firmeza, fidelidad y estética, importantes al considerar las intervenciones en las estructuras prehispánicas térreas (Figura 1).

Se considera que estas técnicas de intervención se derivan de los sistemas constructivos arqueológicos originales pues, como manifiestan Girón y Ohi (2000, p. 241), “Los materiales de repello antiguo están compuestos de pómez negra, pómez amarilla, arena amarilla y negra, barro café, talpetate y cal, los cuales se consiguen en los alrededores de la ciudad de Chalchuapa.”

El Sitio Arqueológico Casa Blanca, ubicado dentro de la zona arqueológica Chalchuapa, ha sido un referente en cuanto a la aplicación de las técnicas utilizando materiales y conocimientos locales desde finales de los 90s, tras la experiencia de algunas trabajos en Kaminaljuyu, en la ciudad de Guatemala (Ohi, 2000).

Los ensayos utilizando técnicas tradicionales dan la pauta para discutir las técnicas de construcción prehispánicas y considerar su desarrollo para fortalecer el conocimiento que se tiene sobre las culturas constructivas. Por otro lado, es posible establecer criterios para las intervenciones de conservación y restauración del patrimonio cultural edificado con tierra.

Figura 1. Consolidación del mortero de unión con tierra estabilizada y compactada en Tazumal. Nótese la huella de la herramienta de madera usada para la compactación (Foto L. Guerrero 2014).

2 TRABAJOS EXPERIMENTALES EN LA UAM-XOCHIMILCO

Como se sabe, las tierras que poseen una elevada relación proporcional de arcillas de alta plasticidad, permiten obtener componentes constructivos más densos y resistentes a la compresión. Sin embargo, tienden a sufrir retracción durante su secado con lo que se generan fisuras en sus superficies y, en el caso de los revoques, a veces se desprenden de los sustratos sobre los que se aplicaron. En el polo opuesto, las tierras con escasa proporción de estas arcillas son más estables durante su secado pero son menos resistentes a la abrasión (Guerrero; Correia; Guillaud, 2012).

Es por esto que uno de los factores determinantes de la durabilidad de los recubrimientos hechos de tierra, está vinculado con el equilibrio de la textura de sus componentes. Muchos procesos de estabilización tradicional emplean tierras arcillosas porque se adhieren bien a los sustratos pero para controlar su retracción se estabilizan con arena. Entonces los resultados son parcialmente adecuados porque, si bien se mantiene la porosidad que garantiza el intercambio de aire y vapor de agua, disminuye su durabilidad (Guerrero, 2007).

Con la idea de probar materiales que pudieran ser más resistentes, se decidió estabilizar la tierra con triturados de rocas de origen volcánico que son abundantes en México, ligeras, permiten la permeabilidad de los revoques y la forma irregular de sus partículas y poros genera muy buena adherencia con la tierra.

A partir de los resultados obtenidos de experiencias anteriores en los que se ha podido demostrar el notable incremento en la resistencia estructural que se deriva de la aplicación por capas y la compactación de los componentes constructivos de tierra para muros (Guerrero; Soria; Roux, 2014), se planteó que una de las aportaciones experimentales para el mejoramiento de resistencia y durabilidad de los revoques dependería de su proceso de elaboración. Entonces, se procedió a experimentar el papel de la compactación en lugar del pulido o bruñido, que son los procedimientos que tradicionalmente se emplean para cerrar los poros de los recubrimientos.

Los primeros experimentos que se realizaron consistían en comparar procesos de aplicación de revoques hechos solamente con un enlucido con llana y otros que además eran compactados. También se realizaron muestras con enjarres de tierra natural y

morteros de tierra estabilizada con 10% de polvo de una roca volcánica extrusiva conocida localmente como tepojal o tepetzil y que tiene mucho parecido a la pómez, aunque con perfiles amorfos.

Las muestras de 20 cm x 20 cm y 2 mm de grosor se aplicaron sobre un muro liso de concreto (Figura 2). El procedimiento de compactación se realizaba con trozos de madera de 20 cm de largo por 5 cm de ancho y 2,5 cm de grosor. Se golpeaban las superficies del revoque en el momento en que se notaba que empezaba a secar y a presentar pequeñas fisuras. Se cuidó compactar con una fuerza homogénea todo el revoque y durante un número similar de veces (100 golpes en toda la superficie). Se evaluó la maleabilidad, la adherencia y la resistencia a la lluvia, obteniéndose resultados muy superiores con los morteros estabilizados y compactados que aquellos que habían sido pulidos con llana.

Con estos primeros resultados se decidió integrar una variable adicional que consistía en la adición de 5% y 10% de cal hidratada en polvo, pues con base en experimentos previos en los que se desarrollaron muros con tierra vertida y compactada, se alcanzaron resultados altamente satisfactorios tanto en la resistencia a la compresión como en la reducción de la absorción capilar (Guerrero; Soria, 2014).

Se aplicaron revoques idénticos a los de las pruebas preliminares de la tierra sin estabilizar e igualmente se encuentran expuestos a la intemperie para su monitoreo cotidiano. Paralelamente se hicieron probetas cúbicas de 5 cm x 5 cm x 5 cm de cada una de las muestras y se dejaron secar a fin de hacer evaluaciones sobre su resistencia a la compresión y absorción capilar. Se hicieron dos grupos de probetas, las primeras se realizaban llenando los moldes del material en estado plástico y sin ejercer presión.

Figura 2. Algunas de las probetas aplicadas sobre muros de concreto en el Laboratorio de Materiales de la UAM-X. (Foto L. Guerrero 2015).

Para el segundo grupo el llenado se realizó incorporando cuatro capas sobrepuestas de 1.5 cm de espesor del material, las cuales eran compactadas con la base de un trozo de madera que tenía una superficie de 1,5 cm x 1,5 cm y 10 cm de longitud.

Tanto en el primer grupo como en el segundo se elaboraron cuatro series: cubos con tierra natural, cubos con tierra y material volcánico en una dosificación 1:1, cubos con esta misma mezcla pero estabilizados con 5% y con 10% de cal.

Entre los resultados más relevantes se encuentra el hecho de que las probetas cúbicas de tierra compactada por capas tanto en condición natural como estabilizada, incrementaron su resistencia a la compresión en rangos de 40% a 52% con respecto a las probetas en las que los moldes se habían llenado sin presión. Sin embargo, la incorporación del material volcánico tanto solo como con cal, provocó una disminución de 20% a 25% de la capacidad de carga con respecto a la tierra natural.

Finalmente se realizó una prueba destructiva consistente en la inmersión de grupos de tres probetas cúbicas en recipientes llenos de agua y se filmó su proceso de degradación en video. El cubo de tierra con material volcánico sin compactar se desintegró bajo el agua en 46 minutos. El cubo de tierra con material volcánico que había sido compactado por capas, mantuvo su volumen por cerca de dos horas hasta desintegrarse pasadas cuatro horas.

En cambio, la probeta que contenía tierra con material puzolánico y 10% de cal en polvo sigue bajo el agua después de cinco meses de haberse realizado el experimento.

El tipo de arcillas que compone la tierra estudiada, en combinación con el material de origen volcánico desarrollaron una reacción puzolánica con la cal (Sepulcre, 2005), de manera que se consolidó el sistema y, sin volverse impermeable, adquirió notable resistencia a la humedad, aun estando en las peores condiciones posibles, es decir, totalmente sumergido. Esta prueba confirma el potencial que representa el uso de este recurso como protección ante uno de los factores más agresivos del patrimonio construido con tierra: el agua.

La disminución en la resistencia a la compresión se explica por la reducción de la densidad de las probetas que contenían material estabilizado, y sobre todo por la disminución proporcional de la dosificación de arcilla (Juárez; Rico, 2010).

3 INTERVENCIONES EN el sitio de SAN ANDRÉS, EL SALVADOR

El Parque Arqueológico San Andrés se ubica a unos 32 km al Oeste de San Salvador, en el municipio de Ciudad Arce, departamento de La Libertad, El Salvador.

Es posible que las primeras intervenciones realizadas en San Andrés comenzaran en la década de los años 40 bajo los trabajos de investigación a cargo de John Dimick (Amaroli, 1996). Las intervenciones que se realizaron en San Andrés consistieron en reparar, hasta donde fue posible, los muros y pisos descubiertos por las excavaciones (Boggs, 1943a; 1943b).

Después de aquél periodo, se menciona que:

> …La poca información disponible indica que ha habido por lo menos tres episodios de conservación y restauración entre los años 1940 y principios de los 1980s. En los trabajos de mayor antigüedad, se aplicó una capa de concreto sobre los recubrimientos originales y, aparentemente en forma muy limitada, sobre reconstrucciones (…) Intervenciones más recientes han utilizado una especie de suelo cemento, con cal en vez de cemento, el cual se supone resulta en mayor permeabilidad de humedad (Amaroli 1996, p. 1,15).

En 1996, dentro del marco del Proyecto Arqueológico San Andrés, se planificó la conservación de la Estructura 5 conocida como La Campana y el Lic. Rudy Larios Villalta, conservador guatemalteco, realizó la labor de supervisión (Begley et al, 1996). Para la consolidación se utilizaron materiales semejantes a los originales, como tierra arcillosa, tierra caliza y arenosa molida (conocida regionalmente como *talpetate* y en México como *tepetate*) y arena, pero no se hizo ninguna reconstrucción de la estructura. Para proteger las partes originales se construyó una cubierta de madera con techo de zacate que se integraba visual y climáticamente al ambiente del montículo (Begley et al, 1996).

En los meses de septiembre y octubre de 2004 se realizaron intervenciones en la Estructura 2, por el Sr. Ismael Girón. En dicha oportunidad las intervenciones estuvieron orientadas a ocluir perforaciones y fisuras en sus diferentes cuerpos. Para realizar los trabajos se elaboraron adobes con piedra pómez negra triturada y tierra de color café. En la argamasa se usó pómez negra, grava, gravilla, tierra arcillosa, tierra de color café y cal apagada. Los porcentajes utilizados en dicha ocasión fueron los siguientes:

•Adobes – pómez negro:tierra café = 1:1

•Argamasa – pómez negro: gravilla: talpetate: tierra arcillosa: tierra café: cal = 2:4:2:1:1:1

Las partes a intervenir se humedecieron y se aplicó argamasa azotada, es decir, lanzada con cuchara de albañil, rellenándose con piedra. Se volvió a aplicar argamasa gruesa, utilizándose adobes en partes faltantes y por último se repelló la superficie con argamasa fina para dar un acabado liso (Girón, 2011).

Entre los años 2005 y 2009 la Fundación Nacional de Arqueología de El Salvador (FUNDAR) co-administró el sitio de San Andrés con el Consejo Nacional para la Cultura y el Arte (CONCULTURA). En ese tiempo, FUNDAR se ocupaba de las labores de conservación de las estructuras prehispánicas. Se realizaron intervenciones en las cúspides de las Estructuras 1, 2 y 7, ya que presentaban deterioro a causa de la intemperie. Se utilizó tierra estabilizada en la cima de esas tres estructuras y se plantó césped (FUNDAR, 2014).

Luego de ese período, la Secretaría de Cultura de la Presidencia asume el control del Parque Arqueológico San Andrés y en 2011, comienza el esfuerzo por investigar el sitio, convocando estudiantes de la Licenciatura en Arqueología de la Universidad Tecnológica de El Salvador. Después de dos temporadas de campo, en el año 2013, se comenzaron a observar fallas y deterioros en los repellos de cemento con los que se había intervenido el sitio, al igual que sucedió en la mayoría de los inmuebles arqueológicos del orbe que fueron intervenidos durante buena parte del siglo XX.

Para enfrentarlos, se retiró parte de los repellos de cemento en las Estructuras 1, 2 y 17, y se integraron componentes de cal y tierra tomando como base los experimentos de una investigación denominada Proyecto Arqueológico de El Salvador, que se llevó a cabo en Chalchuapa por la Universidad de Nagoya Japón. Aquellas experiencias que se desarrollaron en Tazumal y Casa Blanca habían partido a su vez de la recuperación de técnicas tradicionales basadas en la aplicación de tierra, pómez y cal.

Los trabajos fueron muy relevantes pues en lugar de aplicar cemento a los recubrimientos, como había sucedido en diversos sitios, se solicitó a gente de la comunidad fabricar adobes y repellos de una argamasa de tierra estabilizada y otros componentes de origen volcánico en diferentes dosificaciones.

San Andrés presenta sistemas constructivos similares a la zona arqueológica de Chalchuapa, por lo que investigar y experimentar con las técnicas tradicionales ha contribuido tanto a formular hipótesis sobre las técnicas prehispánicas, como a valorar la tecnología que se desarrolló entonces y abrir un camino para intervenir las estructuras con materiales más adecuados.

4 LAS TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN EMPLEADAS EN SAN ANDRÉS

Hasta el momento no se cuenta con documentos que brinden detalles a profundidad sobre las intervenciones de restauración y conservación realizadas en San Andrés. Es interesante lo que señala Amaroli (1996) al exponer el uso de “una especie de suelo cemento, con cal”, ya que los ensayos que se han realizado en Tazumal, Casa Blanca e incluso San Andrés, han permitido que ese repello se adhiera mejor al núcleo, posibilitando una buena transpiración de las estructuras.

Desde el año 2013 se han realizado acciones de conservación y restauración en el Parque Arqueológico San Andrés, en las Estructuras 1, 2 y 17. En 2014, la Sociedad Japonesa para la Promoción de Ciencia JSPS (por sus siglas en inglés) otorgó recursos enmarcados en el Proyecto: Estudios Comparativos de Antiguas Civilizaciones Americanas GRANT #26101004. Dicho financiamiento ha sido importante no sólo para investigar San Andrés, sino también estudiar aspectos de su salvaguardia y llevar a cabo los trabajos de conservación y restauración en las estructuras prehispánicas.

Para realizar los trabajos se utilizaron adobes hechos de tierra, balastro, barro, talpetate y cal, con medidas promedio de 20 cm de ancho x 40 cm de largo x 12 cm de alto. Dichos adobes fueron fabricados con el fin de realizar intervenciones en Tazumal y Casa Blanca en el año 2012 por la Dirección de Arqueología de la Secretaría de Cultura de la Presidencia. Para preparar la argamasa se usó tierra café, pómez negro, tierra arcillosa y cal hidratada. Los porcentajes utilizados en dicha ocasión son los siguientes:

•Adobe – tierra café: balastre: tierra arcillosa: talpetate: cal = 1:2:2:2:1,5

•Argamasa – pómez negro: tierra café: tierra arcillosa: cal = 3:3:1:1

La esquina Noreste de la Estructura 1 presentaba daños en el último cuerpo superior de la misma, el cual contaba con una cornisa. El daño consistía en el desprendimiento de dicho componente, que había sido elaborado de manera separada a la construcción del cuerpo, posiblemente durante los trabajos de Dimick en la década de los años 40 (figura 3).

Para la intervención se realizó la liberación del relleno o núcleo mediante excavación a fin de colocar adobes y reforzar la esquina. La excavación permitió observar bloques de toba pegados con cemento, indicadores de trabajos previos de restauración en la estructura. Antes de colocar los nuevos adobes se agregó una capa de piedrín suelto como indicador del inicio de los trabajos. Los adobes se asentaron a tizón para dar forma a la cornisa realizada en los trabajos de restauración en décadas anteriores, colocándolos en saledizo y reforzando así la esquina a intervenir.

Figura 3. Colocación de adobes para restituir la cornisa (Foto O. Camacho 2013).

Posteriormente se repelló con mezcla de argamasa azotada sobre la que se colocó repello fino. Este acabado se trató de la misma manera que los repellos compactados antes referidos, a partir del golpeo con herramientas de madera después de repetidos procesos de humidificación.

Para dicho proceso se utilizó un mazo con entrantes y salientes que generaban una textura en la superficie que permite marcar una diferencia entre la intervención y las partes originales que posee la Estructura. Por último se colocó un camellón para controlar el flujo de aguas lluvias en la parte superior (figura 4).

La esquina Sureste de la Estructura 2 presentaba daños en los dos cuerpos superiores de la misma. El daño consistía en grietas y desprendimiento de la capa de repello hecha de cemento cuyo empleo indicaba que las zonas a tratar correspondían a intervenciones de décadas previas.

Figura 4. La intervención de la esquina Noreste de la Estructura 1 a un año de su terminación no muestra deterioro alguno a pesar de las adversas condiciones climáticas (Foto L. Guerrero 2014).

Se realizó la liberación del repello desprendido para observar cómo se encontraba el núcleo de ambos cuerpos y determinar si era necesario utilizar piedra para rellenar las partes dañadas o si ameritaba utilizar adobes como refuerzo. Afortunadamente esto no fue necesario ya que el daño únicamente estaba en la capa de cemento (figura 5).

Las intervenciones en la Estructura 2 no fueron complicadas en comparación con la obra realizada en la Estructura 1, y al igual que el tratamiento de acabado del repello en la Estructura 1, se planificaron visitas para humedecerlo y compactarlo a fin de garantizar su adhesión y diferenciar los trabajos de intervención de las partes originales que posee la estructura (figura 6).

Figura 5. Partes deñadas en la esquina Sureste de la Estructura 2. (Foto O. Camacho 2014).

También se trató la superficie en la Estructura 17, que al igual que las Estructuras 1 y 2 se encuentran en la Acrópolis y que, como muchos otros edificios, ya habían sido intervenidos en proyectos anteriores. Presentaba algunos daños tales como desprendimientos, fisuras en el repello de cemento, repellos colapsados así como una grieta de grandes dimensiones en el lado oeste donde se localizan al menos tres cuerpos, que en su momento fueron cubiertos con un repello de cemento.

Por lo tanto, se prepararon las áreas dañadas para colocar una nueva mezcla de argamasa con dosificaciones similares a las usadas en las Estructuras 1 y 2. Se aplicaron respectivamente los repellos, tanto el de azote como el fino para dar acabado y el posterior compactado con herramientas de madera.

5 CONSIDERACIONES FINALES

En la zona arqueológica de San Andrés, El Salvador, la mayoría de Estructuras prehispánicas se constituyen principalmente de un núcleo de adobes, recubiertos con una capa de argamasa, realizada con tierra compactada mezclada con cal, pómez, tierra arcillosa y tierra café.

Después de su excavación en los años cuarenta del siglo XX fueron consolidadas y recubiertas con cemento, procedimiento en su época resultaba innovador pero en la actualidad es bastante discutido. Sin embargo, en los casos que se describen en el presente texto se ha podido comprobar que esta estrategia no resultó tan nociva como lo ha sido en muchos otros sitios arqueológicos.

Figura 6. Ambas intervenciones finalizadas. (Foto O. Camacho 2014).

Parte de la explicación de este fenómeno se deriva del hecho de que se trataba de recubrimientos parciales que, además, se agrietaron por su propia rigidez. Entonces estas capas no sellaron por completo las estructuras y permitieron los flujos hídricos por diferentes zonas de modo que los núcleos de las estructuras no resultaron afectados. Obviamente en la actualidad los trabajos de conservación y restauración ya no contemplan aplicaciones de cemento porque existen suficientes evidencias de su limitada duración e incompatibilidad química con los materiales históricos (Warren, 1999).

En cambio la incorporación de la técnica tradicional –que posiblemente en El Salvador tenga un origen prehispánico– y que consiste en el recubrimiento con tierra compactada estabilizada con cal y materiales puzolánicos, ha probado ser muy eficiente, flexible y sostenible por su facilidad de aplicación y durabilidad, incluso en las condiciones adversas del clima de trópico húmedo.

En el caso de El Salvador, hasta el momento se han utilizado mezclas a partir del sentido común, y las proporciones de acuerdo a pruebas de ensayo y error; sin embargo, a medida que pasa el tiempo se vuelve cada vez más necesario estudiar las proporciones utilizadas en la época prehispánica y la manera en que las técnicas constructivas evolucionaron hasta alcanzar ese nivel en cuanto a complejidad para construir los edificios.

Es evidente la urgencia de realizar estudios cuidadosos de laboratorio a fin de caracterizar el comportamiento y sobre todo, las dosificaciones requeridas pues, aunque los resultados son apropiados, se han repetido a manera de “receta” sin saber a ciencia cierta las cantidades y calidades necesarias para una correcta estabilización.

La confirmación de la estrategia utilizada en El Salvador con las prácticas realizadas en la UAM-Xochimilco, permiten suponer que los rangos de manejo de cales en proporciones volumétricas entre 5% y 10% son muy adecuadas. Aunque los resultados de resistencia a la compresión de las tierras estabilizadas disminuyeron con respecto a las naturales, la capacidad de carga es más que suficiente para la conformación de superficies de protección que no son estructurales. Pero lo más importante es la evidencia empírica de la resistencia a la humedad que presentan los materiales al compactarse manualmente, una vez que han sido estabilizados con cal y materiales puzolánicos.

Las pruebas llevadas a cabo en México bajo condiciones controladas y su verificación a partir de las prácticas de restauración desarrolladas en los sitios arqueológicos de El Salvador desde hace varios años, abren perspectivas hacia la generación de procedimientos de protección de larga duración para edificios históricos y modernos mediante el uso de recubrimientos con capas compactadas de tierra.

Estos recursos resultan de muy bajo impacto ambiental y son claramente sostenibles porque su realización no demanda de excesivos recursos materiales ni humanos, y sus técnicas de elaboración y aplicación son sumamente simples, con lo que pueden ser fácilmente apropiadas por las comunidades locales.

Las enseñanzas que se desprenden del estudio de las culturas constructivas pretéritas solamente cobran sentido en la medida en que permitan tender puentes hacia el fortalecimiento del trabajo colectivo de la sociedad, con miras a mejorar su calidad de vida, mediante el aprovechamiento racional de los recursos del planeta.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaroli, P. (1996). Investigaciones arqueológicas en el área de nuevas instalaciones en el Parque Arqueológico San Andrés. Informe preparado para el Patronato Pro-Patrimonio Cultural, El Salvador.

Begley, C.; Sullivan; T., Brown, L.; Wilson, A.; Sampeck, K. (1996). Proyecto Arqueológico San Andrés. Tomo I. Informe preparado para el Patronato Pro-Patrimonio Cultural, El Salvador.

Boggs, S. (1943a). Notas sobre las excavaciones en la Hacienda “San Andrés”, Departamento de La Libertad. TzunpameAño III, No. 1, octubre de 1943. San Salvador: Ministerio de Instrucción Pública, p. 104-126.

Boggs, S. (1943b). Observaciones respecto a la importancia de “Tazumal” en la prehistoria salvadoreña. Tzunpame. Año III, No. 1, octubre de 1943. San Salvador: Ministerio de Instrucción Pública, p. 127-134.

FUNDAR (2014). El Parque Arqueológico San Andrés, Conservación de estructuras prehispánicas. En página web de la Fundación Nacional de Arqueología www.fundar.org.sv /layout-esp1.html.

Girón, I.; Ohi, K. (2000). Estudio analítico por la técnica tradicional del material de repello y adobe prehispánicos. En: Kuniaky, Ohi (Ed.) Chalchuapa, Memoria final de las investigaciones interdisciplinarias de El Salvador. Kyoto: Universidad de Estudios Extranjeros de Kyoto. p. 240-243.

Girón, I. (2011). Informe de diagnóstico sobre la conservación de las estructuras del Sitio Arqueológico San Andrés. Informe preparado para la Dirección Nacional de Patrimonio Cultural, de la Secretaría de Cultura, El Salvador.

Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes 20 (2), 182-201, Bogotá.

Guerrero, L.; Roux R.; Soria, F. J. (2011). Ventajas constructivas del uso de tierra comprimida y estabilizada con cal en México. En Palapa V-1 (10): 45-57, Colima.

Guerrero, L., Correia, M.; Guillaud, H. (2012). Conservación del patrimonio arqueológico construido con tierra en Iberoamérica. En Apuntes, Vol. 25 (2), 210-225, Bogotá.

Guerrero, L.; Soria, F.J. (2014). Estabilización de suelos con cal y puzolanas. En: Construcción con tierra No. 6, Buenos Aires: Facultad de Arquitectura de la UBA. p. 15-24.

Guerrero, L.; Soria, F.J.; Roux R. (2014) Edificación de muros de tierra vertida estabilizados con cal y puzolanas. En Arquitectura de tierra: Patrimonio y Sustentabilidad en Regiones Sísmicas. Memorias del XIV SIACOT. San Salvador: PROTERRA-FUNDASAL. p. 192-197.

Juárez, E.; Rico, A. (2010). Mecánica de suelos. Tomo I, Fundamentos de la mecánica de suelos. México D.F.: Limusa.

Ohi, K. (2000). Excavación y conservación de las estructuras arquitectónicas del Área de Casa Blanca. En: Kuniaky, Ohi (Ed.) Chalchuapa, Memoria final de las investigaciones interdisciplinarias de El Salvador. Kyoto: Universidad de Estudios Extranjeros de Kyoto. p. 225-238.

Sepulcre, A. (2005). Análisis comparativo de determinados aspectos sobre la hidraulicidad en los morteros de cal. En Tratamientos y metodologías de conservación de pinturas murales (pp. 71-121). Palencia: Fundación Santa María la Real.

Soria, F.; Guerrero, L.; Roux, R. (2013). Alternative earth building techniques and their experimental applications. En Theimer, C.; Wilson, Q. (eds.), Proceedings-EARTH USA 2013 (pp. 406-410). Santa Fe, N.M.: Adobe in action.

Warren, J. (1999). Conservation of earth structures. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a las Autoridades de la Secretaría de Cultura, quienes depositan su confianza en la realización de estos trabajos. Por otro lado, desde el 2014, se otorgó un financiamiento enmarcado en el Proyecto: Estudios Comparativos de Antiguas Civilizaciones Americanas GRANT #26101004 financiamiento otorgado por la Sociedad Japonesa para la Promoción de Ciencia JSPS (por sus siglas en Inglés).

AUTORES

Luis Fernando Guerrero Baca, doctor en diseño con especialidad en conservación del patrimonio edificado, maestro en restauración, arquitecto, profesor investigador de tiempo completo en la UAM-Xochimilco. Jefe del área de Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, miembro de la Cátedra UNESCO “Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible”.

Oscar Camacho, arqueólogo graduado de La Universidad Tecnológica de El Salvador, labora desde 2009 en el Departamento Arqueología de la Secretaría de Cultura. En 2011, participó como jefe de campo del Proyecto Arqueológico San Andrés. Desde el 2012 como Director del Proyecto Arqueológico San Andrés.

3. TRABAJOS DE DOCUMENTACIÓN DE LA CASA-HOSPITAL DE LA VERA CRUZ DE SAN JUAN, VILLALÓN DE CAMPOS

Félix Jové Sandoval[1]; Irene Martín Pedruelo[2]; David Ordóñez Castañón[2]

[1] Universidad de Valladolid, España, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, fjove@arq.uva.es
Grupo de Investigación en Tecnología de la Construcción con Tierra, GrupoTIERRA, www.uva.es/grupotierra
[2] Universidad de Valladolid, Becarios de Investigación; irene.martin.pedruelo@gmail.com;
david.ordonez.castanon@gmail.com

Palabras clave: Arquitectura tradicional, tapia, adobe, Villalón de Campos.

Resumen

La Casa-Hospital de la cofradía de la Vera Cruz de San Juan, en Villalón de Campos, España, es un pequeño edificio ejemplo de la arquitectura civil barroca del siglo XVIII. Actualmente se encuentra sin uso, pero en un estado de conservación aceptable, de manera que el Ayuntamiento del municipio ha tomado la iniciativa para rehabilitarlo y convertirlo en un Centro de Estudios de la Arquitectura Tradicional. Formalmente tiene dos plantas, con soportal de pies derechos de madera en planta baja, que ayuda a conformar el espacio urbano de la plaza de San Juan donde, en la edad media, se celebraba mercado. El cuerpo principal está construido mediante muros mixtos de tapia de tierra compactada con machones de ladrillo y verdugadas de tres hiladas del mismo material, mientras que los muros divisorios internos son de adobe con entramado de madera, la estructura de la cubierta es de madera, de par e hilera con tirante. Parece ser que el actual edifico se construyó sobre otro anterior, por lo que no puede descartarse que alguna parte se remonte a mediados de siglo XV o principios de XVI, época en que empiezan a difundirse en España las primeras cofradías de la Vera Cruz, o de la Cruz Verdadera. El objeto de la presente ponencia es mostrar los trabajos de documentación llevados a cabo por el GrupoTIERRA de la Universidad de Valladolid para la elaboración del Proyecto de Rehabilitación del edificio. El método de trabajo ha sido el estudio de la documentación histórica, la elaboración de planos y documentación fotográfica, y el análisis formal y constructivo. Los resultados obtenidos ponen en valor los sistemas constructivos tradicionales y la eficacia y durabilidad de las técnicas de construcción con tierra, de manera que han permitido la pervivencia del edificio a lo largo de los siglos. El trabajo servirá para la realización del proyecto de conservación y restauración del edificio con el apoyo de la comunidad, de las autoridades del municipio de Villalón de Campos y de la Junta de Castilla y León.

4. 1. ANTECEDENTES

El edificio de la Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan está situado en la plaza de San Juan del casco urbano del municipio Villalón de Campos, en la provincia de Valladolid, España. Constituye un ejemplo significativo de la arquitectura civil barroca del siglo XVIII, citado por numerosos investigadores y referenciado en el Catálogo Monumental de la Provincia de Valladolid (Urrea; Brasas, 1981, p.120) "…construido en ladrillo sobre pies derechos de madera y arco trilobulado en su ventana central".

Su origen se encuentra unido a las Cofradías o hermandades religiosas. Este tipo de cofradías en España pueden clasificarse en dos; las que tenían como objeto el cuidado del alma y aquellas cuya finalidad era el cuidado del cuerpo, aunque el objetivo único de ambas era la salvación del alma por los actos realizados en vida: observancia y caridad. La de la Vera Cruz de San Juan fue una de las 25 cofradías con las que llegó a contar Villalón de Campos. Las más importantes fueron las cuatro sacramentales de las parroquias del municipio (San Miguel, San Pedro, San Juan y San Andrés), pero también la de Los Reyes, con advocación a La Epifanía, varias de las Ánimas del Purgatorio o la de San Roque, devocional y documentada al menos desde el siglo XVI. Esta última es, además, la primera de las cuatro asistenciales que tuvo el municipio,

porque junto a su actividad devocional y procesional tenía encomendado el reparto de pan entre los pobres.
Las cofradías solían establecerse al amparo de una iglesia parroquial o convento; muchas de ellas eran gremiales, otras penitenciales, y la mayoría de ellas nacían con un carácter asistencial y fundaban un Hospital. En estos pequeños hospitales se realizaban funciones de atención a los pobres, enfermos y huérfanos, y también a su entierro y al de los ajusticiados. De ninguna de aquellas cofradías de Villalón queda en pié el edificio de su Hospital, salvo el de la Vera Cruz de San Juan.

Recuperar el inmueble del siglo XVIII, catalogado como el único exponente de este tipo de arquitectura civil asociada a la religiosa que existe en la Comarca de Tierra de Campos, constituye una deuda social e institucional, no sólo con el legado patrimonial de la provincia, sino también con el histórico. El hospital de la Vera Cruz de San Juan es un testigo, todavía en pie, de la intensa trayectoria de las cofradías de Tierra de Campos, responsables, entre otras cosas, de la asistencia social en la provincia hasta bien entrado el siglo XIX.

El edificio presenta algunas lesiones estructurales que son consecuencia directa de la intensa actividad que ha tenido a lo largo de los siglos y también de los diferentes usos que ha acogido. En la figura 1 se muestra una fotografía parcial de su fachada principal en la que se observan los pies derechos de madera citados anteriormente y el arco trilobulado de su ventana central. Se puede apreciar el estado general de conservación de la Casa-Hospital; desperfectos generales en la fachada y en las pilastras que marcan el ritmo vertical, pérdida de la cornisa de escayola que remataba el alero del edifico, hundimiento parcial de la cubierta, ligero desplome de alguno de sus muros, etc. Pero a pesar de estas lesiones el edifico es plenamente recuperable con una mínima -pero necesaria- actuación de urgencia, que frene su deterioro. El posterior desarrollo de las obras, y el análisis de la documentación histórica que se conserva, vendrán a dar “luz nueva” sobre este interesante edificio del patrimonio tradicional y monumental.

Figura 1. Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan, Villalón de Campos, España.
Fachada principal a la plaza de San Juan

El trabajo que aquí se muestra es sólo una parte de la documentación técnica necesaria para poder ejecutar el proyecto de restauración. El fin último del proyecto es convertir el edificio en un "Centro de Estudios de la Arquitectura Tradicional" (CEAT) vinculado a las actividades del Grupo de investigación GrupoTIERRA y como sede de la Cátedra Juan de Villanueva de la Universidad de Valladolid. Este nuevo uso para el viejo Hospital es plenamente compatible con el edificio, que recuperará tres siglos más tarde, su función asistencial; aunque en esta ocasión para la recuperación de "edificios enfermos".

5. 2. APROXIMACIÓN HISTÓRICA

De acuerdo a los primeros estudios históricos la Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan data del siglo XVIII. Sin embargo, como consecuencia del trabajo realizado, no puede descartarse que alguno de los muros internos que lo sustentan pueda remontarse a finales del siglo XV o principios del XVI, época en que empiezan a difundirse las primeras cofradías de la Vera Cruz, o de la Cruz Verdadera, después de la llegada de los franciscanos procedentes de los Santos Lugares. En cualquier caso, la primera referencia documental de la cofradía es de 1538, año en que ya estaba plenamente establecida en Villalón. La de la Vera Cruz terminará siendo la más importante del municipio, adquiriendo el título de "archicofradía" en 1589 mediante bula papal de Sixto V. En 1601 se conceden indulgencias para sus cofrades y para todos los fieles que visitaran la iglesia y capilla. Se dice de la cofradía que tiene además "…casa y hospital de ella". En 1623 la cofradía de San Juan se une a la de Vera Cruz, unificándose también sus hospitales para disminuir los gastos, y por considerar que "…los pobres estaban mejor atendidos con la unión"[1].

6. 3. ANÁLISIS DEL EDIFICIO A PARTIR DE LOS DOCUMENTOS HISTÓRICOS

A través del estudio de los documentos históricos es posible acercarse al pasado de los edificios. A continuación se analizan algunos documentos históricos del siglo XVIII referentes al Hospital, en concreto se estudian documentos y expedientes de obra de los años 1752, 1763, 1769 y 1788, conservados en el Archivo Histórico Provincial de Valladolid, que nos acercan a la realidad del edificio antes de que se desalojara el uso de Hospital alrededor del año 1800. Actualmente el edificio está siendo usado como vivienda particular y ha sufrido algunas modificaciones, aunque aún conserva su carácter original como puede apreciarse en las imágenes de la figura 2. El objeto del análisis histórico es realizar una reconstrucción de sus dependencias antes de las transformaciones sufridas durante el siglo XX por los procesos normales de cambio de uso, segregación y venta que se han producido.

3.1. La Capilla del Santo Cristo

Se sabe que el Hospital tenía una capilla llamada del Santo Cristo, de la que hoy no quedan restos. El documento analizado es del año 1763. Por parte de los "apeadores" Matheo de Matas y Manuel Carrillo, se realiza el inventario o "apeo" de las tierras y heredades de la Cofradía; "...Item apearon las Casas Hospital de dicha Cofradía de la Santa Vera Cruz, sitas en la Plaza de San Juan desta Villa, con su enfermería, capilla del Santo Cristo, salones, patio, corral, pozo, pila y demás que incluyen"[2].

[1] AHP Valladolid, Unificación de las cofradías de San Juan y de la de Vera Cruz año de 1623.

[2] AHP Valladolid, Protocolo 12085; Apeo de las tierras y heredades de la Cofradía de la Vera Cruz, año de 1763.

Tras la toma de datos realizada, la capilla pudo ser el espacio que se encuentra a la derecha del zaguán de entrada destinado actualmente a dormitorio. Es un espacio rectangular en disposición eucarística, con la cabecera orientada al noreste. Se ha podido documentar la presencia de un pequeño nicho tallado en el muro, que bien pudo haber sido el sagrario. Por otra parte, por encima del falso techo actual es posible observar restos de lo que parecen ser las pechinas del arranque de la bóveda que seguramente cubría la capilla. La bóveda se cita ejecutada de ladrillo.

3.2. La enfermería y las alcobas

También a través de la lectura de documentos históricos es posible descubrir otros espacios propios de la institución hospitalaria que hoy en día ya no se reconocen, o que simplemente han desaparecido. Tal es el caso de la enfermería del hospital; cuyo espacio pudiera corresponderse con la actual sala diáfana del piso principal, donde han podido documentarse las señales de los muros divisorios de las alcobas que servían para alojar a los enfermos y que aparecen citadas en un documento de obras de 1769. Se trata de un contrato de obra en el que se fijan las condiciones de las obras de mejora que debían hacerse en el Hospital, en el que se mandan hacer; "…los cielos rasos de las alcobas y hacer las divisiones de estas"[3].

Estas divisiones de separación entre las diferentes alcobas pueden observarse aún hoy en día en las señales dejadas por los tabiques después de su demolición. Están dispuestas perpendicularmente al muro de la fachada principal, y separadas una distancia modulada de entre 2,60 y 2,80 metros. Se trata de cuatro espacios de reducidas dimensiones que podrían alojar dos "camastros" cada uno, dispuestos uno a cada lado de la habitación, dejando un pasillo central entre ambos. La misma disposición de alcobas se puede observar en la fachada del Hospital que da al patio.

En el apartado siguiente del contrato se manda; "…que la enfermería se ha de entablar y hacerla cielo raso, y se ha de dar de pardo y blanquear y las alcobas lo mismo". La expresión "dar de pardo" se refiere a dar en la pared un revestimiento de "barro fino" sobre el que posteriormente se blanqueaba con una lechada de cal. Como se puede observar, las obras alcanzaron a toda la enfermería y a la división de las alcobas, que al parecer se hicieron en ese momento. También se mandó entablar la enfermería y las alcobas, es decir; poner la tabla nueva en el suelo para colocar posteriormente encima piezas cerámicas de ladrillo asentadas con barro: "…es condición que así la enfermería como sus alcobas se han de enladrillar". De este modo es cómo se hacían los suelos de los pisos altos. Estos suelos aún se conservan en el edificio actual.

La misma operación se realizará en la habitación colindante, la que se ha identificado como estancia dos (dormitorio hombres/mujeres) "Es condición que el quarto que esta inmediato a la enfermería…/… se ha de poner cielo raso, enladrillar, dar de pardo y blanquear".

3.3. La reforma de la fachada

En el mismo documento de 1769 se hace referencia a la reforma de la fachada del edificio; "…Y la pared que mira a la plaza se ha de sacar de ladrillo conforme viene lo demás".

[3] AHP Valladolid, Obras de mejora en la Casa-Hospital de la Cofradía de la Vera Cruz, año de 1769.

Figura 2. Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan, Villalón de Campos, España. Aspectos figurativos de la fachada y toma de muestras (GrupoTIERRA, 2015)

Se refiere probablemente a la fachada del cuerpo alto del soportal correspondiente al balcón o "solana", aunque este aspecto está por confirmar. Si parece deducirse de la lectura del párrafo que al menos una parte de la fachada del edificio se encontraba hecha de ladrillo y que faltaba otra parte por hacer, que debía hacerse conforme a lo ya ejecutado. Con toda seguridad la fachada del cuerpo alto del soportal debía estar ejecutada en su estado original mediante un entramado de postes de madera, como corresponde a la tipología constructiva inicial del edificio. Esta fachada fue transformada a lo largo del siglo XVIII para adaptarse a los gustos barrocos con pilastras y molduras. De esa época podría datarse la ventana trilobulada que preside la fachada y la portada.
También parece ser de la época el hueco situado a la derecha del arco trilobulado que se aprecia en la figura 1. Este hueco de puerta podría tener la función de hueco de acceso de las camillas mediante una polea; bien para la subida de los enfermos y moribundos, o para la bajada de difuntos. Constructivamente puede asegurarse que el hueco es original, aspecto que puede observarse en el aparejo del arco, ejecutado en continuidad con el resto del muro de ladrillo y en la ausencia de la "base piramidal" en las pilastras en las que se enmarca. En la figura 2 pueden apreciarse otros elementos decorativos barrocos, como la puerta de acceso flanqueada de columnas, y la toma de muestras para el análisis y restitución de morteros de junta y acabados.

Años más tarde, en el año 1787, realizará vista a la Villa de Villalón su Ilustrísima para la reunión en uno de los Hospitales de las cofradías de la Trinidad y de la Vera Cruz de San Juan. Entonces se decidirá edificar un nuevo hospital vendiendo las propiedades de ambos. Durante el tiempo que duren las obras se mantendrá en uso el de la Vera Cruz de San Juan juntándose en él a todos los enfermos "…por ser más capaz y proporcionado"

3.4. La cocina y otras dependencias

La cocina del Hospital aparece referenciada en un documento de 1788[4]. Hace mención a las obras realizadas el año anterior en ella, sin que de su lectura pueda localizarse la situación de este espacio dentro del edificio. Tampoco se tiene constancia de cuál pudo ser su ubicación en el edificio actual. Dada la escasez de superficie es posible situarla en la zona izquierda del edificio junto al corral que se cita, con entrada desde la actual calle de los Lienzos: "…obras de la cocina y corral que pagaron…/… y que tubo de

[4] AHP Valladolid, Libro de Cuentas del Hospital de San Roque, año de 1788. (Caja: 585, carpeta: 4423).

costo de materiales y manos la obra que se hizo en otro año en la cocina del Hospital y hacer nuevas las tapias del corral".
Ese mismo año se encaló la enfermería y se hicieron pequeñas obras en otras dependencias: "…blanquear y pintar la enfermería de este Hospital en este año". También se pagó una cantidad "…por echar un suelo de tierra en el portal del Hospital", también "…por componer y blanquear otra capilla". En el apartado de mobiliario se habla de la cantidad abonada por armar "…una mesa de pino a la Romana para la enfermería".

3.5. La verdadera dimensión de la antigua Casa-Hospital

Ya ha quedado dicho que es muy probable que todo el soportal que da frente a la plaza de San Juan fuera un edificio único. Constructivamente es posible afirmar este dato aunque se aprecien diferentes fases constructivas, de manera que con toda probabilidad la Casa-Hospital ocupaba antiguamente toda la parcela. Nuevamente un documento histórico, 36 años anterior, viene a refrendar esta hipótesis. Se trata del Catastro del Marques del Ensenada de 1752[5], que en el libro de seglares, anota al Hospital la propiedad de una casa que dice tiene arrendada, y que linda con el hospital y con la casa de los herederos de Lorenzo Gómez; "…una casa situada en el casco desta villa en el barrio de San Juan con quarto bajo y principal, tiene cinco varas de frente y doze al fondo…/… confronta con casa de herederos de Lorenzo Gómez y dicho Hospital".

Analizando las dimensiones de la casa, de algo más de cuatro metros de fachada por diez de fondo, y el lindero del otro lado, no parece haber duda de que se trata de la pequeña casa de la calle Lienzos que tiene fachada trasera al patio del Hospital. Es decir que a mediados del siglo XVIII ésta casa, que aún se conserva, lindaba por su lado derecho con el hospital, lo que confirmaría la hipótesis de que en aquella época el edificio del hospital era más grande que el actual. Con toda seguridad la construcción ocupaba todo el frente del soportal que da frente a la plaza de San Juan y se prolongaba, haciendo esquina con la calle Lienzos, hasta encontrase con la casa anteriormente descrita. En alguna fecha posterior no determinada, el Hospital, perdido su uso, fue segregado en dos propiedades distintas.

7. 4. ANÁLISIS CONSTRUCTIVO

El análisis constructivo del edificio ha permitido determinar cuáles son los materiales y sistemas constructivos utilizados en la construcción de la Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan. Estos materiales y sistemas son los propios de la arquitectura tradicional de la comarca de Tierra de Campos, de manera que es posible afirmar que, constructivamente, el edificio es un exponente de la transición constructiva que existe entre lo culto y lo popular; es decir, entre la arquitectura culta y la arquitectura tradicional.

4.1. Los muros portantes

El edificio está construido mediante muros mixtos de machones de ladrillo con "verdugadas" de tres hiladas del mismo material y entrepaños de tapia de tierra apisonada. El espesor total del muro es 95 centímetros en la planta baja y 80 centímetros en la planta alta, de manera que este desfase permitirá el apoyo del forjado. En la fachada lateral se observa con claridad el sistema constructivo de la "tapia mixta", que se repite a lo largo de la fachada posterior que mira al patio. Se trata de un sistema de machones de ladrillo situados en las esquinas y a lo largo del muro, a una distancia modulada de 1,60 metros.

[5] AHP Valladolid, Catastro del Marques del Ensenada, año de 1752.

Los machones centrales tienen una longitud frontal de 84 centímetros y los de las esquinas de 168 centímetros. Estos machones de ladrillo permiten colocar de cada lado el encofrado de tablones de madera que servirá para ejecutar la tapia de tierra. El sistema es característico tanto de la arquitectura tradicional como monumental de la zona, y podemos observarlo también en la cercana Iglesia de San Juan y en otros edificios de la plaza.

4.2. El soportal

En la planta baja, el cuerpo adelantado del soportal está construido mediante pilares o "pies derechos" de madera sobre los que se apoya la viga, también de madera. Para resolver la transición constructiva del apoyo de la viga sobre el pilar, éste último se remata mediante una "zapata" moldurada que aumenta la superficie de apoyo en la cabeza del pilar. En la planta alta, el muro de cierre está ejecutado mediante fábrica de ladrillo aplantillado apoyado sobre la viga. Esta fachada dispone de pilastras y elementos decorativos.

En la primera figura de la fachada se podía observar la existencia de dos arcos entre los postes de madera de la derecha del soportal. Estos arcos son simulados, y es posible pensar que antiguamente existían también en el resto de los vanos del soportal. En realidad esconden los codales que cortan la luz de la viga de madera para evitar la flexión producida por el peso de la fachada de ladrillo. Actualmente aún pueden apreciarse restos de su existencia por la presencia, en alguno de los postes, del ejión de madera dispuesto para recoger el codal inexistente. En la figura 3 se aprecian los trabajos de medición y toma de datos del soportal.

Figura 3. Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan, Villalón de Campos, España.Columnas de madera del soportal del Hospital, estudio métrico y constructivo (GrupoTIERRA, 2015)

4.3. La cubierta

La estructura de la cubierta es de madera, de "par e hilera" con tirante. Los pares apoyan en la cabeza del muro sobre un durmiente de madera que lo recorre a lo largo. Los tirantes se abrazan con el sobre durmiente. Está construida mediante grandes vigas de madera sobre las que se apoyan pares de madera, tabla de ripio y cobertura de teja cerámica curva de tamaño variable y fabricación manual.

En cuanto a los aleros; la fachada lateral y posterior presentan canecillos de madera promediados con moldurado de doble voluta en el extremo; mientras que la fachada principal, la que da frente a la plaza de San Juan, presenta entablillado corrido para recoger una gran cornisa moldurada de escayola, de la que aún se conservan algunos restos. Esta cornisa es sin duda obra tardía barroca que espera poderse recuperar a partir de los restos existentes, reintegrando de ésta manera la imagen original del Hospital.

4.4. Los forjados

Los forjados son de madera, construidos con un sistema estructural de vigas principales de madera paralelas a la fachada y viguetas de segundo orden perpendiculares apoyadas sobre las vigas y los muros de fachada. El apoyo se realiza aprovechando la diferencia de espesor del muro entre las dos plantas. Se completa el forjado con un entablado de madera sobre el que se ha dispuesto una abundante capa de barro y un solado de ladrillo aplantillado. Este sistema constructivo ha sido refrendado por los documentos históricos. La capa de barro cumple la función de aislamiento térmico para los fríos días del invierno y sirve también para nivelar el solado.

4.5. La tabiquería y los acabados interiores

En la planta alta la tabiquería interior está ejecutada mediante un sistema entramado de postes y diagonales de madera cuajado con piezas de adobe de tamaño irregular y proporción alargada. Estos adobes se colocan “a espina de pez” entre los travesaños y postes de madera y están fabricados especialmente para cuajar este tipo de muros ya que no tiene una proporción modulada que permita aparejar un muro. Sus dimensiones medias son: 41 cm x 13 cm x 8 cm (figura 6, tipo Va1-HVC).

En la planta baja los tabiques de son de fábrica de adobe de dimensiones 31 cm x16 cm x 8 cm (figura 6, tipo Va2-HVC). Por otra parte, los adobes de muros portantes internos tienen unas dimensiones 35 cm x 17 cm x 7 cm. Esta variedad dimensional confirma que los adobes se fabricaban de diferentes dimensiones en función de sus usos dentro de la obra.

El acabado interior, de tabiques y muros, es un mortero de barro con pintura de cal. Se observan diferentes capas de mortero aplicadas sobre el paramento; la primera es la más basta, con barro basto y abundante paja; la última es la más fina, con arcilla bien tamizada y fibra vegetal de mimbrera. Los suelos de la planta baja son de baldosa cerámica encerada y suelo natural compactado en la despensa y bajo escalera.

8. 5. EL EDIFICIO ORIGINAL

En la fase de documentación y estudios previos se está trabajando en la hipótesis de que el edificio original del Hospital fuera más grande que el actual, y que ocupara todo el frente de la fachada que asoma a la plaza de San Juan. Se puede observar en la figura 4 que el Hospital se adosa en su lateral izquierdo -en continuidad formal y volumétrica- a otra pequeña casa, también “asoportalada” con pies derechos de madera, que completa el frente de la fachada a la plaza. Este hecho puede hacernos pensar que en origen esta casa pudiera haber formado parte del propio edificio del hospital. Los primeros trabajos de toma de datos han puesto de manifiesto que la fachada de la casa a la que nos estamos refiriendo está chapada mediante una plaqueta cerámica que imita una fábrica de ladrillo cara vista moderna, como puede apreciarse en la figura 4. Este tipo de plaqueta de ladrillo estuvo muy de moda en los años 1970 y 80 en España para aplacar las fachadas de adobe u otro material constructivo considerado más pobre, con la pretensión de dar al edificio una apariencia más actual que la que realmente tenía. En la figura también podemos observar como los postes de madera han sido forrados de ladrillo y enfoscados de cemento al exterior.

Figura 4. Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan, Villalón de Campos, España.
Análisis de la continuidad constructiva del soportal y la fachada del Hospital (GrupoTIERRA, 2015)

Esta hipótesis avalaría las descripciones que en diferentes documentos históricos se hacen del Hospital, en los que se hace referencia a un gran número de estancias y dependencias hoy inexistentes; cocina, dormitorios, enfermería, panera, corredor, etc. que no tendrían cabida en la pequeña superficie que actualmente tiene el edificio.
Así, en el documento anteriormente citado del año 1788 se citan las obras realizadas el año anterior en la cocina y en el corral, espacios que hoy no tienen sitio, ni en el interior del edificio el primero, ni en el pequeño patio actual el segundo: "…se pagaron el costo de materiales y manos, de la obra que se hizo en otro año en la cocina del Hospital y hacer nuevas las tapias del corral".

Los costes del trasporte de materiales han tenido históricamente una gran repercusión económica en los costes de la obra. El uso de materiales del lugar está determinado fundamentalmente por cuestiones económicas, no sólo por el precio del material, sino también por el coste del trasporte de los materiales, que podía encarecer la obra en más de un tercio (Alonso et al, 2003, p.119). En un documento de 1792[6] es posible leer la relación de materiales y costes de las obras del nuevo hospital que se está construyendo, en él se refleja de manera separada el coste de los materiales y el de su transporte hasta la obra: "Madera; una porción de madera que compró a saber; cuarenta y cuatro machones… Porte de vigas; treinta y nueve vigas que remitió S.I. para tirantes en la nueva obra del Hospital al respecto de veinticuatro reales cada una…". También se refiere a otros materiales como palas, sogas, pertrechos, herrajes y yerros, cal, ladrillos etc. La fabricación de adobes también queda reflejada en el documento, así cómo la cantidad de paja necesaria para su fabricación: "Paja; dieciocho carros de paja que compró para la mezcla y fábrica de los adobes que se previnieron para dicha obra. Adobes; Item mil setenta y dos reales y medio que ha pagado por la hechura de treinta y nueve mil adobes que se han consumido en dichas obras al respecto de veintisiete reales y medio el millón…". Asimismo queda reflejado en el documento la compra de ladrillos, ya que en Villalón no había horno para cocerlos: "Ladrillos; se pagó por ciento setenta y seis mil doscientos veinte y cinco ladrillos que compró y acopió para la continuación dicha obra en esta forma…" y el coste de su transporte: "Portes; mil novecientos ochenta y tres reales de vellón y doce más que pagó por los portes de cal, ladrillo, arena y cascajo".

[6] AHP Valladolid, Junta de la continuación de la obra del nuevo Hospital, año de 1792.

En suma, el estudio de los documentos históricos nos muestra la realidad económica y social de la época. Una época en la que “la asistencia a los pobres y las obras pías constituyen la justificación moral y social de la riqueza en un siglo (el XVI) que aun conserva, a veces en sumo grado, preocupaciones religiosas y sentido de solidaridad” (Bennassar, 1989, p.147), y en la que la mayoría de los edificios, de las ciudades y de los pueblos de la comarca, eran de ladrillo y de adobe, donde el tapiador y el carpintero tenían más importancia que el cantero.

En el aspecto documental, la colaboración del personal del Archivo de la Diputación de Valladolid está siendo fundamental para analizar los documentos históricos y ayudar a entender la evolución del edificio a lo largo del tiempo. Todos estos datos ayudarán a refrendar los datos obtenidos del análisis técnico del edificio. En ocasiones el proceso se invierte, y son precisamente los estudios técnicos los que aportan luz a los documentos históricos. En suma, unos se nutren de otros, siendo la fase de estudios preliminares de gran importancia antes de intervenir en los edificios históricos.

9. 6. LESIONES ESTRUCTURALES Y ENSAYOS PRELIMINARES

Se ha realizado un análisis previo de las lesiones estructurales del edificio. En la pared lateral que asoma a la calle del Hospital se aprecian dos importantes fisuras verticales que marcan la separación material y constructiva de los machones de ladrillo de las esquinas con el resto del muro de tapia. Estas grietas pueden observarse en la figura 5, y denotan un comportamiento estructural diferente en este paño del muro, apreciándose un ligero desplome del tramo central hacia el exterior. Este desplome tiene su origen, con toda seguridad, en el mal estado de la cubierta y en el empuje que sobre la cabeza del muro hacen los pares de madera. La cubierta presenta abundantes tejas rotas que permiten la entrada directa de agua al piso superior.

Por otra parte, la estructura de madera presenta graves deficiencias de estabilidad lateral por rotura de alguno de los pares. Situación que han puesto de manifiesto la urgente necesidad de realizar obras de desmonte de la cubierta actual, saneamiento y actuación en la cabeza de los muros, y renovación y sustitución de la cubierta por otra nueva.

Para los trabajos de reconstrucción de la tapia erosionada, y en particular para la cabeza de los muros de tapia, se seguirá el método descrito para la reconstrucción de los muros de tapia de la Iglesia de San Nicolás de Bari en Sinovas, Burgos (Jové et al, 2011b, p.220 y ss). El vertido de tierra se realizará en tongadas horizontales de unos 15 cm. Dada la dificultad de trabajo en las partes altas del muro, el apisonado deberá realizarse de forma manual mediante pisón de madera romo y de punta. El sistema manual tradicional garantiza un mejor acabado superficial aunque requiere de una técnica que en muchos casos está ya perdida; “Las técnicas constructivas tradicionales son muy ricas y, en algunos casos, complejas de aprender ya que requieren de una mayor cualificación y aptitudes que las técnicas de albañilería actuales” (Jové, 2015, p.42). El apisonado tradicional se realiza a oído; “El pisado comienza con un ruido grave que indica que la mezcla no tiene compactación alguna, y termina con un ruido agudo, casi metálico, que indica que la mezcla ha sido totalmente compactada” (Jové et al, 2011b, p.223). Después del apisonado el espesor de la tongada deberá quedar reducido a 10 cm.

El encofrado se realizará mediante tablero fenólico hidrófugo cortado en tablas de anchura igual a la modulación de los tablones del encofrado original. En este sentido la lectura de paramentos se hace imprescindible para obtener la modulación de las tapias históricas.

Para los trabajos de renovación de la cubierta se seguirá el sistema descrito para la restauración de la panera del Obispo de Boada de Campos, Palencia (Jové; Sainz, 2010, p.80 y ss). La nueva estructura será de madera tratada, compuesta por cerchas, pares y vigas principales. La formación de pendiente será la propia estructura. El asilamiento térmico se realizará mediante corcho natural triturado, colocado entre los rastreles y sobre la tabla machiembrada, dejando cámara ventilada debajo de la teja. Se finalizará la cubierta con teja árabe vieja en las cobijas, recuperada al 50% de la demolición de la cubierta actual, y teja nueva de la misma tonalidad y proporciones en las canales.

Se ha realizado una caracterización dimensional de los adobes encontrados. Los diferentes tipos aparecen reflejados en la figura 6. También se realizarán ensayos de caracterización de suelos, a partir de muestras de tierra, con el objeto de determinar sus características fundamentales; granulometría y plasticidad. Se seguirá lo especificado en los trabajos de caracterización de suelos realizados para la restauración de las murallas de tapia de la Alcazaba de Badajoz (Jové et al, 2011a, p.267 y ss). Es importante para la restauración de la tapia que las tierras nuevas, denominadas “de aportación”, sean de las mismas características que las originales para que se produzca una buena integración entre la tapia original y la de restauración.

Figura 5. Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan, Villalón de Campos, España.
Fachada lateral a la calle Hospital

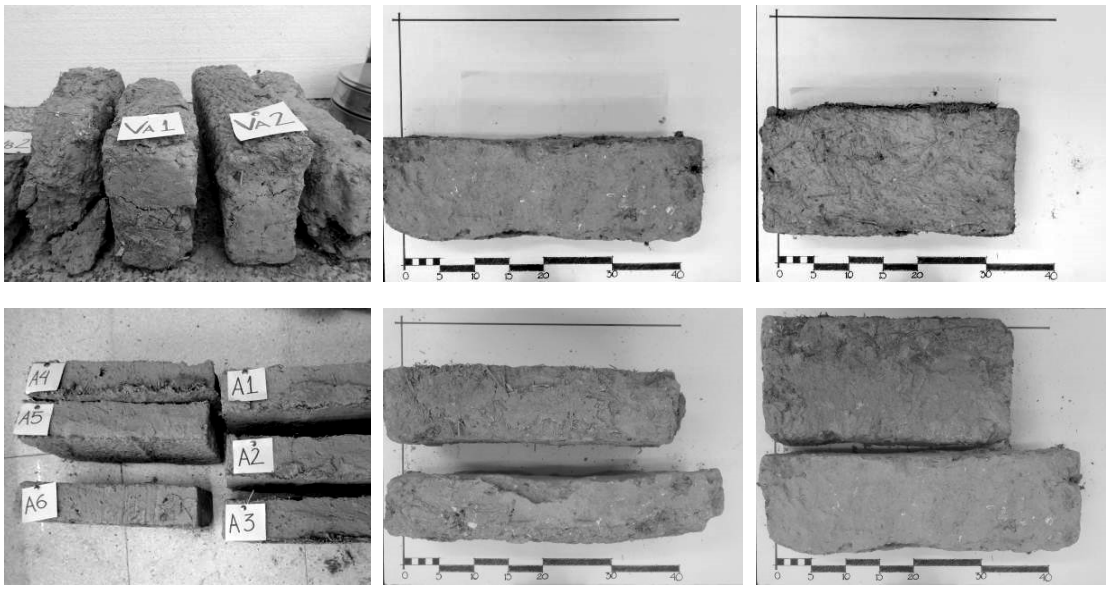


Figura 6. Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan, Villalón de Campos, España.
Ensayos de Laboratorio. Caracterización de adobes; tipos Va1/Va2 HVC (GrupoTIERRA, 2015)

10. 7. CONSIDERACIONES FINALES

Los trabajos de documentación de los edificios patrimoniales son un campo de actuación fundamental para el arquitecto. Son trabajos necesarios para garantizar una adecuada actuación en las labores de mantenimiento de los edificios y en la elaboración de los proyectos técnicos de restauración o de rehabilitación. Pero además, se hace necesario un atento estudio histórico, evolutivo y de usos a lo largo del tiempo, para poder entender las características de los restos que han llegado hasta nuestros días.

Por otra parte, los trabajos de documentación tienen que complementarse con trabajos técnicos y ensayos de laboratorio para determinar las características de los materiales originales. En el caso de los edificios construidos con tierra, es necesario realizar ensayos específicos de caracterización de muestras de tierra con el objeto de encontrar aquellas que tengan la máxima compatibilidad con la tierra original del monumento.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo ponen en valor los sistemas constructivos tradicionales y la eficacia y durabilidad de las técnicas de construcción con tierra, de manera que han permitido la pervivencia del edificio de la Casa-Hospital de la Vera Cruz de San Juan a lo largo de los siglos.

El trabajo que aquí se muestra permitirá desarrollar el proyecto técnico de restauración del edificio para un nuevo uso como Centro Formativo de Oficios Tradicionales y sede de la Cátedra Juan de Villanueva (CJdV) de Investigación en Arquitectura Tradicional y Monumental. El proyecto está avalado por la Universidad de Valladolid y el Grupo de Investigación en Tecnología de la Construcción con Tierra, y pretende ser, en sí mismo, un ejemplo representativo de las técnicas de construcción con tierra. Esta iniciativa será una realidad en unos años gracias al apoyo de la comunidad, de las autoridades del municipio de Villalón de Campos y de la Junta de Castilla y León.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Archivo Histórico Provincial de Valladolid (España), Documentos históricos: AHP Valladolid (1623), Unificación de las cofradías de San Juan y de la de Vera Cruz; AHP Valladolid (1752),

Catastro del Marques de la Ensenada; AHP Valladolid (1763), Apeo de las tierras y heredades de la Cofradía de la Vera Cruz de San Juan; AHP Valladolid (1769), Obras de mejora en la Casa-Hospital de San Juan; AHP Valladolid (1788), Libro de Cuentas del Hospital de San Roque; AHP Valladolid (1792), Junta de la continuación de la obra del nuevo Hospital.
Alonso Ponga, JL.; Asensio Martínez, V.; Duque Herrero, C.; Pérez de Castro, R. (2003). La Semana Santa en la Tierra de Campos vallisoletana. Valladolid: ed. Grupo Página.
Bennassar, B. (1989). Valladolid en el siglo de Oro. Valladolid: ed. Ámbito ediciones.
Jové Sandoval, F.; Sainz Guerra, J.L. (2010). Restauración de la panera del Obispo de Boada de Campos, Palencia. En: Sainz Guerra, JL.; Jové Sandoval, F. (coord.). La arquitectura construida en tierra. Tradición e innovación. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva ed.
Jové Sandoval, F.; Sainz Guerra, J.L.; Olmos Martínez, P.J.; (2011a). Caracterización de suelos para la restauración de la murallas de tapia de la Alcazaba de Badajoz. En: Jové Sandoval, F.; Sainz Guerra, JL. (coord.). Construcción con tierra. Tecnología y arquitectura. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva ed.
Jové Sandoval, F.; Díaz-Pinés Mateo, F.; Muñoz de la Calle, D.; Pahíno Rodríguez, L. (2011b). Proceso de reconstrucción de los muros de tapial de la Iglesia de San Nicolás de Bari en Sinovas, Burgos (España). En: Jové Sandoval, F.; Sainz Guerra, JL. (coord.). Construcción con tierra. Tecnología y arquitectura. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva ed.
Jové Sandoval, F. (2015). Arquitectura tradicional en Castilla y León. La comarca de Tierra de Campos; iniciativas y experiencias de puesta en valor. En: Matoses Ortells, I.; Hidalgo Mora, J. (coord.). Arquitectura Tradicional y Patrimonio de La Serranía valenciana. Valencia: General de Ediciones de Arquitectura.
Urrea Fernández, J; Brasas Egido, J.C. (1981). Catálogo monumental de la provincia de Valladolid. Valladolid: ed. Diputación de Valladolid, servicio de publicaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ayuntamiento de Villalón de Campos las facilidades dadas para el acceso al edificio; a Carlos Alcalde Martín-Calero, archivero jefe del Archivo Provincial de la Diputación de Valladolid, por sus acertadas aportaciones históricas; y a Javier García Trapote, por su constante y decidido apoyo al proyecto.

AUTORES

Félix Jové Sandoval, doctor arquitecto; profesor titular de Construcciones Arquitectónicas, ETS de Arquitectura, Universidad de Valladolid, España; arquitecto; director del Grupo de Investigación en Tecnología de la Construcción con Tierra, GrupoTIERRA; director de la Cátedra Juan de Villanueva CJdV de Investigación en Arquitectura Tradicional y Monumental; codirector del Congreso Internacional de Construcción con Tierra CIATTI; miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.
Irene Martín Pedruelo, arquitecta por la Universidad de Valladolid; becaria colaboradora en labores de investigación Consejo Social UVa 2014/2015; colaboradora del proyecto europeo: Red de oficios tradicionales de la construcción, sede Hospital de la Vera Cruz de San Juan, Villalón.
David Ordóñez Castañón, alumno de PFC en Arquitectura, Universidad de Valladolid, 2014/2015; becario colaborador MEC 2013/2014 y becario colaborador en labores de investigación Consejo Social UVa 2014/2015.

4. CONSERVACIÓN DEL EDIFICIO DE TAURICHUMPI – SANTUARIO ARQUEOLÓGICO DE PACHACAMAC. PERÚ

Janet Oshiro[1]; Denise Pozzi-Escot[2]

Museo de Sitio Pachacamac, Perú

[1]joshiro@cultura.gob.pe; [2]dpozzi@cultura.gob.pe

Palabras clave: Taurichumpi, conservación, adobe, roca, inca.

Resumen

Taurichumpi es un edificio prehispánico ubicado al extremo sureste del santuario arqueológico de Pachacamac, Lima-Perú. Es un edificio Inca (1430 d. C. – 1532 d.C.) con muros de rocas canteadas y adobes paralelepípedos. Fue construido sobre un promontorio rocoso en una zona de alta sismicidad como lo es la costa central del Perú. Según los documentos coloniales el gobernante principal del sitio se llamaba Taurichumpi y ocupaba este edificio. Los trabajos de conservación forman parte de un programa que tiene como objetivo la conservación del área monumental, puesta en valor y puesta en uso social del santuario de Pachacamac. En el 2012, se inició la conservación de las estructuras que estaban bastante deterioradas en Taurichumpi debido principalmente a las características de la técnica constructiva, el factor climático y antrópico. A la fecha se han conservado 550 metros lineales de los principales muros del edificio y se habilitó a finales del 2013 un circuito de visita en el sector. La metodología aplicada en la conservación de esta importante estructura cumple con los lineamientos establecidos en las principales cartas y recomendaciones para la preservación de sitios patrimoniales, con particularidades relacionadas con la técnica y materiales empleados en su construcción. Para ello se han analizado las técnicas constructivas y sus patologías estructurales, de la misma forma se han hecho análisis en laboratorio de los materiales empleados en la construcción de los muros, finalmente se ha aplicado una serie de técnicas de conservación en muros de adobes y rocas de la estructura.

INTRODUCCIÓN

En el año 2012 se inició la conservación de Taurichumpi como un componente del "Programa de conservación de las estructuras en emergencia del santuario arqueológico de Pachacamac – Programa Qhapaq Ñan" – Ministerio de Cultura del Perú.

Pachacamac es mundialmente conocido como uno de los más importantes sitios arqueológicos de la costa central del Perú, con una ocupación continua de más de mil años. Su importancia se debe a la deidad que albergaba, considerada la más importante de las sociedades yungas y relacionada con los temblores. A este sitio, considerado uno de los oráculos más poderosos de los andes, llegaban peregrinos de lugares muy lejanos mediante el camino Inca o Qhapaq Ñan, cruzando los andes, la selva y el desierto de la costa, integrando los actuales países de Bolivia, Argentina, Chile, Ecuador, Colombia y Perú.

El edificio de Taurichumpi es de filiación inca (1430 d.C. – 1532 d.C.), construido sobre un promontorio rocoso con bases de rocas canteadas y muros de adobes paralelepípedos. Según las crónicas, funcionó como la residencia del último gobernante de Pachacamac (Estete, 1968 [1535]), quien desempeñaba funciones políticas y administrativas, como lo sustentan la existencia de grandes depósitos o almacenes en el edificio, así como, la cercanía al sector o casa de los Quipus, en la cual se halló una

importante ofrenda de quipus, y donde probablemente se llevaba la contabilidad de ofrendas, peregrinos, alimentos, etc., a cargo del Quipucamayoc.

El lugar fue excavado a fines de los años 60 por Alberto Bueno, quien recuperó materiales del período Horizonte Tardío (estilo inca y afines) así como algunos elementos del momento de la conquista española (Bueno Mendoza, 1967).

Para los trabajos de registro y conservación se dividió esta estructura en dos sectores. El Sector A con 5340,73 m^2 comprende el área excavada y el sector B con 2212,51 m^2 comprende el área sin excavar.

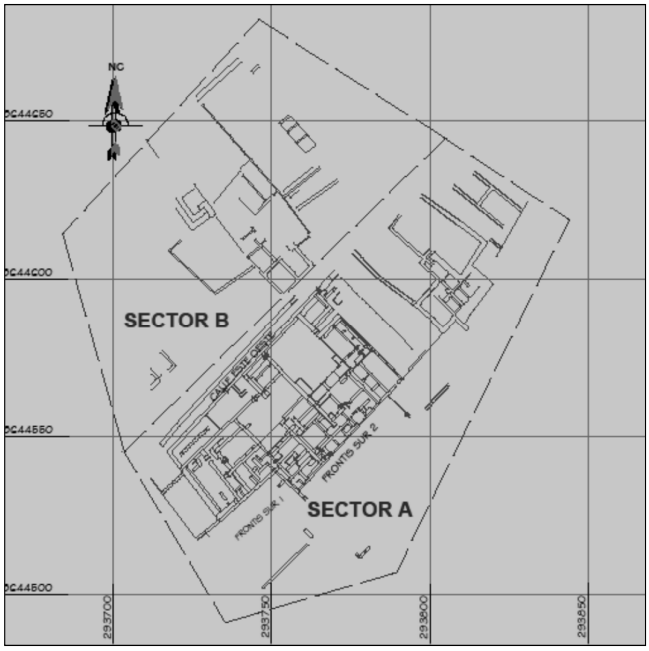


Figura 1. Sectorización

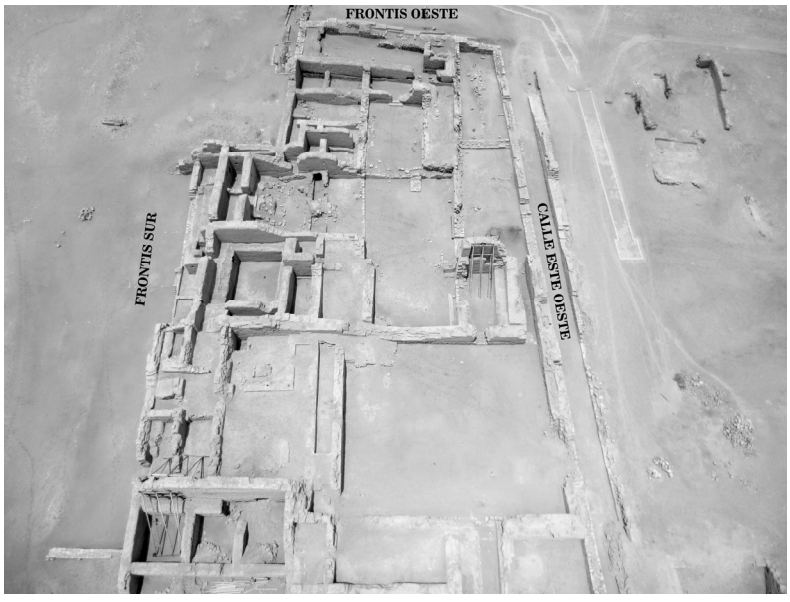


Figura 2. Sector A de Taurichumpi

El sector excavado presenta dos patios internos contiguos cuadrangulares. Asimismo, existen varios conjuntos de cuartos aglutinados que convergen en algunos de estos patios comunicados mediante pasadizos. Se han logrado identificar dos momentos constructivos; el primero, se asocia a la construcciòn de los muros perimetrales, en cuyo interior existieron ambientes grandes y patios. El segundo momento constructivo se caracteriza por la reducción de tales espacios, que fueron subdivididos en ambientes más pequeños a los cuales se accedían mediante corredores o pasadizos.

En el año 2006 a través del plan COPESCO Nacional se realizaron trabajos de limpieza y conservación en algunos puntos de las estructuras de este edificio: en los muros internos y en una parte del muro Norte de la calle Este – Oeste.

Los objetivos principales de estas intervenciones fueron la estabilización de los muros del sector A en peligro a derrumbarse y la habilitación de un nuevo circuito de visita turístico. A la fecha se han logrado salvaguardar los muros de mayor altura, el frontis Sur, el frontis Oeste, así como, los muros que conforman la calle Este–Oeste del edificio. Para el desarrollo de las labores de conservación se hace seguimiento del protocolo de conservación del santuario (Torres; Camargo, 2013), respetando las particularidades de esta estructura.

DIAGNÓSTICO DE DAÑOS EN LAS ESTRUCTURAS

Taurichumpi presenta problemas estructurales de diferente magnitud en casi todos los muros que lo conforman, estos problemas están asociados en su mayoría al tipo de materiales y técnicas empleadas para su construcción, así como a la actividad sísmica, a las acciones antrópicas, al factor climático y al biodeterioro (Pozzi-Escot; Chávez, 2008).

Daños asociados al sistema constructivo

Se registraron dos tipos de muros. El primero conformado por una base de rocas canteadas con adobes paralelepípedos unidos con mortero de barro, con un ancho promedio de 1 m; el segundo tipo comprende muros construidos únicamente con adobes unidos con mortero. Se han registrado también plataformas y pisos construidos solo con rocas canteadas medianas unidas con mortero de barro.

En la sección de adobes de algunos muros se observaron desprendimientos como consecuencia de malos amarres entre los adobes, también se han identificado muros construidos con adobes de mayor peso y volumen en las filas superiores, lo que ha originado agrietamientos y pandeos en las partes inferiores.

a.- Calidad de las rocas

El análisis realizado mediante la técnica de microscopía electrónica de barrido (MEB)[7] en las rocas de las bases de los muros de Taurichumpi, ha permitido identificarlas como lutitas, roca sedimentaria compuesta por partículas del tamaño de la arcilla y del limo. Estas rocas se forman por la acumulación de sedimentos, partículas finas transportados por el agua o el aire y sometidas a procesos físicos y químicos dando lugar a materiales más o menos consolidados. Las lutitas están conformadas de láminas susceptibles de desprenderse gradualmente de la misma forma en que se constituyeron.

En todos los muros de Taurichumpi se identificaron rocas en mal estado de conservación, laminadas con pérdida de volumen y a punto de desprenderse del muro, provocando inestabilidad a la estructura. No obstante, los muros que presentaron rocas

7 La microscopía electrónica de barrido es utilizada como una de las técnicas más versátiles en el estudio y análisis de las características microestructurales de objetos sólidos.

canteadas en la base han evidenciado menos erosión basal y mayor resistencia que aquellos con adobes.

Se identificó mediante la técnica MEB la presencia excesiva de carbonato de calcio ($CaCO_3$) en la muestra de lutina, causante del acelerado deterioro de las rocas del edificio y la mala reacción del mortero nuevo durante la conservación.

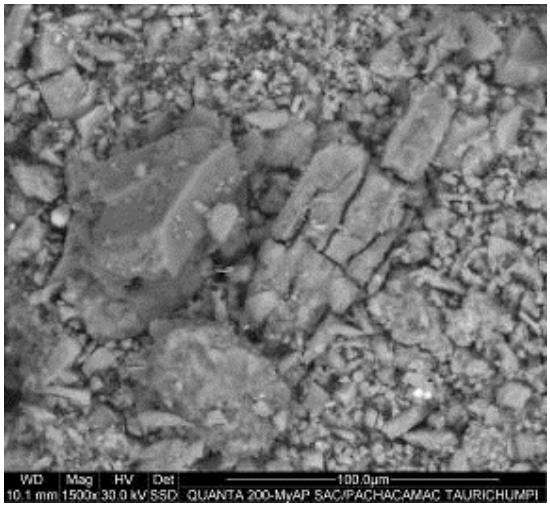


Figura 3. Imagen obtenida mediante el microscopio electrónico de barrido de una muestra de roca de los muros de Taurichumpi. Lutita con evidencia de cuarzo, micas, carbón y arcilla

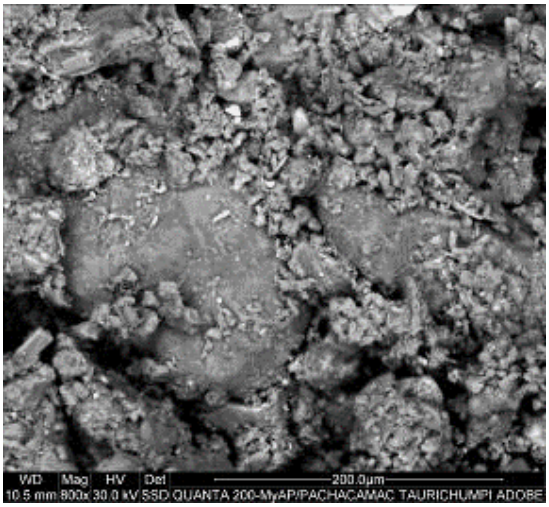


Figura 4. Muestra de adobe con evidencia de gran porosidad y poca presencia de arcilla

b.- Calidad de los morteros y adobes

El mortero fue el resultado de la mezcla de tierra limosa o arcillosa con arena fina de río (posiblemente del río Lurín cercano al sitio arqueológico), a esta se le adicionaron conchas trituradas en poca proporción, fragmentos de cerámica y gravilla. La mezcla parece haberse realizado con excesiva cantidad de arena, lo que provocó una mala compactación del mortero, posteriormente, con la abrasión constante del viento este se desprendió y se desintegró totalmente. Se observa la pérdida de casi todo el mortero en las juntas de las rocas, lo que ha provocado pandeos y derrumbes en varios de los muros.

Un estudio realizado con el MEB por el ingeniero Henry Torres del Museo de sitio Pachacamac, asesorado por la Dra. Gladys Ocharán, permitió identificar los elementos empleados en la fabricación de los adobes del Templo Viejo y la Pirámide con Rampa II del santuario arqueológico de Pachacamac, así como asociar su posible procedencia.

Se estudiaron también los sedimentos de la laguna de Urpiwachaq, tierra de chacra del valle Lurín y arena fina del río Lurín (cercano al sitio arqueológico). Este estudio nos permite afirmar que los adobes son producto de una mezcla de material arcilloso y la adición de arena a manera de carga. Por las dimensiones de los elementos, debe de tratarse de arena eólica. Por otro lado, también pudimos confirmar que los adobes no fueron manufacturados con sedimentos de la laguna de Urpiwachaq, ubicada dentro del santuario (Torres, 2013).

El estudio realizado con la técnica antes mencionada en los adobes de Taurichumpi, ha demostrado que el mal estado de conservación en el que se encuentran actualmente, es resultado de su gran porosidad debido a la falta de suficiente tierra arcillosa en la mezcla. Las arcillas cumplen la función de aglutinante, la poca presencia en la mezcla

origina una débil consistencia y compactación, permitiendo que la acción eólica provoque graves daños en los adobes.

Daños asociados a la actividad sísmica

Pese a estar construido sobre un promontorio rocoso, la frecuente actividad sísmica en la zona - cuyos movimientos alcanzan profundidades mayores a los 60 Km - terminan por afectar los muros de esta estructura. Entre los tipos de daños graves se encuentran los derrumbes, desplomes, pandeos, agrietamientos y fisuras en varios de los muros.

Se registraron agrietamientos por corte en forma de “X” o cruz, lo que significa una falla terminal que podría ocasionar el colapso del muro en otro evento sísmico (Torres, 2013).

Daños antropicos

Durante décadas, luego de la formación de los asentamientos humanos (ocupaciones precarias) aledaños a la zona, estas estructuras estuvieron expuestas a las afectaciones antrópicas, ya sea por huaqueos o por actos vandálicos. Se observan grafitis en las paredes, forados en los muros y pisos, y ausencia de rocas y adobes extraídos intencionalmente.

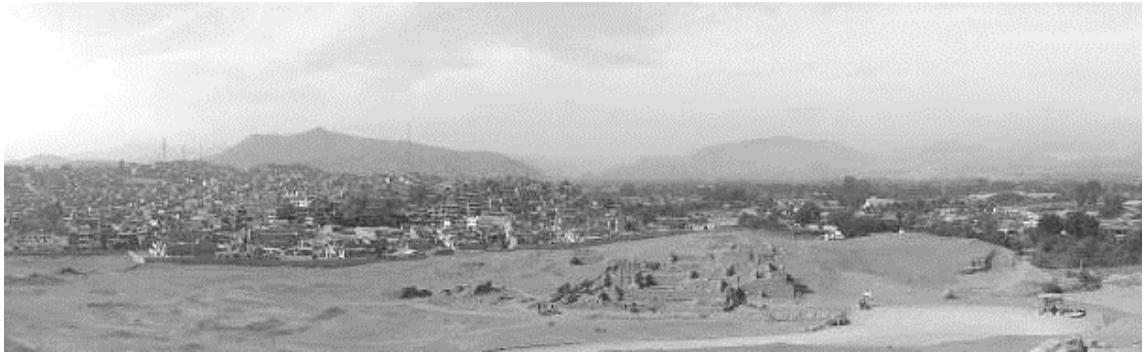


Figura 5. Asentamientos humanos colindantes a Taurichumpi

Daños asociados al factor climático

Un análisis realizado entre los meses de mayo a diciembre de 2012 con los datos de la estación meteorológica del museo de sitio, ha permitido identificar variaciones de temperatura, humedad relativa, vientos y presión barométrica, además de la intensidad con que estas se dieron. Estas variaciones se relacionan a los cambios estacionales y provocan en las estructuras cambios químicos y físicos de manera brusca, cuya continuidad a lo largo de los años ha provocado la destrucción de muchos de los muros de esta estructura.

La temperatura mínima se registró en el mes de agosto y fue de 14.4°C, la máxima de (mayo - diciembre) se evidenció en el mes de diciembre y fue de 23.2°C. La humedad, otro factor causante del deterioro de los muros, tuvo una variación brusca entre los meses de julio y octubre donde la humedad fluctuó entre 70% y 100%.

Tabla 1. Registro de la temperatura entre mayo y diciembre de 2012

Meses	Temperatura°C				
	Promedio	Min	Fecha	Max	Fecha
Mayo	18,3	16,4	29	21,3	25
Junio	18,7	16,1	2	22,1	26
Julio	18,1	15,7	29	20,8	22
Agosto	15,9	14,4	11	18,2	5

Septiembre	16,2	14,4	10	18,8	18
Octubre	16,3	14,7	10	20,1	27
Noviembre	17,4	16,1	3	20,6	18
Diciembre	19,2	15,8	1	23,2	15

Tabla 2. Humedad relativa registrada entre mayo y diciembre de 2012

Meses	Humedad %				
	Promedio	Min	Fecha	Max.	Fecha
Mayo	89,1	74	28	98,0	25
Junio	88,9	71	12	97,0	28
Julio	87,0	70	21	96,0	17
Agosto	91,4	77	25	97,0	16
Septiembre	92,4	75	2	98,0	15
Octubre	92,5	77	16	100,0	15
Noviembre	91,7	75	12	97,0	22
Diciembre	92,5	77,0	02/12	98,0	01/09/18/19/20/25

Tabla 3. Presión barométrica entre mayo y diciembre de 2012

Meses	Presión barométrica				
	Promedio	Min	Fecha	Max.	Fecha
Mayo	1010,9	1008,6	30	1014,3	31
Junio	1012,2	1106,7	8	1016,8	24
Julio	1011,0	1007,8	10	1016,0	25
Agosto	1013,8	1010,4	26	1018,0	22
Septiembre	1013,2	1008,3	27	1017,2	18
Octubre	1012,5	1007,3	27	1016,4	12
Noviembre	1012,0	1008,6	17	1016,4	16
Diciembre	1010,4	1006,2	28	1012,8	4

La acción del viento es el agente más agresivo que ha sido determinado en los análisis realizados ya que genera un efecto mecánico contra las áreas expuestas y transporta elementos de la evaporación marina. El efecto del viento se puede observar en la erosión y pérdida del volumen de los adobes en las partes inferiores de los muros, al igual que en la pérdida de los morteros en las juntas de las rocas. En el mes de diciembre el viento alcanzó una velocidad de 51.5 kilómetros por hora afectando los muros perimétricos de Taurichumpi.

Tabla 4. Velocidad y dirección del viento entre mayo y diciembre de 2012

Meses	Viento K/h						
	Promedio	Min	Fecha	Dirección	Max	Fecha	Dirección
Mayo	8,9	0	26	SE	22,5	31	S
Junio	8,3	0	24	SSE	29,0	24	S
Julio	10,6	0	31	SSE	30,5	25	S
Agosto	10,3	0	10	WSW	27,4	22	S
Septiembre	10,4	0	1	SE	27,4	18	S
Octubre	10,5	0	10	SSE	29,0	12	S
Noviembre	10,9	0	4	SE	25,7	16	W
Diciembre	19,2	0	30	---	51,5	4	WNW

El biodeterioro

Se pueden registrar capas de color negro sobre los adobes erosionados y en algunas rocas en las áreas de mayor exposición a la brisa marina, ocasionadas por la

acumulación de líquenes. Por otra parte, también se registraron hoyos producidos por avispas y roedores.

TRABAJOS DE CONSERVACIÓN

Las áreas intervenidas durante los trabajos de conservación de emergencia desde el año 2012 fueron:

Frontis Sur 1

Se ubica al sureste de Taurichumpi, posee un largo de 15 metros y comprende un conjunto de muros construidos con rocas canteadas en la base y adobes, estos muros habían perdido casi el 50% de su volumen original.

Presentó una gran cantidad de fisuras y grietas, así como pequeños hoyos producidos por el factor humano y el biodeterioro. Se observó además una sección con adobes ausentes (caídos o sustraídos). En cuanto a los agentes naturales del deterioro, fueron el viento y la humedad los que habrían provocado una gran erosión en la superficie de los adobes. Siendo las dañadas las hileras más bajas del frontis.

Frontis Sur 2

Se ubica al norte del frontis Sur 1, tiene 48 metros de largo y fue la parte del frontis Sur que se encontraba en grave estado de conservación.

A nivel estructural presentaba gran cantidad de fisuras y grietas, así como pequeñas secciones con derrumbes. Las fisuras y grietas eran paralelas a la cara del muro y, habían provocado el desplome de casi el 40% de los adobes del paramento y significaba un riesgo latente al colapso de las demás partes.

El viento y la humedad causaron una gran erosión en la superficie de los adobes en los sectores con mayor exposición. Las áreas más dañadas comprenden las hileras de adobes o rocas de las bases de los muros. De igual forma se observó pérdida total del mortero en las juntas de las rocas de las bases.

El factor humano fue el causante de un gran forado de 2 m de alto y 1 m de ancho, con una profundidad de aproximadamente 5 metros en uno de los muros. Se observaron además sustracciones de adobes y grafitis modernos.

Frontis Oeste

Comprende dos muros construidos con base de rocas canteadas y adobes, los que suman un largo promedio de 27 metros. Aparentemente, presentaron cierta estabilidad estructural, a pesar de la falta de aproximadamente el 90% de sus adobes y el pésimo estado de conservación en el que se encontraron las rocas. En estos muros se pudo observar la presencia de mortero original en las juntas de las rocas en la base hacia el extremo Norte del frontis. En cuanto a los agentes de deterioro fueron la abrasión del viento y la humedad las causantes de la pérdida de casi toda la sección de adobes del muro y del mortero de las juntas de las rocas.

La Calle Este-Oeste de Taurichumpi

Se ubica al norte de este edificio, la calle presenta un ancho promedio de 2 metros y comprende un corredor de casi 80 metros de largo, mediante el cual se ingresaba a este edificio desde el Oeste.

a) El Muro Norte de la Calle Este-Oeste de Taurichumpi

Posee un largo visible de 70 metros. En el extremo Oeste del muro se realizaron los trabajos de conservación en el año 2006 por el Plan COPESCO Nacional. El resto del

muro presentó una fuerte erosión en su superficie, así como, la pérdida de la mayoría de los adobes y el deslizamiento y/o derrumbe de las rocas producto de los fuertes sismos y de la exposición a la brisa marina.

b) El Muro Sur de la Calle Este-Oeste de Taurichumpi

Tiene un largo visible de 77 metros. Estos muros habían perdido casi todo el volumen de su sección de adobes y tenían menos del 50% de sus rocas. Las superficies estaban fuertemente erosionadas como consecuencia de la constante exposición a la brisa marina y a la actividad sísmica.

La Conservación de los muros de mampostería de rocas canteadas y adobes

a) Registro

El trabajo de conservación se inicia y finaliza con un registro detallado del estado de la arquitectura, consiste en el llenado de las fichas de conservación y arquitectura, en el registro fotográfico en detalle y el registro gráfico (paramentos, plantas y perfiles) en el que se especifiquen los daños e intervenciones en los muros.

Se han incorporado nuevos métodos de registro gráfico para los trabajos de conservación, mediante los cuales se obtienen ortofotos y modelos tridimensionales de buena calidad. La ortofotografía es una técnica mediante la cual se obtiene una fotografía corregida geométricamente (ortorectificada) que a diferencia de una foto normal puede ser utilizada para realizar mediciones reales ya que es una representación precisa de la superficie terrestre en la que se han corregido las distorsiones.

Se está utilizando también el escáner 3D, dispositivo que analiza un objeto o una escena para reunir datos de su forma y ocasionalmente su color. Esta información es utilizada para crear modelos digitales tridimensionales, ortofotos y cortes de arquitectura. En el campo de la arqueología y conservación consiste en una excelente herramienta para el registro gráfico y un valioso instrumento para la elaboración del diagnóstico de daños de las estructuras, lo que nos permite tomar mejores decisiones en la conservación de los edificios.

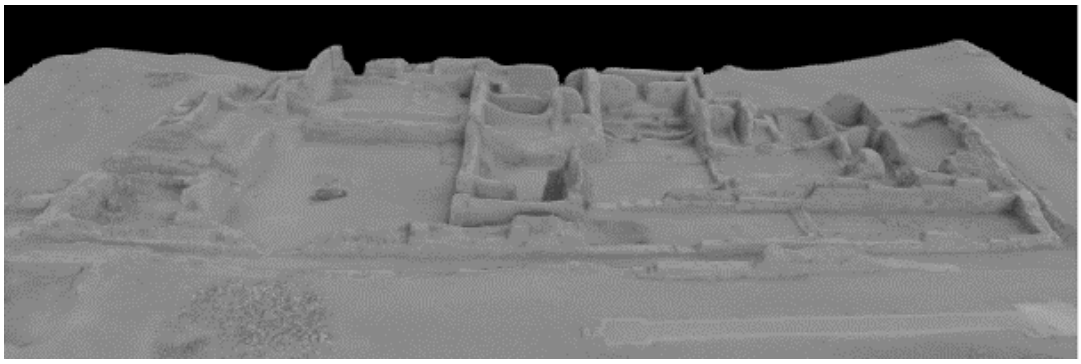


Figura 6. Ortofoto realizada por CNR IBAM, Missione ITACA

b) Materiales usados en los trabajos de conservación

La preparación de los morteros es un proceso metódico en el que la calidad de los insumos empleados es fundamental para asegurar la durabilidad y calidad de los trabajos de conservación. La tierra de chacra empleada en la mezcla debe ser arcillosa y lo más limpia posible, evitando su exposición a otros elementos encontrados en la superficie del suelo o transportados por el viento. A esta tierra se le adiciona arena gruesa de río y arena fina para obtener la textura ideal. Se mezclan los componentes y se humedece con agua dulce. Esta mezcla debe reposar por lo menos un día antes de ser utilizada y mantenerse cubierta para evitar su secado y contacto con la tierra eólica.

Las rocas son extraídas de una cantera muy cercana al santuario. Estas son rocas sedimentarias similares a las utilizadas en la construcción de los muros del edificio. La limpieza de las rocas canteadas se realiza con una brocha retirando la tierra de la superficie. Se retira la lámina superficial de la roca por percusión con una picota o comba para que su cara quede lo más lisa posible. Se evita el contacto de las rocas con el agua.

En Taurichumpi se han identificado dos tipos de adobes; de 44 cm x 40 cm x 14 cm y de 60 cm x 30 cm x 20 cm. Para la conservación de los muros de adobes se elaboraron adobes de dimensiones similares en cajones de madera, con los mismos insumos con los que se preparan los morteros. En estos adobes se grabó el año de su elaboración.

c) Limpieza

La limpieza de las rocas y adobes del muro implica el retiro de la arena eólica y tierra acumulada en la superficie con una brocha y/o herramientas pequeñas como cucharas, espátulas y pinzas. En los casos de acumulaciones de líquenes en la superficie de las rocas se utiliza una esponja. Hay que tratar de retirar toda la tierra, evitando así la filtración de elementos, tales como sales que van a interferir negativamente al momento de realizar los trabajos de conservación.

d) Conservación

Los trabajos de conservación en el santuario de Pachacamac han tomado como referencia los documentos y normativas señaladas en la Carta de Venecia (UNESCO, 1964), la Carta de Burra (ICOMOS, 1979), la Carta de Lausana (ICAHM; ICOMOS, 1990), la Carta de Cracovia (ICOMOS, 2000) y los Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico (ICOMOS, 2003).

Esto trabajo sigue los lineamientos indicados en la Carta de Venecia, cuyo artículo 12° especifica que

> Los elementos destinados a reemplazar las partes que falten deben integrarse armoniosamente en el conjunto, pero distinguiéndose a su vez de las partes originales, a fin de que la restauración no falsifique el monumento tanto en su aspecto artístico como histórico.
>
> […] Los elementos de integración deberán ser siempre reconocibles y representarán el mínimo necesario para asegurar las condiciones de conservación del monumento y restablecer la continuidad de sus formas.

Después de la limpieza de los muros de rocas a intervenir, se realiza el emboquillado o relleno de las juntas con mortero nuevo y rocas pequeñas en las áreas con pérdida de mortero original. Luego, se alisa la superficie del mortero con una espátula pequeña y se graba el año de la intervención.

Por otro lado, se identifican, enumeran y registran las rocas en mal estado de conservación que serán reemplazadas. En algunos casos es necesario desmontar algunas secciones del muro para poder sustituir las rocas en mal estado de conservación (anastilosis), tratando en lo posible de mantener las dimensiones de las originales. Asimismo, durante este proceso se endereza y realinea el muro.

Para diferenciar la sección del muro de rocas original de la actual utilizamos una geomalla (estructuras planas en forma de red, fabricadas por el entrelazamiento de fibras sintéticas) con un elevado módulo elástico cortada en tiras.

En la sección de adobes luego de la limpieza, se sustituyen los adobes erosionados por adobes nuevos, respetando las medidas, ubicación y orientación. Para ello, es necesario el empleo de pequeños puntales que eviten el desplome de las secciones del muro que no se están interviniendo.

En las secciones con faltantes, se restituyen los adobes con la finalidad de devolverle la estabilidad estructural al muro, evitando así futuros desplomes y agrietamientos. La altura máxima de la restitución de adobes no excede de lo que queda del muro prehispánico. Los adobes son unidos con mortero nuevo respetando la orientación y ubicación de los adobes del muro original.

e) Monitoreo

Durante el proceso de conservación de los muros es posible identificar reacciones negativas tanto en las rocas, como en los adobes y morteros de las secciones conservadas. El factor climático y el propio estado de los elementos empleados en la conservación ocasionan estas reacciones, debido por lo general a la humedad. En el caso de las rocas, se puede observar como el carbonato de calcio es expulsado hacia la superficie. En el caso del mortero, debido a la humedad, muchas veces este absorbe el carbonato de calcio de las rocas destruyendo la superficie del mortero seco. Estas secciones deben ser retiradas de forma mecánica y reemplazadas con mortero nuevo, este proceso debe repetirse hasta tres veces para lograr un buen acabado.

Los adobes nuevos en algunos casos, debido a la humedad y a la abrasión constante del viento, presentan problemas de erosión, estos deben ser sustituidos para evitar que los daños se propaguen hacia los otros adobes nuevos del muro generando problemas para la cosnervación del muro.

f) Apuntalamiento de los muros con riesgo de colapso

Como parte de las acciones del programa de conservación de emergencia de Taurichumpi, se decidió apuntalar los muros de mayor altura y con riesgo a desplomarse. Para este trabajo se utilizaron "*cañas de Guayaquil*" de 4 pulgadas de grosor y 6 metros de longitud. Estas cañas se caracterizan por su dureza y resistencia a los agentes naturales de deterioro de la zona. Para asegurar la estructura de cañas se emplearon clavos de 6 pulgadas y alambre galvanizado # 8.

RESULTADOS

A inicios del año 2012, Taurichumpi era una estructura con muros a punto de derrumbarse y con gran pérdida de su volumen original como consecuencia de diversos agentes de deterioro que van desde el factor climático hasta el factor antrópico.

La importancia de este edificio está señalada en las fuentes etnohistóricas que lo mencionan como la residencia del último gobernante inca del santuario de Pachacamac, se reconoce además la riqueza estilística de los materiales arqueológicos ahí encontradas. Por todos estos factores se decidió iniciar los trabajos para la puesta en valor de esta importante estructura que contiene valiosa información arqueológica para el estudio y entendimiento de la presencia de los incas en Pachacamac.

Como resultado, luego de tres años de intervenciones, hemos logrado conservar 550 metros lineales de los principales muros.

En todos los muros intervenidos se realizó un mismo procedimiento; la conservación de la sección de rocas de los muros primero, mediante la reposición de los morteros en las juntas, integración de las rocas faltantes y sustitución de las que se encontraban en mal estado, colocando la geomalla para diferenciar el área original del área integrada y/o sustituida. Como segundo paso se procedió a sustituir los adobes erosionados en varios sectores de los muros por adobes nuevos, respetando las medidas, ubicación y orientación. Se integraron también adobes nuevos en las áreas faltantes para devolverle la estabilidad estructural al muro y así detener el riesgo a futuros desplomes.

Gracias a este trabajo, a finales de 2013 se inauguró el nuevo circuito de visita turística a Taurichumpi, el cual permite al visitante conocer y apreciar las estructuras y ambientes más importantes y resaltantes de este edificio. Del mismo modo, esta intervención

consiste en el primer paso para la puesta en valor de esta importante estructura, contribuyendo así con los objetivos de la conservación y puesta en valor del santuario arqueológico de Pachacamac.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El Programa de Conservación de Emergencia de Taurichumpi, componente del Programa de Conservación de las estructuras en emergencia del Santuario Arqueológico de Pachacamac – Programa Qhapaq Ñan del Ministerio de Cultura, surgió con el objetivo de poner en valor esta estructura e integrarla al circuito de visitas turísticas del Santuario. Es por ello que se decidió conservar los sectores más visibles al circuito de la actual visita y que estaban en pésimo estado de conservación.

Cada edificio del Santuario de Pachacamac posee características estructurales diferentes, además de encontrarse expuestos a agentes diversos de deterioro. Los trabajos realizados en los muros de Taurichumpi requirieron de un tratamiento especial. La ubicación y la función de esta estructura jugaron un papel fundamental en la toma de decisiones para su intervención. Es de suma importancia realizar el monitoreo de los trabajos realizados para mejorar las técnicas y conocimientos en su conservación.

Si bien se ha planteado la intervención de los muros más próximos al circuito de visitas en función de su puesta en valor y ampliación, no deben dejar de intervenirse los muros más críticos, tal y como, se realizaron en las primeras temporadas. Ello permitirá la preservación del dato arqueológico para los estudios futuros de Taurichumpi.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bueno Mendoza, A. (1967). Cuadernos de campo. Lima: Museo de Sitio Pachacamac.

Estete, M. (1968 [1535]). Noticias del Perú. (E. T. (ETA), Ed.) Lima: Biblioteca Peruana I.

ICAHM; ICOMOS (1990). Carta internacional para la gestión del patrimonio arqueológico. Lausana.

ICOMOS (1979). Carta de Burra. Burra, Australia.

ICOMOS (2000). Carta de Cracovia. Actualidad de la conservación y restauración. Cracovia.

ICOMOS (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. Victoria Falls, Zimbabwe.

Pozzi-Escot, D; Chávez Amaya, A. (2008). Informe final del Proyecto de Conservación de Emergencia 2008. Lima: INC-Museo de Sitio Pachacamac.

Torres, H.; Caramargo, L. (2013). Manual de conservación. Pachacamac. Lima: Ministerio de Cultura. (2013). Manual de conservación. Pachacamac. Lima: Ministerio de Cultura.

Torres, H. (2013). Primer informe de ensayos MEB. Manuscrito no publicado. Lima: Museo de sitio Pachacamac.

UNESCO (1964). Carta de Venecia- Carta internacional sobre la conservación y restauración de los monumentos y de los sitios. Venecia.

AUTORES

Janet Oshiro, licenciada en arqueología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con especialización en proyectos de inversión pública de la Universidad del Pacífico. En el 2011, dirigió el Proyecto de Investigación Arqueológica de la laguna Urpiwachaq y desde el 2012 viene desarrollando el Proyecto de Investigación, Conservación y Puesta en valor del edificio Taurichumpi del Santuario Arqueológico de Pachacamac.

Denise Pozzi-Escot, licenciada en Arqueología y DEA en Arqueología Precolombina de la Universidad de Paris I- Pantheon- Sorbona. Tesorera de ICOM Perú. Ha sido Asesora de la Dirección Nacional del Instituto Nacional de Cultura, Miembro de la Comisión Nacional Técnica de Arqueología del Instituto Nacional de Cultura. Actualmente es Directora del Museo de sitio de Pachacamac

5. PRIMEROS DATOS SOBRE EL USO DE ADOBE Y CAL EN ÉPOCA PREHISPÁNICA EN LA REGIÓN MICHOACANA DEL RÍO BALSAS MEDIO, MÉXICO

José Luis Punzo Díaz[1], Diego Rangel Estrada[2], Erika Ibarra Ávila[3], Jesús Zarco Navarro[4]

Instituto Nacional de Antropología e Historia

[1]jlpunzod@gmail.com; [2]chacorangel@gmail.com; [3]etia.ikar@gmail.com; [4]maje182@hotmail.com

Palabras claves: Arqueología de Michoacán, arquitectura de tierra, cal, adobes, río Balsas

Resumen

La región del río Balsas medio entre los estados de Michoacán y Guerrero en México tiene una antiquísima tradición continua de habitación por parte de grupos humanos, y llegó a ser una de las zonas más codiciadas por los imperios más grandes con los que se toparon los españoles a su llegada al centro de México: los Mexicas y Tarascos. Es en esta importante región donde actualmente se desarrolla un proyecto de excavaciones arqueológicas en las inmediaciones de la ciudad de Huetamo, Michoacán. En el presente trabajo se expondrán los primeros resultados sobre el análisis del sistema constructivo de estos sitios, el cual usó tierra cruda como base principal. En algunos casos erigieron sus edificios, plataformas, muros, escalones y columnas con adobes y tapias siendo cubiertas por distintas capas de revoques de cal, generando así los espacios donde moraron sus antiguos habitantes.

1 INTRODUCCIÓN Y TRABAJOS PREVIOS

Arqueológicamente hablando el valle de Huetamo no ha sido estudiado tan ampliamente como otras regiones de Michoacán, pese a esto se cuenta con información dispersa en documentos históricos y artículos al respecto con datos que permiten acercarse al pasado arqueológico del Sureste de Michoacán, en la cuenca del río Balsas.

Esta región del río Balsas se caracteriza por ser uno de los lugares que en promedio son más calientes de México, con temperaturas medias anuales cercanas a los 30 grados centígrados, llegando a tener promedios máximos en los meses de abril y mayo de más de 40 grados. Por otra parte, la media de precipitación pluvial anual es de 26 mm, con un régimen muy marcado de lluvias de verano, por lo que en las zonas abiertas encontramos una vegetación de sabana con flora espinosa, así como bosques de galería en los arroyos y ríos que la surcan (Albanil; Pascual, 2011).

El inicio de los trabajos arqueológicos en la Tierra Caliente de Michoacán se remontan hasta finales del siglo XIX, con los recorridos que realizó en la región de Tepalcatepec el explorador noruego Carl Lumholtz (1945), aunque fueron realizados mucho más al oeste de la presente área de estudio. George Pepper (1916) realizó algunas excavaciones en varias yácatas (montículos prehispánicos) en la Hacienda de San Antonio cerca de Apatzingán en 1904.

En la región del Balsas medio arrancaron las investigaciones arqueológicas en el verano de 1939. Dichos trabajos corrieron a cargo de la Universidad de Nuevo México, liderados por Donald Brand, donde participaron como estudiantes Robert Lister, John Goggin, Douglas Osborne, William Pearce y Daniel McKnigh, además de Hugo Moedano Köer, quién como alumno de la primera generación de arqueología de la ENAH-UNAM[8] de 1939, participó en el proyecto. El inicio fue en conjunto, explorando los sitios arqueológicos del Norte y centro de Michoacán, que eran las partes mejor conocidas. Una vez concluida dicha etapa Brand separó el grupo cubriendo regiones adyacentes del Sur de Michoacán y partes del estado de Guerrero. De esos trabajos de

[8] Escuela Nacional de Antropología e Historia – Universidad Nacional Autónoma de México

la Universidad de Nuevo México se desprendieron cuatro publicaciones principales Brand (1943), Goggin (1943), Osborne (1943) y Lister (1947).

La región que se trata en este artículo fue cubierta y estudiada en primer momento por Douglas Osborne, quién hace un recorrido de 23 días en el cual localiza un buen número de sitios arqueológicos donde realiza planos y registra algunas colecciones de objetos arqueológicos provenientes de dichos lugares. Es así, como por primera vez se comienza a reconocer la importancia de esta región del Balsas desde la arqueología al reportar este investigador norteamericano enormes asentamientos como Mexiquito, La Laguna o Hacienda Charácuaro, donde destacan formidables montículos de tierra –conocidos en la región y en el resto de Michoacán como yácatas- donde pudo identificar pisos hechos con una argamasa de cal.

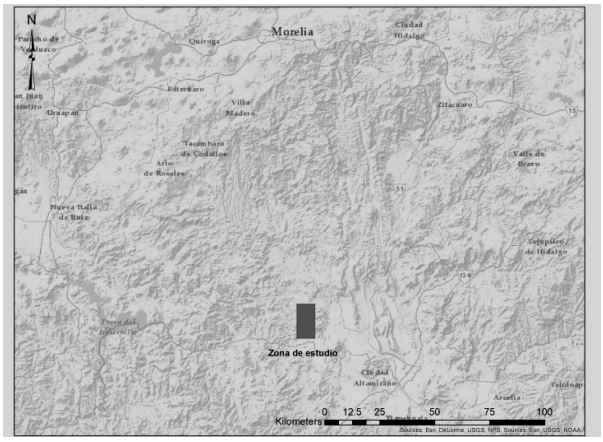


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio en el estado de Michoacán, México

Durante los veranos de 1939 y 1941, Robert Lister continuó y amplió los trabajos, a través de diversos reconocimientos arqueológicos y excavaciones en el área del Balsas medio entre los estados de Guerrero y Michoacán. En sus recorridos de superficie pudo observar diversos tipos de yácatas, las cuales definió como estructuras de rocas o lodo y pudo diferenciarlas entre cinco tipos: restos habitacionales (*house remains*), pirámides truncas (*truncated pyramids*), pirámides truncas asociadas con plataformas y elementos de tierra (*truncated pyramids associated with platforms and other earthworks*), montículos (*mounds*) y canchas de juego de pelota (*ball courts*). Además, las excavaciones arqueológicas que realizó en diversas yácatas le permitieron identificar varios tipos cerámicos, artefactos líticos y entierros humanos (Lister, 1947).

Igualmente al inicio de los años cuarenta el arqueólogo mexicano Pedro Armillas (1944) publica una nota sobre el sitio de Mexiquito llamándolo la “gran ciudad arqueológica en la cuenca del río de las Balsas”.

Aunque no formalmente en la región de estudio, es muy importante mencionar que en los años sesenta se llevó a cabo un importante trabajo arqueológico en la presa de Infiernillo en el bajo río Balsas y posteriormente en la presa de la Villita, de donde se obtuvo importante información del pasado prehispánico de la Tierra Caliente de Michoacán y Guerrero.

Pasaron cuarenta años de visitas muy esporádicas por parte de distintos arqueólogos a la región del Balsas medio, siendo hasta el final de los años ochenta cuando en el marco de la primera etapa del Atlas Arqueológico Nacional del INAH[9], los arqueólogos Fernán González, Mirna Medina, Víctor Osorio y Silvia Cabrera realizaron un amplio trabajo de registro en la zona cubriendo de manera sistemática toda la región Sureste

[9] Instituto Nacional de Antropología e Historia

de Michoacán, especialmente el municipio de Huetamo localizando más de dos centenas de sitios arqueológicos.

Diez años después, a fines de los años noventa, el interés en la región se centró en el registro de la gráfica rupestre por un equipo de arqueólogas francesas del CEMCA[10] Bridgitte Faugere-Kalfon y Veronique Darras (2002), quienes realizaron un buen trabajo de registro y excavación en la cueva de Guarimio, en el mismo arroyo del Chigüero, del cual se habla más adelante y donde se centró el proyecto que aquí se presenta.

Una vez más existió un periodo de diez años sin trabajos arqueológicos hasta que se realizó un breve proyecto, donde se excavó una serie de pozos de sondeo, focalizados en tres grandes sitios arqueológicos del estado de Guerrero, La Quesería, Itzímbaro y Mexiquito, por la arqueóloga Jenniffer Meanwell (2007) por parte del Massachusetts Institute of Technology.

Finalmente durante el año 2014 se anunció la construcción de una nueva presa de riego al norte de la ciudad de Huetamo, cercano a la comunidad de Chigüero, lugar donde el Centro INAH-Michoacán inició un proyecto que ha culminado su primera etapa de 6 meses de investigación de campo en el primer semestre del 2015 y del cual se toman los resultados que sustentan el presente trabajo en lo referente a los hallazgos de arquitectura de tierra. Cabe mencionar, que como se ha podido ver en el resumen de los trabajos previos en la zona, se trata de las primeras excavaciones extensivas en la región, lo que ha permitido recuperar importantes datos que dan cuenta de un sistema constructivo complejo realizado con base en el uso de la tierra, en forma de adobes, tapias, mampostería con piedra y bajareque.

2 EL SISTEMA CONSTRUCTIVO

El proyecto Salvamento Presa de Chigüero se dio a la tarea de registrar de manera detallada los sitios que van a ser afectados por la construcción de la presa, con la sorpresa de que presentan arquitectura de tierra con más de un tipo constructivo por lo que se puede apreciar el uso de estos sistemas de manera particular.

Durante las excavaciones arqueológicas en esta área se han podido identificar distintos sistemas arquitectónicos donde se usó la tierra cruda como base para la construcción. En las investigaciones realizadas mediante excavaciones extensivas horizontales en el sitio de la Loma Piríticuaro se han podido identificar cuatro técnicas constructivas, las cuales se comentan a continuación y se presentarán a detalle en el apartado correspondiente.

La primera son muros monolíticos construidos de una sola pieza, donde se fueron adicionando bloques, de acuerdo a las capacidades para realizar encofrados, a los cuales nos referimos como tapiales (Ríos, 2003; Van Lengen, 1980). Este es un sistema constructivo que ha sido reportado en época prehispánica hacia el Norte de México, especialmente en el sitio de Paquimé (Di Peso, 1974), además de usarse en múltiples sitios de habitación en cueva desde el Suroeste de los EUA, a Chihuahua y Durango en México (Punzo, 2013).

El segundo se trata de una técnica a base de entramados donde se recurrió a la fabricación de un soporte de madera que luego fue recubierto con tierra a manera de revoque (Flores, 2003), esta técnica es referida generalmente como bajareque y sigue siendo muy usada en toda la región calentana del río Balsas, aunque se conoce localmente como “cercado”.

Es importante mencionar que hasta el momento en las excavaciones arqueológicas no se ha podido identificar en pie ningún muro hecho con esta técnica, sin embargo se ha

[10] Centro de Estudios Mexicanos y Centroamericanos.

podido recuperar de excavación solamente restos de tierra batida, parte de los revoques donde podemos apreciar las improntas de los materiales vegetales que sirvieron para hacer los soportes. Sobre el estudio de este tipo de técnica de entramados, hemos tenido la fortuna de llevar a cabo detallados estudios de casas en cuevas en la Sierra Madre Occidental en el sitio de la Cueva del Maguey, en el estado de Durango, lugar donde este tipo de arquitectura ha permanecido en pie por casi 1000 años (Punzo, 2013).

Otro de los sistemas usados en esta región de la Tierra Caliente en época prehispánica fue la hechura de muros, columnas y escalinatas a partir de adobes. Estos bloques de barro secados al aire libre constituyen uno de los elementos más importantes en el sistema arquitectónico usado en la región. Si bien la construcción con adobes o bloques de suelo se ha presentado a lo largo de la historia de la humanidad en casi todos los lugares con climas cálidos-secos, subtropicales y templados del planeta (Minke, 1994), el estudio de estos en época prehispánica en Mesoamérica ha sido casi nulo a excepción de lo realizado en algunos sitios del estado mexicano de Veracruz, especialmente en el sitio de La Joya por parte de Annick Daneels (Daneels; Guerrero, 2013).

La cuarta técnica constructiva identificada es mixta, en cuanto a que si bien se integra con tierra cruda, es el uso de rocas lo que la define. La tierra sirve como conglomerante, aunque se presenta en una proporción muy relevante en cuanto a la hechura del muro. Esta técnica es referida en el texto como mampostería de piedra.

Por otra parte durante los recorridos de superficie en toda la región de la Tierra Caliente en su vertiente del río Balsas se han podido reconocer yácatas de tierra de muy distintas dimensiones, desde los conjuntos monumentales donde se pueden apreciar edificios de varias decenas de metros de base y más de una decena de altura, formando plazas entre sí, hasta pequeños montículos aislados de unos cuantos metros de base por pocos metros de altura. Si bien estos son los más “conocidos” en la región, arqueológicamente no se ha llevado a cabo ningún trabajo sistemático que permita aun definir de manera contundente su técnicas constructivas. Sin embargo, gracias a la estratigrafía expuesta por actos vandálicos que presentan algunos sitios registrados por el Proyecto como La Yácata de Piaiticuro o las excavaciones en el pequeño montículo del sitio del Ancón se ha podido reconocer el sistema constructivo de este tipo estructuras.

Aunque es sabido que la construcción de montículos piramidales en el México antiguo usó preferentemente núcleos hechos a base de piedras y tierra (Marquina, 1951; Kubler 1962), en el caso de las yácatas de esta región parece que la técnica constructiva usada fue de manera general el de la tierra apisonada, aunque aún se tienen pocos detalles.

El presente texto entonces se divide en dos apartados principales, el primero referente a los primeros avances que se tienen sobre las yácatas de tierra de la región, así como los datos obtenidos durante la excavación del sitio del Ancón y una segunda parte más amplia sobre la excavación del sitio de la Loma de Piríticuaro, el cual se encuentra construido sobre un pequeño cerro que fue modificado en su cumbre para edificar habitaciones y patios.

3 YÁCATAS DE TIERRA

Ya se ha mencionado que este tipo de montículos de tierra han llamado la atención de los arqueólogos desde la primera mitad del siglo XX. Pese a esto simplemente se han descrito como “trabajos de tierra” de manera muy general.

De este tipo de yácatas destacan por sus dimensiones y su monumentalidad en las cercanías de Huetamo, las de Cutzio, Purechucho, Urapa y La Huisachal. No obstante lo anterior existen estructuras de menores dimensiones las cuales en el presente

proyecto se han podido estudiar de manera preliminar y esto permite apuntar ya hacia algunos elementos que forman parte de sus sistemas constructivos.

Cabe hacer mención que los sitios de Huetamo, Cutzio y Purechucho son mencionados en distintas fuentes históricas. Cutzio fue el asentamiento que predominó en la región, en el momento del contacto con la cultura española en el siglo XVI, por concentrar la mayor población de origen tarasco, mientras que Huetamo se distinguió por tener una población de origen Matlatzinca y Otomí, esto debido a que el cazonci (señor principal), Tzitzipandaquare quien gobernó el Señorío Tarasco desde la ciudad de Tzintzuntzan, de 1465 a 1490 d.C., dio permiso a estas etnias originarias del valle de Toluca para que se asentaran en Huetamo.

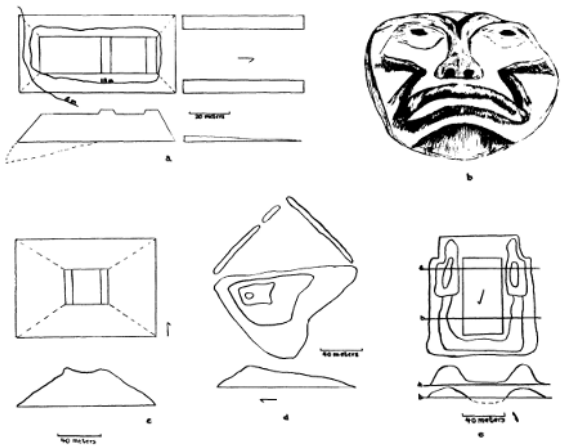


Figura 2. Esquemas arquitectónicos de las yácatas –montículos de tierra- reportados en 1943 por Osborne. A) Cerro de la Laguna, yácata larga B) Figurilla Santiago, C) La Huisachal, yácata larga D) Urapa, yácata larga D) Purechucho yácata (Osborne 1943)

Entonces, partiendo desde las fuentes históricas se puede suponer que dichas construcciones son reflejo de un momento tardío en la historia del periodo prehispánico de la región, aunque parece muy probable por los estudios recientes que dichos sitios y la manera de construir con tierra tenga una profundidad histórica que se remonte cuando menos 1500 años al pasado.

De los sitios localizados hasta el momento son los de la yácata de Piaiticuro y la yácata del Rancho Guayacán las que más datos enseñan. Ambos sitios por su núcleo de tierra y su base de roca las hacen un blanco importante para su destrucción, ya que son usadas como bancos de material para construcciones modernas, lo que ha dejado amplios perfiles expuestos. Cabe mencionar que dentro del proyecto de salvamento arqueológico en la presa de Chigüero, se tiene planteado llevar a cabo excavaciones en algunos de estos montículos durante el segundo semestre del 2015, lo que seguramente permitirá en el futuro cercano tener datos precisos que permitan entender de mejor manera el sistema constructivo de estos montículos de tierra.

Figura 3. Perfil del sitio yácata de Piaiticuro ejemplo de montículo de tierra

Lo analizado en la yácata de Piaiticuro, como se puede ver en la imagen, y lo observado en otros monumentos similares, nos indican que éstas están dispuestas sobre una base de piedras las cuales estructuralmente sirven de cimiento de la estructura en general, además de constituir un elemento de nivelación del terreno en el cual se hallan éstas, dependiendo su ubicación geomorfológica pueden variar en tamaño. Sobre esta base de piedras se colocó una mezcla de tierra con algunas gravas, de pequeñas a grandes, fragmentos de adobe, entre otros elementos, que parecen haber sido construidos mediante la técnica de apisonado, ya que es posible identificar, a primera instancia, una mayor compactación que otros estratos de formación natural. Finalmente se construyó el elemento arquitectónico que formará parte exterior de la estructura, es decir la superficie de uso. Ésta puede ser un apisonado de tierra más fino, un recubrimiento de cal, adobes o piedras careadas, se ha observado que para diferentes épocas se tienen diferentes acabados. De manera general se puede apuntar ahora que en los estratos más profundos, es decir los más antiguos, las estructuras tenían un acabado de tierra apisonada y estuco en los pisos, además un revestimiento de tierra compactada y revoques de cal en sus muros, mientras que en los momentos más recientes aunque la subestructura está hecha de tierra apisonada y compactada, los muros exteriores parecen estar hechos de piedra y con revestimientos igualmente de cal pero de menor calidad.

Algunas veces fueron agrandando, remodelando o ampliando estos montículos siguiendo el mismo sistema constructivo, es decir, un relleno de tierra apisonada con incrustaciones de gravas pequeñas a medianas, fragmentos de adobe, entre otros. Posteriormente se adosó un recubrimiento de tierra compactada o adobes, los cuales pueden o no ser revestidos de estuco. En otras ocasiones estas nuevas etapas constructivas cambian el aspecto de las estructuras tapiando o clausurando espacios, generando nuevos muros, escalinatas, banquetas, patios, habitaciones u otros elementos arquitectónicos.

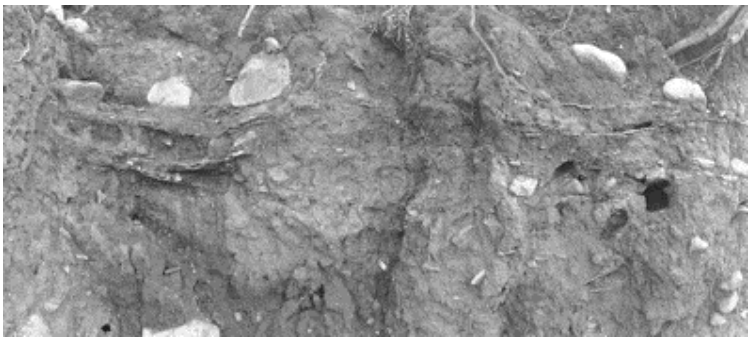


Figura 4. Perfil en el que se muestran las, clausuras y remodelaciones además de los distintos pisos de estuco

Existe otro tipo de sistema constructivo, más sencillo que se identificó en las excavaciones del sitio del Ancón. Se localizaron montículos elaborados artificialmente con tierra que generalmente se encuentra cerca del lecho de rio, desplantados directamente de la terraza aluvial formada por gravas del arroyo, el cual se niveló con el objetivo de estabilizar la estructura. Su núcleo se constituye de diferentes capas de tierra para darle la altura deseada, la diferencia de lo visto en otros montículos de tierra antes descritos, es que en los taludes se pudieron observar muros de piedra con tierra que reforzaron los flancos, sobre los cuales se colocaron revoques de cal de igual forma, aunque estos se hallaron muy deteriorados y no se documentó el uso de adobes en ninguna parte del sistema constructivo.

4 SITIO LOMA DE PIRÍTICUARO

El sitio Loma de Piríticuaro se encuentra al Este del arroyo de Chigüero, ocupando toda la cima de un pequeño cerro que le da nombre al sitio y a la comunidad que se encuentra adyacente. Tanto la comunidad como el sitio se ubican al Norte de la cabecera municipal de Huetamo; desde este emplazamiento se pueden observar otras lomas de menor e igual altura en los que se han encontrado sitios arqueológicos gracias al recorrido de superficie que se realizó dentro de las actividades de este proyecto. La vista privilegiada del sitio nos hace pensar en el control del área circundante.

El sitio, se ubica sobre una loma oblonga de 120 metros de largo con un eje Norte-Sur y un ancho de 40 metros con orientación Este-Oeste. La disposición del sitio respeta la forma de la cima del cerro, construyendo terrazas en sus flancos Este y Oeste, para ampliar el área de ocupación y sobre ellas desplantar la arquitectura, la parte superior fue nivelada artificialmente donde se localizaron una serie de cuarterías de gran tamaño, con pisos estucados al igual que los revestimientos de las paredes y las columnas que integran el sitio.

Por todo lo anterior se considera, hasta ahora, como un sitio de habitación de grupos especiales, no sólo por su ubicación privilegiada, sino también por los acabados arquitectónicos, sobre todo la alta calidad de los recubrimientos de cal, pues en otros sitios analizados en el área, aunque se han encontrado restos de estuco, por lo general estos sólo se ponían como pisos y no como revestimientos de muros además de que sus técnicas constructivas implican no sólo un gran poder económico sino la movilización de una gran cantidad de gente y de recursos para realizar una construcción como la que se puede observar en este sitio.

La arquitectura presente en Piríticuaro corresponde a dos momentos de ocupación o de remodelación de las estructuras. En el área excavada se localizaron dos locales: uno al Sur y otro al Oeste, además de lo que parece ser un patio hundido. Sobre estos dos momentos se cuenta con fechas radiocarbónicas. Para el primer momento de construcción del sitio los fechamientos indican que se edificó entre los años 250 y 535

d.C., mientras que la segunda etapa de remodelación se hizo entre los años 650 y 750 d.C. mostrando una actividad constructiva de 500 años en este sitio arqueológico.

4.1 Elementos arquitectónicos

El registro de los distintos sistemas constructivos con tierra cruda es de la mayor relevancia, ya que estos no habían sido documentados previamente en la región de Tierra Caliente. En la Loma de Piríticuaro se pudieron registrar distintos sistemas constructivos con tierra que convivieron en los mismos edificios. Se encuentra el uso de adobes, muros monolíticos –tapias–, tierra apisonada, bajareque y muros mixtos de piedra y tierra. Así, los distintos sistemas fueron usados en los elementos constructivos principales que se localizaron y que a continuación se describen.

a) Rellenos constructivos

Se pueden apreciar al menos dos diferentes tipos de rellenos constructivos que sirvieron de núcleo y cimiento para desplantar las estructuras.

El primer relleno se desplanta sobre la roca madre –una arenisca conocida localmente como tepetate– la cual fue recortada en algunas partes buscando una horizontalidad, colocando posteriormente un relleno que sirvió para nivelar todo el terreno. Éste fue hecho con gravas grandes y piedras que van de los 60 cm^2 a los 40 cm^2, dentro de una matriz de tierra que está compuesta de arenas con algunas intrusiones de limos y una gran cantidad de gravas medianas y grandes, se puede apreciar que fueron apisonados para aumentar la compactación. Sobre ese relleno de nivelación los antiguos constructores de la Loma de Piríticuaro, colocaron un apisonado de tierra, el cual está compuesto por una mezcla de arenas, limos y fragmentos de cerámica y lítica, con una compactación media; sobre este relleno se colocaron gravas de tamaño mediano (5-15 cm^2) cuidando que las caras más regulares de éstas fueran dirigidas hacia la parte superficial para que en ellas descanse un último apisonado de tierra más fino. Este apisonado de tierra final, está hecho de arenas y limos extremadamente bien compactados, en este se incluyeron algunos tiestos cerámicos en su matriz. Sobre este apisonado de tierra fue que se construyeron los pisos hechos con estucos de cal o bien este mismo es la superficie en algunos casos, pero más compactado y fino.

b) Estucados

Sobre la producción de cal en la región para la época prehispánica se tienen aún muy pocos datos, aunque se sabe que el uso de ésta fue generalizado en una gran cantidad de sitios arqueológicos y a lo largo de un enorme periodo de tiempo.

La región de Chigüero se caracteriza por grandes depósitos de rocas calizas que permiten la preparación de la cal. Esto es muy relevante en el sentido que es una franja muy delgada en el oriente de Michoacán donde se localiza este tipo de rocas, por lo que la producción de cal se encuentra muy restringida a esta zona del río Balsas. Desafortunadamente hasta el momento no se ha podido hallar aún algún horno, foso u hoguera abierta arqueológica; que es sabido que estas fueron las formas prehispánicas para la quema de la cal (Palma, 2009), que permita estudiar de mejor manera las técnicas para su preparación. Cabe decir que el pueblo de Chigüero tiene una tradición histórica para la preparación de cal. Para esto se extraían piedras calizas de los afloramientos en los alrededores, las cuales se picaban, para posteriormente quemarlas en hogueras al aire libre, apagarlas y esto era llevado para su venta en la ciudad de Huetamo, según nos indicaron algunos habitantes del poblado.

Al parecer con los datos con los que se cuenta hasta el momento el uso principal de la cal fue para la elaboración de estucos que son los acabados que se dan con este material tanto a los pisos como a los revoques en los muros y posiblemente a los techos como se ha registrado en otros sitios arqueológicos mesoamericanos.

Fue con este material que todos los pisos y muros fueron recubiertos, la calidad del acabado fue muy variable, pero en la mayoría de los casos ésta es muy buena, dejando una superficie homogénea y con un acabado muy liso, incluso se puede apreciar que estos estucos eran continuamente reparados superponiéndose capas de estos para mejorar tanto los pisos como los revoques en los muros.

Este tipo de pisos de cal es muy importante en los estudios arqueológicos hoy día, ya que se les pueden hacer distintos estudios de laboratorio más allá de la propia composición elemental, como lo son el estudio de los residuos químicos que quedan atrapados en él y que dan cuenta de sus actividades que ahí se realizaron además de poderse fechar a través de la técnica de arqueomagnetismo. Análisis que se encuentran en desarrollo actualmente.

Figura 5. Muro de adobe

A continuación se describen los espacios:

c) Local 1 (sur)

Este es el espacio que parece ser de mayor tamaño, 3,75 m de ancho por 9 metros de largo, se extiende en dirección Este-Oeste y sus muros exteriores están hechos en adobe. Cada adobe mide aproximadamente 70 cm de largo, 30 cm de ancho y 12-15 cm de espesor teniendo sus variantes. En estos muros se puede apreciar en general que se construyeron colocando los adobes en hileras con trabas de aproximadamente el 50%, unidos mediante mortero de tierra, la cual es claramente distinta en su composición a los adobes, puesto que se ve la diferencia de colores entre los adobes y las mezclas de pega. Existen algunos muros donde simplemente se colocaron uno sobre otro unidos con tierra, sin trabado de ningún tipo.

En el interior del local se encuentran tres columnas formadas con adobes trabados unidos con mortero. En el caso de las columnas, se encontraron adobes de diferentes tamaños, combinando los grandes antes mencionados con otros de 45 cm por 35 cm e igualmente entre 12-15 cm de espesor.

Cabe mencionar que muchos de los adobes que se encuentran en el sitio sobrepasan los dimensionamientos recomendados actualmente para el adobe de ser el largo, menor al doble del ancho y medir menos de 10 cm de espesor (Morales et al 1993).

Figura 6. Vista del local 1 desde el Norte

Las columnas tienen dimensiones aproximadas de 1,70 por 1,10 metros, aunque esta medida varía entre cada columna. Es muy probable que esto se deba a los procesos de abandono e intemperización de los elementos y que en realidad estas columnas hayan tenido una medida estándar. Debieron haber sido edificadas para soportar un techo. Sobre las cubiertas aún no tenemos datos pero por la masividad de las columnas podemos suponer que éstas fueron construidas para recibir vigas grandes y soportar un techo posiblemente de terrado o una cubierta ligera de material vegetal. Un dato adicional es que se han encontrado fragmentos de tierra cruda con improntas de maderas; sobre éstas se ha podido ver en algunas casas antiguas de la región que se usa el construir un techo de varas de carrizo cubiertas con tierra por debajo del techo de teja, esto para disminuir el calor (Van Lengen, 1980:237).

El piso se encuentra cubierto de un estuco fino, sin color al igual que las columnas, en algunas zonas se observan hasta tres capas de este revoque. El enlucido era aplicado sobre el apisonado de tierra. Por encima del piso y a un costado de las columnas se encontraron ollas colocadas de manera intencional.

d) Local 2 (Oeste)

Ubicado al lado Oeste de la loma, se localizó un espacio de menor tamaño, al igual que el anterior, presenta columnas, pero en este caso son sólo dos y están hechas de tierra apisonada a manera de tapias revestidas con un revoque de cal, posiblemente eran armadas mediante el uso de cajones, donde se construiría la columna, dentro se colocaba la tierra cruda, cuando se rellenaba el hueco del cajón hasta el nivel más alto, se dejaba secar el relleno constructivo, ya que se puede reconocer al menos una división. Se desconoce la altura que pudieron haber tenido estas columnas puesto que la mejor conservada sólo mide 50 cm de alto.

El piso también es de estuco aunque éste se encuentra mucho más deteriorado que el del local 1, tiene 3,75 metros de ancho y 6 metros de largo. Este espacio se extiende de Sur a Norte y al igual que el anterior se ubica limitando al patio hundido (figura 4). En su interior se encontraron varios elementos que refieren a un momento de abandono de este espacio, en primer lugar se encontraron varias ollas rotas intencionalmente y se ubicaron a un costado de las columnas a manera de ofrenda. Es importante mencionar que todos los accesos a este espacio fueron clausurados con muros de piedra y tierra los cuales también fueron revestidos con un estuco fino y finalmente sobre el piso se colocaron piedras de tamaño mediano a grande, bloqueando y rellenando el espacio.

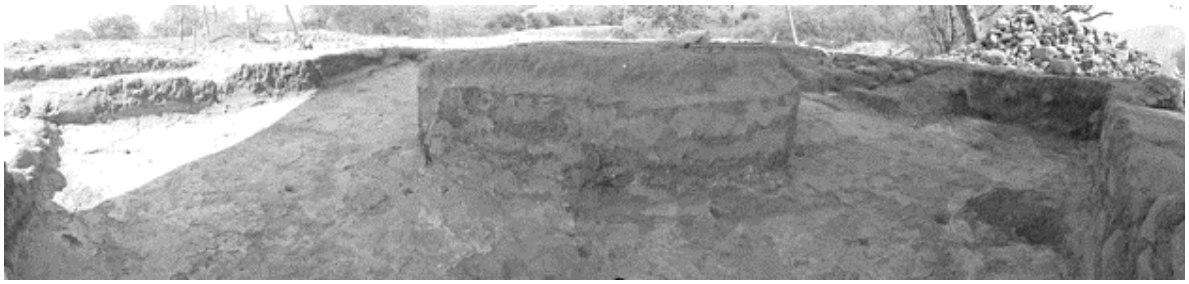


Figura 7. Vista del local 2 desde el Norte

e) Patio hundido

Este espacio se encuentra en un nivel inferior a los otros dos locales, aproximadamente unos 30 cm por debajo. Las diferencias o características de este espacio son la ausencia de columnas así como, la presencia de lo que parece ser una banqueta al Sur, la cual lo conecta con el local 1 (Sur). Del lado Oeste, junto al local 2 (Oeste) se puede apreciar la construcción de un muro de adobe adosado a un muro anterior, por lo que se piensa que este espacio fue remodelado y anteriormente era más amplio. Hacia el Norte del espacio se encuentra un muro en dirección Este-Oeste de mampostería de tierra y piedra, que fue colocado posteriormente. Fue desplantado sobre el piso de estuco y las rocas usadas para formarlo están pegadas con un mortero de pega muy similar a la mezcla con la que unían los adobes de las columnas, muros o firmes de tierra.

El piso de estuco es de una calidad diferente a la de los locales superiores, es más grueso y con intrusiones de gravas más grandes, lo que nos hace suponer que estaba acondicionado para soportar las inclemencias del clima, ya que al no encontrar columnas es posible que esta zona no tuviera techumbre.

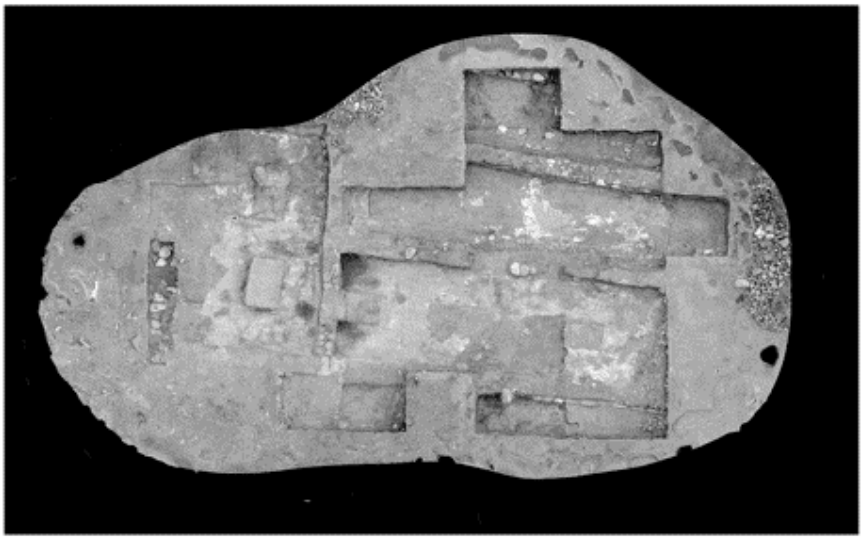


Figura 8. Ortofoto de la excavación del sitio Loma de Piríticuaro, generada con el uso de un dispositivo aéreo no tripulado.

5 REFLEXIONES FINALES

Las excavaciones arqueológicas realizadas en la comunidad del Chigüero, al norte de Huetamo permitieron identificar el empleo de diversas tecnológicas aplicadas a la construcción pública y doméstica; por una parte, se pudo localizar el uso de adobes, bajareques y tapias, como técnicas constructivas de diversos elementos arquitectónicos

como columnas y escalones en la Loma de Piríticuaro; y por el otro lado, se documentó el uso de cal y arena dentro de la arquitectura doméstica y cívica como acabado arquitectónico aplicado en forma de pisos y recubrimientos de muros y columnas.

Se debe tomar en cuenta que los principales factores para la invención de una tecnología dependen de la existencia de determinadas materias primas en una región (Rice, 1999:2; en Villaseñor; Barba, 2012:13), esto nos permite plantear la elaboración de adobes con arcillas y agregados locales. Para poder determinar esto actualmente se realizan estudios con diversos adobes.

Por otra parte, los abundantes afloramientos de roca caliza en la región de estudio permiten suponer la producción de cal de manera local, esto debió requerir una buena cantidad de combustible que conlleva un considerable impacto ambiental (Palma, 2009). Sin embargo, hasta el momento no se han encontrado en la región hornos prehispánicos para la producción de cal, por lo que se propone como línea de investigación a futuro la búsqueda arqueológica de las zonas de producción de cal, para hacer una interpretación de este aspecto tecnológico. Respecto a la arquitectura doméstica y espacios cívico-religiosos que presentan aplicaciones de cal en forma de pisos, es posible decir que estos acabados responden a necesidades estéticas e higiénicas, pues se sabe que en los apisonados de tierra pueden llegar a formarse insectos hematófagos, larvas de pulga y ácaros, los cuales, está demostrado, se reducen cuando los pisos de tierra son cubiertos por cal (Schofield; White, 1984; en Villaseñor; Barba, 2012).

En cuanto al aspecto social, principal objeto de estudio de la arqueología, se ha de tomar en cuenta que la producción de cal debió requerir una gran demanda de combustible y fuerza de trabajo, así como contar con los conocimientos especializados para la obtención y control de las altas temperaturas que lograran la eficiencia en los cambios químicos durante la calcinación de las rocas (Villaseñor; Barba, 2012). Mismo caso para la producción de adobes, cuyas características de las materias primas debían ser las óptimas para que contaran con características apropiadas para su empleo en la construcción.

Una cuestión importante en este momento de las investigaciones arqueológicas en el Proyecto de Salvamento Arqueológico de la Presa del Chigüero es la conservación de estos importantes vestigios arquitectónicos. Como ha sido aplicado en distintos sitios arqueológicos, las soluciones para este tema son de lo más variadas, desde la colocación de techos, la construcción de refuerzos o reconstrucciones parciales, a la constante aplicación de capas de sacrificio para conservar la arquitectura construida con tierra (Guerrero; Correia; Guillaud, 2012).

En toda la región del valle de Huetamo los retos son mayúsculos en este sentido. Primeramente se tiene que varios de los grandes montículos hechos de tierra cruda están siendo absorbidos por las manchas urbanas a distintos ritmos. Así existen, vestigios como la yácata de Cutzio, la cual en tiempos virreinales fue usada como base para la construcción de la iglesia local, así como el panteón aledaño, esto sirvió como núcleo del pueblo que se continuó asentando sobre la propia yácata la cual hoy día está completamente urbanizada.

El caso de Purechucho es muy similar en cuanto a que la yácata se encuentra ya hoy día prácticamente cubierta de casas modernas. Otro caso son las estructuras que se ubicaban afuera de los núcleos urbanos pero que por el crecimiento de estos se encuentran en franco peligro por su urbanización o uso como banco de materiales, como sucede por ejemplo con la yácata de Urapa. En este sentido ya se ha propuesto con el gobierno municipal la posibilidad de establecer un planeamiento urbano que incluya la presencia de los vestigios arqueológicos. Sin embargo, en este tema todavía queda mucho camino por andar.

También los trabajos arqueológicos realizados en el proyecto descrito, tienen un impacto en la conservación de los vestigios. En este sentido se ha liberado una buena parte del sitio de la Loma de Piríticuaro, como se ha mencionado en el texto, dejando al descubierto distintos elementos de tierra cruda y revoques de cal, los cuales fueron edificados en conjunto con las cubiertas que los protegían del clima, pero éstas se han perdido. En ese sentido y por la cercanía de la temporada de lluvias en la región se tomó la decisión de sepultar los vestigios arquitectónicos para su conservación. Esta estrategia, a veces poco entendida por el público en general, es posiblemente la única forma de salvaguardia de estos vestigios para el futuro (Guerrero; Correia; Guillaud 2012), especialmente en sitios alejados tanto físicamente, como de los grandes recursos institucionales, que permiten la intervención mediante otro tipo de estrategias. Además, el cuidadoso reenterramiento realizado usando geotextiles para proteger los elementos sensibles y un proceso paulatino de colocación de los mismos sedimentos, hace que se puedan restablecer en lo posible las condiciones físicas que mantuvieron a estos elementos arquitectónicos ejecutados en tierra cruda de la Loma de Piríticuaro por más de 1.700 años.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albanil, Adelina; Pascual, Reynaldo (2011). Reporte del clima en México. CONAGUA, México.

Armillas, Pedro (1944). Mexiquito, gran ciudad arqueológica en la cuenca del río de las Balsas. El México Antiguo 6 (7-8): 254-262.

Brand, Donald (1943). Recent archaeologic and geographic investigations in the Basin of the Rio Balsas, Guerrero and Michoacan. En: 27º Congreso Internacional de Americanistas, p. 147 vol. 1. 140 vols. ICA, México.

Daneels, Annick; Guerrero, Luis Fernando (2013). Rescate de estructuras prehispánicas de barro crudo en la costa veracruzana, México, Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012; p. 17-26. Valladolid: Universidad de Valladolid.

Di Peso, Charles (1974) Casas Grandes: a Fallen Trading Center of the Gran Chichimeca. Flagstaff: Amerind Foundation Norland Press.

Faugere-Kalfon, Bridgitte; Darras, Veronique (2002). Las obras rupestres de Huarimio, Tierra Caliente de Michoacán. Arqueología 28: 21-48.

Flores, Mario Octavio (1994). Técnica de entramados. En: Graciela María Viñuales (ed.), Arquitectura de tierra en Iberoamérica; p.37-47. Buenos Aires: CYTED-HABYTED-PROTERRA.

Goggin, John (1943) An archaeological survey of the Rio Tepalcatepec Basin, Michoacan. American Antiquity 9(1): 44-58.

Guerrero, Luis Fernando; Correia, Mariana; Guillaud, Hubert (2012). Conservación del patrimonio arqueológico construido con tierra en Iberoamérica. Apuntes 25: 210-225.

Kubler, George (1962) The art and architecture of ancient America. EUA: Yale University Press.

Lister, Robert (1947). Archaeology of the Middle Rio Balsas Basin, Mexico. American Antiquity 13(1): 67-78.

Lumholtz, Carl. (1945). El México desconocido. 2 vols., México: Publicaciones Herrerías.

Marquina, Ignacio (1951) Arquitectura prehispánica. México: INAH.

Meanwell, Jennifer (2007). El Proyecto del Balsas Medio: Una investigación sobre funcionalidad y cronología de la cerámica. FAMSI.

Minke, Gernot (1994) Manual de construcción en tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la construcción actual: Editorial Fin de Siglo.

Morales, Roberto; Torres, Rafael; Rengifo, Luis; Irala, Carlos (1993). Manual para la construcción de viviendas de adobe. Lima: CISMID-FIC-UNI.

Osborne, Douglas (1943). An archaeologic reconnaissance in South-Eastern Michoacan. American Antiquity 9(1): 59-73.

Palma, Vladimira (2009). Historia de la producción de cal en el norte de la cuenca de México. Ciencia ergo sum 16: 227-234.

Pepper, George. (1916). Yácatas of the Tierra Caliente. Holmes Anniversary Volume: 405-420.

Punzo, José Luis (2013). Los moradores de las casas en acantilado de Durango. Rememorando el mundo de la vida de los grupos serranos en el siglo XVII. [Unpubl. Ph. D., Escuela Nacional de Antropología e Historia].

Rice, Prudencia M. (1999. On the origins of Pottery. En: Journal of Archaeological Method and Theory, 6 (1): 1 – 54.

Ríos, Silvio (1994) Paredes monolíticas. En: Graciela María Viñuales (ed.), Arquitectura de tierra en Iberoamérica; p.13-36. Buenos Aires: CYTED-HABYTED-PROTERRA.

Schofield, C. J.; White, G. B. (1984). Engineering agains insect – borne deseases in the environment. En: Transaction of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, (78): 285 – 292.

Van Lengen, Johan (1980). Manual del arquitecto descalzo. México: editorial Concepto.

Villaseñor, Isabel; Barba, Luis Pingarrón (2012). Los orígenes tecnológicos de la cal. En: *Revista Cuicuilco,* número 55, Septiembre – Diciembre 2012 pp. 11 – 41.

AUTORES

José Luis Punzo Díaz, Doctor en arqueología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, Maestro en Ciencias y Humanidades por la Universidad Juárez del Estado de Durango y Licenciado en Arqueología por la ENAH. Profesor investigador de tiempo completo adscrito al Centro INAH-Michoacán, forma parte del Sistema Nacional de Investigadores. Ha sido director de múltiples proyectos de investigación arqueológica en los estados de Durango y Michoacán.

Erika Talía Ibarra Ávila, Pasante de Arqueología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia ha trabajado en múltiples proyectos en el estado de Durango, Oaxaca, Michoacán y en el extranjero en el proyecto arqueológico de Magdala en Israel.

Diego Antonio Rangel Estrada, Licenciado en arqueología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia. Ha trabajado en diferentes proyectos arqueológicos en los estados de Durango, Guanajuato, Querétaro y Michoacán

Jesús Feliberto Zarco Navarro, Licenciado en arqueología por la Escuela Nacional de Antropología e Historia, ha trabajado en diferentes proyectos arqueológicos en los estados de Baja California, Distrito Federal y Michoacán.

6. CAMINO PREHISPÁNICO PANDO

Julio Vargas Neumann[1]; Stephanie Gil[2]; Frédérique Jonnard[3]; José Montoya[4]

Centro Tierra, INTE, Pontificia Universidad Católica del Perú. Red Iberoamericana PROTERRA. [1]jhvargas@pucp.pe; [3] fred.jonnard@terre-battue.org

Centro Tierra, INTE, Pontificia Universidad Católica del Perú. [2]stephanie.gilz@pucp.pe; [4]peps1221@hotmail.com

Palabras clave: investigación, tierra, patrimonio, técnica, conservación.

Resumen

El Camino Pre-hispánico es un sitio arqueológico ubicado en el Campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) que es uno de los pocos vestigios del sistema de caminos Qhapaq Ñan que cruza la ciudad de Lima. Los 467 m de muros paralelos que han perdurado siglos y resistido varios terremotos severos, brindan información valiosa sobre las técnicas empleadas por los Ichsmas e Incas (1100-1532 A.D.) en su construcción y métodos adecuados de conservación. El Centro Tierra, grupo de investigación de la PUCP especializado en la construcción con tierra llevó a cabo el estudio de las características geométricas, mecánicas del material y estructurales de los muros de tierra del camino con dos fines principales, tener un conocimiento preciso del material que conforma estos muros y entender la técnica usada para edificarlo (amasado, uso de encofrados, grado de compactación, contenido de humedad de la mezcla empleada, inserción de capas horizontales o rellenos de piedras de río, tipos de juntas constructivas, esbeltez, etc.) y proponer lineamientos para la conservación de este tipo de estructuras de tierra muy recurrentes en los sitios arqueológicos del valle de Lima (Maranga, Mateo Salado, Cajamarquilla, Puruchuco, Huaycán de Pariachi y otros). El estudio interdisciplinar comprende una breve recopilación bibliográfica y los resultados de estudios realizados en los laboratorios de Mecánica de Suelos, Ingeniería Mecánica y Estructuras de la PUCP. Adicionalmente, comprende ensayos de microscopía electrónica de barrido para evaluar el grado de compacidad, la porosidad, el tamaño y naturaleza de las partículas y composición química. Se logra un entendimiento de la técnica constructiva empleada por los Ichsmas e Incas, se genera discusión sobre las estrategias de conservación, se establecen sinergias y estrategias coherentes para la cooperación interdisciplinar y cruce de conocimiento con los hallazgos en distintos sitios arqueológicos de la zona.

1. PRESENTACIÓN Y ANTECEDENTES DEL CAMINO PREHISPÁNICO

El tramo de camino prehispánico ubicado en el Campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), es parte del Complejo Arqueológico de Maranga, nominado Patrimonio Nacional el año 2003 y uno de los lugares donde se aprecian edificaciones correspondientes a las culturas Lima, Ichsma e Inca. En la actualidad posee una extensión de aproximadamente 97 ha (MINCETUR, 2010). Es también parte del sistema Qhapac Ñan que lo enlaza con el Santuario de Pachacamac, donde además de edificios ceremoniales de la cultura Lima, el Señorío Ichsma tenía su principal centro ceremonial. Pachacamac es uno de los 81 sitios arqueológicos, dentro de los más de 250 km del Qhapac Ñan que han sido incluidos como Patrimonio de la Humanidad por UNESCO, 2014.

El complejo Arqueológico de Maranga, se encuentra ubicado muy cerca del mar (2,6 km hacia el Este), de donde proviene su clima benigno todo el año, con vientos moderados y a 3,2 km al sur del río Rímac que cruza Lima antigua y por ello, sus suelos son mantos arcillosos sedimentados en el empedrado cono aluvial del río, por tanto aptos para la agricultura y que eran regados por aguas derivadas desde el cercano Rímac. Sus obras, como el camino prehispánico, fueron construidas, ampliadas y modificadas por al menos tres grandes culturas, que usaron la misma tierra y piedra, pero con distintas técnicas constructivas, asociadas a períodos culturales que cubrieron alrededor de 1500 años hasta la llegada de los españoles.

El tramo en estudio (figura 1) unía edificios públicos ceremoniales donde predominaban las formas piramidales escalonadas truncas, hoy ya deterioradas, que son denominadas huacas. Las más antiguas fueron construidas con predominio de adobes cúbicos y paralelepípedos moldeados a mano, pudiendo existir algunos rellenos de piedra del Rímac, como los de la ciudadela de adobitos, propios de la cultura Lima (período intermedio temprano). Estos se aprecian en las huacas San Marcos, Middendorf, Concha, Potosí y otras. Estas construcciones corresponden a un lapso comprendido entre los años 200 a.C. a 900 d.C., época de los desarrollos regionales y luego de la Integración Huari.

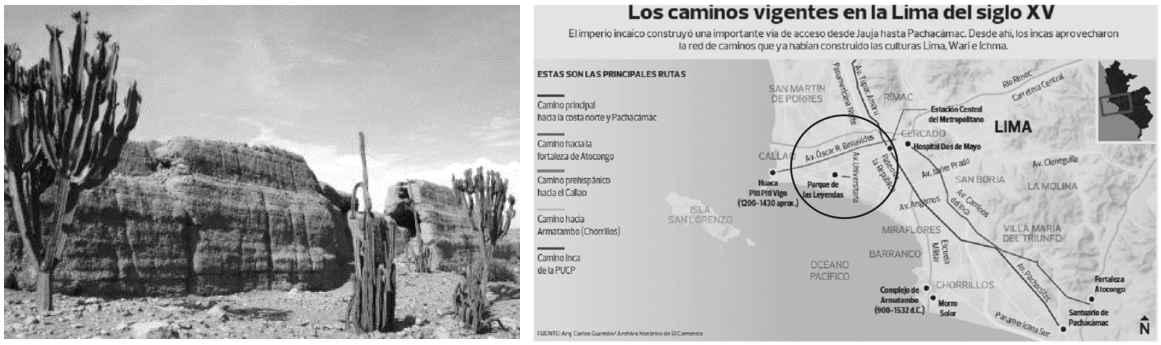


Figura 1. Camino prehispánico estudiado y principales Caminos creados antes del dominio Inca. Crédito: Carlos Guzmán. El Comercio, 2014. El círculo encierra la zona arqueológica de Maranga y el Camino en estudio se señala en rojo. Foto: Autores

Posteriormente se construyeron otras edificaciones también de formas piramidales escalonadas truncas de distintos tamaños, construidas con muros de tierra amasada y piedras pequeñas de río conformando rellenos internos, propios de la cultura Ichsma (horizonte intermedio tardío). El complejo Maranga tenía 14 pirámides grandes y más de 50 pequeñas.

Los terremotos, el vandalismo, los desarrollos agrícolas hispanos, la constitución de haciendas y finalmente el desarrollo moderno urbano, caracterizado por ser veloz y descontrolado, fueron no sólo deteriorando, sino desapareciendo desafortunadamente gran parte de estas obras patrimoniales construidas en tierra. El ambicioso proceso no reconoce el valor histórico de las huacas, ni los caminos que las conectan.

La figura 2 muestra el camino principal de Maranga en el año 1930, con huellas del paso de un automóvil. Hoy sólo existen algunos tramos del mismo dentro del Parque de las Leyendas. El camino en estudio, se conservó al estar ubicado dentro del fundo Pando, actual Campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Sólo se conservan 467 m, después de la última pérdida de alrededor de 35 m en su extremo Este, debido a la construcción de la Av. Universitaria en el año 1986.

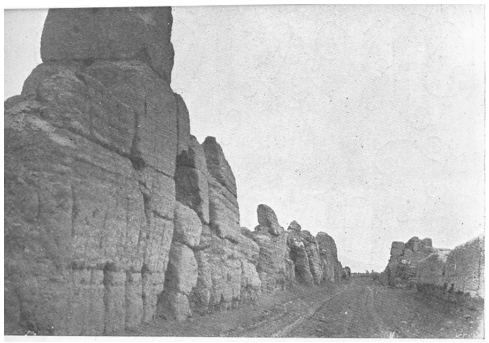


Figura 2. En la foto de los años 30, el llamado Callejón del Inca, el cual corría a lo largo del valle de Lima, en la imagen se aprecia el tramo en Maranga (Ringscad, 2010, p.6).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente estudio, es desarrollar conocimientos para conservar el patrimonio edificado prehispánico y aumentar su durabilidad como testimonio y legado de nuestros antepasados. Los objetivos específicos del estudio son múltiples e interdisciplinares. En primer lugar se desea mejorar y divulgar el conocimiento existente sobre la conservación del patrimonio edificado en el valle de Lima, en concordancia con sus características, la ecología y las cartas nacionales e internacionales, en las que la PUCP ha estado y está comprometido. Profesores de la PUCP han participado en generar la Declaración de Lima, 2010, texto doctrinal del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (ICOMOS), ente consultor de UNESCO en temas del Patrimonio Cultural. También han participado en elaborar los Principios de Conservación del Patrimonio Construido en Tierra en Áreas Sísmicas, adoptado por el Comité Nacional de ICOMOS Perú en el año 2012.

La divulgación incluye los protocolos y procedimientos universales para la conservación del patrimonio edificado, que es necesario se apliquen en todas las intervenciones del valor cultural, incluyendo el camino en estudio. Particular importancia tiene la carta de Zimbabwe (Virginia Falls, ICOMOS, 2003). Divulgación especial merecen, las recomendaciones para las áreas geográficas donde ocurren terremotos (Declaración de Lima, 2010 y Principios de ICOMOS Perú, 2012) y donde se debe utilizar criterios complementarios a los apropiados para las zonas donde no hay actividad sísmica, que es la zona en la que han nacido todas las cartas de conservación adoptadas por ICOMOS, hoy existentes.

Estos protocolos indican las tareas que se deben realizar antes de iniciar cualquier intervención y que en breve resumen consisten en, un profundo conocimiento del bien patrimonial (historia, usos, importancia y valor cultural, materiales y técnicas utilizadas, geometría, ecología, estudios de suelos, calidad de los materiales, deterioros, historia sísmica y de fenómenos atmosféricos, variaciones constructivas, ampliaciones y reparaciones, modelos de análisis estructural y realización de análisis con las cargas involucradas). Todo ello para definir el estado actual. Finalmente, diagnóstico y propuesta de intervención que eventualmente requiera de refuerzos estructurales con mínima intervención, materiales compatibles con los originales, soluciones de reversibilidad y planes de manejo con documentación adecuada.

El estudio del camino comprendió una breve revisión bibliográfica, gráfica, fotográfica, y entrevistas con personajes que han trabajado en el Parque de las Leyendas de Maranga, como la Directora del Parque: Arqueóloga Lucénida Carrión (Figura 3), Jefa del Museo Josefina Ramos de Cox y Presidenta de la Red de Museos del Centro Histórico de Lima y la Dra. Inés Del Águila, quien escribió sobre Lima Prehistórica y dirigió trabajos de conservación en la Huaca Tres Palos, cerca de donde parte y llega el camino investigado.

Figura 3. Arqueóloga L. Carrión frente a Huaca 33 y vista de las murallas 46A y 33A. La primera construida con adobitos hechos a mano, Cultura Lima, la segunda de tierra sola colocada en capas de poco espesor y la tercera de tierra y piedra pequeña mezcladas, siempre colocadas en capas. Parque las Leyendas, Complejo Maranga. Fotos: J. Vargas N.

La Arqueóloga L. Carrión manifestó sus impresiones acerca de las técnicas utilizadas por un gran grupo de personas reclutadas para tareas de tributo, pero con dirección local. Eso explicaría las características comunes en los volúmenes de las huacas, rango de alturas, materiales y el sello característico de su elaboración por capas horizontales de máximo 0,20 m de espesor. La Dra. Del Águila dio cuenta de las etapas constructivas de la Huaca Tres Palos que corresponde a por lo menos dos dominios culturales: Ichsmas e Incas. Brindó información importante sobre la forma como ellos clasificaban los muros existentes, por el material y la sección transversal, y también información bibliográfica interna del Parque de las leyendas, como los trabajos del Licenciado Juan Domingo Mogrovejo Rosales.

Los avances en la definición de las técnicas empleadas originalmente, permitirán establecer recomendaciones para la conservación de las huacas Maranga, de una manera más concordante y respetuosa de su realidad y características, lo que redundará también en su seguridad sísmica y durabilidad. Más adelante se presentan los resultados de un programa de ensayos experimentales, sobre muestras originales del camino, donde se efectuó una intervención entre los años 2013 y 2014. Los ensayos sobre el material obtenido fueron realizados en 4 laboratorios: Suelos, Estructuras, Mecánica y Microscopía. Los tres primeros de la PUCP. Otra tarea que permitió conocer mejor la geometría y lógica constructiva del camino fue la revisión del Archivo Gráfico elaborada por los alumnos del curso Seminario de Construcción I, de la Facultad de Arquitectura, PUCP.

3. LAS ANTIGUAS TÉCNICAS UTILIZADAS

El camino está constituido por dos muros paralelos de altura variable, construidos con tierra y algunos núcleos de rellenos o capas de piedra. Su plataforma peatonal, tiene un nivel superior a los terrenos aledaños, siendo más bajo el del lado sur. Se aprecian distintos tipos de muros de tierra, por tramos, construidos con diferentes técnicas constructivas, según la época de su construcción o reconstrucción.

Los más antiguos tienen sección trapezoidal, la parte baja central hecha con núcleos de piedras de río (redondeadas) y morteros de tierra, protegidos por muros trapezoidales e inclinados, uno o más a cada lado dependiendo de su altura (muchas veces con el núcleo de piedras ya vaciado por la rotura de los muros laterales), la parte alta menos ancha, es hecha de tierra maciza. Hay también algunos muros trapezoidales macizos, probablemente de factura posterior, tal vez Inca. Algunos tramos construidos posteriormente son de tierra maciza con lados paralelos, más angostos y de menor altura, posiblemente completamientos de colapsos debidos a los terremotos. Estos tramos parecen ser restauraciones o completamientos coloniales o republicanas. La dirección del camino es de Este a Oeste, donde terminaba entre las Huacas Tres Palos y Huaca Cruz, frente a un montículo, por lo que éste pueda haber sido un mirador de vigilancia (conversación personal, Del Carpio, 2014).

Distintos cronistas españoles y mestizos, así como estudiosos del siglo pasado, han intentado describir la técnica de construcción de estos muros, de forma diversa y ambigua. Algunos les llaman tapiales, en el sentido de cerco o tapia que se usa en España. El Padre Pedro Villar Córdova (1935) menciona que

> eran de barro pisonado… ensanchados en la base y estrechos en el borde superior…el aparejo de estas construcciones consta de grandes adobes de

> un metro cúbico de volumen, unidos por barro y enlucidos con una capa amarillenta o rojiza de barro bien batido que exteriormente le da la apariencia de Tapial o pared de una sola pieza…

el mismo cronista Villar Córdova (Llanos, 2001) relata “la tapia, o adobón, como también algunos le llaman, es un material constructivo hecho de tierra humedecida y apisonada progresivamente dentro de un sistema de cajonería o encofrado…”

El término pisonado es debido a que los muros de tapial o adobón, que se construían en España y que son parecidos, son apisonados o compactados a golpe de mazos. Es obvio que la definición del Padre Villar no corresponde a la de Lima prehistórica y que desafortunadamente es compartida con la generalidad de las personas.

Pero el Padre Bernabé Cobo (1956 [1653]) describe una técnica muy ilustrativa por la lógica de su construcción

> No hacían antiguamente los indios estas tapias como nosotros, de tierra suelta un poco húmeda, sino de barro bien amasado y blando, como hacemos nosotros los adobes. Sacábanlas muy derechas y lisas porque arrimaban a los lados en lugar de tapiales de madera, mantas y cañizos, y luego las enlucían con el mismo barro. Deste linaje de tapias son los muchos paredones antiguos de que está lleno todo este valle de Lima, por donde sacamos su forma y su hechura.

Esta descripción afirma que los muros originales que él observa, no son tapiales (que usan sólo tierra húmeda sin amasar y luego se compactan), sino que usan barro amasado. Luego afirma que no usaban encofrados de madera, sino mantas y fibras vegetales. Esta es la razón por la que el encofrado blando no podía tener más de 0,20 m de altura en cada capa.

Esas capas horizontales de 0,15 m a 0,20 m son las que se aprecian en Pando (Mateo Salado, Tres Palos, Cruz Blanca, San Miguel, etc.) en la Huacas Santa Cruz, La Merced, en el Club los Inkas de Santiago de Surco, en Huaycán de Pariachi o en Cajamarquilla. También es la explicación por la que el barro era de una humedad media, mayor que la usada en la técnica del tapial. Sin embargo, la mezcla no era tan líquida para poder transportarla y colocarla, tal vez en bolones o trozos, o más probablemente en mantas, como es la tradición rural actual.

La técnica de los muros de tierra que usaron los Ichsmas, que se aprecia en el Camino Prehispánico, Mateo Salado, Santa Cruz, La Merced, tiene algunas características que la diferencian a las que se aprecian en Puruchuco, Huaycán de Pariachi o Cajamarqilla y también en Villa El Salvador. Las principales diferencias son la utilización de rellenos centrales de piedras chicas redondeadas (de río) y la formación de muros trapezoidales inclinados en varias etapas (pero hechas siempre por capas). De manera que existió en la zona central (valle de Lima), una técnica de construir muros de tierra por capas, con algunas variaciones. Pero siempre, con uso de moldes blandos y flexibles propios de mallas de fibras vegetales y mantas, con un contenido de humedad medio, que no podían ser más altos de los 0,20 m indicados.

En todas estas técnicas las características mecánicas como la resistencia del material mismo, es muy semejante por el uso del tipo de encofrado poco resistente. El resultado estructural del comportamiento global, sí varía significativamente por las dimensiones, desniveles, conexiones y esbelteces y por la capacidad del subsuelo.

Las técnicas de combinaciones de tierra y piedra son por lo general estructuralmente menos resistentes que las de sólo tierra. Sin embargo, en nuestro vasto patrimonio edificado, muchas veces se encuentran combinaciones de tierra y piedra, dos de los materiales más accesibles del mundo, que se complementan adecuadamente. En zonas lluviosas las piedras pueden proteger los núcleos de tierra (Chavín de Huántar, Pucará, Machu Picchu) y grandes núcleos de tierra pueden estabilizar megalitos (Sacsayhuaman, Ollantaytambo).

4. METODOLOGÍA

4.1 Ensayos de laboratorio

Luego de realizar un estudio bibliográfico, que se recoge en un listado al final de este documento, en el cual se incluyen datos históricos sobre los asentamientos urbanos del valle de Lima, y algunas descripciones del tipo de material, técnicas y en general datos constructivos, se definió un programa de ensayos de laboratorio.

El camino de 467 metros fue demarcado por tramos de 10 m del Este hacia el Oeste por la empresa que se encargó de su intervención, antes que los estudios del presente texto. Con las autorizaciones correspondientes para el permiso de extracción de muestras (a través de dicha empresa), nuestras muestras corresponden a varios tramos. El material fue conducido al Laboratorio de Mecánica de Suelos (PUCP), donde fue codificado. Hubo dos etapas de extracción de muestras. Las muestras consistieron en pedazos de bloques de muros, que no era posible reintegrarlos en el camino en vías de intervención.

El objetivo de las pruebas era conocer experimentalmente sus características mecánicas, uniformidad de las muestras, grado de compactación, resistencia y otras que nos permitan definir en lo posible el material utilizado e informar sobre la técnica constructiva empleada originalmente en el camino prehispánico, para establecer luego métodos de consolidación adecuados a sus características y así concederle seguridad sísmica y durabilidad.

4.2. Análisis y resultados de las pruebas de laboratorio

Laboratorio de Mecánica de Suelos

4.2.1. Granulometría y límites de Atterberg

Los ensayos de distribución de tamaños de partículas o granulometría, muestran bastante uniformidad entre todas las muestras, incluso la muestra de un adobe (trazo de color negro), proporcionado por la empresa interventora que usó adobes confeccionados con material original para consolidar el camino con bloques de mampostería de adobe. En la figura 4, se muestra el conjunto de curvas de distribución de tamaños, incluyendo la porción de partículas finas (limos y arcillas), obtenidas por sedimentación, vía húmeda y también la variación del índice plástico.

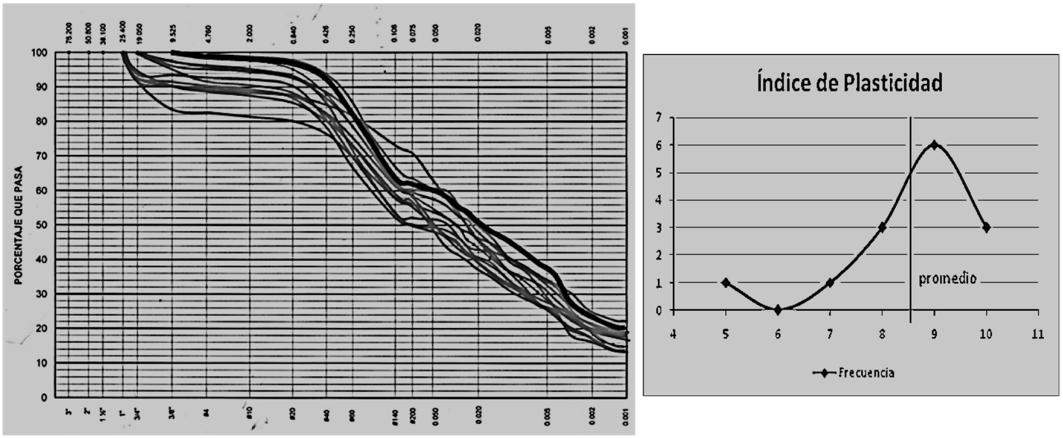


Figura 4. Distribución de partículas e índice plástico de tierra original

Se aprecia también que el rango de arena gruesa es del 8,6 % en promedio, mientras que la arena fina alcanza del 26,5% (alrededor del triple), hecho que influye en una deficiente formación del esqueleto granular, asociada a bajas resistencias. Destaca así

mismo la cantidad de finos que pasan la malla 200 (0,075 mm), alrededor del 58,1% del material en promedio, de las cuales el 37,1% es limo y 21% es igual o menor a 2 micras (arcilla). Nótese que el porcentaje de material inerte fino (arena fina o limo) es del 63,6%, es decir casi 2/3 de todo el material.

Aunque el número de muestras para los límites de Atterberg es relativamente pequeño, la distribución de resultados presenta campanas de Gauss bien conformadas, cuyos promedios dan valores de plasticidad aceptable, como para considerar que el suelo es útil para la construcción con tierra. Este suelo será más trabajable con humedades entre 12% y 15%. Es probable que la humedad utilizada por los constructores, haya sido alrededor de 12% a 13%, pues el agua no abundaba y ellos manejaban una técnica en la que se formaba el muro por capas, dentro de moldes blandos o flexibles. Con mayor humedad el suelo se vuelve muy fluido. Con menor humedad, es difícil de amasar. No pudieron compactarlo con golpes, pues requerirían encofrados rígidos, como la madera gruesa y resistente, que no tenían. Se presenta el gráfico de índice de plasticidad del conjunto de muestras obtenido del suelo original.

4.2.2. Densidad y peso específico

La densidad seca es el peso de las partículas sólidas del suelo por unidad de volumen, [g/cm^3]. Las muestras de los adobes presentan una densidad seca mayor (20% mayor), lo que refleja su mayor compactación manual dentro del molde. Esta diferencia, debida a las técnicas de construcción utilizadas, está asociada a una mayor rigidez y resistencia.

En general, los suelos arenosos tienen un peso específico mayor, pues la piedra pesa alrededor de un 30% más que la tierra. Las variaciones en el peso específico del material por tramos, son ligeras, pero hay tramos donde la proporción arena-arcilla es menor y disminuye el peso específico de 2,8 g/cm^3 a 2,76 g/cm^3.

4.2.3. Porosidad

Esta característica es muy importante en esta investigación, pues refleja el grado de compactación asociado a la diferencia de técnicas constructivas, por ejemplo un muro de mampostería de adobe, comparado con un muro hecho con tierra amasada colocada en encofrados deformables o sin molde. En la construcción con tierra, la menor porosidad está asociada a una mayor resistencia y rigidez.

Las porosidad del adobe promedio es 31,13%, mientras que la del suelo original promedio es 44,70%, por tanto los adobes tienen una porosidad del orden de alrededor de las 2/3 partes del suelo original.

Adicionalmente se hizo una serie de ensayos para crear un patrón de comparación de densidad seca y porosidad versus compactación, utilizando el equipo del ensayo Proctor. Se trata de compactar muestras del suelo original, que tienen la humedad óptima Proctor, con un número creciente de golpes e ir midiendo su densidad seca y porosidad. Estos resultados sirven para comparar distintas muestras de suelo original y comparar su compacidad o número de golpes equivalentes. Será fácil por ejemplo, conocer qué diferencia de números de golpes equivalen a las muestras del suelo original con su tecnología también original, con la del suelo original convertido en adobe o mampostería de adobe.

4.2.4. Compresión y tracción indirecta en cilindros tallados

Utilizando el equipo de compresión triaxial, sin usar presión lateral, se realizaron ensayos de compresión de muestras talladas de suelo original, para tener una medida real de comparación de resistencia. De esta manera fue fácil comparar las resistencias del suelo original, utilizando dos técnicas constructivas diferentes, por ejemplo la del adobe con la usada por los constructores prehispánicos (figura 5).

Figura 5. Se muestra los ensayos de compresión y tracción indirecta de cilindros tallados de los adobes hechos con suelo original y también de las muestras del muro original. El gráfico muestra los resultados de ensayos de compresión.

Los resultados indican que la resistencia promedio de las muestras de suelo apenas alcanza el 15% del promedio de las resistencias de los adobes. La diferencia se debe a la mayor humedad de la mezcla que requiere la técnica de adobe y su compactación manual dentro del molde, ya que ambos factores activan más partículas de arcilla, que es el componente que proporciona la resistencia seca. Utilizar adobes o mampostería de adobe para consolidar los muros originales de mucha menor resistencia, puede ser contraproducente, particularmente si se esperan vibraciones e impactos producidos por los terremotos. Exagerando, para entender el error, es como colocar piedras en una lata de galletas que será vibrada. En los ensayos de tracción indirecta, no fue posible obtener datos válidos debido a la fragilidad de las muestras talladas. Durante el tallado las probetas se agrietan aunque las fisuras no son visibles. Las cargas de rotura eran insignificantes.

Laboratorio de Mecánica

4.2.5. Compresión o tracción indirecta de esferas talladas

Pruebas de especímenes tallados en forma de esferas de 20 mm de diámetro en prensa universal, de utilidad en la simple prueba de campo de compresión de esferas para evaluar en 24 horas si la presencia de arcilla es suficiente. El cálculo de los esfuerzos de rotura promedio (11,23 kgf) fue equivalente al 0,16% de la rotura a compresión en cilindros tallados. $\sigma = \alpha.P/2\pi r^2 = 0{,}71$ kgf/cm^2 para ($\alpha = 0.4$).

4.2.6. Tracción indirecta (Ensayo brasileño) de cilindros tallados.

Pruebas de especímenes tallados en formas de cilindros de esbeltez igual a 2 y de 50 mm de diámetro en una prensa universal. La rotura dio valores promedio igual a 71,49 kgf, $\tau = \beta.2P/\pi Db = 0{,}63$ kgf/cm^2 para $\beta = 0{,}7$.

Los valores de 0,71 kgf/cm^2 y 0,63 kgf/cm^2 de los ensayos entre esferas y cilindros tallados, aunque mantienen un mismo rango de esfuerzo unitario máximo de tracción, revelan que los factores α y β están asociados a una fuente de incertidumbre importante que depende de los detalles de ensayo, velocidad de carga, área y material del disco de repartición de carga de la prensa y otros, que explican la diferencia de resultado.

Laboratorio de Estructuras

4.2.7. Prueba de campo de presencia de arcilla

Esta prueba se ha venido elaborando desde el año 1983 (Vargas et al, 1984) y está propuesta para ser incluida en la Norma NTE N-080 Construcción con Tierra, en vías de aprobación. En el Laboratorio de Estructuras de la PUCP se obtuvieron siete muestras del Camino, extraídas de diferentes tramos, para realizar la prueba de campo de presencia de arcilla. Para ensayar las esferas de tierra se necesita 24 horas de secado, bajo sombra. Se rompieron las 3 esferas de las muestra 1 y 2. El resto de esferas no se

pudieron romper. El ensayo de presencia de arcilla fue en general positivo, recordando que el material no tuvo agua suficiente y poco amasado.

4.2.8. Prueba de campo de control de grietas con mezclas crecientes de arena gruesa

Esta prueba se ha venido elaborando desde el año 1983 (Vargas et al, 1984) y también está propuesta en la Norma NTE N-080 Construcción con Tierra. Se escogió una muestra de tierra que tenía suficiente presencia de arcilla (no se rompieron las esferas), y con nuevas mezclas progresivas con arena gruesa, se moldearon tres esferas por cada relación de volumen con secado de 48 horas. Se observó que la resistencia bajaba significativamente mientras más arena contenía el barro, lo que significa que el suelo ya estaba bien equilibrado con arena gruesa.

4.2.9. Pruebas microscópicas Laboratorio Dra. Gladys Ocharán

Observaciones por microscopio electrónico de barrido. La observación de muestras permite tener información sobre el material y la técnica utilizada en la construcción de los muros, con datos como la humedad, porosidad, compactación, y otros. Da información sobre la procedencia del material, definir si la tierra utilizada es del sitio o de otra fuente. Brinda información sobre las características de la tierra de los muros.

Los criterios de observación están dirigidos a estudiar los distintos componentes de la tierra que se utilizó en la construcción (presencia y tipo de arcilla, limos, arena fina, arena gruesa, paja, material orgánico) y también a tener información sobre la composición mineral, que puede ser útil para la fuente del material.

Se observó la porosidad, tamaño de los poros, la distancia entre los cristales más grandes de las muestras, se analiza la matriz de finos que envuelve los cristales grandes, para comprobar si es continua o discontinua.

El procedimiento es colocar muestras de aproximadamente 1cm, que se sujetan con plastilina de carbón. Para cada prueba se registraron vistas con los siguientes acercamientos: x200, x500, x1000 y x3000.

Las vistas se registran en tres formatos distintos. SSD Retrodispersados – Low Vaccum (permite leer el tipo de minerales presente en la muestra, lo más claro y brilloso son los elementos más pesados (tipo hierro, titanio) y lo más oscuro resalta el material orgánico (fibras, restos, vacios). Tridimensional (permite leer el relieve de la muestra, aparece claramente la profundidad de los poros y el apilamiento de los distintos granos). Mix (síntesis de los dos tipos de imagen precedente)

Resultados de muestras

El material estudiado no es uniforme. Hay vestigios de paja en alguna muestra. Las partículas de material inerte son limos y arenas finas, poca arena gruesa. Esto indica una resistencia a la tracción y compresión muy baja, pues se conoce que son la arena gruesa y la arcilla, las que generan juntas la resistente seca, útil para la construcción. Ello también se aprecia porque hay trozos de muestra que se desgranan con la mano. El material no ha sido muy amasado ni es compacto, pues hay un alto porcentaje de poros, es mezclado con poca agua y colocado en posición en bolones sin mayor presión. El material tiene poca arcilla, con presencia de montmorillonita, (tipo de arcilla altamente higroscópica). Se observa que no hay contacto grano a grano, lo que indica que no hubo compactación, ni hay esqueleto granular o resistencia.

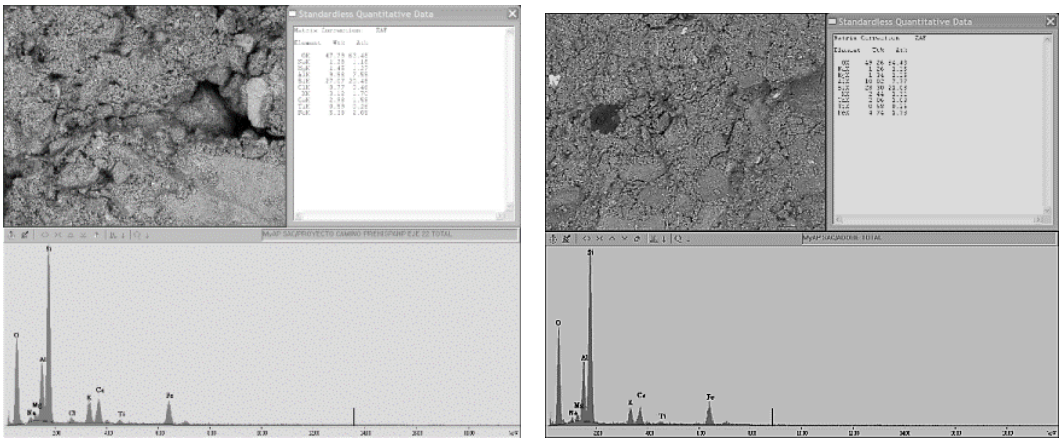


Figura 6. Imagen que compara una muestra original (izquierda), con la muestra de adobe (derecha), incluyendo composición mineralógica porcentual y espectro. En las fotos a la misma escala, se aprecia el efecto de la menor porosidad de la muestra de adobe y abajo se aprecia la misma composición del suelo en ambas muestras.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO Y MICROSCOPÍA

En el afán de conocer profundamente el Camino Prehispánico para poder intervenirlo correctamente, era necesario conocer el material y luego deducir la tecnología original, con la mayor certeza posible. Los ensayos y estudio obedecieron a este logro. Se observa cómo efectivamente los ensayos revelan la menor resistencia del material original, cuál es la técnica original y cómo se debe reparar.

De los ensayos de granulometría se conoce que si bien existe arcilla en el material, se tiene muy poca presencia de arena gruesa. Hay mucha arena fina y limo. El año 1983 se realizó una investigación que reveló que los principales componentes para obtener resistencia seca, son la arcilla y la arena gruesa, no la fina, ni el limo. Los muros construidos con el suelo original, no tienen buena resistencia. Peor aún si el contenido de humedad era de rango medio (12%) y medianamente amasado.

Los límites de Atterberg confirman que el material original tiene una plasticidad normal, concordante con el contenido de arcilla. Pero si el contenido de humedad no es suficiente para activar las partículas de arcilla existentes, producirá baja resistencia.

Los ensayos revelan también que de la comparación de densidades del mismo suelo, pero usando técnicas diferentes, la técnica de adobe, que conlleva mayor compactación manual y mayor contenido de humedad, exhibe mayor densidad que con la técnica original de tierra poco amasada. Los suelos más densos tienden a tener mayores resistencias.

Los ensayos permitieron también comparar la porosidad entre los suelos tratados con las técnicas de adobe y la técnica original. Los primeros tenían una porosidad un tercio menor que los segundos, lo que revela mayor compactación y contenido de humedad, ambos factores asociados a una resistencia mayor.

La serie de ensayos que permitieron contar con un patrón de comparación entre la porosidad y el número de golpes con las herramientas del ensayo Proctor, permitieron convertir los valores de porosidad en número de golpes equivalentes. Así la porosidad promedio de las muestras de la técnica de adobe (31,13%) se obtienen con 28 golpes, mientras que la porosidad promedio de las muestras de técnica original (44,7%) se obtiene con tan solo 2 golpes o compactación nula. Esto revela que la técnica original no es tapial. Dato de gran importancia en la definición de la técnica original.

Comparando la resistencia a compresión en muestras cilíndricas talladas del adobe y de la técnica original, se aprecia una diferencia notable. Resulta que las primeras resistieron en promedio más de seis veces lo que resistieron las segundas. A la técnica original le faltaba humedad y cierta compactación para ganar resistencia.

Los ensayos de microscopía revelan la menor presencia de partículas de arena gruesa y el exceso de granos finos de arena fina y limos. También se comprueba presencia de la arcilla, que conforma la matriz que proporciona la resistencia seca. Todo ello implica baja resistencia como se ha comprobado también con las pruebas de compresión. Las fotos mostradas demuestran que el material original no tenía compactación alguna y más bien una alta porosidad.

6. EL MATERIAL Y LA TÉCNICA ORIGINAL USADA EN EL CAMINO PREHISPÁNICO

El Camino Pre-hispánico ha sido construido con tierra y piedra, con variaciones de técnicas correspondientes a por lo menos dos diferentes culturas (Ichsma e Inca) y diferentes etapas de las mismas. Hay también vestigios de 444 años de intervenciones hispánicas.

La cultura Ichsma, principal ejecutora del camino, ha construido en una etapa tardía, pirámides con una técnica que usaba rellenos organizados que consistían en celdas formadas por muros ortogonales de piedra de río y mortero de barro, rellenas desordenadamente con tierra y piedra. Perimetral y exteriormente se construían muros inclinados en tandas de 0,15 m a 0,20 m de altura. Podía haber muros de dos o tres capas inclinadas según la altura. La Huaca Mateo Salado, tiene esta estructura. La figura 2, muestra que se utilizan los mismos elementos y conceptos estructurales descritos, en la construcción del Camino en estudio. En ambas obras se encuentran en las partes superiores, completamientos de muros de sólo tierra, posiblemente de factura Inca, a veces apoyadas en capas de piedra de río, influenciados en las técnicas de tierra y piedra de los Ichsmas.

El Camino Pre-hispánico ha sobrevivido por lo menos a los mega-terremotos del 1687 y 1746, que, acompañados de maremotos, prácticamente desaparecieron Lima y Callao. Huellas de estos maremotos se han encontrado también en Pachacamac. Los resultados de los ensayos de laboratorio y pruebas de campo, demuestran en gran falta de uniformidad en la aplicación de las técnicas constructivas, lo que se explica por la variación de constructores y productos naturales utilizados.

Se estima que los muros han sido construidos con la tierra superior de los depósitos del río Rimac y las piedras de río que conforman el cono aluvial del mismo, que es muy extenso. Las capas superiores del suelo, suelen tener mayores contenidos de arenas finas depositadas por el viento, las capas siguientes contienen ya arcilla, componente indispensable para una buena construcción con tierra, aunque también agente de la creación de fisuras de secado.

Los ensayos granulométricos y microscópicos, confirman la falta de uniformidad en la técnica e importante presencia de arenas finas y arcillas, de donde se deduce que el material de construcción proviene de capas muy superficiales del suelo. La arena fina, no es un componente que ayude a controlar las fisuras, la arena gruesa sí lo es. Por tanto un muro construido con arcilla y arena fina, será en general débil.

Otro importante aspecto que revelan las pruebas y ensayos, es que el material constructivo es una tierra seca con alta porosidad, cuya técnica constructiva no ha significado compactación alguna. Lo que más bien revela es el empleo de técnicas de barro depositado rústica o manualmente, en moldes blandos y deformables, como se observa de las improntas con alturas entre 0,15 m y 0,20 m en todo el Complejo de Maranga.

Para comprobar el nivel de la resistencia, se realizaron pruebas de compresión en probetas talladas de muestras extraídas del Camino. Los resultados dieron resistencias muy bajas comprendidas entre 0,13 MPa y 0,41 MPa (1,3 y 4,1 kgf/cm^2). Como referencia, la norma vigente peruana especifica el uso de una resistencia mínima de 1,2 MPa en cubos ensayados a compresión (los muros originales resisten de 3 a 10 veces menos al mínimo normativo).

Adicionalmente se realizaron ensayos en probetas talladas en los adobes nuevos usados en los trabajos de intervención, con resultados de 1,8 MPa, muy superiores a los materiales originales del camino. La conclusión es que el material constructivo original es muy poco resistente, dato importante y necesario para su adecuada restauración o intervención. La comprobada baja resistencia de los muros se debe a tres causas, la falta de arena gruesa, la falta de humedad y la falta de amasado o en su defecto compactación. Con estos datos y con la observación de la construcción por capas de 15 cm a 20 cm, ya se puede completar de configurar la tecnología usada y las características mecánicas del material original.

El material era recolectado en las vecindades inmediatas del trazo. Se trataba de tierras de cultivo que tienen tres estratos. Un estrato superficial de 0,25 m de espesor, mezcla de suelo fino arenoso con material orgánico, que podría ser desechado para la construcción; un segundo estrato limo arcilloso con arena fina y poca arena gruesa, de 0,50 m a 1,0 m de espesor, que fue el mayormente usado para la construcción; un tercer estrato gravo arenoso, compacto y firme, de espesor muy grande, material del cono formado por aluviones y lechos cambiantes del río Rimac, fuente de piedras redondeadas que también fueron utilizadas para la construcción. Este material, es el que se usó en la red de caminos y en las huacas de Pando (Maranga) y en las obras de la zona asociadas a las culturas Lima, Ichsma e Inca.

En esta hipótesis el barro es colocado por capas para conformar los muros, con la ayuda de armazones blandos y flexibles hechos de entramados o mallas de cañas o ramas y capas de mantas, como narra el Padre Bernabé Cobo (1956 [1653]), colocados en los lados del muro en construcción, con alturas comprendidas entre 0,15 m y 0,20 m como se muestra en las obras de todo el Valle de Lima. El material era uniforme, pero no así el amasado, ni la cantidad de agua, pues las resistencias apreciadas en los ensayos de campo, son muy variables**.** En el Perú existe la creencia generalizada que los muros antiguos que no son de adobe, son de tapial y así los llaman. Este error generalizado ha provocado una práctica de restauración que descarta a priori, la posibilidad de emplear las técnicas originales de tierra amasada.

En un ejemplo sencillo, un muro original de forma trapezoidal de dos o tres metros de altura, que hubiese perdido la mitad izquierda de su volumen (en toda la altura) y haya sido reemplazado por un muro de albañilería de adobe con la misma forma, durante un evento sísmico ocurrirá que los dos medios muros, por sus diferencias de rigidez y resistencia, vibrarán con distintas frecuencias fundamentales, se golpearán entre sí y se dañará o colapsará el de menor resistencia, que hoy sabemos que claramente es el original y patrimonial.

7. CONCLUSIONES

- Hasta el presente estudio, no se han reportado resultados de las características mecánicas del material, ni de la técnica de construcción que corresponda a esos resultados.
- El suelo tiene arcilla suficiente como para lograr resistencia seca, pero no suficiente arena gruesa, que proporciona el esqueleto granular.

- La técnica de “Tierra Cruda Amasada” utilizada tiene muy poca resistencia. La mezcla se realizó con poca agua y amasado, el material es poroso y le falta algún grado de compactación para lograr que la poca agua active más partículas de arcilla.
- Como consecuencia la técnica a utilizar en el valle de Lima para la conservación patrimonial, será semejante a la de la tierra cruda amasada o material original, para evitar su destrucción durante los terremotos. Tal como se ha descrito: tierra arcillo-arenosa, poco amasada manualmente con contenidos de humedad alrededor del 12% o 13 %, colocada manualmente por capas de 0,15 m a 0,20 m de altura, secada 24 horas antes de aplicar la siguiente, evitando las horas de exposición directa al sol.
- De lo anterior se deduce que la reparación ejecutada en el Camino Pre-hispánico, tiene completamientos en alturas medias y peor aún altas, que son claramente inconvenientes para la seguridad sismo-resistente. En esos casos ocurriría que la intervención en vez de ayudar a la estabilidad del patrimonio cultural, lo afectará seriamente durante un sismo mediano o fuerte.
- Existen muchas otras estructuras patrimoniales del mismo tipo del Camino Prehispánico en la zona del valle central de Lima. Resulta necesario y urgente que el Ministerio de Cultura, difunda con talleres y manuales, el adecuado proceso de estudios previos a efectuarse, para que se desarrollen técnicas de conservación patrimonial adecuadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cobo, B. (1956 [1653]) Las fundaciones de Lima. Tomo XCII. Madrid: Biblioteca de Autores Españoles.

Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico. Victoria Falls, Zimbabwe: ICOMOS.

Llanos, Rafael Segura (2001). Rito y economía de Cajamarquilla. Investigaciones arqueológicas en el Conjunto Arquitectónico Julio C. Tello. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2010) Complejo Arqueológico Maranga. MINCETUR. Recuperado http://www.mincetur.gob.pe/TURISMO/OTROS/inventario%20turistico/Ficha.asp?cod_Ficha=1978

Proyecto de investigación, conservación y puesta en valor del camino prehispánico y los restos arqueológicos del Campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP]. Lima: PUCP, Dirección Académica de Investigación.

Ringscad. (2010, Marzo 23). Lima de siempre [Fotografía]. Recuperado desde http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=757058&page=173

Vargas et al, 1984. Resistencia sísmica de la mampostería de adobe. USAID Project. Lima: Publicación DI-84-01. Pontificia Universidad Católica del Perú.
Villar Córdova, Pedro Eduardo (1935). Arqueología del Departamento de Lima. Lima: Ediciones Atusparia, Indian Pottery.

AUTORES

Julio Vargas Neumann: Profesor Principal de Ingeniería (PUCP, 1963), Investigador de construcciones de tierra en áreas sísmicas (PUCP, 1971), Vice Ministro de Vivienda del Perú (1985), Premio Nacional de Cultura en Ciencias y Tecnología (1985-86). Presidente del ICOMOS/Comité Científico Internacional de Arquitectura Patrimonial de Tierra (ISCEAH),

Miembro de ICOMOS/ ICORP, ICOMOS/ISCARSAH e ICOMOS/ISCS, Red Iberoamericana PROTERRA, Centro Tierra, Perú.

Stephanie Gil: (Lima, 1987) arquitecta por la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), actualmente estudia la maestría de doble grado “Urbanismo Integrado y Diseño Sostenible” en la UniversitätStuttgart, Alemania y Ain Shams University, Egipto. Tiene experiencia laboral en investigación y diseño de proyectos relacionados a la arquitectura en tierra y piedra en Perú, Colombia y Alemania. Pertenece al grupo de investigación Centro Tierra, INTE – PUCP.

Frédérique Jonnard: (Francia, 1987) DSA Arquitecture en Terre, CRATerreENSAG. Diplome d’Etat en Architecture, Paris. Tiene experiencia laboral en investigación y diseño de proyectos de arquitectura en tierra en Perú, Colombia, Chile, Francia. Finalista en concurso Charente Pavilion-Domaine de Boisbucheten Urbanismo. Colaboración en el dictado del curso “Seminario de construcción en tierra” FAU-PUCP. Pertenece al grupo de investigación Centro Tierra, INTE-PUCP, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

José Manuel Montoya: (Lima, 1983) Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP). Actualmente en la elaboración de la tesis: “Revisión y sustento de pruebas de campo en suelos para la construcción”, supervisión de obras de restauración de casas antiguas de adobe. Miembro del equipo técnico en la elaboración del manual: “Fichas para la reparación de viviendas de adobe” elaborado para el Ministerio de Vivienda. Pertenece al grupo de investigación Centro Tierra, INTE-PUCP.

7. APLICACIÓN DEL SISTEMA PARA EVALUAR EL ESTADO CONSTRUCTIVO EN MUROS DE ADOBE

María Cecilia Achig[1]; Lourdes Abad[2]

[1] Proyecto vlirCPM-Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, cecilia_achig@hotmail.com

[2] Red Iberoamericana PROTERRA, Cuenca. labad11@hotmail.es

Palabras claves: sistemas constructivos tradicionales, muro adobe, daños, indicadores y variables

Resumen

Las edificaciones patrimoniales en el Centro Histórico de Cuenca tienen, como elementos comunes, los muros de adobe, mismos que son susceptibles de amenazas de origen natural y antrópico, produciendo con el tiempo su deterioro. Para la conservación de los muros de adobe, resulta necesario conocer su estado constructivo. Al respecto, el proyecto vlirCPM[11] de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, en el año 2013, realizó una investigación donde se propuso un sistema de registro de daños para determinar la condición de los muros de adobe, basado en la determinación de indicadores medibles y sus respectivas variables, que se sintetizó en una matriz de priorización y ponderación, a través de la cual se aplicó un sistema multivariado que permite tener un indicador integral que califica la condición del muro. Este indicador no solamente refleja la urgencia de intervención sino también el tipo de intervención requerida o acciones de monitoreo para la conservación. En base al mencionado trabajo, la presente investigación tiene por objeto comprobar si el sistema de evaluación propuesto constituye un aporte y tiene una aplicación práctica para abordar la problemática de intervención. El sistema se aplica en varias edificaciones de adobe de la ciudad de Cuenca. Los resultados y conclusiones permiten comprobar si el método matemático planteado tiene validez y posibilita tener una visión integral del estado de daños, y al mismo tiempo brindar mayor seguridad al momento de la toma de decisiones fundamentales para la conservación del patrimonio.

INTRODUCCIÓN

La tierra ha sido el material de construcción predominante en casi todos los climas cálido-secos y templados del mundo. Las técnicas de construcción con barro datan de hace más de 9000 años. Aún en la actualidad, alrededor del 30% de la población mundial vive en edificaciones de tierra; en países en vías de desarrollo esto representa alrededor del 50%, y la mayor parte de la gente de las zonas rurales habita en viviendas de tierra (Fratini et al, 2011).

En el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, declarado por la UNESCO en 1999 como Patrimonio Mundial de la Humanidad, la mayoría de las edificaciones patrimoniales son construidas de adobe y bahareque. De acuerdo a los datos del inventario a nivel de registro de la Municipalidad de Cuenca (2010), del total de edificaciones inventariadas, el 43,2% corresponde a fachadas de adobe y el 18,2% tiene como estructura muros de adobe.

[11] Participaron los arquitectos: María Cecilia Achig, Lourdes Abad, Marcelo Zúñiga (+) y Koenraad Van Balen

Causas del deterioro en muros de adobe

Las fallas constructivas, deficiente mantenimiento y malas intervenciones, afectan a la estabilidad y aceleran la evolución de daños en edificios con muros de adobe, pudiéndole llevar incluso a una situación de colapso. Los principales daños que podrían llevar al muro de adobe a este estado son los siguientes: grieta de flexión, grieta y falla de tímpano, grietas horizontales a mediana altura, grietas de corte en forma de X, grietas verticales en las esquinas, grietas diagonales en las esquinas, grietas en forma de aspas en las esquinas, grietas en aberturas, grietas entre muros perpendiculares (Leroy Tolles; Kimbro; Ginell, 2002), grietas en forma de curva parabólica, (Piedra, 2008), desplome de muros, erosión basal y erosión del cabezal del muro.

Las construcciones históricas casi siempre presentan grietas generadas por actividad sísmica anterior, por deformación o por asentamiento de la cimentación. Las edificaciones de adobe en el Centro Histórico de Cuenca a través del tiempo han tenido que hacer frente a cargas sísmicas que son absorbidas dependiendo de la condición de las estructuras. Los sismos aceleran los daños que ya se han manifestado en las construcciones. Por otra parte, el adobe sufre una dramática reducción de resistencia cuando se moja; con la presencia de humedad pierde sus propiedades de cohesión.

1.2 La conservación de muros de adobe en relación a su estado constructivo

Para la conservación del patrimonio, resulta necesario conocer el estado constructivo que presentan los muros de adobe, así como el valor de la arquitectura patrimonial. De acuerdo con el Documento de Nara (UNESCO-ICCROM-ICOMOS, 1994), la autenticidad y valores se definen por la fuente de información de un bien patrimonial en los siguientes aspectos: forma y diseño, materiales y substancia, uso y función, tradiciones, técnicas y experticia, lugares y asentamientos, espíritu y sentimiento. En este contexto, el análisis del daño está relacionado con la condición física de un edificio. El valor tecnológico determina que es necesario emplear materiales y técnicas tradicionales de construcción no sólo para optimizar recursos, sino porque en ellas se refleja una relación particular con la historia. La conservación de edificios patrimoniales implica la conservación de la materia, pues el valor tecnológico y la autenticidad están determinados por ésta. Existe una relación entre los valores patrimoniales y la forma de intervenir cuando se presenta un daño. Se puede seguir el siguiente enfoque no lineal y consecutivo de intervención: análisis, diagnóstico, tratamiento y control (ICOMOS, 2003).

El conocimiento de los daños en muros de adobe es importante también por las demandas de asesoramiento por parte de las instituciones y por parte de los particulares para determinar las intervenciones. La sistematización de la información mediante bases de datos y sistemas informáticos es actualmente la única manera de poder manejar la información de forma ágil, eficiente y con la posibilidad de actualizarla. Por esta razón se espera que el sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo de muros de adobe propuesto, a más de las ventaja descritas previamente, permita lograr una oportuna recuperación de los edificios patrimoniales de la ciudad de Cuenca.

MATERIALES

De la revisión bibliográfica proveniente de diferentes fuentes se ha podido observar lo siguiente:

- El carácter incompleto de la información. En los inventarios no se establecen los mecanismos y las causas que generan los daños en edificios históricos, y no hay ningún registro sobre los cambios o afectaciones en las edificaciones patrimoniales a lo largo del tiempo (proyecto vlir*CPM*, 2009).

- Falta de conocimiento, entrenamiento y experiencia de los evaluadores. Para llevar a cabo un buen proceso de evaluación de daños, es importante contar con técnicos con amplia experiencia y experticia.
- Subjetividad en las evaluaciones. Los niveles de afectación del muro son definidos en la mayoría de los métodos de evaluación con calificaciones como leve, menor, moderado, medio, severo, grave o fuerte; conceptos que pueden tener una notable variación en su significado según la experiencia de quien los utilice. Por esto, es necesario que la evaluación sea lo más cuantitativa posible (Achig, et al, 2013).
- Falta de un registro de los daños de una manera sistemática, organizada con resultados que puedan ser monitoreados a futuro.

METODOLOGÍA

El modelo propuesto en la presente investigación establece los principales factores que tienen incidencia sobre el estado constructivo del muro de adobe, expresados en un conjunto de variables que representan sus condiciones, y que a su vez son susceptibles de ser identificadas, medidas o cuantificadas. El sistema planteado emplea el análisis multivariado (Malczewski, 1999) para interrelacionar apropiadamente distintas variables y obtener un indicador integrado. Se trata de un método de priorización de variables basado en matrices. La metodología se sintetiza principalmente en las siguientes partes: (i) definición de indicadores y variables que caracterizan el estado constructivo del muro de adobe; (ii) asignación de valores cualitativos y cuantitativos a las variables; y (iii) priorización y ponderación de variables.[12]

A través de la combinación de las variables (Tabla 1), esta investigación desarrolla el sistema para evaluar el muro de adobe. En efecto, el modelo propuesto establece los principales factores que tienen incidencia sobre el estado constructivo del elemento y son: sistema constructivo, geometría del elemento, acciones mecánicas y medio ambiente. Estos indicadores se relacionan directamente con las variables, puesto que para la formulación de las mismas se realizó un estudio exhaustivo del sistema constructivo de un muro de adobe, su geometría, acciones mecánicas que lo puedan afectar y cómo el ambiente incide sobre el mismo. El conjunto de variables representa las condiciones del muro y son susceptibles de ser identificadas, medidas o cuantificadas, descritas, documentadas y valoradas, en términos de su estado de afectación. (Achig, et al, 2013)

Asignación de valores cualitativos y cuantitativos a las variables

Se asigna una calificación dependiendo del daño observado utilizando entre tres y cinco posibles niveles de daño en función de la variabilidad. En primer término se establece una escala cualitativa. La Tabla 2 ilustra las denominaciones utilizadas por el modelo para estas calificaciones. Luego se asocia para cada condición que presenta la variable

[12] Existen dos investigaciones donde se refleja la idea de presentar resultados objetivos para la evaluación de daños. Tesis doctoral *Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post,* de la autora Carreño (2006), donde se propuso un modelo de evaluación de daños en edificios después de un terremoto, basado en técnicas de inteligencia computacional como redes neuronales artificiales y conjuntos difusos; este modelo hace posible una evaluación más exacta de un daño estructural y el riesgo asociado a éste, a través de resultados cualitativos y cuantitativos. Otro estudio que propone una metodología para la evaluación del nivel y magnitud del riesgo es patrocinado por la UNESCO: *Risk management at heritage sites. A case study of the Petra world heritage site* (Paolini et al, 2012), el cual se basa en enfoques cualitativos y cuantitativos planteando la sumatoria de tres criterios: (i) probabilidad o magnitud del daño; (ii) pérdida de valores e integridad; y (iii) porcentaje del área evaluada susceptible a la amenaza y su vulnerabilidad.

un valor cuantitativo, lo cual permitirá aplicar un proceso matemático para determinar de forma integrada un indicador de estado que sintetiza el análisis del muro y por consiguiente permite obtener una valoración global del elemento. La escala cuantitativa indica el nivel de daño en el muro de adobe que va desde 0 hasta 1. El valor 0 indica que se cumple con la condición presentada en la variable o que el elemento no presenta daños; el valor 0,25 indica la presencia de un daño en bajo nivel; los valores 0,5 y 0,75 indican que se está próximo al límite, y finalmente el valor 1 muestra que el límite de la variable ha sido superado y por lo tanto existe un daño eminente. Lo indicado se muestra en la Tabla 2. (Achig, et al, 2013)

Priorización de variables y evaluación del estado constructivo.

De las 20 variables establecidas, el nivel de gravedad está definido por dos de ellas: si el muro es de carga y la magnitud del daño. En las restantes 18 se realiza su priorización y ponderación. El resultado de esta matriz de priorización se puede observar en los ejemplos presentados en las tablas 3 y 4.

De acuerdo al sistema planteado se determinaron los siguientes valores para el nivel de gravedad (puntuación máxima = 50): Muro carga (25): No = 0; Si = 25; Magnitud (25): No = 0; Baja = 6,25; Media = 12,5; Alta = 18,75; Muy Alta = 25.

Los factores obtenidos en la matriz de priorización se utilizan para la determinación del indicador del estado constructivo del muro de adobe aplicando la siguiente relación:

$$IEMA = [(V1*PP1) + (V2*PP2) + (V3*PP3) + \ldots\ldots (V18*PP18)]/2 + GRV$$

IEMA: Indicador integral del estado constructivo de muro de adobe (en porcentaje).

V1→ V18: Valor cuantitativo (ver Tabla 2; valor entre 0 y 1).

PP1→ PP18: Factor de ponderación de cada variable (en porcentaje).

GRV: Nivel de gravedad.

Una vez aplicada la fórmula y determinado el IEMA (Achig, et al, 2013), se procede a establecer la calificación del muro de adobe de la siguiente manera:

Muy alta > 75%	Colapso: Cuando se ha superado el límite de estabilidad física del muro.
Alta de 50 a 75%	Crítico: El muro tiene un alto nivel de afectación, pero es susceptible de ser intervenido.
Media de 25 a 50%	Estabilidad condicionada: El muro presenta daños, pero se mantiene la condición de estabilidad; por lo tanto, se pueden realizar intervenciones para su recuperación.
Baja < 25%	Estable: Sin afectación
No = 0	

Tabla 1. Elemento constructivo, indicadores, variables y descripción de las variables definidas para la valoración del estado constructivo de muros de adobe.

Elemento constructivo	Indicadores	Variables	Descripción
MURO DE ADOBE	Sistema constructivo	1. Esbeltez y grosor del muro	S/L < 6 (muro grueso), = 6-8 (muro moderado), > 8 (muro delgado) (1) S = altura, L = espesor
		2. Conexión entre los muros	Conexión adecuada, conexión parcial, sin conexión (1)
		3. Cargas verticales puntuales	Cargas que se distribuyen de manera uniforme o cargas puntuales (1)
		4. Si el muro es de carga o no	Muros portantes o no portantes (1)
		5. Longitud del muro	No más que 3 m, especialmente si el muro es delgado
		6. La condición de la base del muro	Caracterizado por la erosión basal y contenido excesivo de humedad (1)
		7. Falta de traba en una o dos hiladas verticales	Los muros deben estar trabados tanto horizontal como verticalmente
		8. Falta de traba entre muros	Si un muro no está trabado en la esquina, los muros adyacentes quedan aislados, aumentando la posibilidad de volteo o colapso
	Geometría del elemento	9. Juntas verticales y horizontales con morteros pobres	El mortero en las juntas debe tener la misma resistencia que los adobes, es decir, la misma granulometría
		10. Longitud de dinteles en vanos	Deben traslaparse sobre el muro al menos 40 cm
		11. Longitud de vanos	No deberían exceder de un tercio de la longitud del muro (2)
		12. Distancia entre vanos	La distancia mínima entre vanos es 1,2 m (2)
	Acciones mecánicas	13. Posición de los vanos con respecto a la esquina	Deben ser colocados a un mínimo de 1 m de distancia desde la esquina del muro
		14. Grado de inclinación de un muro de 50 cm de espesor	Poca probabilidad de volteo cuando está desalineado entre 2,5 y 5 cm, y probabilidad de volteo cuando está desalineado 15 cm en presencia de humedad (1)
		15. Muros sin recubrimiento	Muros sin recubrimiento que están expuestos al efecto del viento
		16. Porcentaje o presencia de humedad de los muros	El adobe con la presencia de humedad pierde sus propiedades y se reduce su resistencia
	Incidencia del ambiente	17. Presencia de revestimientos con baja permeabilidad	La presencia de revestimientos rígidos (cemento) no permite que la humedad proveniente del suelo, lluvia, etc., pueda salir.
		18. Presencia de fisuras en los revestimientos con baja permeabilidad al exterior	Permiten que la humedad proveniente de la lluvia o de la cubierta entre al muro de adobe y no pueda salir
		19. Utilización de materiales incompatibles	Ocasiona grietas que debilitan a los muros de adobe
		20. Magnitud (dimensión) del daño (%)	Conocer la dimensión del daño en porcentaje, permite establecer en qué medida los daños están afectando la estabilidad del muro de adobe

Leyenda: (1) Leroy Tolles *y col.*, 2002; (2) Blondet *y col.*, 2003

Tabla 2. Asignación de valores en términos cualitativos y cuantitativos para las diferentes variables.

Variables	Escala cualitativa y cuantitativa									
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
1. Esbeltez y grosor del muro	Cumple S/L < 6	0			Próximo a límite S/L = 6-8	0,5			Supera el límite S/L > 8	1
2. Conexión entre los muros	Adecuada	0			Parcial	0,5			Sin conexión	1
3. Cargas verticales puntuales	No	0							Si	1
4. Si el muro es de carga o no										
5. Longitud del muro	Cumple d < 3 m	0			Próximo a límite d = 3 m	0,5			Supera el límite d > 3 m	1
6. La condición de la base del muro	No	0							Si	1
7. Falta de traba en una o dos hiladas verticales	No	0							Si	1
8. Falta de traba entre muros	No	0							Si	1
9. Juntas verticales y horizontales con morteros pobres	No	0							Si	1
10. Longitud de dinteles en vanos	Cumple l > 40 cm	0			Próximo a límite l = 40 cm	0,5			Supera el límite l < 40 cm	1
11. Longitud de vanos	Cumple v < 1/3 l; v < 1,2 m	0			Próximo a límite v = 1/3 l; v = 1,2 m	0,5			Supera el límite v > 1/3 l; v > 1,2 m	1
12. Distancia entre vanos	Cumple dv < 1,2 m	0			Próximo a límite dv = 1,2 m	0,5			Supera el límite dv > 1,2 m	1
13. Posición de los vanos con respecto a la esquina	Cumple d > 1 m	0			Próximo a límite d = 1 m	0,5			Supera el límite d < 1 m	1
14. Grado de inclinación de un muro de 50 cm de espesor	Cumple i < 5 cm	0			Próximo a límite i = 5-10 cm	0,5			Supera el límite i > 10 cm	1
15. Muros sin recubrimiento	No	0							Si	1
16. Porcentaje o presencia de humedad de los muros	No	0	Bajo	0,25	Medio	0,5	Alto	0,75	Muy alto	1
17. Presencia de revestimientos con baja permeabilidad	No	0							Si	1
18. Presencia de fisuras en los revestimientos con baja permeabilidad al exterior	No	0	Bajo	0,25	Medio	0,5	Alto	0,75	Muy alto	1
19. Utilización de materiales incompatibles	No	0							Si	1
20. Magnitud (dimensión) del daño (%)										

Leyenda: (1) Escala cualitativa; (2) Escala cuantitativa

APLICACIÓN DEL SISTEMA PARA DETERMINAR EL ESTADO CONSTRUCTIVO

Se realizaron varias aplicaciones del sistema en inmuebles patrimoniales. Para el presente ejercicio se ha considerado muros de carga y auto portantes utilizados en cerramientos.

Muros auto portantes utilizados en cerramientos

Para la aplicación del sistema se analizaron los muros de cerramiento del Hospital Mariano Estrella de Cuenca, construido a principios del siglo XX, los que por su longitud y dimensiones constituyen por sí mismos muros patrimoniales. El muro analizado tiene 50 m de longitud y el sistema se aplicó en el centro, en la esquina y en el muro perpendicular de traba, con el fin de analizar los puntos donde cambia el comportamiento frente a las solicitaciones estructurales.

Tabla 3. Determinación del IEMA en el Muro 1 (esquina)

VARIABLES	VALOR CUANTITATIVO DE LA VARIABLE (V)	FACTOR DE PONDERACIÓN (PP)	% (PP)	Valor cuantitativo * Factor de ponderación % (V*PP)
1. Esbeltez y grosor del muro (S/L), relación entre la altura y el espesor	0	0,0735	7,35	0,00
2. Conexión entre los muros y el sistema de cubierta y/o entrepiso (falta de viga collar)	1	0,0643	6,43	6,43
3. Cargas verticales puntuales (cubierta)	0	0,0607	6,07	0,00
4. Si el muro es de carga o no				
5. Longitud del muro. La distancia entre los muros transversales	1	0,0570	5,70	5,70
6. La condición de la base del muro: erosión basal y contenido excesivo de humedad	1	0,0625	6,25	6,25
7. Falta de traba en una o dos hiladas verticales	0	0,0331	3,31	0,00
8. Falta de traba entre muros (esquinas). Muros libres	0	0,0460	4,60	0,00
9. Juntas verticales y horizontales con morteros pobres	0	0,0386	3,86	0,00
10. Longitud de dinteles en vanos		0,0533	5,33	0,00
11. Longitud de vanos		0,0551	5,51	0,00
12. Distancia entre vanos		0,0515	5,15	0,00
13. Posición de los vanos con respecto a la esquina		0,0533	5,33	0,00
14. Grado de inclinación del muro	0,5	0,0901	9,01	4,51
15. Muros sin recubrimiento expuestos al efecto abrasivo del viento	1	0,0386	3,86	3,86
16. Porcentaje o presencia de humedad de los muros de adobe	0,75	0,0643	6,43	4,82
17. Presencia de revestimientos con baja permeabilidad		0,0515	5,15	0,00
18. Presencia de fisuras en revestimientos con baja permeabilidad al exterior		0,0533	5,33	0,00
19. Utilización de materiales incompatibles		0,0533	5,33	0,00
20. Magnitud (dimensión) del daño (%)				
		1,0000	100,00	31,57
		V*PP/2		15,78
	Nivel de gravedad	Muro de carga	NO	0
		Magnitud del daño		18,75
IEMA=Indicador Integral del Estado constructivo de Muro de Adobe (en porcentaje)	**AFECTACIÓN DE MURO**	**Media**		**34,53**

Justificación de los valores asignados por las variables para el muro 1 (esquina)

1. Esbeltez y grosor del muro: Tomando en consideración que S (altura) es 4 m y L (espesor) es 1 m, la relación de esbeltez es de 4, condición que se cumple de acuerdo a la tabla 1; por lo tanto, se le asigna un valor de 0.

2. Conexión entre los muros y el sistema de cubierta y/o entrepiso: no existe; por lo tanto, el valor asignado es 1.

3. Cargas verticales puntuales (cubierta): no existe; por lo tanto, el valor cuantitativo es 0.

5. Longitud del muro. La distancia entre los muros trasversales: el muro no está trabado con elementos de arriostramiento; por lo tanto, supera el límite y se le asigna un valor de 1.

6. La condición de la base del muro: erosión basal y contenido excesivo de humedad: el muro presenta humedad en su base e incluso ha perdido parte del mismo en la esquina; por lo tanto, la calificación es 1.

7. Falta de traba en una o dos hiladas verticales: el muro se encuentra trabado verticalmente, por lo que se le asigna un valor 0.

8. Falta de traba entre muros (esquinas): el muro se encuentra trabado en la esquina, por lo que recibe una calificación de 0.

9. Juntas verticales y horizontales con morteros pobres: el mortero entre los adobes presenta condiciones adecuadas para su función, por lo que se le califica con 0.

10. 11. 12. 13. Las variables longitud de dinteles en vanos, longitud de vanos, distancia entre vanos, posición de los vanos con respecto a la esquina, no se analizan puesto que no se presentan en el muro en estudio.

14. Grado de inclinación del muro: el muro está inclinado 10cm en su esquina, encontrándose próximo al límite (i= 5 – 10 cm) y se le asigna un valor de 0,5.

15. Muros sin recubrimiento expuestos al efecto abrasivo de viento: el muro se encuentra sin sus capas de protección revoque y empañete, correspondiéndole un valor de 1.

16. Porcentaje o presencia de humedad de los muros: la presencia de humedad del muro es alta y le corresponde a un valor de 0,75.

17. 18. 19 Las variables: presencia de revestimientos con baja permeabilidad, presencia de fisuras en los revestimientos con baja permeabilidad al exterior y utilización de materiales incompatibles, no existen en el muro por lo que no se analiza. (Figura 1)

Figura 1 – Muro 1: Cerramiento del Hospital Mariano Estrella, mayo 2015

En la tabla 3 se indica la magnitud del daño alta con un valor de 18,75. Esta magnitud se debe a la presencia de vegetación, grietas, 10 cm de desplome, erosión basal y en el cabezal del muro.

Resultados

Muro 1 (esquina)

Como se puede observar en la tabla 3, al aplicar la fórmula para determinar el IEMA, se obtiene el siguiente resultado para el muro 1 en la esquina:

Muro es de carga	no	0
Magnitud del daño (%)	alta	18,75
IEMA		34,53
Nivel de afectación	media	estabilidad condicionada

Muro 1 (centro)

Analizando el nivel de gravedad se tienen los siguientes resultados:

Muro es de carga	no	0
Magnitud del daño (%)	muy alta	25
IEMA		44,53
Nivel de afectación	media	estabilidad condicionada

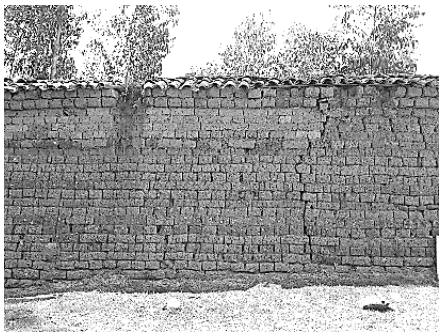


Figura 2 – Muro 1 Centro: Cerramiento del Hospital Mariano Estrella, mayo 2015

La magnitud del daño se consideró muy alta debido a que existe un desplome de 29 cm por falta de contrafuertes, empujes del suelo, presencia de humedades y vegetación parásita. Además, el muro presenta una grieta vertical de 4 cm. (Figura 2)

Muro 2 (esquina) con Muro 1

Analizando el nivel de gravedad se tienen los siguientes resultados:

Muro es de carga	no	0
Magnitud del daño (%)	alta	25
IEMA		44,53
Nivel de afectación	media	estabilidad condicionada

Figura 3 – Muro 2 esquina con muro 1: Cerramiento del Hospital Mariano Estrella, mayo 2015

Esta magnitud del daño se debe a la presencia de vegetación, el desprendimiento del cabezal del muro, la pérdida del entejado, lo cual deja al muro desprotegido frente a la humedad. (Figura 3)

Como se observa, estos resultados no muestran la verdadera situación que presentan los muros analizados, es decir, de gran deterioro. Esto indica que se debe revisar en el sistema la verdadera condición de los muros que tienen únicamente como carga su propio peso.

Muros de carga

Para la aplicación del sistema se analiza un muro de carga (Figura 4) de una edificación patrimonial ubicada en el barrio de El Vado, en la calle Juan Montalvo No. 6-32

Tabla 4. Determinación del IEMA en el Muro 3

VARIABLES	VALOR CUANTITATIVO DE LA VARIABLE (V)	FACTOR DE PONDERACIÓN (PP)	% (PP)	Valor cuantitativo * Factor de ponderación % (V*PP)
1. Esbeltez y grosor del muro (S/L), relación entre la altura y el espesor	0	0,0735	7,35	0,00
2. Conexión entre los muros y el sistema de cubierta y/o entrepiso (falta de viga collar)	0,5	0,0643	6,43	3,22
3. Cargas verticales puntuales (cubierta)	1	0,0607	6,07	6,07
4. Si el muro es de carga o no				
5. Longitud del muro. La distancia entre los muros transversales	1	0,0570	5,70	5,70
6. La condición de la base del muro: erosión basal y contenido excesivo de humedad	1	0,0625	6,25	6,25
7. Falta de traba en una o dos hiladas verticales	0	0,0331	3,31	0,00
8. Falta de traba entre muros (esquinas). Muros libres	1	0,0460	4,60	4,60
9. Juntas verticales y horizontales con morteros pobres	0	0,0386	3,86	0,00
10. Longitud de dinteles en vanos	1	0,0533	5,33	5,33
11. Longitud de vanos	0,5	0,0551	5,51	2,76
12. Distancia entre vanos	0	0,0515	5,15	0,00
13. Posición de los vanos con respecto a la esquina	1	0,0533	5,33	5,33
14. Grado de inclinación del muro	0,5	0,0901	9,01	4,51
15. Muros sin recubrimiento expuestos al efecto abrasivo del viento	1	0,0386	3,86	3,86
16. Porcentaje o presencia de humedad de los muros de adobe	1	0,0643	6,43	6,43
17. Presencia de revestimientos con baja permeabilidad	1	0,0515	5,15	5,15
18. Presencia de fisuras en revestimientos con baja permeabilidad al exterior	0,5	0,0533	5,33	2,67
19. Utilización de materiales incompatibles	1	0,0533	5,33	5,33
20. Magnitud (dimensión) del daño (%)				
		1,0000	100,00	67,19
		V*PP/2		33,60
	Nivel de gravedad	Muro de carga	SI	25
		Magnitud del daño (muy alt		25
IEMA=Indicador Integral del Estado constructivo de Muro de Adobe (en porcentaje)	**AFECTACIÓN DEL MURO**	**Muy Alto**		**83,60**

Resultados

Como se puede observar en la tabla 4, al aplicar la fórmula para determinar el IEMA, se obtiene el siguiente resultado para el Muro 3:

Muro es de carga	si	25
Magnitud del daño (%)	muy alta	25
IEMA		83,60
Nivel de afectación	muy alto	

Figura 4 – Muro 3 de carga: Barrio de El Vado, calle Juan Montalvo No. 6-32

La magnitud del daño se ha considerado muy alta debido a que presenta empujes de la estructura de madera de la cubierta que ha colapsado. Además, el muro presenta humedades en el cabezal y en la base.

El resultado obtenido en este muro sí refleja la verdadera condición del mismo, que se encuentra con riesgo de colapso inminente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La investigación propone el diseño de un sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo de muros de adobe, lo cual resulta esencial para la conservación del patrimonio edificado de arquitectura de tierra desde una visión preventiva para implementar procesos de monitoreo y control antes de que se produzcan daños irreparables en los muros.

La determinación del Indicador Integral del Estado Constructivo de Muro de Adobe (IEMA) constituye una herramienta que permite un acercamiento a la condición de los muros que puede ser manejada por personal no especializado en el tema de la conservación, pero relacionados con la gestión de los sitios patrimoniales. Complementariamente se necesita el apoyo de técnicos con experiencia que puedan calificar el porcentaje de afección existente en el bien.

En una primera etapa se establece con precisión el sistema constructivo, la geometría del elemento, las acciones mecánicas (tabla 1) la incidencia del ambiente, y sus relaciones establecidas a través de variables cuantificables, para obtener el nivel de afectación: muy alto, alto, medio, bajo y sin afectación. Es necesario recalcar que para lograr una mayor confianza de quienes realizan el monitoreo, esta etapa es de gran importancia, pues, al contar con variables cuantificables, las apreciaciones subjetivas no se consideran.

En una segunda etapa es necesaria la participación de quienes han trabajado con muros de adobe desde su materialidad, los sistemas constructivos tradicionales, para poder comprobar el estado constructivo de los muros, determinado de manera cuantitativa con la experiencia. En este momento se plantearían las posibles soluciones a los daños detectados.

La calificación del muro de adobe determinada a través del IEMA, refleja cinco estados de afección: Muy alta, Alta, Media, Baja y Sin afección: estos valores permiten establecer recomendaciones de actuación que dependiendo del caso serán urgentes o a mediano y largo plazo. De esta manera se implementan acciones para la conservación del patrimonio edificado.

Luego de la aplicación del sistema, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Los muros perimetrales generalmente de cerramientos, que no trabajan con otras cargas, sino que soportan su propio peso, deberían considerarse como muros de carga. Entonces en el sistema debería trabajar con un valor unificado de 25.
- Se podría mencionar como un factor negativo para la aplicación del sistema, en su segunda etapa de apreciación del porcentaje de daños, la necesidad de contar con técnicos con experiencia en intervenciones en arquitectura de tierra y patrimonio. El equipo de trabajo plantea que estos expertos pueden ser profesionales, académicos, albañiles o maestros de obra. Esto no es un limitante, sino todo lo contrario, el reconocimiento de los saberes permitirá un correcto monitoreo y control de las edificaciones construidas con muros de adobe.
- El sistema del IEMA está en fase de experimentación, no es un sistema cerrado, por lo que cualquier aporte enriquecerá la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achig, M.C.; Zúñiga, M.; Van Balen, K.; Abad, L. 2013. Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. Revista científica Maskana, Vol. 4, No. 2.

Carreño, M.L., 2006. Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Barcelona, España, 158-176.

Fratini, F., Pecchioni, E.; Rovero, L.; Tonietti, U. 2011. The earth in the architecture of the historical centre of LameziaTerme (Italy): Characterization for restoration. Appl. Clay Sci., 53, 519-516.

ICOMOS, 2003. Charter- principles for the analysis, Conservation and structural restoration of architectural heritage, Zimbabwe. Descargado en julio de 2015 de: http://www.international.icomos.org/charters/structures_e.pdf

Leroy Tolles, E.; Kimbro, E.E; Ginell, W.S. 2002. Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe. The Getty Conservation Institution, Los Ángeles, USA, 160 pp. Descargado de http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/pdf_publications/pdf/seismic_retrofitting_esp.pdf en julio del 2013.

Municipalidad de Cuenca, 2010. Actualización del inventario de las edificaciones patrimoniales del Centro Histórico de Cuenca. Base de datos del inventario a nivel de registro en formato digital. Municipalidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Malczewski, J. 1999. Gis and multicriteria decision analysis. John Wiley & Sons Inc., 393 pp.

UNESCO-ICCROM-ICOMOS, 1994, Nara Document on authenticity, Japan. Descargado de http://whc.unesco.org/archive/nara94.htm en julio del 2015.

Paolini, A.; Vafadari, A.; Cesaro G.; Santana Quintero, M.; Van Balen, K.; Vileikis, O.; Fakhoury,; L. 2012. Risk management at heritage sites. A case study of the Petra world heritage site. UNESCO - Katholieke Universiteit Leuven, Ammán, Jordania, 172 pp.

Piedra, D. 2008. Patologías y sus causas en muros en tierra cruda y cocida en las edificaciones patrimoniales. Tesis de Maestría en Conservación de Monumentos y Sitios, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 81 pp.

Proyecto vlirCPM World Heritage City Preservation Management, 2009. El registro de daños de la edificación patrimonial en la ciudad de Cuenca. Documento no publicado. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Católica de Lovaina - Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 18 pp.

AGRADECIMIENTOS.

Las autoras agradecen a los miembros del proyecto vlirCPM de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, por facilitar información para la realización del presente

trabajo. Un reconocimiento a la memoria del arquitecto Marcelo Zúñiga (+) y al profesor Koenraad Van Balen, coautores del artículo que sirvió de base para la aplicación del sistema para la calificación de muros de adobe.

AUTORAS

María Cecilia Achig Balarezo, magister en conservación de monumentos y sitios, master of conservation of monuments and sites en el Centro Raymond Lemaire en Lovaina - Bélgica; arquitecta; investigadora del proyecto vlir*CPM* (Manejo y Preservación de la Ciudad Patrimonio Mundial) en cooperación con las universidades flamencas; docente de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca.

María de Lourdes Abad Rodas, arquitecta, miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA, especialidades Conservación y Manejo del Patrimonio Arquitectónico Histórico-Arqueológico de Tierra (proyecto Terra Chan Chan), capacitada en el Área de Restauración de Monumentos y Museo, Convento de Santo Domingo (Convenio Ecuador – Bélgica), consultora Proyectos de Restauración, obra nueva de arquitectura de tierra, ganadora de premios de ornato y de patrimonio.

8. DIAGNÓSTICO Y METODOLOGÍA DE INTERVENCIÓN PARA EL ACONDICONAMIENTO ACÚSTICO DE CONSTRUCCIONES EN TIERRA CRUDA: EL CASO DE RESTAURACIÓN DE LA IGLESIA DE SAN PEDRO DE ATACAMA, CHILE

Sergio Alfaro[1]; Massimo Palme[2]; Beatriz Yuste[3]

[1]Universidad Católica del Norte, Escuela de Arquitectura, [1]salfaro@ucn.cl; [2] mpalme@ucn.cl

[3] Fundación Altiplano, bea.yustte@gmail.com

Palabras clave: acondicionamiento acústico, espacios religiosos, arquitectura en tierra

Resumen

La arquitectura histórica de los templos cristianos en la Región de Antofagasta, Chile, posee una variedad de manifestaciones de técnicas y tradiciones constructivas que son muestra de diferentes influencias de la trama transcultural que se han hecho presente en el vasto territorio de la Región de Atacama La Grande. Esta variedad patrimonial queda reflejada a través de los templos cristianos que se sitúan desde el siglo XVI hasta el XX en tres ámbitos distintos: mundo andino, en lo portuario y en lo minero. El actual Templo, un monumento histórico cuya materialidad es tierra cruda, presenta dentro de sus bienes culturales uno de los últimos Órganos Indianos de madera en Chile, que data del 1600, el cual será objeto de restauración por la Fundación Altiplano. Esta pieza será fundamental para el funcionamiento y las propiedades acústicas que adquiera el templo en su proceso de restauración material y cultural. La Escuela de Arquitectura de la Universidad Católica del Norte, elaborará un diagnóstico de las condiciones acústicas del edificio antes de su puesta en servicio, a través de un levantamiento de la geometría de la espacialidad y materialidad del Templo Restaurado. Este proceso se realizará mediante tecnología láser con nube de puntos; una vez obtenido este levantamiento digital, se procederá a utilizar programas de simulación que permitan parametrizar el comportamiento acústico del espacio interior de la nave principal del templo, modelando los efectos de las cualidades materiales de las superficies interiores, la geometría de sus elementos arquitectónicos y la carga de uso, para evaluar los efectos en los distintos momentos del culto religioso. Esta ponencia expone resultados de investigación cualitativa y cuantitativa, estudios de levantamiento en terreno con nuevas tecnologías, y recomendaciones técnicas para prever el comportamiento acústico en un edificio de connotación patrimonial destinado al culto, construido y restaurado en tierra cruda.

INTRODUCCIÓN

El proyecto de restauración de la iglesia de San Pedro de Atacama, a cargo del Gobierno Regional y sub-ejecutado por la Fundación Altiplano, inició sus obras en junio de 2014. El proyecto se ha convertido en un referente de conservación de patrimonio en Chile, al integrar activamente a la comunidad local y regional en la actualización del diseño y en la ejecución de las partidas, en un sistema de Escuela Taller. Los trabajos han contado con la asesoría de especialistas de nivel mundial y el apoyo permanente de una Mesa Técnica Generativa integrada por destacados profesionales de Gobierno Regional, SUBDERE, DAMOP, Municipalidad de San Pedro de Atacama y Universidad Católica del Norte, que ha contribuido a lograr un proyecto participativo y de alto nivel técnico.

La obra de restauración se ha convertido en una instancia transformadora para el poblado y su comunidad. Durante todo el proceso se contó con una alta participación de la comunidad usuaria a través de iniciativas de aprendizaje, toma de decisiones y ceremonias relacionadas con el avance de las obras. Los mismos atacameños y atacameñas fueron los que trabajaron en la restauración de su templo, al tiempo que lograron recuperar y conservar oficios tradicionales de su territorio, con un propósito de desarrollo sostenible para la región. Este proceso de aprendizaje/capacitación culminó

con una certificación técnica para los trabajadores emitida por la Universidad Católica del Norte, que los certificó en competencias de construcción en tierra.

El diseño de restauración de la iglesia de San Pedro responde a la actualización del proyecto existente, elaborado por la empresa Plan Arquitectos entre 2009 y 2010, por licitación de la Dirección de Arquitectura MOP y aprobado por el Consejo de Monumentos Nacionales, en junio de 2010. Tras revisar preliminarmente el proyecto existente y definir junto al mandante las condiciones ideales de trabajo, de acuerdo a la experiencia exitosa lograda en proyectos similares del Plan de Restauración del Conjunto Patrimonial de Iglesias Andinas de Arica y Parinacota, la Fundación Altiplano MSV13, asumió la responsabilidad de sub-ejecutar el proyecto, por medio del convenio celebrado en noviembre de 2013.

La propuesta de intervención del templo responde a una actuación restaurativa integral, respaldada por la conducción y asesoría de profesionales con formación, conceptual y pragmática, en restauración arquitectónica y artística; sumándose la participación de cuadrillas locales con experiencia y adiestramiento en intervenciones patrimoniales (Escuela Taller FAMSV). La intervención está orientada a las siguientes acciones de restauración:

Consolidación de fundaciones: Se realizaron excavaciones sectoriales hasta el punto de contacto con las fundaciones, bajo supervisión arqueológica. Se examinó el estado de las fundaciones y se llevó a cabo un proceso de consolidación. En la consolidación de las fundaciones se realizaron calzaduras con piedra y morteros de cal y arena.

Restauración y reforzamiento de muros y contrafuertes: Se realizó una consolidación integral de los muros de adobe. La consolidación pretendió específicamente el afianzamiento de las capacidades estructurales de los muros y contrafuertes. Tras la liberación de los revoques en el interior y exterior de los muros, se verificaron los daños para evaluar su condición y medida de estabilización. La estabilización consistió en la reparación de grietas con calzaduras de adobes secos, en los casos donde la profundidad de los daños fuera mayor de 4 pulgadas; se aplicó consolidación de revoque de barro cuando la profundidad de los daños era menor de 4 pulgadas e inyección de barro en fisuras. El refuerzo estructural de los muros se realizó mediante enmallado de sogas sintéticas o drizas, incluyendo a los contrafuertes existentes o nuevos.

Restauración de la techumbre: Tras el desarme controlado de la cubierta se procedió a la inspección y restauración de la estructura de par y nudillo. Teniendo como referencia la recuperación de gran parte del material pre-existente, se repararon los materiales antiguos (par y nudillos de madera, uniones clavadas y amarradas con tientos) y se realizaron los ajustes necesarios en el Taller de Carpintería; posteriormente, se aplicó sobre la madera elementos protectores. Se reforzó la viga collar perimetral de todos los ambientes, se fijó a los muros con las sogas verticales y a la cubierta con clavos y tientos; así se logró la eficiente conexión entre cubierta y muros.

Restauración del piso interior: Tras el retiro controlado del pavimento interior de pino Oregón americano en naves y capillas laterales y la identificación de cada pieza, se analizaron y seleccionaron aquellas piezas que se encontraban en buen estado para ser restauradas e integradas.

Terminaciones en muros: Para la implementación de esta partida se consideraron, previamente, las potencialidades ofrecidas por las canteras locales, depósitos geológicos desde donde el equipo de obra se proveyó de tierra, arena y aglutinantes orgánicos. El revoque se aplicó en dos capas, la primera relativamente gruesa (4 cm) y, la segunda, particularmente delgada (0,5 cm).

[13] Acrónimo que significa: Monseñor Salas Valdés.

Restauración y restitución de puertas y ventanas: Previo reconocimiento de la condición patológica de la carpintería de madera, se estimó su desmontaje o trabajo en terreno. Los procesos incidieron en la liberación de adiciones, la restitución de piezas, la recuperación de nivel en puertas de acceso y la consolidación-protección frente a xilófagos y humedades. Complementariamente se realizaron mantenimientos puntuales en los elementos de metal.

Instalaciones: El suministro de energía eléctrica para la iglesia estimó una conexión a la red eléctrica local conforme a las disposiciones del código eléctrico chileno vigente, en plena concordancia con los criterios de sostenibilidad y respeto medioambiental. La propuesta enfatizó el uso de circuitos de iluminación interna y externa, con lámparas tipo.

Se instaló un sistema de alarma adecuado para la seguridad y protección del templo, que incluye la integración de un componente de vigilancia.

Se instaló un sistema de sonido para las celebraciones litúrgicas y costumbres que se lleven a cabo en el templo, de tal manera que la implementación del sistema fue acorde a los criterios y técnicas patrimoniales de la restauración.

Obras exteriores: Para controlar en forma proporcional la conducción de humedades y escorrentías hacia la fábrica principal del conjunto religioso, se ejecutó la adecuación de un sistema de drenaje, realizando el rebaje controlado de los sedimentos acumulados en el atrio del templo, con supervisión arqueológica. El sistema de drenaje consistió en la habilitación de un circuito de canaletas de piedra perimetrales al edificio. Paralelamente se recuperó el pavimento-recorrido de tipo huevillo o canto rodado en el atrio perimetral del templo que contribuye a la adecuada evacuación de aguas lluvia hacia el sistema de canaletas.

Restauración de bienes culturales: Los trabajos de restauración artística comprendieron acciones de conservación preventiva y restauración artístico-estructural. Las capacitaciones a la comunidad de San Pedro de Atacama se implementaron en el transcurso de toda la obra. La cuadrilla de bienes culturales incorporó a gente del lugar y a técnicos de amplia experiencia en el área de conservación y restauración patrimonial. La restauración de bienes culturales comprendió la restauración del retablo del Altar Mayor, cuatro imágenes y un órgano indiano.

Acondicionamiento Museográfico: El templo es por sí mismo una obra de arte y, tomando en cuenta el despliegue narrativo del conjunto religioso, se implementó un circuito patrimonial debidamente señalizado y de carácter interpretativo, evitándose la inclusión de cualquier elemento que restara protagonismo al evidente sentido pedagógico patrimonial del templo.

El nuevo proyecto aplica la metodología desarrollada por la Fundación Altiplano para el Plan Iglesias Andinas de Arica y Parinacota. La intervención se ciñó a los criterios recomendados por las cartas y normas vigentes, y fue el resultado de un análisis lógico multidisciplinario de los principales elementos de valor patrimonial del templo, tangibles e intangibles, así como del estado de conservación de éstos, afectados por daños y causas. El proyecto se elaboró con participación de profesionales de distintas especialidades, representantes de la comunidad, y asesoría de especialistas de alto nivel. Durante el proceso de ejecución, el proyecto fue asistido por una mesa técnica que sesionó mensualmente, integrada por profesionales especialistas del ámbito académico de la región, funcionarios de las instituciones públicas vinculadas al proyecto y representantes de la comunidad usuaria.

La filosofía de intervención patrimonial y preventiva declarada por la Fundación Altiplano buscó ser respetuosa de los valores históricos, estéticos y culturales del conjunto religioso, con especial atención a los usos valores patrimoniales de la comunidad usuaria. Se declaró, además, una intervención remedial, por cuanto asume la acción de

los agentes de riesgo, promoviendo medidas preventivas de acuerdo a las normas nacionales e internacionales, para garantizar que un comportamiento adecuado refrene a la humedad y los sismos.

Las actuaciones de intervención patrimonial asumidas por la Entidad Sub- ejecutora del proceso de restauración patrimonial de este inmueble, se basan en las siguientes estrategias: “territorialidad, investigación multidisciplinaria, autenticidad, mínima intervención, reversibilidad, seguridad, participación comunitaria, restauración como un hito en la conservación histórica del edificio, Escuela Taller. Capacitación y desarrollo sostenible.” (Fundación Altiplano, 2014)

La ponencia que se presenta tiene como objetivo poner en discusión los aspectos de acondicionamiento acústico para precisar las condiciones de funcionamiento de la recientemente restaurada iglesia de San Pedro de Atacama, templo construido con materiales locales en sus muros y techumbres, utilizando técnicas constructivas en tierra cruda, estructuras de techumbre de maderas de “Chañar” y “Algarrobo”, cielos elaborados con tablillas de cactus “Cardón” y pisos de madera de “Pino Oregón”, este último un material introducido en el norte de Chile a propósito de la explotación salitrera. Todos estos materiales, la geometría y proporciones del espacio constituyen las variables a ser discutidas en la presente ponencia, a propósito de la celebración y los ritos del culto religioso que se desarrollan en la liturgia y en las fiesta conmemorativas del templo.

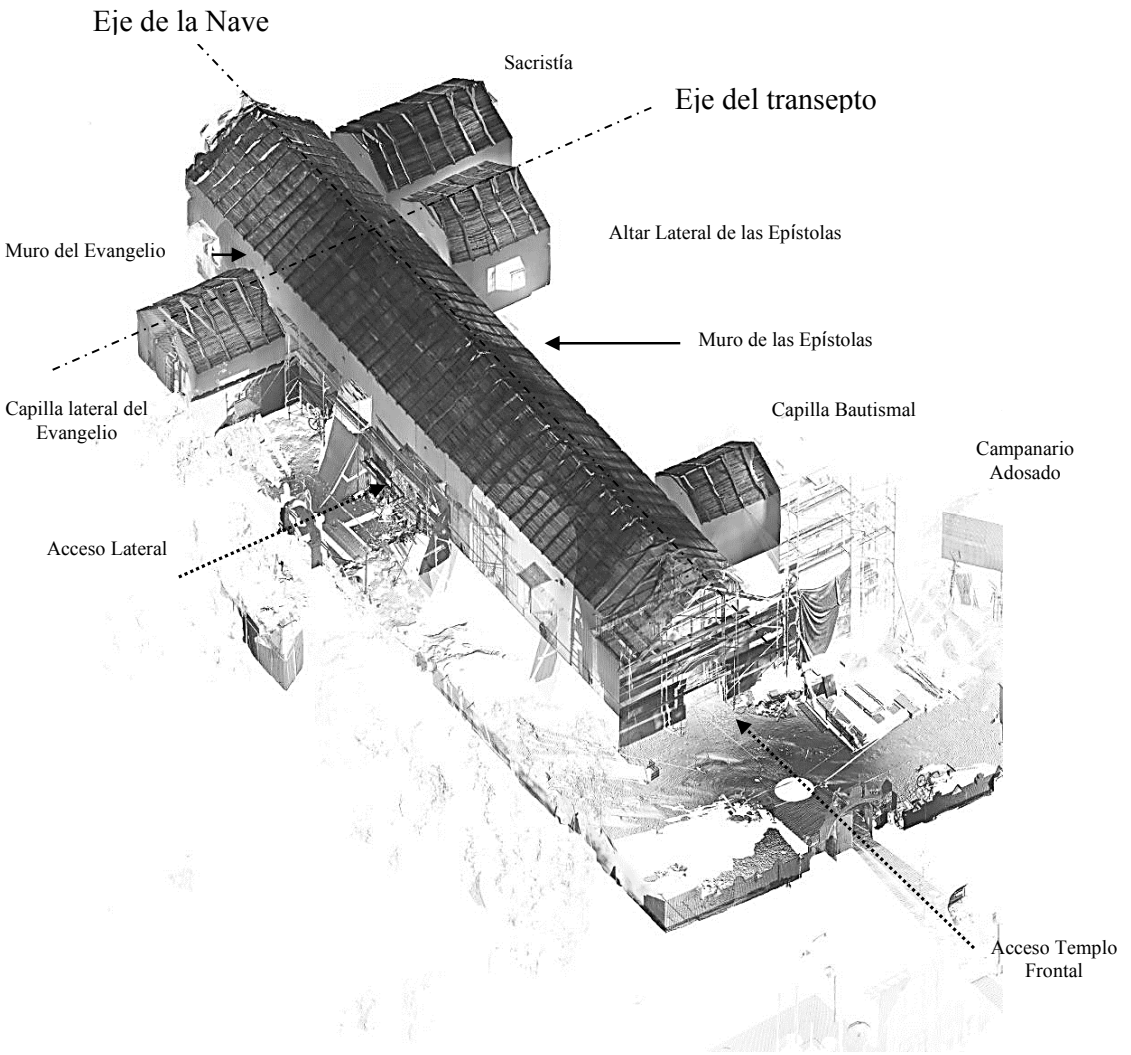


Figura 1. Imagen 3D del proceso de escaneo interior de la Iglesia con la muestra de los ejes principales y capillas laterales a la nave (Crédito: Caquisane[14], 2015)

Dentro de las características evolutivas del tamaño y la configuración del espacio del templo de San Pedro de Atacama, esta serie de cambios se han relacionado con la acción de sucesivos efectos sísmicos e incendios, de los cuales se da cuenta en el libro Rescate del Patrimonio Material Más Antiguo de la Región de las iglesias precordilleranas a los templos urbanos (Núñez; González; Galeno, 2010). Según el recuento de eventos el actual templo de San Pedro de Atacama. Para Núñez, González y Galeno (2010, p. 48)

> Si bien se reconoce que los primeros españoles pasaron por el oasis en 1536 con el conquistador Diego de Almagro que retornaba hacia el Cuzco, se ha considerado el antecedente del origen que indica que el conquistador Pedro de Valdivia, en su viaje de la conquista de Chile, estuvo dos meses en Atacama, desde el 15 de junio al 15 de agosto de 1540, habiendo ordenado la fundación del primer templo... Esa primera capilla, con los sucesivos crecimientos correspondería, dentro de la actual estructura, a los crecimientos del "presbiterio, los transeptos y la parte principal de la nave, los que habrían sido construidos en una fecha entre 1540 y 1557, pero destruidos en un gran

[14] José Caquisane, Laboratorio de Lasermetría, Escuela de Arquitectura Universidad Católica del Norte

incendio en 1839, de los cuales se mantendrían las bases, como lo ha indicado Casassas.

Por otro lado, el investigador Roberto Montandón ha indicado que el actual templo se habría construido en 1774, lo que debe corresponder a una gran ampliación de la capilla inicial. Esa fecha debe hacer referencia a una descripción completa del templo hecha por Fray Lorenzo Caballero, el 12 de octubre de 1774, como lo indica Lezaeta en su Libro de Fundaciones. Montandón coincide en su reconstrucción entre 1839 y alrededor de 1843, con las medidas de 41 metros de largo por 7,5 de ancho, definiendo la mayor nave de esta región. Si tomamos como referencia la vara de burgo: 0,835905 m, la principal de las unidades utilizadas, esas medidas corresponderían a 49 x 9 ¼ varas.

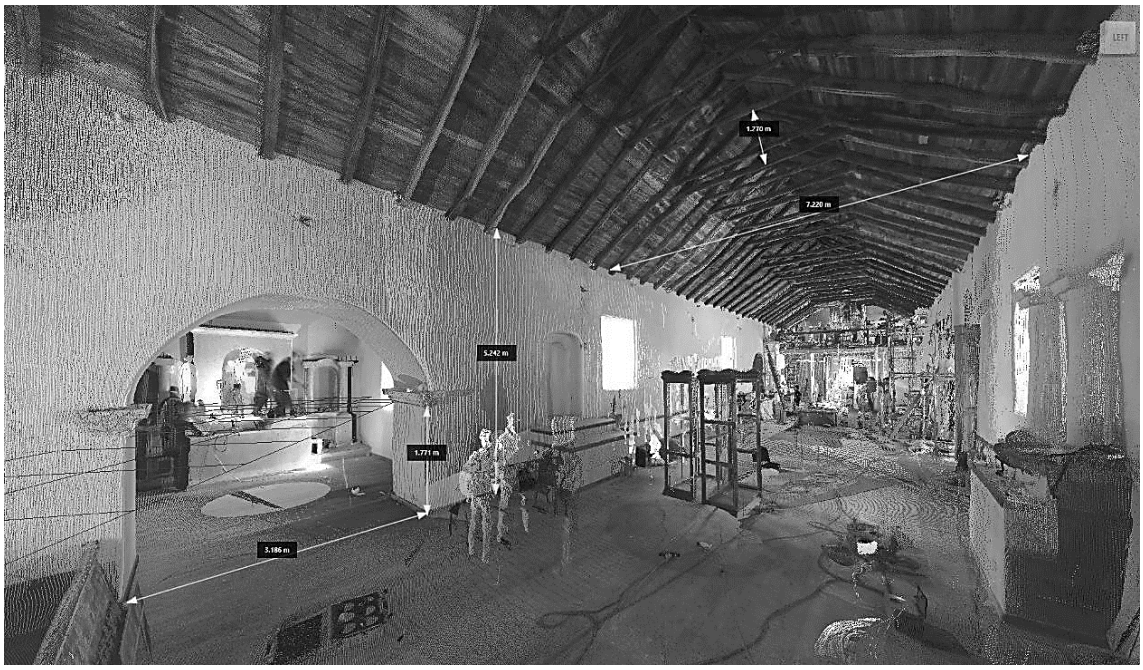


Figura 2. Imagen 3D del proceso de escaneo interior de la Iglesia[15]. (Crédito: Caquisane, 2015)

[15] Muestra medidas interiores de la nave principal, en el fondo de la imagen se aprecia el coro de madera, lugar de ubicación del órgano Indiano

Figura 3. Imagen 3D del proceso de escaneo interior de la Iglesia[16]. (Crédito: Caquisane, 2015)

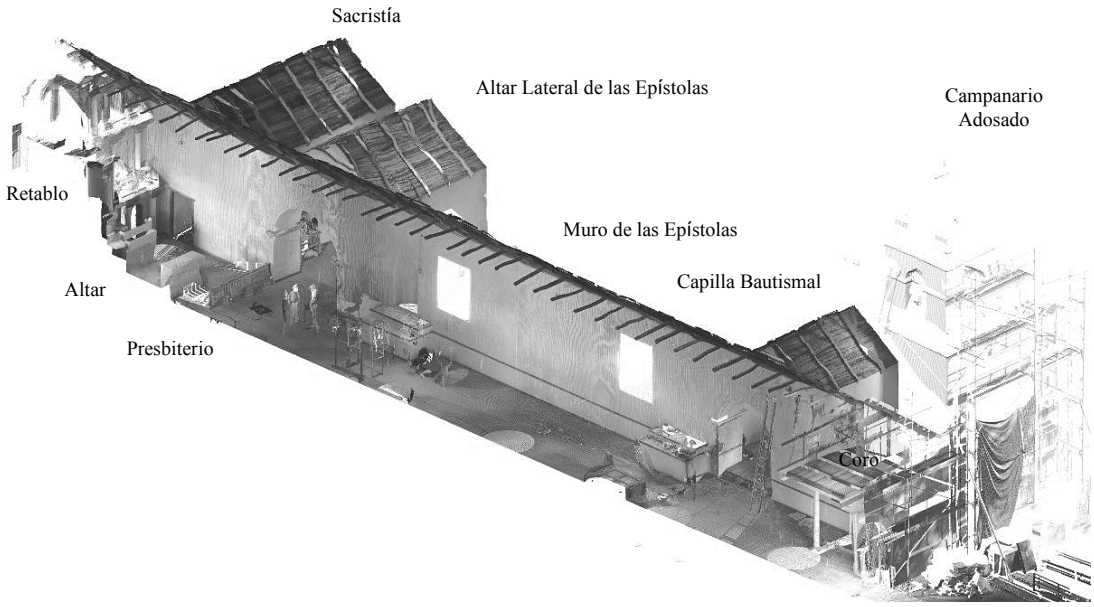


Figura 4. Muestra sección longitudinal interior del muro de las Epístolas. (Crédito: Caquisane, 2015)

[16] Muestra medidas interiores de la nave principal, vista en planta. La medida longitudinal interior indica 38,50 m, medida que sumada al espesor promedio de los muros de adobe correspondiente a 1,20 m arroja un largo total de la nave cercana a 40,9 m, lo que indicaría que los datos aportados por Ricardo Montandón serían correctos.

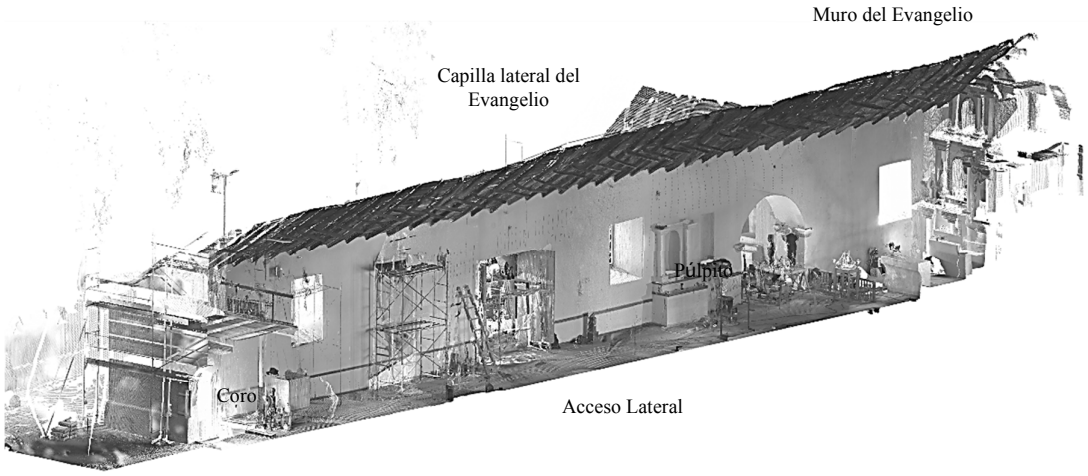


Figura 5. Muestra sección longitudinal interior del muro del Evangelio. (Crédito: Caquisane, 2015)

El templo que en su actual proceso de restauración patrimonial consideró no sólo la realización de los oficios religiosos, sino que además acoge de manera significativa el culto y la devoción de sus fieles a la veneración de sus santos y patronos. La puesta en valor de este patrimonio material consideró dentro de su programa de recuperación la restauración del órgano indiano de 250 años aproximados de antigüedad, el instrumento volvió a sonar luego de 120 años de silencio en un concierto de música colonial americana en el coro del templo restaurado que se abrió a la comunidad el 27 de junio para la celebración de su patrono San Pedro. Este evento requería determinar cuál era la condición acústica del espacio ceremonial de la nave central del templo, para lo cual se presenta en adelante el resultado de esta investigación desarrollada con el uso de programas de simulación acústica basado en el análisis de datos numéricos y gráficos que permiten visualizar la calidad de los efectos de la emisión y recepción acústica de los estímulos auditivos dentro del templo.

DIAGNÓSTICO ACÚSTICO

La Iglesia de San Pedro de Atacama presenta, según observaciones directas y sensación declarada por muchos visitantes, excesos de reverberación que impiden una buena participación de las ceremonias religiosas. Al mismo tiempo, se detecta cierta dificultad para hacer llegar el sonido hacia los puntos más alejados de las fuentes. Normalmente, los oradores se ubican o bien en el púlpito para las lecturas, o a la altura del altar. La zona más alejada resulta, por lo tanto, la zona cercana a la entrada principal de la iglesia. En las figuras 6 y 7 se puede observar la iglesia durante el proceso de restauración, destacando las paredes de tierra cruda, que presentan un acabado muy liso y por lo tanto coeficientes de absorción muy bajos.

Figura 6. Vista del púlpito y del altar (Crédito: Alfaro, 2015)

Figura 7. Vista de la puerta de acceso y del coro (Crédito: Alfaro, 2015)

Para verificar el fundamento físico de las observaciones reportadas, se realizaron simulaciones del funcionamiento acústico de la iglesia con el software Ecotect de Autodesk. El software permite obtener los tiempos medios de reverberación del espacio, una vez que se hayan introducido los siguientes parámetros de entrada: coeficientes de absorción de los materiales, por grupos de frecuencia; volumen ocupado; cantidad de personas y mobiliario; superficies interiores desarrolladas. En figura 8 se puede observar el modelo realizado con la herramienta y en tabla 1 se aprecian las propiedades acústicas de las superficies consideradas.

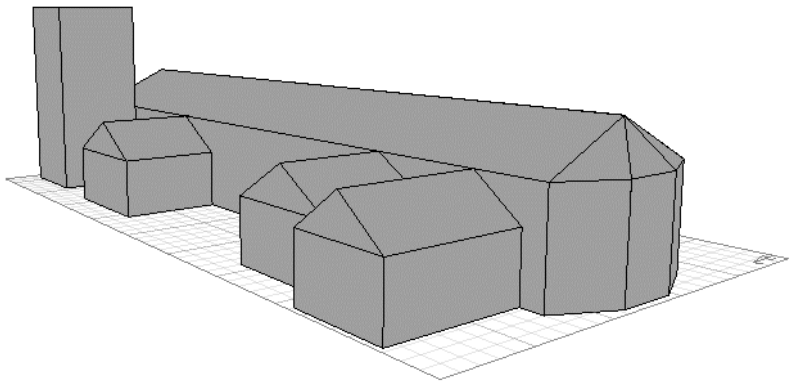


Figura 8. Modelo Ecotect del edificio (Crédito: Caquisane, 2015)

Tabla 1. Propiedades acústicas de los materiales

Elementos	Absorciones (%) por frecuencias (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Paredes	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06
Techo	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06
Suelo	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,07	0,07	0,04
Ventanas	0,17	0,14	0,09	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Puerta	0,18	0,14	0,12	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
Bancas	/	/	0,25	0,20	0,04	0,04	0,04	/	/
Personas	/	/	0,61	0,75	0,86	0,91	0,86	/	/

La cantidad de personas estimada para la simulación fue de 50, por un total de 100 asientos en las bancas (50% de ocupación). Los valores de absorción fueron obtenidos desde la base de datos de Ecotect (Marsh, 2000) y desde la revisión bibliográfica más general (Neila, 2008; Flores et al, 2013). La evaluación del tiempo medio de reverberación fue calculada en Ecotect a través de la ecuación (1) de Millington-Sette, que permite una buena aproximación a los resultados experimentales:

$$T_{MR} = 0{,}161 \frac{V}{-\sum_i S_i \times \ln(1-\alpha_i)} \qquad (1)$$

Donde: V: volumen interior

Si: superficie interior i

αi: absorción acústica de la superficie i

En la figura 9 se muestran los resultados de la simulación de los tiempos de reverberación con los parametros descritos. Se puede apreciar como el espacio es más reverberante de lo recomendable (mucho más, en realidad), especialmente en el rango de frecuencia de los sonidos más bajos, entre 63 Hz y 1000 Hz. En ese rango de frecuencias, solamente los vanos (ventanas, puertas, espacio entre las bancas) pueden aportar un mínimo a la absorción general del sonido. En las medias y altas frecuencias, las personas aportan mucha absorción, pero los materiales de la iglesia (especialmente las paredes) no contribuyen prácticamente en nada a la reducción de la reverberación. Los valores recomendables para escuchar la palabra y la música en ambientes de pequeño volumen, son de 0,95 y 1,6 segundos respectivamente (Neila, 2008; Serra; Coch, 1998; Arau, 2012). La simulación Ecotect muestra para la iglesia de San Pedro unos valores de entre 3,5 y 9 segundos de reverberación, verificando de tal manera las sensaciones de los usuarios de eco y dificultad para entender la misa.

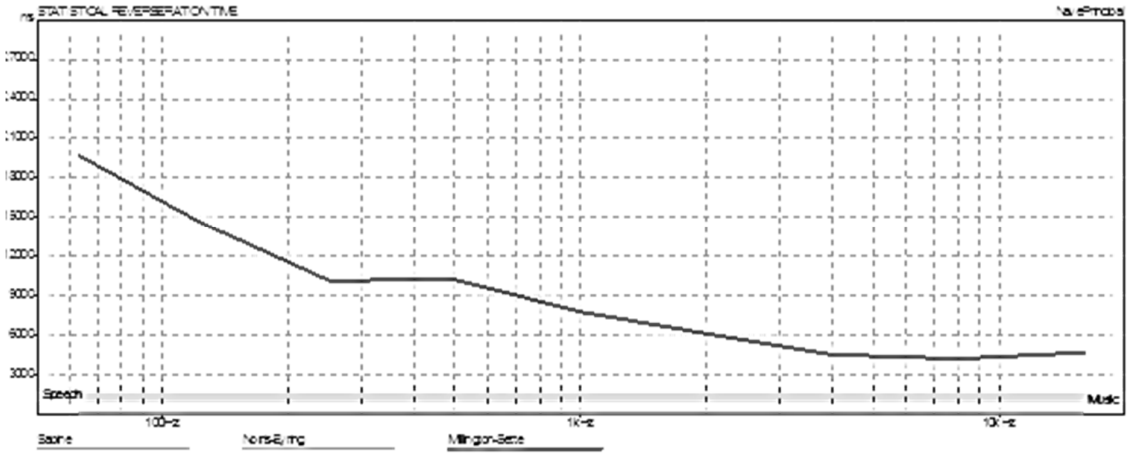


Figura 9. Tiempos medios de reverberación calculados con Ecotect

La otra característica relevada es la asimétrica distribución del sonido en la larga nave de la iglesia: cerca de la fuente sonora se presenta una buena llegada del sonido directo (que viene después distorsionado en parte por la reverberación), mientras que en el fondo de la iglesia hay prevalentemente sonidos reflejados. Las figuras 10 y 11 evidencian esta distribución.

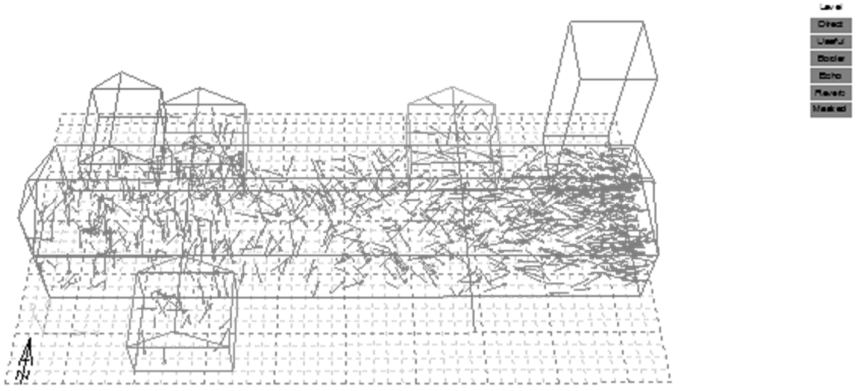


Figura 10. Rayos acústicos simulados con Ecotect

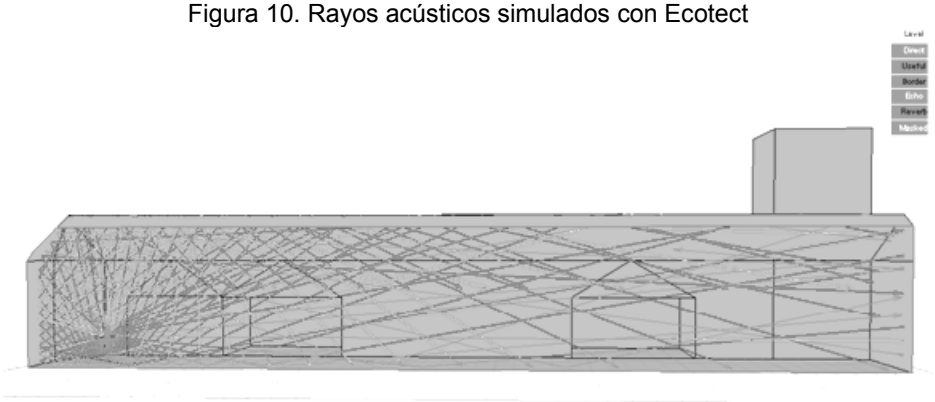


Figura 11. Densidad de rayos acústicos en las diferentes zonas

RESTAURACIÓN

Para obviar a las situaciones relevadas (asimetría en la distribución del sonido y reverberación muy elevada), se simularon algunas soluciones teóricas al problema, para pasar después a unas propuestas prácticas de intervención.

Paneles absorbedores en las paredes y en el techo

Como primera opción se consideró la instalación de paneles en las paredes laterales y en el techo de la iglesia, que tengan un perfil de absorción del sonido como el representado en la tabla 2. Estos paneles, que tienen una absorción de mediana y alta frecuencia, pueden ser de diferente tipología, desde madera perforada con diferentes diámetros de hueco (absorbedores de Helmoltz) o absorbedores porosos. Una situación parecida pudiera obtenerse también con decoraciones que aporten cierta irregularidad superficial.

Tabla 2: Propiedades acústicas de los paneles considerados

Elementos	Absorciones (%) por frecuencias (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Paredes	0,03	0,03	0,05	0,1	0,3	0,5	0,6	0,6	0,4
Techo	0,05	0,08	0,1	0,25	0,43	0,55	0,7	0,7	0,5

Con la instalación de paneles como los considerados, las simulaciones realizadas llevan el tiempo medio de reverberación del espacio dentro de los parámetros recomendables. Las figuras 8, 9 y 10 muestran los valores obtenidos desglosados por frecuencias, destacando que la intervención en el techo podría ser algo más efectiva que en las paredes y que lo más recomendable sería intervenir, tanto en paredes como en techo, para obtener valores cercanos a 0,95 segundos, tiempo óptimo para percibir la palabra.

Reflectores detrás de la fuente

La otra solución recomendada es la instalación de reflectores detrás y alrededor de la principal fuente sonora, que necesita ser reforzada y proyectada hacia el fondo del volumen de forma directa, sin rebotes en las paredes, que generan excesiva reverberación (y hasta eco flotante). Los reflectores podrían ser de madera muy lisa, y deberían colocarse constituyendo un pequeño ángulo con la fuente, de manera de proyectar hacia el fondo pero no lateralmente. También se debería considerar la colocación de reflectores arriba de la fuente, inclinados lo suficiente para alcanzar la zona más alejada de la iglesia.

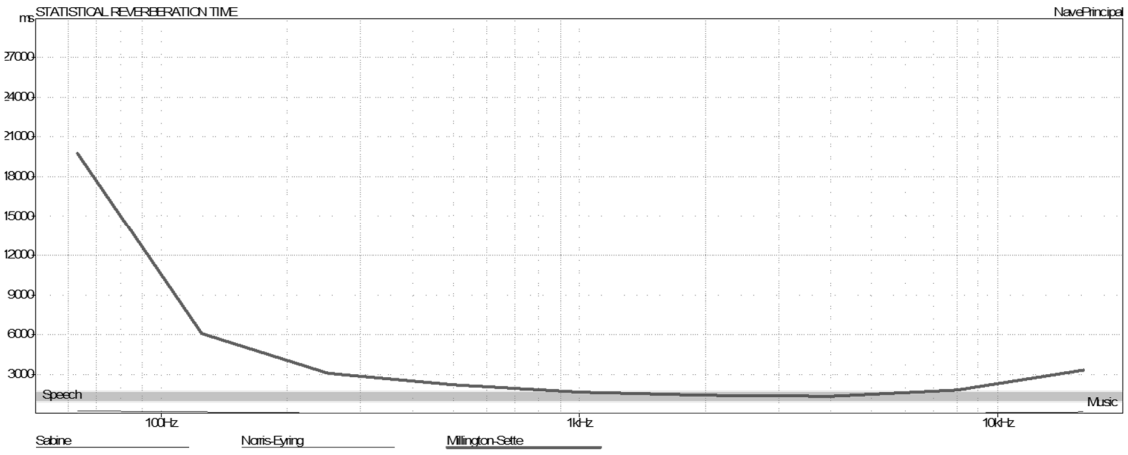


Figura 12. Tiempos medios de reverberación calculados con absorción en las paredes.

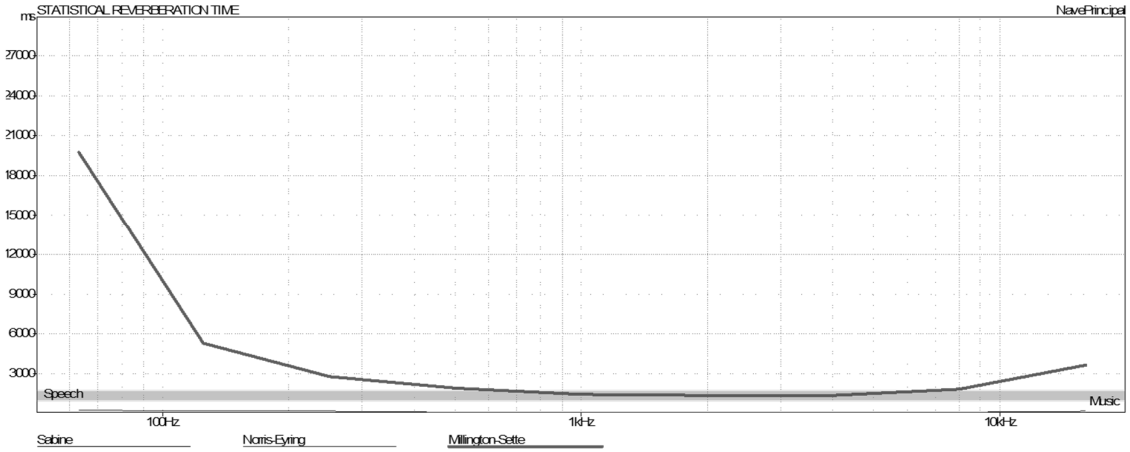


Figura 13. Tiempos medios de reverberación calculados con absorción en el techo.

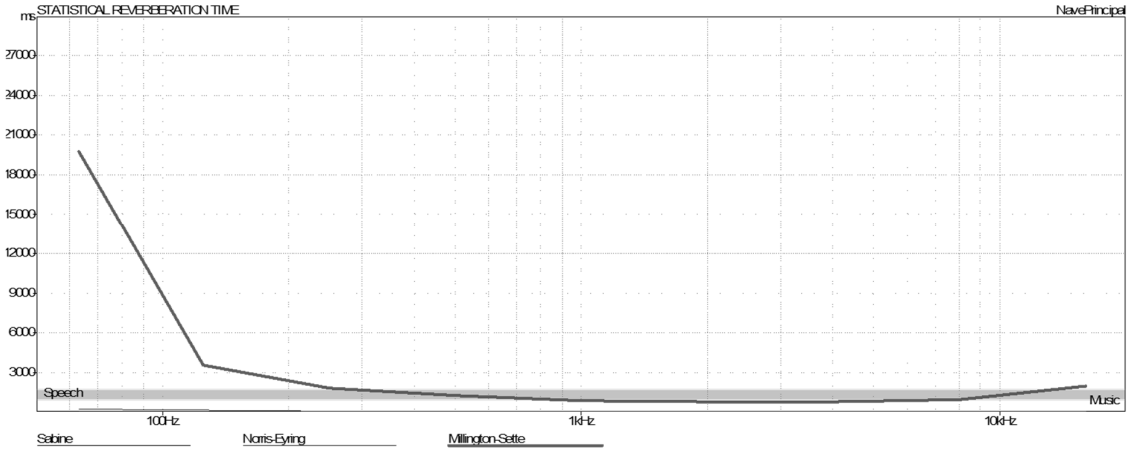


Figura 14. Tiempos medios de reverberación calculados con absorción en las paredes y el techo.

REGISTRO FOTOGRÁFICO PUESTA EN SERVICO DEL ÓRGANO INDIANO

Texto de la invitación al Primer Concierto: La restauración del órgano indiano de 250 años aproximados de antigüedad ha sido ejecutada por el maestro organero Carlos Valdebenito y financiada parcialmente por el Gobierno Regional de Antofagasta, Municipalidad de San Pedro de Atacama y Fondo del Fomento de las Artes FONDART del Consejo Regional de la Cultura y las Artes Antofagasta. El instrumento sonará luego de 120 años de silencio y tocará en conjunto con la orquesta Syntagma Musicum un concierto de música colonial americana en el coro del templo restaurado que se abrirá a la comunidad el 27 de junio para la celebración de su patrono San Pedro.

Figura 15. Izquierda: trabajo del Organero Carlos Valdebenito en el altillo del coro de la Iglesia de San Pedro de Atacama en el mes de Julio de 2015. Derecha: ajustes en el sistema de clavijero del órgano (Crédito: Alfaro, 2015)

Figura 16. Izquierda: afiche del primer concierto del órgano luego de su proceso de restauración. Derecha: noche del concierto del 27 de junio de 2015. (Créditos: Fundación Altiplano; Alfaro, 2015)

CONCLUSIONES

El relevamiento mediante el uso de tecnología 3D permitió obtener la nube de puntos y modelar la malla tridimensional del cuerpo del espacio de la Iglesia en su fase de terminaciones; con ello se obtuvo el registro y la información del estado actual de la Iglesia, las deformaciones de los muros y la real geometría de los elementos arquitectónicos y el mobiliario principal del edificio, determinando con exactitud su influencia sobre el comportamiento acústico del espacio, análisis que se desprendió de los dibujos en corte y representaciones isométricas obtenidos del inmueble. Conocer los tamaños de cada uno de los elementos estructurales, arquitectónicos, posibilitaron el diagnóstico y análisis mediante el uso de softwares capaces de procesar datos que arrojan un modelamiento, en este caso, de interés acústico, que permita establecer las mejores estrategias para la rehabilitación funcional del templo y proponer estrategias remediales para mejorar las condiciones acústicas del edifico.

Las construcciones en tierra cruda pueden presentar un comportamiento acústico muy reverberante, especialmente cuando las superficies interiores son muy lisas, como es el caso de la iglesia de San Pedro. Obviar este comportamiento no es cosa sencilla si se

quiere preservar la estética de la construcción. La más obvia estrategia de acondicionamiento correspondería a la colocación de materiales absorbedores en las paredes, combinando esta intervención con la puesta en obra de paneles de reflexión en el techo para dirigir el sonido hacia el fondo. Si se busca preservar la apariencia original de las paredes y también las vigas a la vista en el techo, se sugiere intervenir con el mobiliario, la decoración y la colocación de paneles móviles, tanto absorbedores como reflectores, para ser utilizados según más convenga en función del aforo al espacio y la ubicación de las fuentes sonoras. La propuesta de instalación de altavoces, se considera no adecuada, porque incrementaría el sonido directo (intervención que no es necesaria) sin llegar a resolver el problema del fondo; es más, podría causar más distorsión en el sonido debido a la reverberación del ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arau, I. (2012). Increasing the acoustic volume of performance spaces without altering the internal dimensions. Acta Acustica united Acustica, Vol 98, p. 309-316.

Flores, M. D.; Ferreyra, S.P.; Cravero, G. A.; Budde, L.; Longoni, H. C.; Ramos, O. A.; Tommasini, F. A. (2013). Base de datos de coeficientes de absorción sonora de diferentes materiales. Mecánica Computacional Vol. XXXII, p. 2901-2908.

Fundación Altiplano, (2014): Proyecto de restauración de la Iglesia de San Pedro de Atacama. http://restaurasanpedro.cl/proyecto.php

Marsh, A. (2000). Ecotect Manual.

Neila, J. (2008). Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Munilla-Lira Ed. Madrid

Núñez, Lautaro, González, J. y Galeno, C. (2010). Rescate del patrimonio material más antiguo de la región de las iglesias precordilleranas a los templos urbanos. Ediciones Fondo Nacional de Desarrollo Regional, F.N.D.R., 2% Cultura, Año 2009. CORE, II Región Antofagasta.

Serra, R; Coch, H. (1998). Arquitectura y energía natural. UPC Ediciones, Barcelona.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Católica del Norte y a la Fundación Altiplano

AUTORES

Sergio Alfaro es Arquitecto por la Universidad Católica del Norte y Doctor en Proyectos de Innovación Tecnológica por la Universidad Politécnica de Cataluña, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. Sus líneas de investigación incluyen evaluaciones de impacto ambiental y huella de carbono, desarrollo de nuevas tecnologías de producción, reutilización y reciclaje de materiales, arquitectura para la emergencia, sistemas constructivos y estructurales tradicionales e innovadores, es integrante de la RED ARCOT, Arquitectura y Construcción en Tierra, Cátedra Unesco, en Chile, que agrupa a 8 Escuelas y Facultades de Arquitectura en Chile junto a la Fundación Jofré.

Massimo Palme es Ingeniero en Materiales por la Universidad de Trieste, Italia y Doctor en Arquitectura, Energía y Medioambiente por la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. Desde 2010 dicta la cátedra de “Luz y Sonido” para la carrera de arquitectura de la Universidad Católica del Norte. Conduce investigaciones en las áreas de la simulación de desempeño de edificaciones y del acondicionamiento ambiental de la arquitectura y los espacios urbanos.

Beatriz Yuste es Arquitecta por la Universidad Politécnica de Valencia, Magister en Arquitectura, energía y medio ambiente. Actualmente se desempeña profesionalmente como Arquitecta en la Restauración de la Iglesia de San Pedro de Atacama. Posee una trayectoria y experiencia profesional en el área de la Restauración desde 2011 con el Plan de restauración de iglesias andinas de Arica y Parinacota, a cargo de Fundación Altiplano, Chile.

9. CONSOLIDACIÓN DE MURO DE ADOBE EN EL PASAJE LEÓN

Max Cabrera[1]; Dániaba Montesinos[2]; María Tommerbakk[3]

Áreas Históricas y Patrimoniales, GAD Municipal del Cantón Cuenca, Cuenca, Ecuador,

[1]maxcabrerarojas@hotmail.com; [2]daniaba74@hotmail.com; [3]mtommerbakk@cuenca.gob.ec

Palabras clave: Pasaje León, patrimonio, arquitectura de tierra, centro histórico, adobe.

Resumen

El patrimonio cultural fomenta la diversidad, característica fundamental para el mantenimiento de la vida, en contraste con una cultura global que se impone desafiante frente a las iniciativas locales que persiguen la resiliencia de las comunidades. Un alto porcentaje de las edificaciones del centro histórico de Cuenca son de tierra. Es, por tanto, prioritario que las instituciones destinadas a salvaguardar el patrimonio establezcan directrices y desarrollen metodologías y soluciones innovadoras para difundir y alentar la preservación, a nivel de la población civil, siendo de capital importancia que el sector público ejemplifique estas actuaciones. En este documento se exponen las acciones que permitieron la conservación de uno de los elementos característicos del Pasaje León: los muros de adobe. Este inmueble patrimonial destinado al comercio, debido a rasgos arquitectónicos remarcables se convierte en un hito significativo dentro del desarrollo urbano del barrio de San Francisco y del centro histórico de Cuenca. Históricamente representa una visión singular del sector comercial para ofrecer un espacio creativo para el intercambio de bienes y servicios en una época determinada de la evolución de la ciudad. Desde su construcción hasta la actualidad ha registrado múltiples transformaciones que han repercutido en los hábitos de los usuarios y en las dinámicas del barrio. Dichos trabajos, especialmente al interior, comprometieron severamente la calidad ambiental y la habitabilidad inicial del edificio. No obstante, la tipología y originalidad que identifican una época, se mantienen a pesar de las presiones debidas a la ocupación. En razón de ello es adquirido por la Municipalidad de Cuenca, quien ejecuta las obras de restauración, rehabilitación y adaptación al nuevo uso, proponiendo alternativas notables durante el proceso de puesta en valor.

INTRODUCCIÓN

El centro histórico de Cuenca se define, entre otras características, por los materiales de las edificaciones y sus tipologías. La tierra era la materia prima, mientras que los patios interiores garantizaban la calidad ambiental y la habitabilidad de los inmuebles. Así, se vuelve prioritaria la conservación y recuperación de materiales y técnicas constructivas tradicionales, como estrategia medular para garantizar la singularidad de cada cultura, considerando que, con cada demolición o sustitución de elementos únicos, se compromete la esencia del edificio, traducida en su autenticidad y originalidad. Asimismo, los elementos primigenios de un inmueble permiten identificar la fecha aproximada de construcción, información requerida para construir la historia de los pueblos (Peñaranda, 2011). Finalmente, el aporte contemporáneo de la conservación de arquitectura de tierra (Magwood, 2014b) a la adaptación al cambio climático se verifica incrementando la vida útil de elementos que, de ser reemplazados, supondrían importantes intercambios energéticos que se sumarían al actual agotamiento de los recursos y a la polución de los ecosistemas.

Historia del Pasaje León

El valor de los edificios patrimoniales, evidentemente se liga al valor histórico, no sólo del inmueble sino de su entorno. Consecuentemente y en concordancia con las normas internacionales y la legislación local que exige un estudio histórico previo a la intervención de las edificaciones, el Pasaje León fue restaurado luego de un detenido análisis de los datos históricos vinculados al edificio y su entorno inmediato: la Plaza de San Francisco. Las aproximaciones históricas se ligaron al análisis antropológico y

arqueológico, de manera que el proceso de restauración fue integral, con fundamentos científicos que amplían la lectura del inmueble y la comprensión del lugar.

El Pasaje León, edificado para ser el primer pasaje comercial de la ciudad (Ochoa; Molina, 2011, p. 38) guarda estrecha relación con la Plaza de San Francisco que, desde el siglo XIX, adquirió su vocación de centro de intercambio, acogiendo semanalmente al mercado de la ciudad (AHM, 1844). Posteriormente se perfiló como un espacio de concentración de varios tipos de comercio, entre ellos artesanales (Ochoa; Molina, 2011, p.8). El mercado era popular (Franklin, 1945, p. 190) y contrastaba con la elegancia del edificio.

Un hombre de negocios vinculado a las exportaciones de sombreros de paja toquilla, imaginaba en este espacio la posibilidad de una actividad comercial innovadora, dirigida hacia un público de mayor nivel adquisitivo. Víctor León Almeida, luego de su matrimonio con Lastenia Delgado, hija de una de las familias exportadoras de la ciudad, tuvo la oportunidad de viajar a Europa y EE.UU. visitando los pasajes comerciales y embebiéndose de tendencias arquitectónicas diferentes al modelo tradicional resultante de la colonia; experiencias que plasmó en el edificio de su ciudad natal (Aguilar, 1933, s/p).

El Pasaje León no fue un hecho aislado, entendiéndose dentro de un proceso estético y cultural de Cuenca, denominado “afrancesamiento”, en función de la admiración hacia la cultura europea, especialmente a la francesa y que se cristalizó en la renovación arquitectónica del sector inmobiliario de la época (Espinoza; Calle, 2002). Cuenca no fue la única ciudad que registró este fenómeno, contrariamente, y debido a su aislamiento geográfico, el afrancesamiento se instaura de manera tardía en relación a otros lugares del continente. Sólo al crecer la economía de ciertas familias en función de las exportaciones de cascarilla y de sombreros de paja toquilla, fue posible renovar y modernizar la pequeña ciudad colonial (Kennedy, 1987, p. 38).

Este desarrollo estético y cambio en el gusto de los cuencanos, provocado por la asimilación de influencias estéticas diversas, historicistas en general y neoclásicas en especial, se aglutinó con el uso de materiales tradicionales y métodos constructivos ancestrales. Este proceso mimético, generado como una reacción ante lo tradicional, español y colonial (Kennedy, 1987, p. 40), resultó en formas de expresión arquitectónica locales que fusionaban lo propio con lo extraño, en un producto propiamente cuencano. La restauración del Pasaje León no podía desconocer este proceso del que forma parte.

Características arquitectónicas

Circunscribiendo la descripción del inmueble a su espacialidad arquitectónica y a su materialidad principal, el Pasaje León se compone de una crujía frontal en tres niveles, emplazada en la calle Presidente Córdova, cuyo único acceso, se prolonga 46,30 m hacia la parte posterior en forma de un pasaje de 6,30 m de ancho. En torno a este espacio se agrupan linealmente habitaciones, en dos niveles.

Los muros que confinan el inmueble son mixtos, de ladrillo y bahareque en la crujía frontal; mientras que, las crujías interiores ubicadas en torno al pasaje, son de bahareque en el nivel superior y de ladrillo en la planta baja.

En la parte posterior del pasaje, en ambos niveles, no existen habitaciones y un muro de adobe, delimita el inmueble, figura 1. Este artículo recopila las acciones ejecutadas para conservar este elemento.

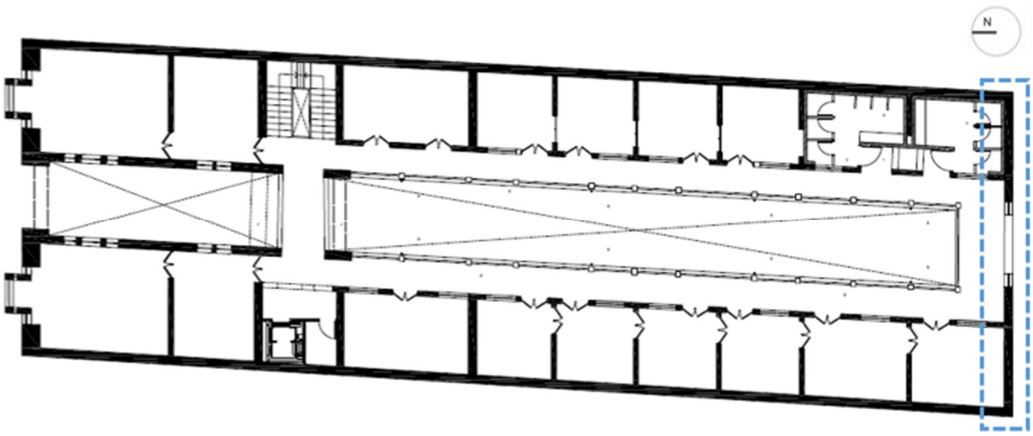


Figura 1. Plano del Pasaje León, planta alta, en donde se señala el muro intervenido.
Crédito: Baquero, 2014

Estado actual antes de la puesta en valor

El proyecto ejecutivo se constituyó en el fundamento de las actuaciones tendientes a devolver el valor a este inmueble. Contiene enfoques distintos, tal es el caso del estudio de restauración arquitectónica, el estudio técnico complementario, elementos decorativos, información histórica, etc. No obstante, se carecía del diagnóstico del estado actual al momento de la intervención, de elementos estructurales específicos e importantes para la estabilidad del inmueble, debido a la ausencia de exploraciones durante la ejecución de los estudios. A ello se suman consideraciones presupuestarias y del plazo establecido, que determinaron una variante a las metodologías formales descritas posteriormente. Adecuando éstas a los recursos existentes, se busca establecer las características técnicas del muro, las causantes del deterioro, así como las posibilidades de invalidarlas y, finalmente, se proponen alternativas de conservación adecuadas para ese caso puntual.

Se parte de la información histórica que suministra datos importantes sobre las intervenciones. Una de las más significativas es la implantación de baños en el nivel superior de la parte posterior del pasaje, junto al muro de adobe (figura 2). Este equipamiento estaba en uso al momento de la intervención y causaba el deterioro de los elementos arquitectónicos colindantes al generar humedad, además de requerir, al momento de su implantación, de elementos que precisaron de perforaciones en el muro.

Paralelamente, se entiende el edificio como un documento histórico in situ, capaz de arrojar datos acerca de los acontecimientos causantes de su deterioro actual. En este sentido, es clave la experticia del equipo de profesionales para la lectura eficaz de los indicios presentes en el elemento, así como fundamental, el conocimiento del funcionamiento de los materiales y sistemas constructivos que originan el bien patrimonial. Como apunta Terán (2004, p.111), es preciso entender a la perfección su "…composición química y mineralógica, cómo trabaja, las características, sus propiedades, las fallas materiales, posibles defectos de manufactura, comportamiento y tiempo de vida útil de los materiales y técnicas de construcción, así como el trabajo estructural de los monumentos históricos". Como resultado de la observación de anomalías en el muro de adobe, se establecieron las causas del deterioro actual. El diagnóstico revela la pérdida de la traba entre el dicho elemento y los muros perimetrales de las crujías ubicadas al este y al oeste del pasaje, en ambos niveles, así como deterioro en la cara exterior como resultado de factores climáticos (figura 3). Las afecciones se detallan en la tabla 1.

Figura 2. Cara interior del muro luego de la liberación de los baños en el nivel superior, el revoque de barro indica el resane de las áreas afectadas. Crédito: Baquero, 2014

Figura 3. Estado de la cara exterior del muro al momento de la intervención. Crédito: Baquero, 2014

Tabla 1. Afecciones en el muro de adobe

Muro de adobe	Afecciones	Causas
Cara interior	Destrucción de los adobes y del revoque en el pie del muro	Humedad
	Perforación del muro, en planta baja, para colocación de bajante de agua servida de los baños ubicados en planta alta	
Cara exterior	Desprendimiento del revoque de cal	Erosión por lluvia y viento
	Desprendimiento de revoque de barro	
Muro	Falta de traba con los muros de las crujías laterales (muro de ladrillo en planta baja y muro de bahareque en planta alta), en ambos niveles	Vibraciones
	Colocación de ventilación para los baños, en planta alta y de tubería sanitaria, en ambas plantas	Perforaciones

METODOLOGÍA

El objetivo general de la intervención es devolver el valor al Pasaje León, mientras que el objetivo específico de este artículo es exponer los resultados de aplicación de la metodología utilizada para la conservación de un elemento significativo, como es el muro de adobe ubicado en la parte posterior.

Se ponderan algunas aproximaciones metodológicas para diagnosticar el estado de los muros de adobe, las cuales resultaron en aproximaciones a las soluciones a emplear. Coincidiendo y participando de la técnica propuesta por Terán (2004), se precisa del estudio histórico del inmueble para determinar, tanto las condiciones originales como las

afecciones actuales. Paralelamente se detectan las causas del deterioro y la factibilidad de estabilizarlas o eliminarlas, considerando siempre la accesibilidad de los recursos y del personal para efectuarlas (Vera, 2010). Achig y otros (2013) proponen un sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo de muros de adobe, en donde los agentes que causan las afecciones del muro y sus condiciones son expresadas en variables susceptibles de medición. Este sistema correlaciona las variables, precisando el estado constructivo de un muro de adobe y sentando las bases para acciones futuras de conservación, especialmente orientado a operaciones preventivas. Estas aproximaciones se completan con el sistema experimental de ensayo y error utilizado por la arquitectura tradicional, en donde la cuencana no es la excepción. Como apunta Magwood (2014a, p. xviii)… "los humanos somos increíblemente buenos refinando ideas y técnicas. A través de la repetición, ganamos el conocimiento que nos permite mejorar el proceso cada vez que lo utilizamos".

La metodología utilizada considera elementos de las técnicas citadas con anterioridad, limitada por los recursos para la recolección y verificación de datos, por la experticia de los profesionales y de la mano de obra y, finalmente, está fuertemente condicionada por los plazos de ejecución. Los datos históricos fundamentan las liberaciones que restituyeron la tipología del bien patrimonial y suprimieron una de las causas del deterioro del muro posterior, en este caso puntual: los baños en planta alta. En función de la experticia y capacidad de los profesionales a cargo de la obra y en base a la observación, se diagnosticaron las afecciones, determinando si éstas siguen actuando o se ha anulado su efecto sobre el elemento y la posibilidad de revertirlas o minimizarlas, planteando soluciones hipotéticas. Al existir varias alternativas referentes a los materiales y técnicas destinadas a la conservación de los distintos elementos de un inmueble, se evaluaron las características de cada una en función de las condiciones específicas de este proyecto concreto, no obstante, no se efectuaron pruebas in situ. La elección final de los materiales y las técnicas utilizadas se argumentó en los principios teóricos de la restauración, en las condiciones económicas del proyecto, en la experticia de la mano de obra contratada, en la factibilidad de contar con el equipo y las herramientas necesarias, y en las características del material a usar. Adicionalmente se sumaron condicionamientos de tipo legal establecidos en los términos de entrega de la obra, pues el barro carece de aditivos que aceleren el proceso de secado para cumplir con los plazos exigidos. No obstante, la consideración mayor fue de tipo climatológico, pues los materiales tradicionales, así como los contemporáneos tienen comportamientos distintos en función de factores como la temperatura, humedad relativa y la acción directa del sol, del viento y de la lluvia.

PUESTA EN VALOR DEL PASAJE LEÓN

Las propuestas para la conservación, buscan eliminar y estabilizar las causantes del detrimento del muro y se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Acciones de conservación en el muro de adobe

Muro de adobe	Afecciones	Causas	Acciones de conservación
Muro	Falta de traba con los muros de las crujías laterales (muro de ladrillo en planta baja y muro de bahareque en planta alta), en ambos niveles	Vibraciones y diferencia de rigidez en los muros de acuerdo a su materialidad	Llaves de madera entre el muro de adobe y los de bahareque, llaves de madera que conectan las vigas del entrepiso con el muro de adobe, en toda su longitud
	Colocación de ventilación para los baños, en planta alta y de tubería sanitaria, en	Perforación	Calzadura con ladrillo

	ambas plantas		
Cara interior	Desprendimiento del revoque de cal	Humedad	Calzadura con ladrillo
	Colocación de bajante de agua servida de los baños ubicados en planta alta		Retiro de baños y liberación de agregados
Cara exterior	Desprendimiento del revoque de barro y del revoque de cal	Erosión por lluvia y viento	Fabricación de alero a nivel de entrepiso (figura 8) y de lagrimero en donde inicia el deterioro del muro, resane del barro con cisco de teja (figura 7), malla metálica y reposición de revoques: tierra y cal, empaste al fresco con empañete, calzadura del pie del muro con ladrillo de obra

Para retornar la estabilidad y solidez del muro de abobe, una de las principales acciones se materializó en la conexión con los muros perimetrales. Llaves de madera establecieron nuevamente el vínculo perdido, evitando el desplazamiento de los muros en el futuro y reintegrando su condición estructural. Las llaves de madera utilizadas en la unión del muro de adobe y de bahareque en el nivel superior se aprecian en la figura 4.

La humedad generada por los baños en el nivel superior, en la parte posterior del inmueble, comprometió significativamente la capacidad de carga de las vigas de entrepiso, debido a procesos de pudrición de la madera. Se reemplazó todo el envigado del corredor en planta alta y las nuevas vigas se prolongaron, atravesando el muro, para conformar el alero de protección exterior; estas piezas de madera se denominan vigas llaves. Las vigas de las habitaciones colindantes al muro y al corredor, estaban en sentido opuesto y en óptimo estado, en función de lo cual se conectan vigas de menor longitud, en relación a las reemplazadas, con la última pieza original y en sentido perpendicular, asimismo, atravesando el muro para conformar el alero exterior. El trabajo se complementa con soleras y anclajes de madera que estabilizan el sistema, repartiendo las cargas para evitar esfuerzos puntuales sobre la parte inferior del muro (figuras 5 y 6). Estas acciones conectan el muro de adobe, protegiendo su cara exterior (figura 9).

Figura 4. Llaves de madera en el nivel superior, entre muros de adobe y muros de bahareque. Crédito: Baquero, 2014

Figura 5. Vigas llaves en la cara exterior del muro de adobe. Crédito: Baquero, 2014

Figura 6. Vigas Llaves, cara exterior del muro. Crédito: Baquero, 2014

Figura 7. Parte superior del muro finalizada, colocación de cisco de teja. Crédito: Baquero, 2014

Figura 8. Fabricación de alero a nivel de entrepiso. Crédito: Baquero, 2014

Figura 9. Muro terminado. Crédito: Baquero, 2014

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La aplicación de metodologías reconocidas por su efectividad, dentro del ámbito de la restauración, es limitada en Cuenca, debido a los escasos recursos y capacidades. No existen instituciones públicas ni privadas que otorguen servicios destinados a la evaluación científica y cuantificación de daños en un elemento de tierra, en especial, en bienes patrimoniales.

Una obra de restauración en tierra tiene un alto grado de incertidumbre, especialmente si se consideran los materiales y elementos constructivos de difícil acceso o cubiertos por capas, por espacios o elementos agregados o por recubrimientos. La evaluación y el diagnóstico, en casos similares, precisan de calas y prospecciones mayores. En este escenario, la aplicación rigurosa de una metodología es utópica y, en términos prácticos, se establecería una metodología específica para cada proyecto, combinando los diversos factores que condicionan una intervención o, en su defecto, la metodología debe caracterizarse por la flexibilidad y evolucionar para adaptarse al objetivo final, en función de los resultados arrojados por cada exploración, durante el mismo proceso de intervención.

El diagnóstico se efectúa conforme a observaciones carentes de comprobación técnica, en cuyo caso las propuestas de conservación se basan exclusivamente en la experiencia, sensibilidad y profesionalismo del equipo encargado de la restauración. Estos factores ponen en tela de juicio el resultado y la garantía de la intervención en un elemento de tierra, pues se argumentan, en parte, en factores subjetivos.

El proyecto ejecutivo de restauración ofrecía información parcial sobre el inmueble, con una ausencia significativa en cuanto al diagnóstico y a las propuestas para la conservación del muro de adobe en la parte posterior del pasaje. En función de ello, se estableció una metodología de valoración de daños y actuación, durante el proceso constructivo, con las consecuentes limitantes legales de tiempo y presupuesto, al no existir rubros destinados a tal fin, ni conocer previamente el tiempo de preparación y secado requeridos, por los trabajos en tierra para dicho elemento.

La elección de los materiales y técnicas para conservar el muro, resultó de un balance entre, los más adecuados de acuerdo a la condición de dicho elemento y la oferta del mercado comercial. Condicionantes de tiempo y factibilidad descartaron las soluciones más adecuadas, por ejemplo, la calzadura del muro con adobes, pues se dificulta su adquisición en el comercio y el proceso de colocación debido al secado del mortero de las juntas, es prolongado.

Los trabajos detuvieron las alteraciones del muro, devolviéndole la solidez original e implicaron el uso de resanes y consolidantes. En las uniones entre elementos originales y nuevos se evidenciaron grietas durante el proceso de intervención, resultado de las diferencias de temperatura y humedad entre las áreas unidas, así como de procesos de asentamiento y ajuste de un elemento nuevo en uno existente. Fue posible minimizarlas utilizando un aditivo plastificante, en este caso el acetato de polivinilo (cola blanca) que une el barro original con el nuevo. No obstante algunas continúan debido al acelerado proceso de ejecución de la obra que no consideró el proceso natural de secado de la tierra, por ejemplo, en la cara exterior del muro de adobe.

Las obras de restauración en un bien, así como la construcción de una nueva edificación, son procesos integrales en donde una acción repercute en el resto de la obra. En este sentido, la conservación del muro de adobe en el Pasaje León no puede entenderse como un hecho aislado y depende de las intervenciones en los demás elementos, sobre todo en los que están en contacto directo.

La conservación del muro es el resultado de las acciones de consolidación, cuya efectividad se verificará con el tiempo, posibilitando evaluar objetivamente la viabilidad de la aplicación de estas labores en casos futuros con afecciones similares.

Como se evidencia en la figura 4, el estado original del muro en la franja superior es óptimo, destacándose la adecuada conservación, sobre todo de los recubrimientos y de la pátina, debido al alero superior. Entendida la pátina como el envejecimiento natural de los materiales, ésta se convierte en una protección natural, evitando y ralentizando el deterioro (Terán, 2004), surgen así algunas reflexiones. El diseño es un factor decisivo para la conservación de la arquitectura de tierra, evitando el deterioro causado por la

lluvia y los agentes atmosféricos, en este caso, el alero de proyección no corresponde a la proporción del muro y las acciones de intervención contemplan, además del arreglo del alero existente, la fabricación de uno nuevo a nivel del entrepiso, así como de un lagrimero en el límite natural de protección del alero original. Dichos elementos garantizan la conservación del elemento en el tiempo, en detrimento de la lectura histórica y la percepción del bien patrimonial, ¿en qué escenario, acciones similares, se convierten en la solución adecuada? Según el estudio histórico, el inmueble que acoge al Pasaje León no terminó su construcción, ¿es posible que el diseño original del muro considerara elementos de protección adicionales? De acuerdo al adecuado estado de la franja superior del muro, ¿es aceptable intervenir solamente en las partes afectadas, dejando íntegra solamente la parte superior como testigo del paso del tiempo?, sin embargo, dada la ubicación de la pátina, en una parte exterior, de difícil visibilidad y de su falta de protagonismo dentro del bien como conjunto ¿es factible tal acción? El empaste comercial de carbonato de calcio es la receta general de los constructores actuales para el acabado final, previo a la capa de pintura, empleándose indiscriminadamente en muros de varios materiales, resultando apariencias similares. ¿Cómo diferenciar muros y elementos de tierra de otros fabricados con materiales estandarizados?

El mayor desafío que enfrenta la tierra, como material de construcción, en un mercado inmobiliario que exige plazos acelerados, es el proceso de secado, tanto en la fabricación de elementos como en su colocación mediante morteros de tierra. Es posible mecanizar la preparación de este material (Snell; Callahan, 2009), pero ¿es factible acelerar el secado? En varios estudios y trabajos experimentales se mezcla la tierra con cemento o con cal y en algunos casos con asfalto, entre otros objetivos, para acelerar el proceso de secado; sin embargo, es necesario un seguimiento para determinar su compatibilidad a lo largo del tiempo y en distintos escenarios. ¿Es posible utilizar elementos mecánicos que aceleren el secado?, al igual que hornos para secar la madera. De todas maneras, usando procesos activos para el secado, así como materiales con alta energía incorporada para acelerar este proceso natura, se desvirtúa y se sub aprovecha el verdadero potencial de este material: edificaciones con bajo o nulo impacto ambiental, sanas y confortables, posibles de construir con mano de obra local no especializada y con presupuestos accesibles a sectores sociales vulnerables y con un alto grado de independencia en relación al sistema financiero actual.

CONSIDERACIONES FINALES

Al seguir las recomendaciones de las metodologías citadas, que exigen la elección de los materiales y tecnologías basados en análisis científicos que, contemplan consideraciones complejas vinculadas a varias ciencias del saber, se limita la posibilidad de aplicarlas con rigor. Pese a que una adaptación metodológica flexible, en función de las condicionantes del proyecto y del medio, culmine en elecciones idóneas y adecuadas, la decisión final se ajusta en función de la accesibilidad a los materiales y técnicas, la experiencia de la mano de obra y condiciones legales como el tiempo de entrega de la obra y el presupuesto. Muchas veces, y en términos generales, la intervención ejecutada no es la correcta, comprometiendo la conservación del elemento de tierra o proporcionando soluciones temporales.

No obstante, en este caso en particular, se adquirieron nuevas experiencias para intervenir en muros de adobe con herramientas metodológicas y prácticas adaptadas a la realidad cuencana.

Es preciso crear capacidades en los profesionales que ejecutan los presupuestos y cronogramas, de manera que se incluyan las condiciones y requerimientos naturales de los materiales y sistemas constructivos de tierra, sobre todo en edificaciones existentes.

El producto final es un muro de adobe recosido con varios elementos de características distintas al material original. Durante el proceso constructivo se evidenciaron grietas o fisuras de dimensiones variables, dependiendo de las condiciones específicas de cada recalce o resane. Estas fallas se subsanaron en capas superiores, no obstante se predice su aparecimiento futuro, pues el muro en su conjunto ha de estabilizarse en el tiempo y como componente de un edificio, debe su permanencia al comportamiento de los elementos restantes. En este sentido, el muro proporcionó una experiencia de aprendizaje, en donde quedaron al descubierto los distintos materiales y procesos que lo esculpieron a lo largo del tiempo. Como corolario de esta experiencia ilustradora surge la siguiente reflexión, ¿es posible buscar maneras nuevas e innovadoras para otorgar vigencia a la construcción en tierra, otorgándole las características requeridas para competir en el mercado inmobiliario actual?

La disponibilidad de laboratorios y demás requerimientos para la investigación científica en arquitectura de tierra, en el sentido estricto de la palabra, es limitada y está solamente en las universidades; por ello se consideran igualmente válidas las actuaciones basadas en metodologías empíricas o en experiencias específicas. Es preciso apoyar iniciativas, tanto de la población civil como de instituciones no académicas, que aporten activamente en la conservación de edificaciones patrimoniales, especialmente en aquellas construidas en tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Archivo Histórico Municipal (1844). Libro de Cabildo L. 3M2-27-86, f. 343v.

Achig B., María Cecilia; Zuñiga L., Marcelo; Van Balen, Koenraad; Abad R., Lourdes (2013). Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. Cuenca: Maskana, vol. 4, n° 2.

Aguilar, N. (1933). Víctor León Almeida: Apuntes de su vida. Amor y dolor a la memoria del Sr. Dn. Víctor león Almeida. Cuenca: Tip. Del Tren.

Espinoza, P.; Calle M. (2002). La cité cuencana: el afrancesamiento de Cuenca en la época republicana (1860- 1940). Cuenca: Universidad de Cuenca.

Franklin, Albert B. (1945). La ciudad de Cuenca. En: Compilación de crónicas, relatos y descripciones de Cuenca y su provincia, Luis A. León (comp). Centro de Investigación y Cultura, 1983, tercera parte. Cuenca: Banco Central del Ecuador p.185- 219

Kennedy, A. (1987). Continuismo y discontinuismo colonial en el siglo XIX. Trama no. 45, Quito, pp. 37- 44.

Magwood, Chris (2014a). Making better buildings: a comparative guide to sustainable construction for homeowners and contractors. Toronto: New society publishers.

Magwood, Chris (2014b). The last straw, the international journal of straw bale and natural building: how clay plaster migth save the world. Disponible en http://thelaststraw.org/clay-plaster-might-save-world/. Consultado en 07/04/2015.

Ochoa, F.; Molina, B. (2011). Informe de investigación antropológica Plaza de San Francisco barrio de San Francisco de Cuenca, Investigación Histórica Pasaje León. Proyecto Urbano-Arquitectónico para la rehabilitación de la plaza San Francisco y áreas colindantes. Cuenca: Ilustre Municipalidad de Cuenca.

Peñaranda Orías, Ligia (2011). Conservando nuestro patrimonio, manual para la conservación del patrimonio arquitectónico habitacional de Sucre. Bolivia: U.M.M. Patrimonio histórico – PRHHS.

Snell, Clarke; Callahan; Tim (2009). Building green: a complete how-to guide to alternate building methods, earth plaster, straw bale, cordwood, cob, living roofs. New York: Lark books.

Terán Bonilla, José Antonio (2004). Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. México D.F.: Conserva N° 8.

Vera Guerrero, Noel (2010). Rehabilitación de la antigua estación ferrocarrilera de San Miguel Ometusco. Puebla: Universidad autónoma de Puebla.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Gustavo Lloret Orellana, Tatiana Pérez y María Teresa Baquero por su importante aporte en las fotografías, asimismo por facilitar los datos principales para la realización de este artículo.

AUTORES

Max Cabrera Rojas, arquitecto con especialidad en restauración de monumentos, arquitectura y urbanismo, en Cuzco, Perú. Libre ejercicio profesional, actualmente asesor del departamento de áreas histórica del GAD municipal de cantón Cuenca. Primer premio nacional en la bienal panamericana de arquitectura de Quito 2004 y 2008, ediciones XIV y XVI.

Dániaba Montesinos González, arquitecta, máster en bioclimática con especialidad en construcción sostenible, en la universidad politécnica de Cataluña, España y en the endeavour centre, Peterborough, Canadá; miembro de global straw building network discussion forum GBSN; ex profesora universitaria; consultora de arquitectura bioclimática y sostenible; libre ejercicio profesional. Actualmente trabaja en la unidad de investigación de la dirección de áreas históricas y patrimoniales del municipio de Cuenca.

María Tommerbakk, licenciada en artes visuales y magíster en artes con mención en teoría y filosofía del arte, en la universidad de Cuenca. Investigadora en temas históricos para proyectos de restauración de inmuebles patrimoniales de la ciudad de Cuenca. Actualmente trabaja en la unidad de investigación de la dirección de áreas históricas y patrimoniales del municipio de Cuenca.

10. PLAN PILOTO DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA APLICADO A LAS VIVIENDAS DE SUSUDEL (2011-2012) Y LA INTERVENCIÓN EN EL CEMENTERIO DE SUSUDEL (2013)

Fausto Cardoso Martínez

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Proyecto vlir***CPM***, fausto.cardoso@ucuenca.edu.ec

Palabras clave: trabajo comunitario, Susudel, patrimonio, técnicas ancestrales

Resumen

Hay un patrimonio en los países andinos, que históricamente ha permanecido subvalorado, disminuido, minimizado. En el Ecuador este patrimonio se ve amenazado por: la migración, la idea de una modernidad concretada en nuevos sistemas constructivos, progreso o prestigio social, la falta de mantenimiento, la pobreza. Los planes usualmente aplicados por las instituciones del Estado, que facilitan –y exigen- la aplicación de ciertas tecnologías y materiales, en detrimento de las sabidurías y capacidades propias del lugar, con visiones asistencialistas y muchas veces políticas, con miopía histórica y cultural lo que contribuye a la configuración de sociedades que pierden la perspectiva de lo colectivo para privilegiar la solución de sus problemas o aspiraciones individuales, con frecuencia compitiendo, rivalizando con el vecino. Bajo estas consideraciones, la problemática abordada en las experiencias *3=5: "*Plan Piloto de Conservación Preventiva aplicado a las viviendas de Susudel (2011-2012), y la Intervención en el Cementerio de Susudel (2013)", no sólo es un tema de tecnologías, de patrimonio, sino de sociedad, de valoración de prácticas de convivencia humana que existen aún en el país, pero que, conjuntamente con el patrimonio, tienden a languidecer y a extinguirse. ¿Puede el patrimonio constituirse en un elemento de fortalecimiento y cohesión social?, ¿pueden las prácticas ancestrales de trabajo colectivo, convertirse en aliadas para la conservación del patrimonio cultural edificado? ¿Puede integrarse a este proceso una visión ejecutiva, planificadora, que potencie las capacidades y los recursos existentes en función de la consecución de objetivos tangibles, pragmáticos, que permitan proyectar el patrimonio rural y su conservación en la perspectiva de nuevos y alentadores procesos de conservación? Las dos experiencias que se presentan en este artículo, dan una clara respuesta a las interrogantes abiertas anteriormente y muestran con claridad la consolidación de un proceso de trabajo colectivo entre varios actores, ordenado y participativo con resultados sorprendentes.

1 INTRODUCCIÓN

Los Planes Piloto de Conservación Preventiva aplicados a las viviendas de Susudel (Campaña Susudel-2011–Casas) y al cementerio de Susudel (Campaña Susudel-2013-Cementerio) promovidos por la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca (FAUC) y el proyecto *World Heritage City Preservation Management* (vlir***CPM***) han abierto la posibilidad de poner a prueba, mediante la acción directa, las potencialidades que subsisten aún, -particularmente en el mundo rural, pero no sólo en él- para aplicar prácticas ancestrales en clave y dimensión contemporáneas, dirigidas a emprender acciones que permitan actuar sobre los bienes de interés patrimonial, colectivo, cuyos resultados pueden ser analizados con una prudente perspectiva ofrecida por un lapso de tiempo de tres y dos años, respectivamente.

2 OBJETIVO

Describir en forma sistemática los procesos seguidos para la ejecución de las Campañas de Susudel, analizar la eficiencia y las dificultades encontradas en los procesos, la capacidad de reacción frente a los imprevistos, y como resultados finales, las repercusiones en la vida de la comunidad, no sólo en el beneficio directo de tangible mejora de los diversos elementos físicos en los que se intervino, sino también en el

beneficio colectivo generado por incidencia directa de las Campañas en la Comunidad de Susudel.

3 METODOLOGÍA

La experiencia de las Campañas de Susudel fueron promovidas por iniciativa de la FAUC, a la cual se sumó posteriormente el proyecto vlir***CPM.*** Esta especial circunstancia ha permitido que el autor de este artículo sea no sólo promotor de estos procesos sino también directo observador y evaluador crítico de lo que sucedió en cada una de las experiencias. Los resultados de la investigación en acción que se presentan en este artículo, recogen fundamentalmente las metodologías aplicadas en ambos procesos. A esta vertiente de información se suma aquella generada en reportes, informes y artículos escritos luego de las campañas, así como la literatura existente sobre involucramiento social y conservación preventiva originada en contextos nacionales e internacionales.

3.1 La conservación preventiva

La conservación del patrimonio ha sido redefinida en las últimas décadas. Conceptos que nacen de antiguas reflexiones se han posicionado en varios lugares del mundo y van ganado terreno por la riqueza de sus posibilidades y el impacto social de sus resultados. La Carta de Venecia, La Carta de Burra y la Carta de Nara, son los cimientos sobre los cuales se basa este nuevo concepto de actuación en el patrimonio, en el cual la conservación de sus significados culturales es prioritaria. La conservación preventiva muestra un camino para proceder con mayor responsabilidad y compromiso frente al patrimonio, pues con inversiones relativamente bajas se promueven acciones de mantenimiento que reducen la necesidad de grandes intervenciones, costosas y episódicas, que ponen en riesgo la autenticidad de los monumentos. Al mismo tiempo es una actuación de beneficios mayores, pues el impacto de trabajos realizados bajo el concepto de Conservación Preventiva despliega un abanico de iniciativas dirigidas a involucrar a nuevos actores, particularmente a las comunidades y a los propietarios, en el esfuerzo de proteger su patrimonio. En el año 2006 un espacio de colaboración interuniversitaria se puso en marcha en Cuenca entre la Universidad Católica de Lovaina, *KULeuven el Raimond Lamaire International Centre for the Conservation* RLICC y la Universidad de Cuenca, en el marco del Programa VLIR. Adicionalmente, la Cátedra Unesco *Preventive Conservation, Monitoring and Maintenance of Monuments and Sites*, PRECOM^{3}OS[17] (Van Balen, 2009) fue creada a fines de la década pasada y el proyecto vlir***CPM*** se constituyó como sede Sur de esta iniciativa académica, desarrollando en Cuenca tres importantes encuentros en los que el concepto de la Conservación Preventiva fue desarrollado y diseminado a un número cada vez mayor de académicos, estudiosos, profesionales, miembros de comunidades, profesionales, estudiantes y obreros.

3.2 Susudel, la calle de las Posesiones y la minga

La comunidad de Susudel se encuentra ubicada en el límite sur de la provincia del Azuay, a 80 kilómetros de Cuenca y goza de un agradable clima templado que oscila entre los 13 y 24 grados durante todo el año. Sus principales actividades económicas son la agricultura y la producción de ladrillos que son enviados a los mercados regionales, fundamentalmente de Cuenca y Loja. La Parroquia de Susudel pertenece al Cantón Oña y el asentamiento humano de Susudel, tiene una historia que se remonta a

[17] Cátedra Unesco sobre Conservación Preventiva, Monitoreo y Mantenimiento de Monumentos y Sitios, por sus siglas en Inglés: *PREventive COnservation on Monitoring and Maintenace of MOnuments and Sites*.

la época prehispánica (ocupación cañari[18]) y a la colonia. Algunas de las estructuras sociales de la colonia perviven en la actualidad, entre ellas una de las más importantes: la minga.

La hacienda colonial de Susudel fue uno de los mayores latifundios del país, que mantuvo su integridad hasta los años 60s. del siglo XX. En la hacienda, las prácticas de trabajo comunitario permitieron realizar no sólo el trabajo de producción agrícola propio de este territorio productivo, sino también obras que son presentadas como beneficios colectivos o comunales como la apertura de caminos, la construcción de puentes, canales de riego o muros de contención, e incluso de capillas y oratorios. La comunidad de Susudel se identifica aún muy fuertemente con el concepto de trabajo comunitario conocido en la región andina con el nombre de minga.

En la actualidad, la minga es una práctica cotidiana, aunque es visible el hecho de que son los campesinos de mayor edad los mantenedores de esta práctica, notándose un involucramiento cada vez menor de las nuevas generaciones. El hecho de que se haya producido esta especie de discontinuidad generacional, puede explicarse por la migración de susudelenses a las provincias de la costa y al exterior.

La calle de las Posesiones es un conjunto edificado que nace como resultado de la reforma agraria de la década de los 60s. La reforma agraria (redistribución de la tierra, particularmente de los grandes latifundios) se activa en 1964 en Ecuador. Varios grandes latifundios de origen colonial se fragmentan y los campesinos acceden a la propiedad de los suelos mediante concesiones dispersas establecidas por el Estado. Sin embargo, la voluntad de vivir en comunidad expresada por los campesinos de Susudel, generó una nueva concesión a su favor, y ésta era la de otorgarles pequeños lotes de terreno junto al camino de la hacienda (que poseía una capilla y una explanada para ceremonias anexa), con la única condición de que las casas fueran construidas en un tiempo corto[19]. Así se generó un asentamiento de alrededor de 50 casas de tierra, con espacios muy sencillos y con tipologías que tenían un patrón común. La posesión sólo estaba garantizada por la existencia de la construcción, por lo que en ese ya remoto período, se edificaron las casas con el sistema de mingas comunitarias.

3.3 El origen de la idea

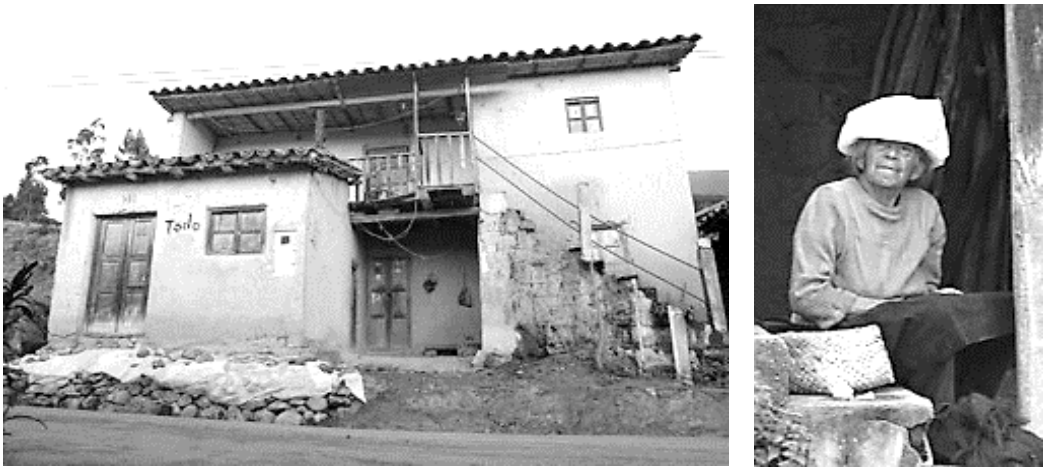


Figura 1. La casa de Gerardina antes de la intervención. Gerardina.

[18] Comunidad pre-incaica autóctona del territorio del Ecuador, emplazada en las actuales provincias de Cañar y Azuay, principalmente.

[19] Testimonios de Romualdo Loja, ex Síndico de la Capilla de Susudel y Segundo Dele, ex huasipinguero de la Hacienda de Susudel. Grabación digital. Elaboración, Autor.

La Campaña Susudel–2011–Casas nace de la observación de las dificultades (agosto de 2011) que una campesina tenía para acceder a la planta alta de su casa de adobe: La escalera externa había sido prácticamente destruida por la lluvia. El revestimiento de cemento de los escalones eran sólo cáscaras sin apoyo, que se fracturaban a cada paso y la protección lateral era precaria. La motivación por apoyarla puntualmente, rápidamente se transformó en una iniciativa más grande que involucraba otros vecinos y otras casas con problemas equivalentes. Así, varias potenciales energías y voluntades convergieron hacia una acción más poderosa de interés colectivo: Emprender en el desarrollo de iniciativas de mantenimiento más complejas en la Calle de las Posesiones de Susudel.

3.4 La Campaña Susudel–2011–Casas

En septiembre de 2011, un curso de la Facultad de Arquitectura conformado por 5 profesores y 14 estudiantes inicia la preparación de lo que se constituiría en la primera campaña. La estrategia utilizada –ajustada a los ciclos de formación académica de la FAUC- consiste en realizar, durante 3 meses, los estudios de campo y el trabajo de participación con la comunidad, y en el cuarto mes, desarrollar la ejecución de las obras previstas en los estudios. Importante información sobre Susudel había sido generada por estudiantes de la FAUC de cursos inmediatamente anteriores (Aguirre, et al, 2009).

3.5 Organización del trabajo

Enfrentar un desafío de esta naturaleza implica partir de consideraciones y presupuestos mínimos que garanticen el éxito del proceso. Los grandes puntos de apoyo inicial fueron:

1. Existe un conjunto de elementos patrimoniales que debe ser atendido.
2. Existe un equipo humano con capacidad técnica, alto nivel de compromiso y voluntad de emprendimiento.
3. Existe una comunidad dispuesta a participar.
4. Existen potenciales recursos que pueden ser comprometidos.
5. Se cuenta con capacidad de coordinación y gestión.

De aquí que en principio fue necesario realizar varias visitas de campo para percibir la apertura y sensibilidad de la comunidad frente al proceso. Fue necesario validar objetivamente la participación de los miembros de la comunidad universitaria (incluyendo el importante apoyo de las autoridades), de la comunidad de Susudel, la disponibilidad de los gobiernos locales (de la Provincia del Azuay, del Cantón Oña y de la Parroquia de Susudel) y de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas. El rol del proyecto universitario vlir***CPM*** fue fundamental en la coordinación y gestión de recursos. Su participación se incrementó progresivamente, conforme se acercaba el momento de la ejecución, pues de su dinámica ejecutiva dependía la reafirmación de apoyos institucionales y de la empresa privada, así como una eficiente gestión del proyecto.

Los grandes componentes de las actividades ejecutadas (entrelazadas e interdependientes) en el período de 3 meses (gestión y preparación) se descomponen de la siguiente manera:

- Trabajo de campo.
- Trabajo de aulas y laboratorio.
- Gestión, trabajo administrativo.

3.5.1 Trabajo de campo

a) Reconocimiento del sitio

Una aproximación inicial al sitio es imprescindible. Las primeras observaciones permitieron ponderar la envergadura del proceso. Tener un contacto inicial con los miembros de la comunidad y observar de manera aún superficial, los problemas del patrimonio en el que se podría intervenir. No hubo toma de grandes decisiones en esta etapa, aunque sí se realizó una delimitación preliminar del universo a estudiarse.

b) Levantamiento de información socioeconómica y patrimonial

Una vez establecidos los primeros análisis, se procedió a levantar en forma preliminar la información de las edificaciones. Esta información combinó aspectos técnicos con aquellos de carácter socioeconómico. Los datos fueron recogidos mediante fichas de campo y procesados posteriormente en laboratorio. Esta información se constituyó en un insumo determinante para la toma de decisiones a futuro.

c) Participación y construcción del proceso

La participación de la comunidad fue un factor clave para el éxito de la iniciativa. Desde el inicio fue necesario hablar con claridad y con honestidad, sin ofrecimientos vacíos, pues si falla la palabra, se erosiona el valioso capital de credibilidad necesario para que el proceso se mantenga. En la toma de decisiones uno de los tres factores determinantes para la inclusión de las viviendas fue la participación y el interés que cada propietario puso en el proceso.

d) Levantamiento de edificaciones, identificación de daños

Una vez realizada una primera depuración de la lista de edificaciones consideradas, se ejecutó el levantamiento (fotográfico, gráfico y descriptivo) de la edificación completa y sus problemas, de manera detallada aquellos emergentes, que comprometían la estabilidad de la estructura. El carácter y la envergadura de los problemas fueron discutidos en equipo, con el apoyo de expertos.

e) Exposición de propuestas y coordinación de actividades

Las intervenciones previstas fueron puestas a consideración –y discusión- con la comunidad. Mediante talleres se buscó encontrar las soluciones más eficientes a los problemas detectados, sobre la base de las propuestas elaboradas y consideraciones de orden patrimonial, estructural y económico[20]. Las soluciones definitivas se validaron en estos procesos.

f) Organización de equipos de trabajo

Una vez identificadas y seleccionadas las edificaciones, se reafirmaron los compromisos mediante la organización de equipos de trabajo. El concepto que facilitó enormemente el proceso fue el del trabajo comunitario o minga. Los equipos de trabajo se organizaron generando una cierta identidad, apelando a nombres escogidos por los miembros de la comunidad (Geranios, Poglio, Cedrones, etc.) y por colores. Cada equipo se comprometió de manera explícita a invertir su trabajo con igual responsabilidad en todas las casas de los propietarios involucrados.

g) Coordinación de acciones – compromisos

En reuniones con la Comunidad se coordinaron finalmente acciones y compromisos. Se expusieron con claridad los compromisos institucionales y se conocieron aquellos que

[20] En este proceso se puso énfasis en la II Campaña, sobre la experiencia de la primera.

ofrecieron los miembros de cada grupo. En Susudel, a más del trabajo por grupos, fue muy valiosa la minga sostenida por las mujeres de la Comunidad, con el compromiso de alimentar, durante cinco días, a obreros, estudiantes, profesores, miembros de la comunidad (mingueros) e incluso con una comida tradicional que duplicó las 150 personas diarias, cuando se convocó a las autoridades y vecinos al cierre de la Campaña -el quinto día de trabajo- y se preparó una comida tradicional que fue ofrecida a cerca de 350 personas.

3.5.2 Trabajo en aulas y laboratorio

h) Desarrollo de documentación patrimonial

Durante el período de preparación de las Campañas, fue importante realizar una documentación objetiva de la cualidad patrimonial de las viviendas. Tratar de construir la historia de la edificación, entrevistar a sus propietarios, analizar las tipologías existentes fue una decisión importante, que facilitó la futura selección (toma de decisiones) de las edificaciones a intervenirse.

i) Análisis socioeconómico y selección de viviendas

Pocos indicadores socioeconómicos fueron necesarios dada la homogeneidad de la población. Los factores económicos y la vulnerabilidad frente a la pobreza fueron importantes al momento de incluir o no a una edificación en la Campaña. El denominador común en la población local es la pobreza (económica), que contrasta con la riqueza en cohesión social y cultural, y la capacidad de acción de los campesinos en el manejo de tecnologías ancestrales. Las viviendas fueron seleccionadas combinando indicadores socioeconómicos, con valoración patrimonial y participación de los propietarios.

j) Análisis de tipologías, materiales y sistemas constructivos

La arquitectura vernácula tiene una muy estrecha relación con los materiales del lugar. Las soluciones espaciales relacionan disponibilidad de materiales, conocimientos de tecnología (sabidurías ancestrales) y prácticas de uso de los espacios. Estos factores inciden en la generación de tipos de arquitectura que pueden relacionarse en “familias”, denominadas tipologías. Analizar y comprender apropiadamente estas relaciones fue importante para proponer soluciones pertinentes en cada estructura.

k) Valoración patrimonial

Al ser la valoración patrimonial un factor determinante para la inclusión de las viviendas, ésta debe realizarse desde diversas aproximaciones: desde la lectura externa, académica y universitaria, hasta aquella interna, comunitaria y social. La valoración desde la comunidad se vio estimulada por el interés universitario, aunque luego, progresivamente salían a la luz valores propios, identificados por la comunidad: Memoria (casa de los *antiguos*, historia de la comunidad) espacios (organización del espacio que responde a prácticas de vida, espacios para pequeños animales, tendido de productos agrícolas o de interrelación social), cualidades constructivas (el adobe como material cálido, la pintura de tierra como práctica de los mayores) son factores muy importantes que requieren de paciencia y diálogo (o técnicas como la cartografía social) para que salgan a flote.

l) Cruce de indicadores y preselección de edificaciones

La preselección (que es una selección casi definitiva) se realizó de una manera clara, sobre la base de los indicadores antes citados: Indicadores socioeconómicos, patrimoniales y de participación e interés de los propietarios. Existieron casos en los que los propietarios mostraron un especial y entusiasta interés en el proceso, lo que incidió en que alguna edificación sea incluida en el proceso. Las edificaciones de personas de

una economía mejor sustentada recibieron asesoramiento técnico, pero no entrega de materiales o trabajo comunitario.

m) Generación de documentos base (fichas de intervención).

Los documentos base son los primeros documentos individuales para la intervención. Son fichas en las que, a más de la información esencial de cada edificación y su propietario, se describe el problema identificado y las posibles acciones a realizarse. Estas acciones o soluciones fueron sometidas a discusión con los propietarios, con el fin de alcanzar las soluciones más apropiadas. De allí fue posible pasar a establecer las acciones definitivas que fueron ejecutadas en el trabajo in situ. Es muy importante tener en cuenta que sólo interviniendo es posible dimensionar la envergadura de un problema. Por lo tanto, las propuestas serán siempre aproximaciones a la ejecución real, que deberán contar con un margen de tolerancia e imprevistos aplicables a tiempo, acciones y presupuestos.

n) Elaboración de propuestas

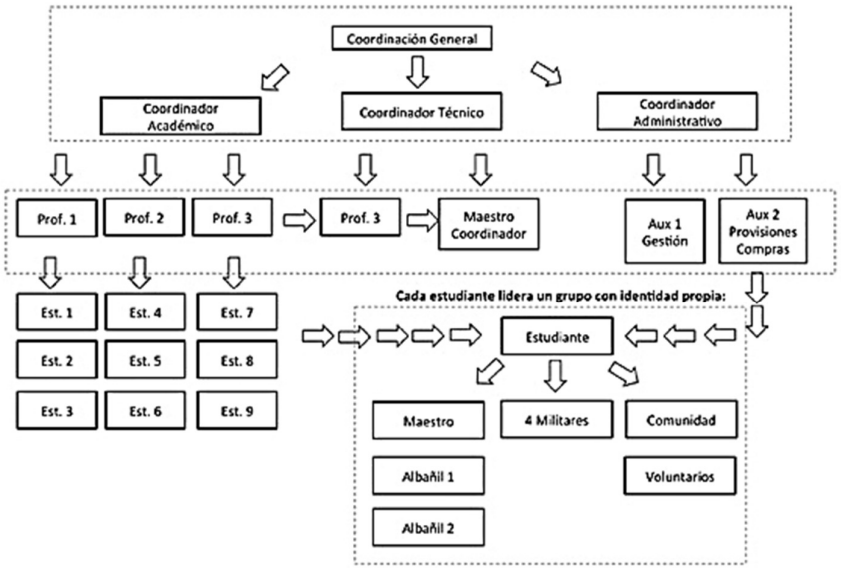
Las propuestas elaboradas técnicamente son determinantes para poder alcanzar un real dimensionamiento de las obras: Cada casa es un universo propio, cada una es única realidad, con sus problemas y soluciones. Es sin embargo necesario hacer visible y unificar -en la medida de lo posible- la información, para coordinar mejor las actividades y ejecutar las compras de insumos, materiales, disposición de mano de obra, así como la generación de presupuestos.

Presupuestos y cronogramas individuales

Una vez alcanzada una visión técnica completa de las acciones individuales en cada edificación, fue necesario realizar presupuestos y cronogramas individuales. De esta manera se pudo tener una primera idea de la dimensión global del trabajo: Materiales, tiempo, asesoramiento técnico, obreros y mano de obra que apoya en los procesos, es decir, organización de las cuadrillas de trabajo. Ha de tenerse presente que las acciones indicadas son de mantenimiento de patrimonio y que sólo la acción directa permite analizar la envergadura real de un problema o una acción de reposición. Hay que dejar márgenes abiertos, generosos para imprevistos y, sobre todo, tener la disponibilidad de espíritu de asumirlos. Este factor fue una lección muy clara y fuerte dejada por las Campañas, en general.

o) Presupuestos y cronogramas globales

Los presupuestos y cronogramas globales nacieron de los individuales. Sin embargo no fue una adición geométrica simple la que los determinó, sino más bien el inteligente análisis de actividades prioritarias y compartidas, que hicieron más eficientes el uso de la mano de obra y de los materiales disponibles. Esto lo realizó el equipo experto en construcciones, organización de obra y presupuestos. Fue una actividad compleja y de



toma de decisiones importante. No hay que descuidar las condiciones imprevistas: La lluvia es determinante en el proceso. Es conveniente escoger –de ser posible- períodos secos del año, pues es común que las cubiertas sean intervenidas. La fluidez económica y la disponibilidad de materiales también es claramente determinante para el éxito del proceso. Aunque no siempre es posible manejar el factor tiempo, la campaña no debería arrancar sin contar con los materiales in situ o con su disponibilidad garantizada. Es importante considerar los períodos de plena participación de los involucrados: Estudiantes, voluntarios, militares, comunidad, etc. que no sean interferidos por feriados o fiestas locales.

Figura 2: Diagrama de relaciones de la Campaña 2012 Susudel-Casas[21].

3.5.3 Gestión – Trabajo Administrativo

p) Generación de estructura administrativa

El éxito de un proceso tan amplio y complejo, en buena medida depende de una eficiente organización. El proyecto se construyó sobre la base de una cadena de confianza y respeto mutuo entre todos sus actores, lo cual permitió consolidar una relación fluida y que conectó esencialmente los diversos frentes abiertos liderados y gestionados de la siguiente manera:

- Coordinación Académica (Estudiantes y profesores de la FAUC).
- Coordinación Técnica (Profesores, estudiantes, maestros, mingueros, militares).
- Coordinación Administrativa (Director, gestor-investigador, secretaría contable, auxiliares).

q) Generación de imagen corporativa

La identidad propia y la sana y dosificada competencia, son estímulos extra de apoyo al trabajo. El proyecto asumió la decisión de contar con un símbolo de identidad compartida por todos los miembros del proceso, con un diseño simple pero efectivo que se constituyó en el denominador común de la iniciativa (figura 3). Por otro lado, para colocar una dosis adicional -a escala más pequeña- de identidad, cada grupo escogió un nombre y un color que compusieron su bandera de trabajo, bajo un mismo patrón de diseño. Estos dos elementos ayudaron en la organización y el fortalecimiento corporativo de los grupos: rápidamente, los militares, mingueros, estudiantes, albañiles se identificaron con la Campaña y con sus pequeños grupos de trabajo, -incluso- por sobre su propia institución de origen, generándose rápidamente fuertes relaciones de amistad.

[21] La estructura con el liderazgo de un estudiante se organizó en forma previa y se activó en los 5 días de la Campaña.

Figura 3: El símbolo[22] de identidad de la Campaña de Susudel y su uso.

r) Generación de estrategia de comunicación

La difusión de la imagen por diversos medios, pero especialmente por Internet, permitió abrir el espacio de la campaña hacia gobiernos locales, instituciones, universidades y en la propia comunidad. Mediante la difusión por internet, no sólo se logró atraer a voluntarios que participaron en los cinco días de acción directa sobre el patrimonio de Susudel, sino que también se pudo compartir el proceso desde los días previos al arranque de las obras, generando expectativas (faltan dos días…un día… (…)día uno… día dos…etc.) y desarrollando informes posteriores al proceso.

s) Gestión interna y gestión externa

Al tratarse de un evento de origen académico, se tuvo que mantener un estrecho proceso de gestión con las autoridades universitarias, desde cuyas instancias (decanato, rectorado, coordinación del Programa VLIR) la Campaña de Susudel–2011–Casas tuvo un fuerte apoyo. La participación de profesores de la opción de Conservación del Patrimonio edificado de la FAUC y las facilidades otorgadas en diversas instancias (comunicación, gestión de recursos, contabilidad y seguimiento del proceso, etc.) fueron sumamente importantes en el resultado final. La coordinación general convocó a las instituciones locales, militares y gobiernos de cercanía, para sumar esfuerzos, lo que no dejó de reconocerse como una minga institucional.

t) Gestión de donaciones y recursos.

La administración del Proyecto vlir***CPM*** fue la responsable de apoyar primero en la gestión y luego en la administración de los recursos recabados para el proceso. Mediante esta gestión, se pudo concretar un monto aproximado de 10.000 dólares para materiales de construcción (teja, carrizo, madera, cabuya) herramientas (carretillas, picos, palas, bailejos, cinceles, brochas, etc.), alimentos (insumos en conservas y de preparación, carne, pollo, mermeladas, pan, etc.) bebidas y refrigerios para las medias jornadas (agua, gaseosas, pan, embutidos, fruta) que fueron entregados a las mujeres que los preparaban día a día. La gestión de los alimentos durante los cinco días de trabajo de campo se encargó a la Comunidad.

u) Coordinación Macro entre diversos actores.

Es posiblemente la actividad que genera menos resultados tangibles, pero que resulta esencial para la sincronía del proceso. Llegar al día cero y coordinar durante los siguientes cinco días de actividades es un trabajo que requiere una integración total y un conocimiento exhaustivo de las condiciones de marcha del proceso y de las metas a alcanzarse. Desde la administración del Proyecto vlir***CPM*** se impulsó esta actividad de coordinación, la cual se eleva a un momento crítico a partir del inicio de la cuenta

[22] El símbolo de identidad de las campañas, evoca el símbolo del Patrimonio Cultural de la Unesco.

regresiva (10 días aproximadamente) para el arranque de obras. Si la coordinación macro es fundamental, lo es también la tolerancia y receptividad de los líderes del proceso en sus diferentes instancias, y su elasticidad y capacidad de adaptación a circunstancias que no siempre se concretan según lo previsto. La naturaleza siempre enigmática de los daños reales que afectan a los edificios, que con frecuencia pueden ser solo observados en obras, exige personas de mentalidad abierta y con inventiva para proponer soluciones rápidas a estos problemas.

3.6 3=5 Tres meses de preparación = cinco días de actividades en obras

La acción física en las casas campesinas de Susudel se planificó para cinco días. De las 52 casas originalmente consideradas, 48 fueron intervenidas con diversos grados de profundidad, de acuerdo a sus necesidades. Las reparaciones en las casas que no pudieron ser ejecutadas y la instalación de canales en las cubiertas, se realizaron fuera de los cinco días previstos.

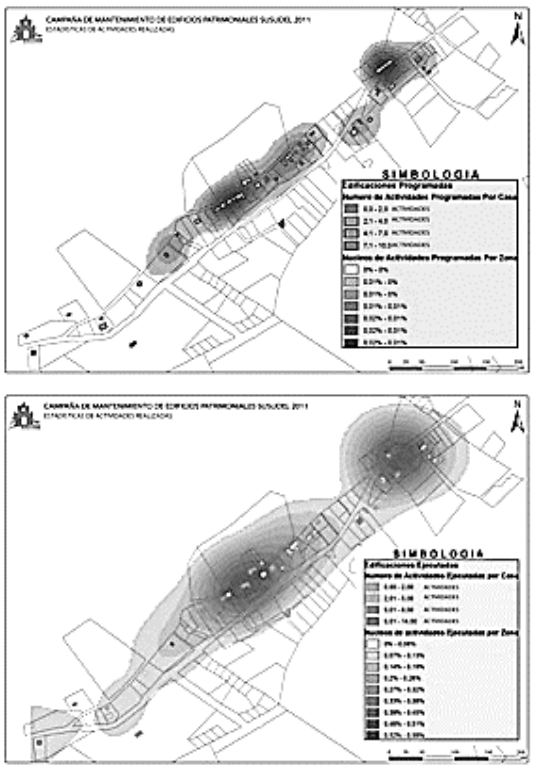


Figura 4: Mapa térmico de las actividades programadas(3) y ejecutadas(4) en los 5 días de la Campaña Susudel-2011–Casas. Fuente: Proyecto vlir***CPM*** *2012*/ IX Restauración.

En la figura 4 se puede observar la “intensidad” de las actividades previstas y ejecutadas en la Campaña Susudel–2011–Casas. Es claramente visible que las acciones fueron más profundas e intensas que lo previsto. Varios factores inciden en esto: La identificación de problemas reales en el proceso, el entusiasmo de los participantes y de los propietarios por realizar acciones que estaban fuera de lo planificado, incrementando número de personas (mingueros, familiares, etc.) en sus equipos. Particularmente en cubiertas, donde se aspiraba realizar pequeñas acciones de mantenimiento, se realizaron en realidad sustituciones de estructuras, camas de carrizo, reposición de piezas, etc.

Al cierre de la Campaña Susudel–2011–Casas, los mismos equipos de estudiantes hicieron evaluaciones parciales de sus resultados, sin embargo, trabajos académicos de

análisis más profundos se encuentran aún en marcha a casi cuatro años de concluida la intervención.

El impacto generado por la Campaña estimuló varias importantes iniciativas y despertó el interés de las instituciones locales y nacionales por su metodología. El gobierno nacional ese mismo año implementó fondos que superaron los dos millones de dólares para la intervención en conjuntos edificados rurales no monumentales.

En Susudel, esta campaña generó también nuevos procesos: Se puso en marcha una segunda campaña promovida por la FAUC, el proyecto vlir***CPM*** y los vecinos de Susudel para la restauración del cementerio patrimonial. El gobierno nacional invirtió casi 700.000 dólares en la restauración de la Plaza de las Escaramuzas de Susudel en 2013, y en ese mismo año, Susudel fue incluido en la lista del Patrimonio Cultural del Ecuador.

La iniciativa fue emulada en Italia para la restauración de una iglesia en Vimercate – Milán, siguiendo el mismo modelo participativo (Moioli, 2015), citado en el texto como Susudel modelo.

3.7 La Campaña Susudel–2013–Cementerio

Con el fin de probar la eficiencia de la metodología aplicada en la Campaña Susudel–2011–Casas, la Universidad de Cuenca impulsó, en septiembre de 2012, una nueva campaña de mantenimiento, esta vez aplicada al cementerio de Susudel. El cementerio de la comunidad se ubica a 200 metros de la capilla colonial y sus prácticas funerarias reflejan también las condiciones de precariedad y pobreza económica de sus habitantes. Sin embargo, estas condiciones de pobreza son compensadas por la inventiva y por la fuerza de la vida comunitaria, por prácticas culturales solidarias ancestrales que permiten a la comunidad contar con el apoyo del vecino.

Así, el rito de la muerte[23] fue investigado por un nuevo grupo de estudiantes y profesores de la FAUC. La indagación fue estimulada desde la comunidad, pues había la intención -desde la Municipalidad- de cambiar las tumbas o túmulo de centenaria tradición, por tumbas con nichos construidos en altura, que asumían modelos urbanos. La sencilla capilla del cementerio, construida con adobes por la comunidad, sería también demolida para construir una nueva en un lugar diferente del actual.

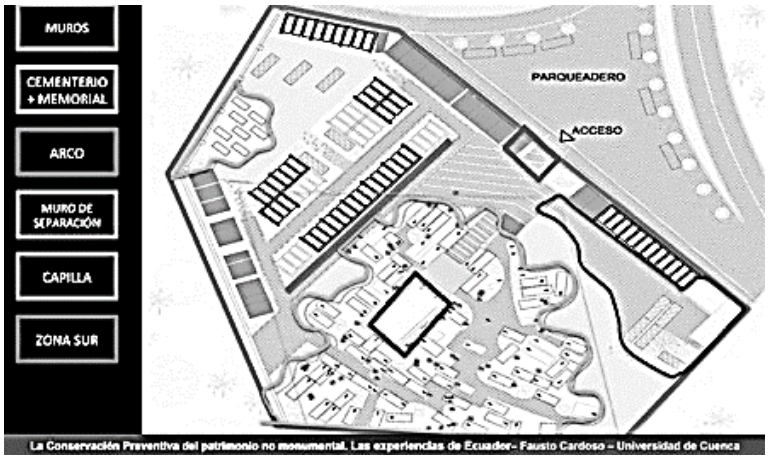


Figura 5. Esquema de la organización de actividades por grupos en el Cementerio de Susudel

Esta segunda experiencia en Susudel se concretó de una manera mucho más fluida y eficiente, pues si bien los estudiantes y algunos profesores no habían vivido la

[23] Entrevista a Segundo Déleg y Romualdo Loja

experiencia previa (Campaña Susudel-2011-casas), las instituciones locales y, sobre todo la comunidad, entendió el proceso y asumió su rol de una manera mucho más rápida.

Por iniciativa de la comunidad se decidió convocar para las mingas a los habitantes de los sectores rurales, con el compromiso de que cada comuna mantuviera por lo menos 20 personas diarias en actividad. El esquema de trabajo y organización de la I Campaña se repitió ajustándolos a la nueva iniciativa. Los estudiantes asumieron seis frentes diversos de trabajo, realizaron las investigaciones que permitieron la clara descripción y el entendimiento de sus valores patrimoniales, y luego, mediante talleres participativos, se consensuaron soluciones y propuestas. Se pasó luego a la elaboración de presupuestos y cronogramas que permitió programar la obra para ejecutarla en cinco días de enero de 2013.

También la denominada minga institucional fue exitosa. La comunidad fue estimulada desde el gobierno parroquial a elaborar adobes para la restauración del muro y la capilla del cementerio, el gobierno municipal aportó la teja y otros materiales esenciales, vehículos de transporte, etc. y los militares se involucraron también con cuarenta de sus miembros en el proceso.

La ejecución del proyecto sirvió no sólo para recuperar el centenario cementerio patrimonial, sino para probar la eficiencia del modelo de trabajo el cual, en el contexto internacional comenzó a ser identificado como el Modelo Susudel (Moioli, 2015).

Campaña de Susudel	Casas 2011	Cementerio 2013
Equipos de trabajo	10	6
Profesores involucrados	5	4
Estudiantes involucrados directamente	14	6
Estudiantes involucrados en registro de información	30	6
Mujeres de la Comunidad en preparacion de alimentos	12	10
Tesistas involucrados en trabajo de campo	8	x
Militares Involucrados	43	40
Miembros de la Comunidad a tiempo completo	30	8
Miembros de la Comunidad a tiempo parcial	40	100
Estudiantes del Colegio de Susudel	36	10
Tecnicos del INPC	5	x
Movilizaciones entre Cuenca y Susudel durante los 5 días	20	12
Personas de la Comunidad	80	120
Inversión de Gobiernos Locales en US dólares	13000	6000
Viviendas con intervenciones previstas	54	x
Viviendas con intervenciones ejecutadas	49	capilla
Cubiertas integramente intervenidas	7	capilla
Canales de Zinc colocados en ml	600	x
Muros restaurados y/o pintados en m2	1034	250
Producción de adobe en minga	x	3000
Semanas de Estudios previos y levantamiento de información	13	14
Días de ejecución de la campaña	5	5
Días de obras complementarias luego de finalizada la campaña	8	5

Figura 6. Tabla comparativa entre las campañas de Susudel, Casas 2011 y Cementerio 2013

La figura 6 muestra los datos de las dos campañas. Las cifras reflejan las importantes diferencias en la naturaleza de los trabajos, a pesar de haber sido ejecutadas bajo parámetros y conceptos metodológicos comunes.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Sobre las experiencias desarrolladas en Susudel, es importante señalar que la minga, pese a ser una forma de organización que no se activa con facilidad en los sectores

urbanos, tiene gran vitalidad aún en el mundo rural. Si bien en el caso de las viviendas este sistema de trabajo comunitario tuvo un fuerte punto de interés directo (los campesinos trabajaron por sus propias casas y por su propio grupo de casas), en el caso del cementerio el trabajo fue igual de intenso y entusiasta por un bien de propiedad colectiva. De hecho, la minga es una institución dirigida preferentemente a obras de interés colectivo.

Por otra parte, es importante reflexionar sobre los roles institucionales y las responsabilidades frente a este tipo de emprendimientos. En los casos estudiados, el proceso fue fuertemente motivado por una institución externa al grupo social, como es la Universidad de Cuenca. Queda la interrogante planteada en torno al hecho de si es posible poner en marcha procesos más autónomos, que se originen en la comunidad o en los gobiernos locales. Si bien el aporte económico externo fue relativamente pequeño, queda planteada la inquietud del financiamiento de estos procesos, financiamiento importante, dadas las condiciones económicas de los beneficiarios. Las instituciones del Estado pueden encontrar caminos para legitimar y legalizar inversiones en bienes privados, dada su condición de patrimonialidad. Así lo han demostrado, no solo las dos campañas de Susudel, sino también los procesos que sobre la base de esta experiencia se plantearon otros organismos del Estado, en el año 2013.

En relación con capacidades y tecnología (saberes ancestrales), en las dos experiencias se pudo constatar la subsistencia de sabiduría, sentido común, iniciativa en relación a ofrecer respuestas a los problemas de conservación encontrados. Estas soluciones no siempre coinciden con la rigurosidad del enfoque académico sobre la intervención en el patrimonio, con lo que conceptos de autenticidad e integridad pueden ser objeto de evaluación y discusión como fruto de estas experiencias. Proteger las viviendas con canales o muros de adobe con teja, cambia la percepción visual, pero asegura el buen mantenimiento de los muros frente a la acción de la lluvia (García; Cardoso; Van Balen, 2015).

La suma de recursos y capacidades, en el caso de los dos proyectos, fue planteada como una minga institucional. El modelo de la minga campesina dio un salto hacia las instituciones cuyos administradores y gestores no necesitaron más explicaciones para comprender su rol en este proceso. De aquí que podría explorarse un modelo innovador para emprender desde la organización social este tipo de procesos. Entre las principales dificultades encontradas en la realización de la primera campaña estuvo la desconfianza inicial de la gente, lo que exigió más tiempo de trabajo en campo. Este problema no subsistió en la II campaña. Los materiales ofrecidos no estuvieron a pie de obra en la primera campaña, lo que implicó adaptarse a las circunstancias. En la segunda campaña este problema no se presentó. Las medidas de seguridad y el cierre entusiasta pero poco riguroso, son factores que deben mejorarse en beneficio de los participantes y la preservación de materiales y herramientas invertidos. Un proceso de seguimiento y control inmediato no se realizó, lo cual es un vacío post-campaña[24].

5. CONCLUSIONES

Es posible encontrar caminos para estimular la participación comunitaria en la conservación del patrimonio rural, incluso de aquella arquitectura que sin poseer el carácter monumental, y sin estar necesariamente protegida en una lista de bienes nacionales, hace parte de una realidad local en la que, a través de la arquitectura, la cultura del lugar se expresa. En el mundo rural andino, si bien la arquitectura construida con tierra sigue siendo considerada como arquitectura que “expresa pobreza”, esta percepción puede cambiar con experiencias y ejemplos que muestren toda la fuerza

[24] Este vacío está siendo cubierto por varias investigaciones (FAUC-*vlir**CPM***) que están en curso en la actualidad.

estética, la accesibilidad, el fortalecimiento de las culturas locales, las potencialidades de confort y bienestar que pueden ser alcanzados con el uso de la tierra en la arquitectura, y la fuerza, el fortalecimiento social, el crecimiento de autoestima y sentido de apropiación social y pertenencia que resulta del trabajo compartido, pero sobre todo la real viabilidad que se alcanza al sumar esfuerzos de colaboración social, incluso en el ámbito privado.

Hassan Fathy[25] señaló en 1980:

> Esto requiere un importante cambio en las relaciones entre la gente involucrada. En las comunidades con 25 libras de ingresos per cápita, nada puede explicar su supervivencia sino el hecho de vivir fuera de la economía del capital, dependiendo principalmente de la cooperación. Una persona no puede construir una casa pero diez personas pueden construir diez casas muy fácilmente, incluso cien casas. Nosotros necesitamos un sistema que permita la tradicional vía de cooperación para trabajar en nuestras sociedades. Yo no puedo cooperar en una ciudad si al momento de salir por la puerta soy lanzado al anonimato de millones de personas. Debemos crear nuevas vecindades donde yo construyo para ti y tú construyes para mi (ej. Yo tendré la misma ayuda de ti cuando yo vaya a construir mi casa).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García, G; Cardoso, F.; Van Balen, K. (2015) The chalenges of preventive conservation theory applied to Susudel, Ecuador. En: Van Balen, K; Vandesande, A (ed.). Comunity involvement in heritage. Lovaina, Bélgica: Garant Uitgevers nv. p.117-130

Hassan, F. (1980). Acceptance speech. In The right livelihood award for outstanding vision and work on behalf of our planet and its people. En http://www.rightlivelihood.org/fathy_speech.html

Moioli, R. (2015). Preventive and planned conservation and economes of scale. Conservation process for 12 churches. En: Van Balen, K; Vandesande, A (ed.). Comunity involvement in heritage. Lovaina, Bélgica: Garant Uitgevers nv. p. 103-116

Van Balen, K. (2009). Conservación preventiva en el contexto internacional de la red PRECOM³OS. In: II Encuentro PRECOM³OS Seminario Taller de Tecnologías y Restauración de Obras de Tierra Cuenca: Edición vlirCPM. p.33–53

Aguirre, M. C.; Arce, C.; Barahona, M.; Camacho, V.; Moncayo, F.; Vele, J. D. (2009). Susudel, Plan de conservación. Informe del Taller de Conservación de Monumentos, (PDF). Promoción 2009. Cuenca: FAUC

VlirCPM. (2012). Memorias del plan piloto de mantenimiento aplicado en las viviendas de Susudel.Universidad de Cuenca - INPC. Ecuador.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de Susudel por su involucramiento incondicional en el proceso y por las lecciones aprendidas en forma conjunta. A los estudiantes, profesores y compañeros del proyecto vlirCPM por su actitud positiva y su entrega durante las Campañas de Mantenimiento.

AUTOR

Fausto Cardoso Martínez es arquitecto graduado en la Universidad de Cuenca, en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Cursó sus estudios de Postgrado en la Escuela de Especialización para el Estudio y la Conservación de Monumentos y Sitios de la Universidad de Roma “La Sapienza” (PhD). Es profesor titular de las Cátedras de Teoría de la Restauración y Taller de Conservación de Patrimonio. Dirige, desde 2007 el Proyecto de investigación vlir***CPM***.

[25] Arquitecto egipcio muerto en 1989, quien trabajó en proyectos de arquitectura social usando técnicas y materiales locales.

11. REPARACIÓN SISMORESISTENTE EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE. COMUNA DE COINCO, CHILE

Marcelo Cortés Álvarez[1]; Masue Sakakibara Romero[2]

Fundación Jofré. [1]mcortes@marcelocortes.cl; [2]masue.sakakibara@gmail.com

Palabras clave: Sismo, daños, rehabilitación, mallas electrosoldadas.

Resumen

Respecto a las condiciones de habitabilidad urbana, la tierra en la zona central de Chile constituye un material cuyas propiedades térmicas, acústicas y estéticas, conforman espacios de bienestar social en relación a la calidad de vida de la comunidad que habita dichos lugares patrimoniales. Las continuas transformaciones de las viviendas, por parte de propietarios, para satisfacer las necesidades actuales, sumadas a los cambios de destinos originales de las viviendas, han generado el debilitamiento sismo resistente, tanto en su agrupamiento como unidad, lo que se puso de manifiesto después del sismo del 27F del 2010, en la zona central de Chile, el cual dañó el 40% de las construcciones patrimoniales en tierra. El subsidio estatal para la reparación de construcciones de adobe ofrecido por el gobierno planteó la reparación de las viviendas, y con ello, de la forma de vida y costumbres de los poblados afectados. Su calidad espacial y social constituye en su colectivo, la fisonomía y calidad del espacio público del poblado de Coinco. El empleo de mallas electrosoldadas metálicas, en forma de piel, por ambas caras en todos los muros y conectadas entre sí, además de la restitución de la techumbre como elemento conector y repartidor de los esfuerzos sísmicos, constituye el método de reparación para las viviendas afectadas. El uso de tierras locales de diversos colores para las terminaciones, rehabilita el empleo de la tierra como método válido contemporáneo. El sistema utilizado otorga estabilidad a los muros de adobe frente a los futuros eventos sísmicos, subsana los daños de las intervenciones desfavorables, controla desplazamientos producidos por los movimientos telúricos y da seguridad a estas construcciones para ser rehabitadas.

1. INTRODUCCIÓN. RECONSTRUCCIÓN DE COINCO

Coinco es un poblado rural que queda a 115 km de Santiago, al sur de Chile, con una población de 7240 habitantes[26]. Su estructura urbana está compuesta por 200 viviendas en su centro cívico, y un aproximado de 600 viviendas dispersas en la comuna. Similar a los poblados del valle central hasta Concepción, el material principal de las construcciones presentes corresponde a la tierra, pues éstas han logrado permanecer a lo largo del tiempo, superando diversos escenarios sísmicos. El crecimiento habitacional de estas viviendas se ha basado en la intervención con materiales industrializados que provee el mercado, dejando de lado la continuidad constructiva en tierra de las viviendas originarias, cuya técnica predominante es el adobe. El Pueblo de Coinco, al igual que los pueblos que lo circundan, desarrolla una estructura urbana de espacio público conformado por las viviendas de fachada continua y conectados por corredores que articulan la movilidad y la permanencia de sus habitantes en distintas estaciones del año, además de funcionar como un soporte para la sociabilización de sus habitantes. Las calles son conformadas por construcciones pareadas y alineadas en torno al eje central del poblado, encontrándose en muy pocos casos la conformación de manzanas o dameros clásicos de las estructuras urbanas españolas. Esta disposición volcada hacia el espacio público genera continuidad en la composición visual de valor arquitectónico y constructivo que compone un patrimonio de arquitectura en tierra.

[26] https://es.wikipedia.org/wiki/Coinco

2. OBJETIVO

El objetivo principal de este documento es hacer evidente la gestión del Estado por brindar una solución habitacional de reconstrucción a zonas de carácter patrimonial, por medio de fondos gubernamentales, y con esto, dar cuenta de la propuesta desarrollada de reconstrucción y consolidación estructural, a fin de evaluar los sistemas aplicados y mejorarlos en favor del patrimonio construido en posibles escenarios telúricos futuros.

3. TERREMOTO 27F 2010

El 27 de febrero del 2010 la zona central del país vivió la experiencia de un sismo de magnitud 8.8° (Richter), el cual afectó severamente a las edificaciones comprendidas entre las regiones V y IX. La zona descrita, corresponde a una extensión de 450 km en su longitud y 150 km de ancho.

En la tabla 1 se aprecia de forma comparativa los sismos que han sacudido a Chile en los últimos 75 años. El terremoto del 2010 involucró a una mayor cantidad de población y viviendas con respecto a los casos de los años 1939, 1969 y 1985.

Tabla 1. Tabla comparativa de sismos (Gobierno de Chile, 2010)

Características	1939 (24 de enero)	1960 (21 y 22 de mayo)	1985 (3 de marzo)	2010 (27 de febrero)
Magnitud (° Richter)	8.3	9.6	7.7	8.8
Epicentro	Chillán	Valdivia y Concepción (2 terremotos y 1 maremoto)	San Antonio	Cobquecura
Área afectada	Provincias de Talca a Angol =VII-IX	13 de 25 provincias del país (entre Talca y Chiloé) = VII-X	Principalmente V, VI y RM	Desde la V a la IX región
Víctimas Fatales	30.000	6.0001	177	521[2]
Damnificados	n/a	2 millones	979.792	2 millones[3]
Viviendas destruidas	95% de las viviendas de Chillán	45 mil[4]	142.489	200 mil[5]
Superficie afectada (km^2)[6]	99.207	166.220	48.186	131.006
Superficie afectada (%)	4.9%	8.3%	2.4%	6.5%
Habitantes zona terremoto	1.261.623	2.780.213	6.114.846	12.800.000[7]
Población Total Chile	4.930.000	7.374.115	12.102.174	17.094.275
Población afectada (%)	26%	38%	50%	75%
Daño total (millones de USS$ corrientes)	1.450	3.089	2.106	30 mil millones[8]

1 Haindl, E., "Chile y su Desarrollo Económico en el S. XX", 2006.
2 Se estima en 56 el número de presuntas desgracias.
3 Oficina Nacional de Emergencia.
4 "Amor por el Servicio, Julio Phillipi". Se estima que el total de viviendas dañadas alcanzó las 450 mil.
5 Ministerio de Vivienda y Urbanismo Se estima que el total de viviendas que resultaron con daños alcanzaría las 370 mil.
6 Superficie total Chile continental 2.006.096 km 2
7 CASEN 2010
8 Ministerio de Hacienda

3.1 Configuración del poblado de Coinco

En el poblado de Coinco, como también en los poblados vecinos, son distinguibles dos tipos de viviendas que se describen a continuación.

- Viviendas pareadas

Están presentes, principalmente en los centros urbanos de las comunas, y constituyen espacio público por su pareo. Su morfología corresponde a paños de muros de adobe continuos y con corredores adjuntos, protegiendo las fachadas y la periferia de la

construcción. Su configuración las hace depender de las unidades que conforman el conjunto de viviendas estructuralmente.

Figura 1. Fachadas continuas, zona urbana poblado de Coinco, registro 2012

- Viviendas aisladas

El prototipo de vivienda en las zonas rurales no es uniforme, y presenta más disposiciones morfológicas independientes que las viviendas pareadas. La oportunidad de las viviendas de adobe inscritas en sitios rurales, les permite recoger mayores áreas para la edificación sin depender de un volumen general que condicione a un conjunto. A pesar de estar construidas con la misma técnica, poseen comportamiento diferente a las viviendas pareadas ya que dependen principalmente del mantenimiento e intervenciones realizadas.

3.2 Reconocimiento de daños

La evaluación respecto a los tipos de daños presentes en las viviendas descritas, arroja como resultado que las intervenciones y modificaciones posteriores al volumen original de las viviendas, junto con el bajo nivel de mantención y conservación, son las principales condiciones que afectaron el deterioro y su comportamiento desfavorable frente al sismo.

Las intervenciones en la techumbre (retiro de tejas por materiales de menor peso), significó debilitar el sistema constructivo general. Pues la carga de la techumbre y la cubierta de teja, colaboran con la estabilidad a compresión de los muros de adobe. Finalmente la incorporación de materiales con propiedades ajenas a la construcción en tierra, perjudicó la capacidad y la resistencia a sismos.

Las intervenciones estructurales como la adición o sustracción de elementos, ya sean muros o contrafuertes, apertura o cierre de vanos, modificaron su comportamiento sísmico debilitándolo o no funcionando de manera colaborativa con el sistema general.

- Pareo, estabilidad del conjunto

Para la zona urbana, la incidencia del terremoto tiene directa relación de la vivienda con su contexto inmediato. Los daños que determinaron la caída de viviendas, ocurrieron en las construcciones intervenidas por diversos usos y readecuaciones de locales comerciales u otros; modificando el sistema de construcción originalmente diseñado.

- Conjunto dañado

El sistema de viviendas pareadas produce una estrategia de mayor estabilidad por asociación estructural de unidades. Sin embargo, se ve severamente afectado al haber demoliciones parciales e intersticiales dentro de las estructuras originariamente continuas, lo que debilita el conjunto por pérdida del comportamiento estructural.

Si bien la comunidad fue azotada por un sismo de gran intensidad, las modificaciones constantes de las unidades de viviendas y la falta de conservación continua, se convierten en factores que debilitaron a la vivienda antes del sismo. Estos fallos parciales se vieron potenciados con el efecto telúrico ocurrido. Aun así, siendo comunidades con culturas arraigadas a la edificación con adobe, el tipo de daños y la cantidad de afectados develan en cierto modo, que la comunidad no conoce plenamente las técnicas constructivas ancestrales, y que desconocen el funcionamiento del sistema constructivo de sus hogares. A pesar de portar con una gran carga histórica en la construcción de adobe, se ha perdido de manera parcial los saberes ancestrales en las nuevas generaciones.

Figura 2. Daño vivienda, zona urbana poblado de Coinco, registro 2012

4. SUBSIDIO HABITACIONAL

En función de los daños ocasionados por el sismo del 27F, el porcentaje de damnificados respecto a la población total alcanzó el 11%, manifestándose para el país como zona de catástrofe. Los procesos de reconstrucción para las regiones afectadas se generaron de forma tardía, pues, a pesar de ofrecerse subsidios de reconstrucción, la cantidad de casos afectados superó la capacidad de las constructoras (MINVU, 2011).

Entre las dificultades se menciona el problema para las empresas constructoras establecidas en comunas o centros urbanos. Para ellos significaba distribuir funcionarios y maquinarias de construcción en diversos sitios rurales, con la complejidad que esto implica. La condición dispersa de las viviendas situadas en zonas rurales y de cinco regiones de Chile, dificultó el proceso regular de las licitaciones públicas de todo el país.

Para los casos patrimoniales de arquitectura en tierra, el escenario se tornó aún más desfavorable, pues el conocimiento y la aplicación de técnicas ancestrales para la construcción y reparación de viviendas con adobe, era materia nueva para las compañías que se mantenían construyendo con materiales producidos en serie. El conocimiento de los métodos ancestrales era escaso y considerar la restauración de los casos afectados se convirtió en un riesgo.

No sólo con la experiencia traumática del sismo, la espera por la reparación de las viviendas por parte de la comunidad, generó angustia y crisis en las familias, lo que atentó en contra del patrimonio en tierra. Muchos locatarios decidieron derrumbar muros que podían ser reparados, atemorizados por posibles réplicas.

En la tabla 2 se muestran los diferentes instrumentos dispuestos por el gobierno como plan para abarcar la reconstrucción. Con el tiempo, los subsidios ofrecidos ampliaron la cobertura para la restauración y reparación de un mayor número de viviendas, atendiendo la aplicación de técnicas ancestrales.

Para la reconstrucción de la localidad de Coinco, se hizo uso de los subsidios "Fondo Solidario de Vivienda" y "Construcción en Sitio Residente" (FSV I CSP) de 640 UF (equivalentes a 24.900 USD), para la reparación de viviendas, y otra modalidad según el Decreto Supremo 40 DS40 de 550UF (equivalentes a 21.385 USD). Las empresas encargadas de la reconstrucción debieron contar con un monto inicial propio que les permitiera partir con los trabajos correspondientes. Los pagos para estos sistemas se generaron a medida que las empresas cumplían con el avance de las obras.

En el caso DS40, el subsidio era remunerado al finalizar la obra, por lo que la empresa debía contar con capacidad económica para solventar la cantidad de tiempo de ejecución y los materiales requeridos.

Tabla 2. Tabla de subsidios a implementar (Gobierno de Chile, 2010).

Grupo Objetivo	Solución	Instrumento	Cantidad de Subsidios
Viviendas Serviu severamente dañadas o destruidas	Construcción de una vivienda nueva en el mismo sitio o en un sitio nuevo, dependiendo de la densidad poblacional del conjunto	FSV I CSR FSV I CNT	20.504
Familias en condición de vulnerabilidad social sin vivienda	Construcción de una vivienda nueva en terrenos nuevos	FSV I CNT	15.000
Ciudades y pueblos costeros afectados por tsunami	Actualización del plan regulador + proyecto urbanístico de la ciudad + entrega de una vivienda en el sitio de la propiedad	FSV I CSR + URB	11.576
Viviendas – mayoritariamente de Adobe– severamente dañadas o destruidas	Construcción de una vivienda nueva en el sitio de la propiedad afectada	FSV I CSR	68.958
Viviendas en zonas de interés patrimonial	Reconstrucción o restauración de la vivienda de acuerdo a la arquitectura original	FSV + renovación urbana	2.955
Familias con capacidad de endeudamiento que sus viviendas hayan sido afectadas por el terremoto	Entrega de un subsidio que permita a las familias ser sujetos de créditos bancarios	DS40	15.000
Viviendas de familias que hayan sufrido daños menores y reparables	Asistencia Técnica + Bono de reparación para autoconstrucción	PPPF	61.956
Total			195.950

FSV: Fondo Solidario de Vivienda; CSR: Construcciones en sitio Residente; CNT: Construcción en Nuevos Terrenos; PPF: Programa Protección Patrimonio Familiar; DS40: Decreto Supremo 40.
Fuente: Ministerio Vivienda y Urbanismo.
**UF 24 agosto 2010: 21.289 pesos.*

5. REHABILITACIÓN DE LAS VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN TIERRA EN LA COMUNA DE COINCO

5.1 Gestión de Fondos

Para la participación en estos proyectos de reconstrucción se concita con la participación de financiamiento colectivo, de parte de la Fundación Jofré, a partir de personas interesadas en la protección del patrimonio, arquitectura y construcción en tierra. De esta manera, es posible recaudar fondos en un monto de $8.000.000 (12.700 USD), lo que permite obtener una base para iniciar el proceso de reconstrucción y reparación.

Con este monto inicial se puede iniciar la reconstrucción en la comuna de Coinco, el prototipo de pago del FSV I CSP entrega estados de pago a medida que se avanza en

la obra. En cambio el DS40 se debe financiar el total de la obra ya que el pago es contra recepción municipal.

5.2 Sistema de reparación de malla en piel por ambos lados del muro

La construcción con tierra conlleva procesos de restauración constantes para mejorar las propiedades a través de nuevas aplicaciones y técnicas. Un ejemplo de ello es la restauración de la iglesia de San Pedro de Alcántara, anterior al sismo del 27F. La reparación a la cual fue sometida la iglesia corresponde a la inclusión de mallas electrosoldadas en ambas caras del muro. Con esta técnica se esperaba mejorar sus propiedades mecánicas y que colaboraran en la estabilización de la estructura. Sucedido el sismo, se comprobó el comportamiento favorable y su capacidad de estabilizar muros de adobe controlando sus desplazamientos a través de amarres continuos en forma de piel que envuelven ambas caras de los muros. Este sistema pudo verificar su eficiencia, la estabilidad de su estructura y las condiciones de seguridad y habitabilidad. La fundación Jofré asesora y participa en la reparación de viviendas de adobe en la localidad con esta aplicación técnica.

Figura 3. Reparación iglesia San Pedro de Alcántara, fuente COTTA Chile

Para la reparación de las casas de la comuna de Coinco, el concepto fundamental fue la restitución y el respeto al modelo gravitacional de la construcción con adobes, esto es, una estrategia basada en el peso y en la geometría en planta de las edificaciones, con todos estos componentes reparados mediante la restitución del sistema original de construcción con adobe, trabado de muros, retejido de zonas dañadas dentro de los muros (restitución) y reparación de elementos constructivos complementarios como refuerzos llaves, cadenas y estructura de techumbre.

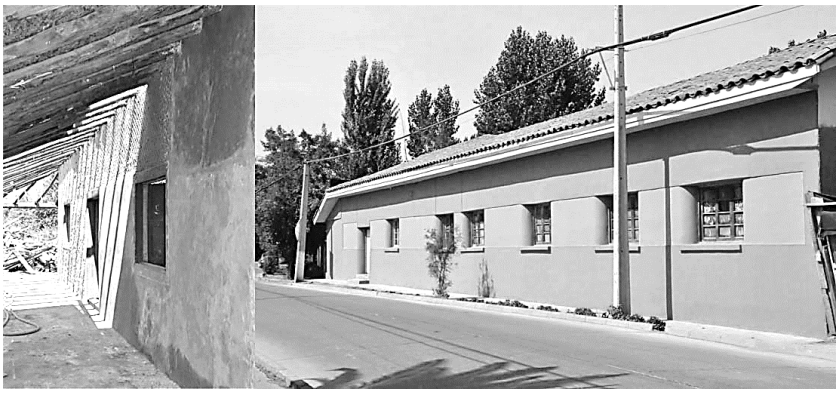


Figura 4. Reparación de viviendas, zona urbana poblado de Coinco, registro 2013

El sistema de estabilización se basa en que una vez realizada la reparación de los daños y reconstituyendo la geometría de los muros, se envuelven estos con mallas electrosoldadas conectadas, lo que genera el confinamiento de la tierra dentro de un exoesqueleto que colabora en la resistencia a la tracción: al control de roturas, desplazamientos, agrietamientos; todos los factores que contribuyen al colapso y en los casos más críticos caídas de las viviendas. Se deben remover los estucos existentes con el fin de evidenciar grietas, fisuras, intervenciones y daños en general en los muros; los que subsanados mediante las técnicas tradicionales en tierra, permiten el confinamiento en mallas estabilizantes en forma de piel. Estos elementos de apoyo externos conectan todos los elementos constitutivos de las viviendas cubiertas, dinteles, tijerales, cadenas, y estructuras de tabiquería y muros intermedios complementarios a los de adobe.

Las estrategias centrales consistieron, entonces, en el empleo de mallas electrosoldadas a modo de piel por ambos lados del muro, conectadas por medio de conectores metálicos soldados en toda la altura del elemento y revocadas con tierra, y la restitución de los elementos de techumbre, ya sean piezas faltantes, tejas o amarras, para conformar el elemento unificador de la vivienda.

6. CONCLUSIONES

El escenario de Chile como una plataforma para evaluar las huellas que un sismo deja sobre nuestro patrimonio cultural, devela una serie de localidades que se ven constantemente afectadas. Un sismo para cada una de estas comunidades significa ver desaparecer gran parte de las técnicas ancestrales por derrumbes, daños y desplomes. Y junto con ello su identidad. Por esto, es necesario generar planes de reconstrucción continuos que permitan reparar daños menores. La reparación temprana permite anticipar el comportamiento de estructuras inestables, para así poder tecnificar las construcciones existentes con los conocimientos que se han ido generando. El trabajo constante en el mejoramiento del adobe, es una postura que está dispuesta a enfrentarse al panorama desolador de un sismo.

En la actualidad, la localidad de Coinco ha logrado reencontrarse nuevamente con las técnicas ancestrales en tierra. Coinco actualmente puede expresar un método más seguro en la estabilidad de muros de adobe que permiten el habitar; pero esta técnica encontrada no es aplicable a todos los pueblos del país en los que se construye en material de tierra. Cada zona geográfica posee sus limitaciones geográficas, estructurales y climáticas, y por ende, es necesario investigar "ahora" cuáles son los métodos de conservación para estos sitios que aún no han sido afectados por un sismo. El conocimiento en este caso y seguido de la experiencia, puede anteponerse a un escenario catastrófico para enfrentarlo de mejor manera, sin necesidad de esperar la catástrofe a la cual pueda ser sometida una localidad.

El aprendizaje y evaluación de técnicas en los materiales de tierra, principalmente en el adobe, no refleja solamente la posibilidad de obtener conocimientos a partir de la experiencia, sino también, poder restituir viviendas y espacios públicos para la comunidad. Restituir el entorno natural de las familias afectadas en cada catástrofe, significa regenerar comunidades amigables, seguras y confortables. Pues el dominio de la técnica y la aplicación de ella en nuevas construcciones o en los procesos de restauración y reparación, nos acerca y prepara para enfrentarnos a los ideales de comunidades rurales o urbanas.

El conocimiento se torna una herramienta obsoleta que se recupera con las experiencias extremas. Reconociendo esto en el estudio de la comuna de Coinco, es necesario conservarlo y compartirlo de manera local y universal. Luego del 27F el resurgimiento de las técnicas ancestrales despertaron luego de años sin ser aplicadas.

Ahora, teniendo un campo de estudio y con material reciente se debe expandir, sin permitir que ocurra un "desgaste u olvido del conocimiento".

Las intervenciones realizadas a las viviendas dan cuenta de un debilitamiento de los sistemas estructurales basados en masa, la falta de mantenimiento y descuido. Algo corroborado en distintas situaciones no sólo sismos. El difícil control de la obsolescencia en tiempos en que las técnicas están desarraigadas de su territorio complica la valoración y promoción del patrimonio construido.

La generación de subsidios gubernamentales en valor, la apropiación de una forma para la rehabilitación de construcciones de viviendas de adobe, única en la historia de Chile, permitirá sacar valiosas conclusiones en el futuro sismo, que sabemos vendrá y permitirá evaluar todas las estrategias empleadas en la estabilización y posible normalización de éstas, para la estabilidad y seguridad de las viviendas en adobe.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gobierno de Chile (2010). Plan de reconstrucción terremoto y maremoto del 27 de febrero de 2010. Disponible en:
http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/plan-reconstruccion-resumen-ejecutivo.pdf

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. MINVU (2011). Programa de reconstrucción de vivienda ¿Cómo postular a un subsidio de reconstrucción? Disponible en: www.minvu.cl

AUTORES

Marcelo Cortés, Arquitecto, miembro de Red ARCOT (red de Arquitectura y Construcción en tierra), miembro fundador Fundación Jofré. Desarrollo profesional en la investigación y construcción de técnicas en tierra. Currículo completo www.marcelocortes.cl.

Masue Sakakibara, Arquitecto colaborador de Red ARCOT, miembro de Fundación Jofré. Desarrollo profesional en reconstrucción y reparación de viviendas en la zona de catástrofe sismo 27F, 2010. Cursando estudios en Curso de especialización en Conservación y restauración en Arquitectura, Universidad de Chile.

12. RESTAURACIÓN DEL TEATRO PEDRO DE LA BARRA, ANTOFAGASTA, CHILE

Patricio Morgado Uribe[1]; Leonardo Seguel Briones[2]

Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile

[1]pmorgado@ubiobio.cl; [2]lseguel@ubiobio.cl

Palabras claves: quincha, tierra cruda, madera, sincretismo, patrimonio.

Resumen

Este trabajo corresponde al desarrollo de un proyecto de asistencia técnica convenido entre la Universidad del Bío Bío de Concepción, U.B.B, y la Universidad de Antofagasta, U.A., esta última como entidad mandante. Se trata del proyecto de restauración de un edificio Monumento Nacional, que data de 1884, en donde se combina una estructura de madera tipo *balloon frame*, con la quincha de tradición americana. Localizado en el centro la Ciudad de Antofagasta, del norte chileno, es un edificio de especial valor patrimonial. Después de cumplir la función de Escuela Fiscal para Niñas, a partir de 1966 alberga en forma ininterrumpida la actividad de la compañía teatral de la Universidad de Antofagasta, hoy denominado Teatro Pedro de la Barra. El sistema constructivo que ofrece esta obra es la expresión más pura del sincretismo cultural que se vivió en Chile durante el siglo XIX, y que tuvo un especial desarrollo en la arquitectura de los puertos de la costa del pacífico, en donde se combinan maderas de exportación con las disponibilidades del entorno local y las tradiciones constructivo-culturales asociadas a la tierra cruda. La utilización de la quincha, que en este caso particular está hecha con una trama horizontal de caña abierta, clavada sobre los pies derechos y posteriormente estucada con tierra cruda, otorga gran liviandad a la estructura general, aparte de aportarle excelentes condiciones de asismisidad, dada su notable elasticidad de conjunto. En términos de imagen, el edificio podría entenderse dentro de un estilo neoclásico de interpretación local característico de las ciudades-puerto del norte de Chile. La propuesta de restauración del Teatro pone en valor su arquitectura y sistema constructivo madera-tierra, pero a la vez, busca preservar una actividad cultural de fuerte arraigo local, pero con un estándar acorde a los requerimientos del teatro contemporáneo.

1. INTRODUCCIÓN

El edificio que alberga el Teatro Pedro de la Barra de Antofagasta fue declarado Monumento Histórico el 13 de enero de 1985, por dos razones principales: “por su estilo arquitectónico llamado portuario inglés y por el hecho de tener cien años de antigüedad” (Rep. de Chile, decreto 1001). No obstante eso, la importancia cultural del monumento se liga a la historia de origen y uso que el inmueble ha tenido, primero como escuela pública y posteriormente como sede universitaria de la actividad teatral (Muñoz, 1996), a lo cual se suma hoy día la apertura de la Escuela de Teatro de la Universidad de Antofagasta, hecho que consolida al Teatro y su compañía como centro cultural en el norte del país.

La construcción del edificio en 1884, obedece a una política de educación escolar impulsada por los gobiernos chilenos de la época (Errázuriz, Pinto, Santa María, Balmaceda), que cobra especial significación después que el norte grande pasa a manos chilenas con la Guerra del Pacífico de 1879, Galeno, 2013). El ingreso de capitales europeos en la industria salitrera impulsa, además, un rápido crecimiento urbano en ciudades como Antofagasta.

El estilo portuario inglés, de naturaleza ecléctica e híbrida, considerado hoy día representativo de la cultura y el desarrollo alcanzado en momentos de gran auge económico de Chile, dio pie a una variedad de modelos arquitectónicos que tuvo múltiples expresiones locales. Se trata de una tipología constructiva que se extendió a

partir del siglo XIX, a lo largo de gran parte de la costa chilena y en ciudades del interior. Se basó en la aplicación del sistema estructural de madera *balloon frame* desarrollado en Estados Unidos que otorgaba simpleza constructiva, liviandad y rapidez a la edificación (Giedeon, 2009). El enorme tráfico marítimo surgido con la explotación del salitre, trae una inusitada provisión de grandes piezas de madera de pino Oregón y roble americano, entre otros muchos materiales, los cuales eran necesarios como lastre para la navegación (Garcés, 1999). Estos eran desembarcados en los puertos y utilizados en la construcción, teniendo un impacto determinante en las tipologías arquitectónicas y soluciones constructivas implementadas, sobre todo en el norte grande, donde no se contaba con madera como recurso natural.

Esta obra en particular, corresponde a una de las variantes locales más interesantes al sistema estructural de madera: es la incorporación de un revoque de tierra cruda y un enlucido de cal y arena. Conceptualmente es una “quincha” más elaborada. La quincha es un sistema de construcción prehispánico utilizado en toda a América de Sur por los pueblos indígenas, consistente en un paramento hecho a partir de un entramado de fibras vegetales revestido con barro (Memoria Chilena). En este caso, al sistema constructivo-estructural de madera, compuesto por pies derechos, diagonales, soleras, etc., se le clava una trama horizontal de “caña de Guayaquil” (o caña gradúa) (Galeno, 2013), sobre la cual se fija el revoque de tierra cruda.

El proyecto para restaurar el Teatro Pedro de la Barra surge a la luz del Programa Puesta en Valor del Patrimonio, del gobierno de Chile, el cual permite acceder a fondos para su materialización. Durante su larga vida útil, la adaptación del espacio a distintas necesidades ha hecho que se altere el edificio muchas veces, sin intervención especializada. Se registra daño biológico por termitas, tanto a nivel de elementos de terminación como de estructuras de techumbres, sin mediar acciones de mantención. El análisis permitió comprobar que las estructuras verticales y de descarga a terreno están en buenas condiciones y hacen viable la restauración.

2. OBJETIVO

El objetivo del proyecto establecido por el mandante, es la puesta en valor del bien patrimonial, su entorno inmediato y que en su conjunto valorice el servicio que presta a sus beneficiarios, relevando y promoviendo sus valores patrimoniales, rehabilitando su infraestructura, integrándola a su entorno, normalizándola según la reglamentación vigente y construyendo las nuevas dependencias necesarias para un teatro de estas características.

Se trata de un edificio con fachada a la calle de un piso, colocado en un predio de esquina ochavada, aproximadamente cuadrado, de unos 24 m por lado. La altura a la cornisa ornamental es de cinco metros. Lo construido es casi dos tercios del predio, dejando así, un espacio rectangular libre. Éste era el antiguo patio de la Escuela de Niñas. La Sala de Espectáculos ocupa el área más grande, en el tercio central del patio. El resto son áreas de servicio y acceso, como se muestra en figura 1 y figura 2.

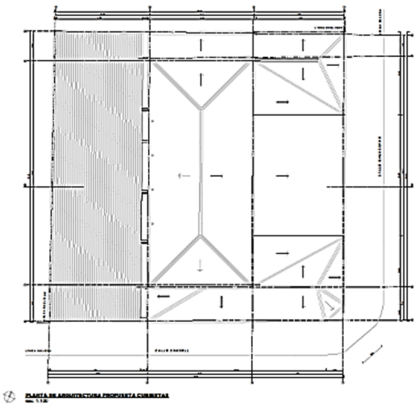


Figura 1. Planta de techumbres actual. En gris, el patio clausurado de la antigua Escuela de Niñas

Figura 2. Destacan en esta obra los ricos detalles de carpinterías en madera como puertas, ventanas, cornisas exteriores, molduras y zócalos interiores

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Se comienza por realizar un completo análisis crítico del edificio, desde su perspectiva histórica, arquitectónica y urbana, ambiental y cultural. Se adquiere con ello una mirada de lo que denominamos los valores intangibles del patrimonio arquitectónico. Para analizar su estado material se hace, en forma paralela, un levantamiento planimétrico hasta el nivel de detalles y se identifican los daños en sus distintos elementos constructivos y estructurales. Junto a eso, se realiza un estudio de las patologías presentes de origen biótico, abiótico, estructural y antrópico.

4. EL PROYECTO

De acuerdo a los valores patrimoniales reconocidos y a las conclusiones del análisis crítico, se cuida que los criterios de intervención del proyecto estén en concordancia con lo establecido por la Unesco y el Consejo de Monumentos Nacionales de Chile.

Con ese panorama de antecedentes y conclusiones derivadas, se inició la fase de proyecto. La propuesta arquitectónica se centra en tres aspectos de valor que parecieron fundamentales: Primero, abrir la fachada que cierra actualmente el patio para entregarlo al uso público, actuando como Foyer durante las funciones de teatro, como se ve en figura 3. Segundo, mostrar la fachada no visible a la comunidad, actualizando la función social que tuvo en su origen y que se había perdido. Dicha fachada, oculta hermosas ventanas verticales de proyección, de gran facturación en carpinterías de roble con herrajes. Tercero, para el control solar del edificio y considerando la alta radiación (latitud 23º38º39 S), se busca recoger un elemento propio de la cultura atacameña. Un sombreadero superior, compuesto por un entramado de cañas que pasa por encima de parte de las cubiertas y del foyer, buscando articular de ese modo, la zona rehabilitada con la obra nueva establecida por programa, con oficinas de dirección, reuniones, baños para el público, equipos y salas de ensayo. Estas últimas se localizan en un subterráneo que se abre bajo todo el patio-foyer, para dar cabida a dos salas de ensayo de 100 m^2 y 50 m^2 respectivamente, de altura 4,5 m útiles, que servirán tanto a la preparación de las obras teatrales, como a talleres de formación de la Escuela de Teatro de la U.A.

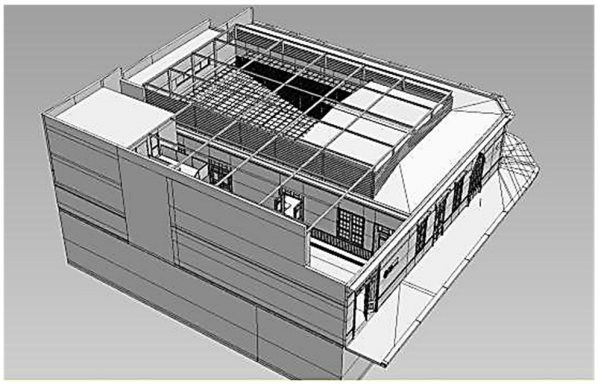


Figura 3. Se decide mostrar la fachada oculta por medio de un Foyer público del Teatro. Sala de Espectáculos en cuerpo central. Sombreadero para control solar

La rehabilitación considera como intervención mayor, la maximización de la Sala de Espectáculos, mediante la incorporación de una estructura metálica que se inserta dentro de la estructura original de muros de quincha del Teatro, sin tocarlos. Dicha estructura, aparte de configurar el espacio escénico, soportará todo lo nuevo, incluyendo paneles de tratamiento acústico, parrillas de iluminación escenográfica, estructuras de cubierta y una estructura superior que tiene la misión de sostener el sombreadero de cañas para control climático, cubriendo la sala de teatro y el foyer. Como se muestra en la figura 4, los dos edificios que componen el proyecto en su totalidad, no se tocan entre sí, permitiendo que dicha distancia muestre lo más posible al edificio antiguo. El área nueva considera un subterráneo para las salas de ensayo y uso de la Escuela de Teatro. Dichas salas de ensayo deben tener gran altura e implementar parrillas con focos de iluminación de similar tecnología que las consideradas en la sala principal de espectáculos. Sobre el subterráneo (antiguo patio) se desarrolla el Foyer ya mencionado. Desde él se accede al edificio administrativo de tres pisos que aloja, en segundo y tercer piso, las direcciones del Teatro y de la Escuela respectivamente. En primer nivel, contiguo al Foyer se disponen los baños de público y otros servicios, más equipamiento técnico electrógeno y climatización. La sección que se aprecia a la derecha de la figura 4, muestra el área de actores cuya volumetría, perfil y alturas se conservan de acuerdo al edificio original, respetando la memoria existente de esa esquina.

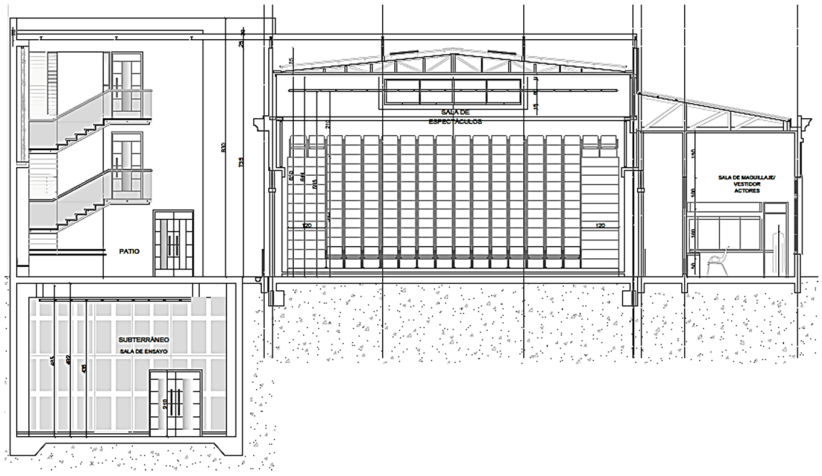


Figura 4. Corte transversal mostrando la intervención de conjunto y la estructura de sombreadero que cubre tanto la Sala de Espectáculos como el Foyer, actuando como elemento articulador de ambas

A lo largo de la crujía en forma de “L”, (ver figura 1 y 2) que configura la esquina de la manzana, se distribuye el programa de recintos de la compañía teatral; vestidores y salas de maquillaje, baños, oficina de diseño, taller de tramoya y utilería.

Los estudios técnicos realizados consignaron la existencia de termitas de madera y ambiente cálido en las estructuras de techumbre. Sin embargo, no se registraron xilófagos en pies derechos ni diagonales de pino Oregón, como tampoco en estructuras de madera del subsuelo. Allí se encontró, sin embargo, alguna pudrición por humedad.

Diferente es el panorama de los elementos no estructurales de los muros de madera, tales como puertas, ventanas, marcos, molduras, zócalos, cornisas, pilastras, etc., en general hechas de roble (figura 5). En su gran mayoría presentan existencia de termitas. Por tal razón se toma la decisión de reemplazar dichos elementos en su totalidad, a la vez que se incorporan nuevos elementos de madera en la fachada de la parte alta de la Sala de Espectáculos.

Figura 5. Muestra la totalidad de los elementos de madera a reemplazar por encontrarse afectadas por xilófagos, más los revestimientos de madera que dan altura a la Sala de Espectáculos.

A nivel de suelos se pudo apreciar en los análisis que existían algunos asentamientos de terreno que ameritaban la nivelación de los elementos verticales de estructura. El proyecto estructural, por esto ha considerado hacer nuevas fundaciones a todos los muros antiguos y construir un radier general de hormigón para estabilizar definitivamente la estructura y nivelar pisos nuevos y antiguos.

Respecto de los muros antiguos, todos de quincha, se decide reemplazar algunas partes de pies derechos en su tercio inferior para eliminar las zonas de pudrición por humedad alojada por efecto napas de agua y ocasionales lluvias que se depositan bajo las estructuras de piso. Del mismo modo, reponer estucos bajo las mismas características originales

Finalmente, para la iluminación de los espacios interiores y exteriores (salvo la iluminación escénica), se considera tecnología led de bajo consumo energético de diseño contemporáneo, como se puede apreciar en la figura 6. Sobre el muro de deslinde que da cerramiento al patio-foyer, se ha propuesto la instalación de un muro verde con riego por goteo para dar frescor a dicho espacio.

Figura 6. El foyer, parte central de la propuesta arquitectónica urbana abriéndose al uso de la comunidad

5. CONSIDERACIONES FINALES

La experiencia de restauración de un edificio de arquitectura con tierra tiene un doble significado. Por un lado, es un edificio que acoge y pone en valor una actividad cultural de larga tradición; y por otro, el edificio encarna en sí mismo y expone una tradición constructiva propia de los puertos nortinos, que vincula un modelo externo con las culturas materiales y constructivas locales. Esta convergencia está reflejada en el espíritu con que se asume el proyecto de restauración y rehabilitación en todas sus dimensiones, tanto constructivas, materiales, funcionales y espaciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Muñoz, Eduardo (1996). Monumento Nacional ex Escuela de Niñas Nº2. Teatro Pedro de la Barra. Revista Hombre y Destierro, n. 10, p.78-89.

Galeno, Claudio (2013). Estudio histórico sobre edificio de la Escuela Fiscal de Niñas. Proyecto AT. 1327, Universidad del Bío-Bío.

Giedeon, Sigfried (2009). Espacio, tiempo y arquitectura: el futuro de una nueva tradición. Barcelona: Editorial Reverté.

Garcés, Eugenio (1999). Las ciudades del salitre. Chile: Editorial Universitaria.

Memoria Chilena, Biblioteca Nacional de Chile. Arquitectura prehispánica del Norte Grande. Disponible en: www.memoriachilena.cl/602/w3-article-555.html> [consulta: 04 junio 2015]

AUTORES

Patricio Morgado Uribe, chileno, Arquitecto de la Universidad Católica de Valparaíso, Magister en Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica. Diplomado en Diseño en Madera de la Universidad del Bío Bío, Director Escuela de Diseño Industrial UBB, Director y docente del Departamento de Arte y Tecnologías del Diseño UBB, Decano de la Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño UBB., Fundador y Coordinador General de la REDARCOT/Cátedra Unesco/ Chile.

Leonardo Seguel Briones, arquitecto, Magister en Didáctica Proyectual, MADPRO, profesor e investigador J.C. del Depto. de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, miembro de Red Arcot/Cátedra Unesco-Chile, Visiting Fellow en Latin American Studies Program y en “Departmente of City and Regional Planning, college of Architecture, Art & Planning”, Cornell University, NY. (1998-1999).

13. CONSIDERACIONES PARA LA CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL DEL TEMPLO CONCEPCIÓN LA CONQUISTADORA DE SALCAJÁ

F. J. Quiñónez[1], E. V. Ayala[2], M. R. Corzo[3], J. Quiñónez[4]

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,
[1]javierquinonez@yahoo.es; [2]virgilioayala@yahoo.com; [3]sabandijaretorcida@yahoo.com.mx

Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala, [4]javierquinonez@gmail.com

Palabras clave: adobe, tierra comprimida, consolidación estructural, patrimonio histórico, ermita

Resumen

El Templo Concepción la Conquistadora de Salcajá es el resultado de la evolución de la primera ermita construida en el Reino de Guatemala (Centro América) en la época colonial. La construcción data de 1524, contiene en su interior los retablos posiblemente más antiguos de Centroamérica y la primera virgen traída del viejo continente. Es una joya arquitectónica invaluable en Guatemala y de allí deriva la importancia de su conservación. En el año 2002 se realizó un análisis del estado del templo y se presentó una propuesta para su consolidación estructural. Para hacer la propuesta fue necesario reflexionar sobre la importancia de entender el funcionamiento estructural de la construcción original y el mecanismo de transmisión de fuerzas concebido por sus diseñadores y constructores. Además, se analizaron los factores que pudieron haber modificado el diseño original y afectado la seguridad estructural, en función de los sismos, hundimientos del suelo, deterioro por intemperismo, agentes químicos, acción de la humedad y erosión por lluvias, así como por las modificaciones hechas a lo largo de los años. Para la propuesta de consolidación se trabajó en tres etapas: a) descripción del templo; b) diagnóstico del estado de las estructuras en 2002 e identificación de sus debilidades; y c) propuesta para su consolidación estructural. El templo fue intervenido durante los años 2002 y 2003, aplicando la propuesta planteada. Se consideró oportuno hacer una evaluación del estado de las estructuras, en el año 2015, después de 12 años de la intervención, tiempo durante el cual la edificación ha estado en servicio sin daños por los fuertes sismos que han ocurrido en los alrededores, originados por los desplazamientos de la Placa Tectónica de Norteamérica y la del Caribe, así como por la concurrencia de la Placa de Cocos. El templo se encuentra en buen estado, considerándose exitosa la propuesta implementada en el año 2002. En este trabajo se incluye un resumen de la propuesta para la consolidación y la evaluación de su estado en el año 2015.

6 INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta el análisis del estado del Templo Concepción la Conquistadora de Salcajá, Quetzaltenango, en el occidente de Guatemala, en el año 2002, la propuesta de su consolidación estructural en el mismo año y una evaluación visual del estado del templo realizada en mayo de 2015.

En el análisis del estado del templo en el año 2002, se tomó en cuenta que el edificio fue construido en un tiempo largo y con frecuentes y prolongadas interrupciones. Esto condujo, no solo a diferencias de estilos y de formas, sino de soluciones estructurales y materiales; además, a lo largo de los años o siglos anteriores, este edificio ha sido sometido a reparaciones o a modificaciones que pueden haber alterado su comportamiento estructural.

Siguiendo las recomendaciones de Meli (1998), lo primero fue reproducir una representación gráfica y numérica de las estructuras, principalmente las dimensiones de los elementos estructurales y la interrelación que tienen entre sí. La inspección y levantamiento permitieron detectar irregularidades geométricas y constructivas, así como daños o signos de comportamiento deficiente. En adición, fue importante conocer la calidad de los materiales y su estado de daño o deterioro, lo cual se realizó de

manera cualitativa por inspección visual o por percusión sobre los elementos. Sin embargo, fue oportuno contar con determinaciones cuantitativas de las características y propiedades de los materiales mediante pruebas de laboratorio y en sitio. La técnica que más se utilizó fue la extracción de testigos en lugares que se consideraron menos esenciales en las estructuras. De estos testigos se cortaron probetas que luego fueron ensayadas en el laboratorio.

Aunque un estudio histórico y arqueológico más profundo hubiera sido beneficioso, las presiones de tiempo y la falta de registros imposibilitaron tener abundante información. Para realizar el diagnóstico se contó con determinaciones directas de las condiciones actuales de los materiales y los elementos estructurales, el estado de daño y las alteraciones que presentaba el edificio. Se realizó también un estudio analítico para determinar, de forma más confiable, las solicitaciones que actúan sobre la estructura y la capacidad de ésta para resistirlas. Se encontró que las amenazas más significantes sobre las estructuras del templo fueron la humedad provocada por las aguas de lluvia que caían directamente o bien por escorrentía y el efecto de los sismos. Así que las recomendaciones para mejorar el comportamiento estructural fueron dirigidas a disminuir el riesgo por esos dos factores (humedades y sismos).

Luego del diagnóstico de las condiciones de seguridad y de la identificación de las debilidades, se presentó una propuesta para la consolidación estructural del templo, la cual fue bien recibida por la Municipalidad de Salcajá y contó con la resolución aprobatoria de la Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural del Ministerio de Cultura y Deportes, habiendo sido ejecutada durante los años 2002 y 2003.

Se consideró oportuno hacer una evaluación del estado actual de las estructuras en mayo de 2015, después de 12 años de la intervención, tiempo durante el cual la edificación ha estado en servicio y fuertes sismos han ocurrido en los alrededores. En este artículo se resume la descripción de las partes que componen las estructuras; la identificación de las debilidades encontradas en las mismas; las recomendaciones para su consolidación y los resultados de la evaluación visual de su estado actual en mayo de 2015. El templo se encontró en buen estado general, considerándose exitosa la intervención hecha en el año 2002, ya que los recientes sismos ocurridos no lo han dañado y el interior del mismo se encuentra libre de humedad. El inmueble se utiliza para los servicios religiosos rutinarios con eficiencia y prestando una atracción turística muy importante que beneficia a los pobladores del Municipio de Salcajá, en el departamento de Quetzaltenango.

2. DESCRIPCIÓN DEL TEMPLO

El templo se compone fundamentalmente de dos partes: la Nave Principal y el Altar Mayor (Quiñónez, 2002), cada uno de los cuales se describe en los numerales 2.1 y 2.2. Se sugiere observar las figuras 1 a 3, para una ilustración inicial.

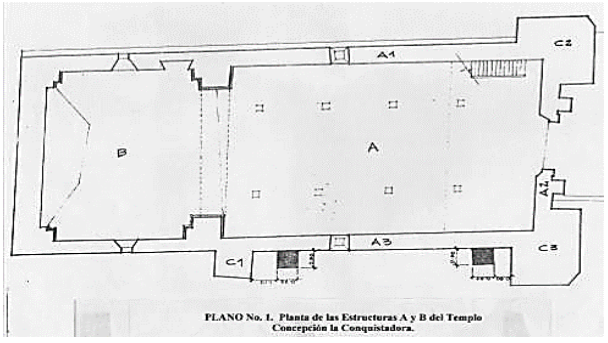


Figura 1. Plano de planta del Templo Concepción la Conquistadora **N**

(Quiñónez, 2002)

2.1. La Nave Principal

La Nave Principal del templo está identificada en la figura 1 con la letra A. Es un ambiente constituido por tres grandes muros de tierra sobre los cuales se apoya parte de la estructura del techo. Son elementos estructurales también las columnas centrales que soportan la mayor parte de la estructura del techo. Los elementos estructurales de la Nave Principal son la cimentación, los muros y el techo.

La cimentación de los muros de la Nave Principal es a base de piedra, en dimensiones que promedian entre 0,90 m de ancho y 1,25 m de altura. El tipo de suelo, de acuerdo a la morfología del lugar, el tipo de vegetación y las calas realizadas, puede predecirse que es en general un limo de origen volcánico.

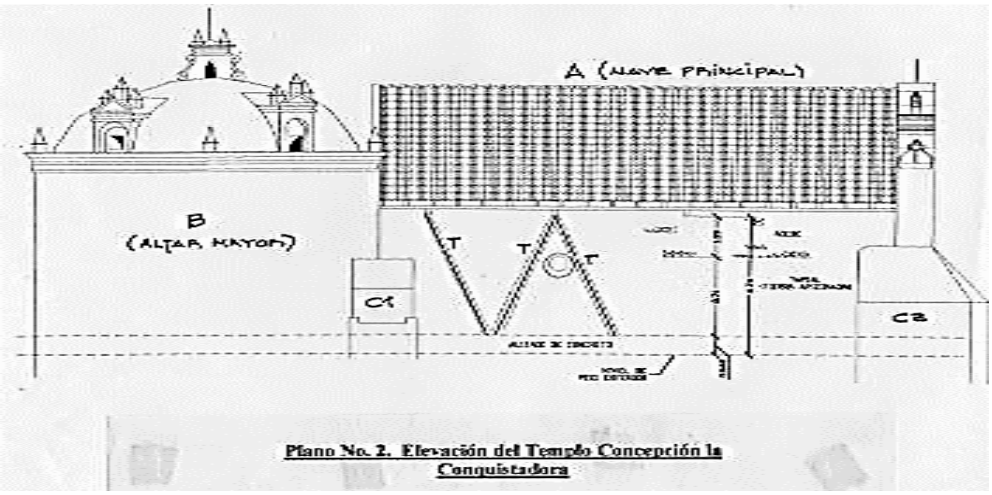


Figura 2. Plano de elevación de la fachada lateral norte del Templo Concepción La Conquistadora,
(Quiñónez, 2002)

Los muros de la Nave Principal están formados por paredes de tapial (tierra compactada) construidas sobre la cimentación hasta una altura de 2,70 m y luego con levantado de mampostería de adobe no reforzada hasta 4,75 m de altura total. Los muros laterales así formados e identificados en la figura 1 como A1 y A3 tienen una longitud de 15,0 m y un espesor de 0,8 m. El muro A2 tiene una longitud de 11,0 m y una altura variable, en promedio de 6,0 m y su espesor es de 0,8 m, constituyendo la fachada frontal del templo. El muro A3 tiene construido un contrafuerte identificado en la figura 1 como C1, mientras que el muro A1 no lo tenía antes del 2002. Los muros A1, A2 y A3, tienen contrafuertes en la fachada frontal, los cuales se identifican en la figura 1 como C2 y C3. Estos contrafuertes fueron aparentemente construidos en época diferente a la construcción original, como producto de las posibles destrucciones del Templo por los temblores o terremotos característicos de la localidad.

Los muros A1 y A3 tenían antes del año 2002, en la parte inferior, tanto interna como externa, unas vigas de concreto a las cuales estaban anclados unos tensores que atravesaban el muro en toda su altura en forma diagonal. Los tensores estaban unidos a tacos de madera que se ubicaban en la parte inferior de los rieles de madera que conformaban parte de la corona de los muros. Estos tensores se pueden observar en la figura 2 y se identifican como T. Los tensores evidenciaban muestras claras de deterioro por oxidación; y evidentemente eran resultado de una intervención de no muchos años atrás.

El techo está formado por una estructura de madera aserrada, sobre la cual descansa la cubierta de tejas de barro cocido; muchos de esos elementos estructurales de madera y

gran parte de las tejas estaban totalmente inservibles antes del año 2002. La estructura del techo es de dos aguas, con pendientes hacia el norte y sur.

2.2. El Altar Mayor

La estructura del Altar Mayor se identifica en la figura 1 con la letra B. Esta estructura es completamente diferente en materiales, método constructivo, geometría y tipología en relación a la estructura de la Nave Principal (A) que ya se describió en el numeral 2.1. Los elementos estructurales del Altar Mayor son la cimentación, arcos de mampostería y el techo.

Figura 3. Estado del templo (Quiñónez, 2015)

La cimentación del Altar Mayor es a base de piedra. Como en el caso de la cimentación de la Nave Principal, ya que el tipo de suelo que se encuentra en el lugar es de las características que se indicaron en el numeral 2.1., se consideró que la cimentación era adecuada para la estructura que soportaba.

El sustento del techo es una estructura formada por cuatro arcos de mampostería no reforzada de piedra, dispuestos de manera simétrica; un sistema muy conocido de la época colonial. Los tres arcos ubicados hacia el exterior del templo tienen cerramientos de mampostería, los cuales, a juzgar por la apariencia del edificio, debieron haberse construido posteriormente a la construcción original. El otro arco que se sitúa hacia el interior del templo, se presenta como supuestamente fue construido originalmente, totalmente abierto y es lo que permite que el ambiente del Altar Mayor tenga continuidad con la Nave Principal.

La cubierta del Altar Mayor está formada por una cúpula construida con ladrillos de barro cocido y piedra, la cual se sustenta en cuatro pechinas, que a su vez descansan en los arcos y en los pedestales de mampostería no reforzada de piedra. En la figura 2 se puede observar el plano de elevación lateral de las estructuras A y B.

3. CONSTRUCCIÓN CON ADOBE Y TIERRA COMPACTADA EN GUATEMALA

Por la naturaleza de este evento, la atención se centra en la Estructura A. De acuerdo con los registros que hicieran Marroquín y Gándara (1982), el sistema de construcción con tierra prevaleciente en Guatemala es el adobe; el tapial (tierra compactada) es un sistema que aunque fue el primero utilizado para la construcción de la Nave Principal (A) del Templo Concepción La Conquistadora, pareciera que quedó relegado fundamentalmente para la construcción de paredes divisorias de terrenos o linderos, cuestión que es fácilmente observable en la actualidad en las cercanías del municipio de Salcajá. De tal suerte que, en el mismo lenguaje diario es común referirse a un tapial de

adobe, lo cual en el lenguaje de la localidad significa una pared divisoria o muro lindero de adobe; aunque existen muchas paredes o muros lindero de tierra compactada. Esa situación se ha generalizado para otras zonas del país (figura 4). Aunque deben existir muchas viviendas de tapial, no es fácil identificarlas por los revestimientos utilizados. De hecho, en la tipología regional de la vivienda en Guatemala, Marroquín y Gándara (1982) definen un material denominado 2a tapial, haciendo referencia a un muro de carga sin refuerzo para el cual se utiliza el mismo material para la cimentación, de buena adecuación sísmica y climática, pero de difícil identificación, confundiéndose con el adobe. Este sistema constructivo fue perdiéndose en Guatemala, confundiéndose con el de adobe, que es el sistema constructivo prevaleciente en la construcción con tierra, mientras que el sistema de tierra compactada no se utiliza en la actualidad.

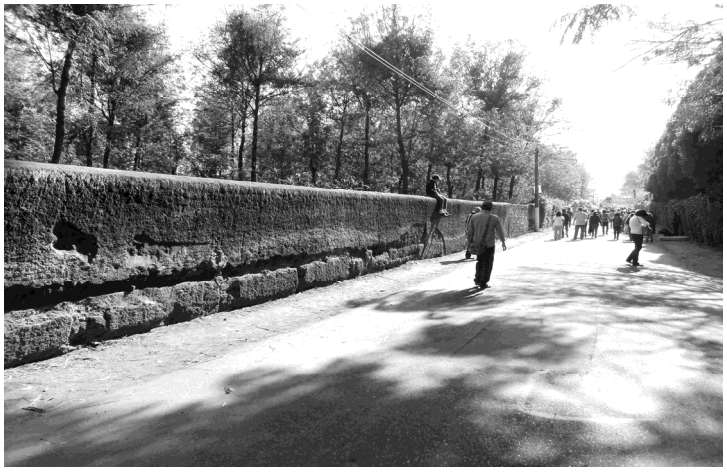


Figura 4. Muros lindero construídos de tierra compactada en Antigua Guatemala (Quiñónez, 2015).

Existe un trabajo experimental de laboratorio (Godoy, 1983), en el cual se elaboraron muros de tierra compactada con material volcánico liviano muy abundante en Guatemala (arena pómez), combinado con otro denominado “talpetate”, cuya composición fue de 70% de limos con 30% de arcilla (utilizado para la construcción de la cimentación de viviendas en muchas zonas de Guatemala). La composición de las mezclas utilizadas fue de 66% de agregados de pómez, con 34% de talpetate, con las cuales se obtuvieron, por el proceso de evaluación Proctor, densidades secas máximas de 1277 kg/m^3 y un contenido de humedad óptimo de 21,9%. Los pesos volumétricos de los materiales que intervinieron fueron: arena pómez 872 kg/m^3 y para el talpetate de 1072 kg/m^3.

Cuando estos suelos se estabilizaron con 5% de cemento Portland, la humedad óptima se redujo al rango de 11-13%. Obviamente, la energía de compactación y el espesor de las capas fueron variables muy influyentes; sin embargo, a manera de orientación, los valores de esfuerzos a compresión en muros a escala que guardaron una relación altura/espesor de 8, presentaron valores de esfuerzos de compresión del orden de 1,5 MPa a 1,8 MPa y esfuerzos cortantes que oscilaron entre 0,25 MPa y 0,35 MPa. Otra variable estudiada fue el efecto de la adición de fibras vegetales. Para el caso de muestras de tapial obtenidas de la Estructura A del Templo de Salcajá, se obtuvieron pesos volumétricos que oscilaron entre 1019 kg/m^3 hasta 1395 kg/m^3; se pudo comprobar que la combinación era aproximadamente la misma en materiales y proporciones que el estudio de laboratorio. Por otra parte se obtuvieron valores de esfuerzos a compresión que oscilaron entre 0,54 MPa y 0,77 MPa; la diferencia entre éstos y los obtenidos en el laboratorio se atribuye a la falta del aglomerante; debido probablemente a las diferencias en la energía de compactación y a los contenidos de humedad. Mientras que los valores de los esfuerzos de corte en el material extraído del

Templo oscilaron entre 0,15 MPa y 0,24 MPa, considerándose la diferencia debido a los mismos factores que ya se mencionaron para el caso de los esfuerzos de compresión.

Los valores de esfuerzo a compresión de las muestras de adobe extraídas del Templo oscilaron entre 1,0 MPa y 3,89 MPa, habiéndose establecido una variabilidad muy fuerte en los resultados, atribuible a la falta de uniformidad de las unidades. Estos adobes, como los que actualmente se utilizan en Guatemala, están hechos de una combinación de arenas y limos, escasamente contienen arcilla y es el motivo de resistencias muy variables, generalmente de valores bajos y de inadecuado comportamiento ante eventos sísmicos; además los resultados están influenciados por los procesos de elaboración.

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS DEBILIDADES DE LAS ESTRUCTURAS

Luego de haber tenido una descripción de los elementos y materiales que componen las estructuras, de haber realizado una investigación histórica y arqueológica limitada por los aspectos que ya se indicaron; de las inspecciones visuales y de los ensayos de laboratorio, se hizo un diagnóstico de su estado del Templo en el año 2002.

4.1. Estructura A

La construcción de los contrafuertes de la fachada frontal, a pesar de su desproporción con relación a las dimensiones del Templo, se consideró que producían una muy buena función de estabilidad ante sismos debido a su masa. No se consideró así para el contrafuerte que se ubicaba entre las estructuras A y B, pues debía funcionar únicamente para la estructura A.

Las esquinas de unión de los muros longitudinales con el muro de la fachada frontal se consideraron deficientes por las fisuras que presentaban, aunque esta debilidad se pensó que estaba suplida en gran parte por los contrafuertes.

Debido al tipo de suelo, no se consideró necesario hacer una intervención por debajo de los contrafuertes para garantizar la estabilidad de los mismos, sin embargo, sí se consideró que debieran ser consolidados con inyecciones de lechadas en las grietas y la estabilización en la base de los mismos, con una adecuada protección contra aguas de escorrentía.

No se encontró una explicación lógica de la disposición de los tensores de acero; una consecuencia de una intervención anterior, la cual fue dejada sin concluir. Contrariamente a ello, se consideró que, debido a la integración de las cargas y al establecimiento de los esfuerzos que se producían en los muros de tierra de la estructura A, los tensores no eran necesarios, siendo muy importante la reparación de las aberturas donde ellos se ubicaban, tanto en la parte interna como en la parte externa de los muros de la estructura A.

La estructura del techo y la cubierta de la estructura A estaban fuertemente dañadas. Se consideró necesario cambiar las partes deterioradas y favorecer la evacuación inmediata de aguas de lluvia para evitar el ingreso de humedad hacia el interior de la estructura A.

4.2. Estructura B

Toda la estructura B estaba conformada por materiales frágiles no reforzados, lo cual presentaba el riesgo de fallas bruscas que podrían conducirla al colapso. La cimentación, así como los arcos y las pechinas, no estaban en condiciones críticas. Sin embargo, la cúpula que constituía la cubierta estaba deteriorada y fuertemente agrietada, permitiendo un deterioro progresivo de los materiales y el ingreso de aguas de lluvia hacia el interior. Se consideró que era necesario intervenirla e impermeabilizarla con productos naturales, así como restablecer los medios para la evacuación inmediata de aguas de lluvia para evitar el acceso de humedad hacia el

interior del Altar Mayor. Además, era necesario proporcionar un mecanismo de refuerzo dúctil de toda la estructura, para garantizar su estabilidad ante sismos y aún ante los empujes laterales de las cargas estáticas.

4.3. Unión entre las Estructuras A y B

Las uniones que pretendían tener una continuidad entre las estructuras A y B se consideraron deficientes, ya que dos estructuras construidas en épocas diferentes, con sistemas constructivos diferentes, materiales diferentes y con masas diferentes, debieran actuar separadamente por razón de sus propias inercias.

4.4. Contorno de las estructuras A y B

Se consideró que las aguas de lluvia, así como la penetración superficial de humedad al nivel del suelo, hacia las estructuras A y B era un factor determinante para el deterioro de los materiales de las dos estructuras (figuras 5 y 6). Se pensó que el aislamiento de las estructuras de la humedad era lo primordial en este caso.

Figura 5. Estado del templo (Quiñónez, 2002)

Figura 6. Templo durante el proceso de consolidación (Quiñónez, 2002)

5. PROPUESTA DE CONSOLIDACIÓN ESTRUCTURAL

El esquema de la propuesta con fines de estabilización estructural e intervención incluyó consideraciones sobre los siguientes aspectos:

a) Mínima alteración del monumento histórico y reversibilidad de la intervención.

b) Aplicación de soluciones basadas en informaciones de campo y de laboratorio.

c) Eficacia en la reducción de los riesgos.

d) Costo y dificultades de la intervención.

e) Intervención rápida para la estabilización de las construcciones.

Las estrategias para definir las propuestas de reforzamiento estructural fueron:

a) Comportamiento de la estructura desde una perspectiva global.

b) Los edificios deberán considerarse actuando como una unidad, preferentemente.

c) Medidas aisladas, sobre-reforzamientos y excesos de rigidez, deberán evitarse.

Como es obvio, para cada una de las debilidades identificadas y descritas anteriormente, se propusieron las soluciones, que se resumen en los numerales 5.1., 5.2 y 5.3.

5.1. Estructura A

En los muros de la estructura A (Nave Principal) se encontró que existía un cordón superior de madera aserrada integrada a la estructura mediante engrapes de madera incorporada en la construcción de tierra. Sin embargo, esos cordones carecían de conexiones entre los dos muros, trabajando de manera aislada, dejando que la estructura del techo y cubierta trabajaran sobre las columnas de madera colocadas en la parte interna de la estructura, con apoyos articulados. Los muros de la estructura A prácticamente estaban en voladizo. Se propuso la colocación de vigas de amarre de madera aserrada o bien una armadura horizontal de alma abierta, anclada a la corona de madera aserrada que se ubicaba sobre los muros de tierra y contiguo a la estructura B.

Adicionalmente, se sugirió la construcción de un contrafuerte en el extremo del muro de tierra de la parte sur de la Nave Principal (muro A1), con características similares al contrafuerte del otro muro. Este contrafuerte tendría la función de reforzar el muro contra carga lateral y ayudaría estructuralmente a las vigas de amarre indicadas en el párrafo anterior; se recomendó que este contrafuerte únicamente reforzara el muro de tierra y que no se apoyara en el edificio B, ya que las dos estructuras deberían de trabajar de manera independiente por razón de sus rigideces. En la figura 7 se indica la posición de este contrafuerte.

Para la unión de la estructura A con la estructura B, se consideró que era inconveniente colocar llaves de unión entre las dos estructuras, por razón de la diferencia en sus rigideces, como ya se indicó.

No ocurre lo mismo en las uniones de los muros de tierra longitudinales con el muro transversal de la fachada frontal de la estructura A., ya que es una de las partes en que se ha demostrado debilidad ante sismos; lo que está demostrado por la construcción de contrafuertes de gran volumen, que seguramente no fueron considerados en el diseño y construcción originales. Como esos contrafuertes están cumpliendo un rol importantísimo, se sugirió una revisión muy detenida de las esquinas por el interior de la estructura A, para cerciorarse que no existan grietas de espesor considerable. Si ese fuera el caso, se recomendó estabilizar esas partes con inyecciones de lechada de puzolana con cal y con llaves de mampostería de barro cocido.

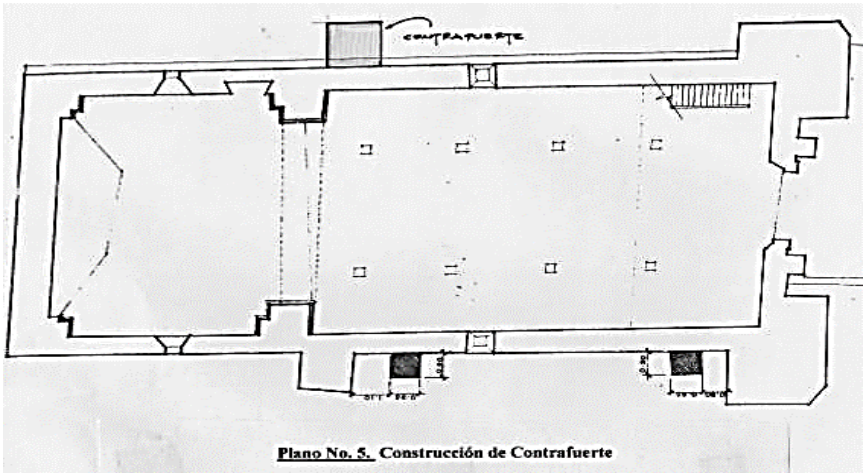


Figura 7. Plano de planta del templo con indicación de la construcción de contrafuerte. (Quiñónez, 2002)

De acuerdo a lo que se pudo observar en las inspecciones visuales, se consideró que lo más importante en esta parte de la estructura A era la estabilización de los contrafuertes y la protección de los mismos en sus bases.

Ya que los tensores de acero de refuerzo que estaban colocados en las partes interna y externa de los muros de la Nave Principal, con pretensiones aparentes de confinamiento, no cumplen con tal propósito por defectos de construcción (figura 8); además, la mayoría de ellos estaban deteriorados por oxidación, y considerando que los esfuerzos cortantes no eran críticos debido al análisis de esfuerzos realizado minuciosamente, se consideró que deberían de ser eliminados. Se recomendó, además, que los espacios vacíos dejados por esos tensores deberían ser llenados con mortero de cal y agregados volcánicos abundantes en la zona.

Se recomendó la revisión completa y las reposiciones, tanto en la estructura como en la cubierta de la estructura de la Nave Principal, que garantizara la evacuación inmediata de las aguas de lluvia y la ausencia de filtraciones hacia el interior del templo, ya que éstas podrían ocasionar humedad en la estructura del techo, con el consecuente detrimento de sus características y propiedades mecánicas. Por otra parte, la presencia de humedad en el interior del templo podría presentar ambientes con condiciones de ocupación desfavorables.

5.2. Estructura B

Para disminuir los riesgos ante cargas de sismo, se propuso la colocación de un anillo de confinamiento horizontal en todo el contorno superior de la estructura, esperando que ésta trabaje como una unidad ante las cargas dinámicas. En condiciones estáticas este anillo se espera que confine la estructura para evitar desplazamientos laterales por el empuje de la masa de la cúpula. El diseño se realizó utilizando una banda de ferrocemento aislada del monumento, cuyo fin era abrazar la estructura de manera análoga a un cincho en una cintura. La capacidad de la banda de ferrocemento se estableció en función de la masa de la estructura afectada por un coeficiente de riesgo sísmico; el diseño de la banda se realizó siguiendo las recomendaciones de Robles y otros (1985). El refuerzo utilizado fue una malla electro-soldada 6x6 – 9/9, a la que se unieron cuatro mallas de retícula cuadrada de 1,27 cm de abertura; el mortero se elaboró con arena de rio pasada por la malla No. 8, mezclada con cemento I PM, en proporción 1:2 en peso, cuyo valor de esfuerzo a compresión esperado fue de 28,0 MPa. En la figura 8 se puede observar la posición de la banda de refuerzo.

Además, se recomendó que las superficies superiores de la cúpula y las pechinas fueran saneadas con materiales similares a los originales y la estabilización con inyecciones de lechada de cal y materiales volcánicos abundantes en la zona, lo que debería complementarse con un blanqueado de mortero de cal-puzolana y arena fina, aplicando posteriormente un impermeabilizante a base de cal y lejía de jabón casero, aplicado anualmente como forma de mantenimiento. Se recomendó que este procedimiento, así como la impermeabilización, debiera de realizarse posteriormente a la construcción del anillo de confinamiento descrito en el párrafo anterior.

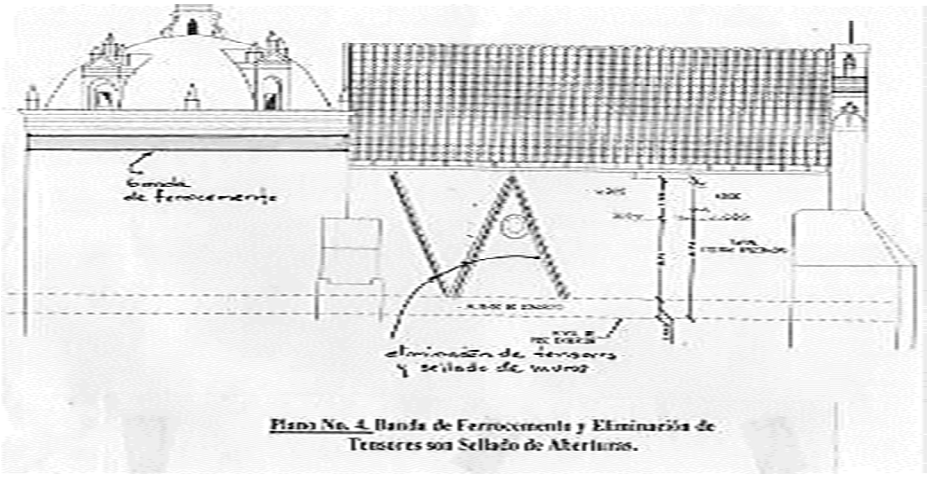


Figura 8. Plano de elevación de fachada lateral sur del templo (Quiñónez, 2002).
(observar posición de banda de ferrocemento y ubicación de tensores eliminados)

5.3. Drenaje de aguas pluviales alrededor de las estructuras A y B

Para mantener la integridad de las estructuras, sobre todo de los muros de la estructura A, se recomendó aislar las mismas de las aguas de lluvia que provenían de las cubiertas y de las aguas de escorrentía. Se indicó que daños importantes podrían producirse por aguas de lluvia, por dos razones diferentes: a) erosión en los muros provocada por aguas de lluvia y escorrentía, y b) asentamientos diferenciales de la cimentación por debilitamiento relativo del suelo, con la generación de fallas secundarias en los cerramientos.

Para prevenir esas situaciones se recomendó el recubrimiento del suelo en todo el contorno de las estructuras A y B, con baldosas de barro cocido, por lo menos en una banda de tres metros de ancho. Para recolectar las aguas provenientes de las cubiertas, así como de las áreas adyacentes, se recomendó la construcción de canales revestidos con pendientes adecuadas, similares a los canales naturales sin recubrimiento que ya se habían abierto de manera natural, con el propósito de retirar las aguas tan pronto como fuera posible de las áreas adyacentes al templo (figuras 5 y 6).

6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN VISUAL EN MAYO DE 2015

Luego de doce años de intervención del templo, en la cual se siguieron la mayoría de las recomendaciones ya enumeradas, se consideró importante hacer una evaluación visual del estado actual del monumento, como parte de las actividades de evaluación del estado del patrimonio histórico, que realizan conjuntamente las Facultades de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La evaluación fue realizada en el mes de mayo de 2015 y consideró el estado actual de las estructuras A y B, así como de las áreas circundantes, cuyos resultados se describen en los numerales 6.1 al 6.3.

6.1. Nave Principal (Estructura A)

La estructura A no presenta evidencias de fallas por movimientos sísmicos, aunque fuertes sismos han ocurrido en los tres últimos años en la zona suroccidental del país, que incluye el área de Salcajá, en Quetzaltenango. Tanto el interior como el exterior de la estructura permanecen sin agrietamiento ante estos fenómenos.

La estructura tampoco presenta evidencias de filtraciones en la parte interna, más allá de la humedad higroscópica propia del lugar. Las baldosas de barro cocido que revisten el piso interior de la estructura están completamente secas, proporcionando un buen ambiente con condiciones termo-acústicas y de funcionamiento favorables (figura 9). En

la parte externa, los muros de tierra están en buen estado ya que no se observaron fisuras por movimientos laterales. Sin embargo, en esta parte sí hay evidencias de desprendimientos de los revestimientos por humedad, además se observa la presencia de hongos y musgos, sobre todo en la parte baja de los muros y en los contrafuertes. También se observaron algunas fisuras en los filos de los contrafuertes de la fachada frontal.

Figura 9. Estado actual del piso interno de baldosa de barro cocido. (Quiñónez, 2015)

Figura 10. Vista interna de cúpula,pechinas, arcos y pedestal. (Quiñónez, 2015)

Toda la estructura de techo y de cubierta está en buenas condiciones, como consecuencia no se presenta humedad en el cielo de madera en el interior de la estructura, ni en el piso de la Nave Principal, a pesar de que la evaluación se realizó en época lluviosa.

6.2. El Altar Mayor (Estructura B)

La cúpula, las pechinas, los arcos y los pedestales del Altar Mayor están en buen estado de funcionamiento en la parte interior (figura 10). No se observaron fisuras por movimientos laterales, ni presencia de humedad. Sorprendentemente, el piso de baldosa de barro cocido del Altar Mayor está cubierto con una alfombra tejida que no muestra humedad alguna. Las condiciones termo-acústicas del ambiente interno son muy buenas.

En la parte exterior sí existen algunos problemas de humedad sobre las superficies de los cerramientos, manifestados por desprendimientos localizados de los revestimientos. Trabajos de reparaciones por los vecinos del lugar, se observaron en pequeñas áreas. La parte externa de la cubierta, así como los laterales y parte del cincho de confinamiento de ferrocemento están recubiertos de manchas negras que evidencian la formación de los hongos que se han desarrollado por la presencia de humedad. En la

parte baja de la estructura, donde se encuentra con el piso externo, también puede observarse el mismo fenómeno.

6.3. Contorno de las Estructuras A y B

El contorno de las estructuras A y B permanece en muy buen estado, tanto en la parte del atrio del templo donde se utilizó ladrillo de barro cocido, como en los laterales donde se utilizaron baldosas de cemento Portland y granito.

7. CONCLUSIONES

Después que han transcurrido doce años de la intervención del templo con la propuesta planteada, la misma se considera exitosa ante cargas laterales, ya que no se evidencian fallas por movimientos sísmicos, a pesar de ser una zona muy dinámica y de los terremotos de San Marcos en los últimos tres años, una zona que se ubica muy cercana a Salcajá.

La intervención también se considera exitosa ante el ataque de humedad por lluvias y escorrentía, proporcionando ambientes interiores adecuados para las funciones de diseño (figura 11). Los efectos de deterioro por escorrentía fueron eliminados con adecuadas medidas de drenaje y protección de las estructuras (figura 12).

Existe, sin embargo, un problema persistente en el exterior de las estructuras por el ataque de aguas de lluvia, principalmente en ciertas partes de la Estructura B y de los muros laterales de la Estructura A, así como en los contrafuertes. Ese problema se considera que puede resolverse sustituyendo los revestimientos de cal por un aglomerante de cal-puzolana, adicionado con impermeabilizantes naturales, lo cual se propuso hace doce años, lamentablemente sin receptividad.

Figura 11. Interior de la Ermita y su retablo (Quiñónez, mayo 2015)

Figura 12. Piso y templo en su exterior (Quiñónez, mayo 2015)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Meli, R. (1998). Ingeniería estructural de los edificios históricos. México: Fundación ICA, A.C.

Quiñónez, F. J. (2002). Informe del análisis del estado actual y propuesta para la consolidación estructural del Templo Concepción La Conquistadora de Salcajá, Municipalidad de Salcajá, Quetzaltenango, Guatemala.

Quiñónez, F. J. (2015). Informe de la inspección visual del estado actual del Templo Concepción La Conquistadora de Salcajá. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

Marroquín, H.; Gándara, J. L. (1982). La vivienda popular en Guatemala antes y después del terremoto de 1976. Organización de los Estados Americanos. Editorial Universitaria. 596 p.

Godoy, S. R. (1983). Muros de suelos cemento apisonado sometidos a compresión y corte. Trabajo de graduación. Universidad de San Carlos de Guatemala. 97 p.

Robles, L.; Pama, R. P.; Kumar, K. Sashi; Metha, E. G. (1985). Lecture notes on short course on design and construction of ferrocement structures. Thailand: Asian Institute of Technology.

AUTORES

Francisco Javier Quiñónez, doctor en ciencias técnicas (PhD); ingeniero civil; profesor titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala; fue coordinador de proyectos de investigación para el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá –CIID-; la Fundación Internacional para la Ciencia de Suecia –IFS-; la Red del Hábitat Económico y Ecológico de Suiza –ECOSUR-; el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala –CONCYT-; miembro representante de Guatemala en cuatro proyectos de investigación del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo –CYTED-. Es consultor en ingeniería de materiales.

Edgar Virgilio Ayala, doctor en ingeniería civil y doctor en filosofía; profesor titular en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala; asesor de tesis a nivel de licenciatura; proyectos de investigación en construcciones con tierra (adobe, bajareque, tapial, pisos, revestimientos); maderas tropicales; cemento puzolánico, caña de maíz, cal, fibras naturales y diversos materiales no tradicionales. Participación en eventos académicos en numerosos países.

Mario Rodolfo Corzo, ingeniero civil, profesor titular del área de estructuras de la Escuela de Ingeniería Civil y jefe de la sección de estructuras del Centro de Investigaciones de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala. Otorga certificados de aptitud técnica de sistemas constructivos para vivienda y evalúa el comportamiento estructural experimental de postes, columnas, muros, paneles, vigas y losas de diferentes materiales. Ha sido profesor de la Universidad Mariano Gálvez.

Javier Quiñónez, doctor en arquitectura (PhD), arquitecto; maestro en restauración de monumentos con especialidad en bienes inmuebles y centros históricos, es profesor en el programa de licenciatura y maestrías de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala; fue Jefe de Control de Construcción en el Consejo Nacional para la Protección de La Antigua Guatemala; Jefe del Departamento de Conservación y Restauración de Bienes Culturales y Director Técnico del Instituto de Antropología e Historia del Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala.

14. REPARACIÓN DE GRIETAS ESTRUCTURALES USANDO *GROUTS* DE BARRO LÍQUIDO EN MUROS ARQUEOLÓGICOS DE TIERRA: EXPERIENCIAS EN TAMBO COLORADO

Henry Eduardo Torres; Véronique Wright; Gianella Pacheco; Oliver Huaman

Proyecto de Investigación Tambo Colorado, Perú. etopec@gmail.com

Palabras clave: barro líquido, *grouts*, adobe, estructuras.

Resumen

La degradación de las construcciones en tierra tiene como resultado, entre otras patologías, la formación de grietas, la pérdida de materiales, la disminución en la rigidez de las estructuras, etc. Normalmente la reparación de estas grietas en muros que forman parte de un edificio patrimonial consistía en la reposición de la mampostería alrededor de donde se había formado la grieta, en otras ocasiones se recurría al resanado perfilando la grieta, al desarmado del muro en la zona afectada, etc. Estas formas de conservación eran muy intrusivas y alteraban notoriamente el aspecto del elemento intervenido. Por estas razones, se consideró necesario aplicar otro tipo de procedimiento más compatible y que altere en menor medida las estructuras conservadas, para preservar su estabilidad. El empleo de barro líquido ofrece una alternativa de solución; la aplicación de inyecciones de barro líquido en las grietas da la posibilidad de conservar un muro u otro elemento agrietado sin alterar su aspecto original, además permite llegar a profundidad dentro del muro en grietas de muy poco espesor logrando consolidar un mayor volumen de la estructura. En el Perú y a nivel mundial existen experiencias hechas en laboratorio que han obtenido buenos resultados y que se pudo recopilar. Sin embargo, las conclusiones de su aplicación práctica en construcciones arqueológicas, todavía no han sido muy difundidos, a pesar de los resultados positivos de los ensayos realizados. El presente trabajo trata acerca de los procedimientos para la aplicación de *grouts* de barro líquido utilizados en la conservación de muros arqueológicos precolombinos Inca, además de los cuidados en la preparación de las mezclas, así como de las limitaciones encontradas durante su aplicación en campo.

INTRODUCCIÓN

Habitualmente las técnicas de conservación, con el objetivo de reponer parte de la resistencia en muros que presentan agrietamientos estructurales, consisten en desarmar y rearmar los muros. Estos procedimientos, sin embargo, tienen un impacto negativo sobre la arquitectura arqueológica; por esta razón se ha analizado la posibilidad de usar otros que tengan un impacto menor en la arquitectura y que al mismo tiempo recupere la resistencia total o parcial del muro sin alterar su aspecto original, siguiendo las normativas internacionales de conservación vigentes.

Figura 1. Vista de muros arqueológicos de tierra con agrietamientos que afectan su estabilidad

A manera de evaluación se hizo el análisis de fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades para evaluar objetivamente el uso de las inyecciones de barro líquido en

muros arqueológicos de tierra; de esta forma se ha logrado ponderar todas las variables implicadas y poder considerar de antemano las dificultades que se tendrán para plantear alternativas de solución a los problemas.

Tabla 1. Evaluación del uso de los *grouts* de barro líquido en muros arqueológicos.

Fortalezas	**Debilidades**
• Asegura en mayor medida la autenticidad del elemento conservado puesto que mantiene la armonía con los diseños originales (color, textura, forma y escala). • Recupera parcialmente la resistencia original del muro. • La conservación resultante no resalta o domina sobre la original y respeta su potencial arqueológico. • Se tiene un buen conocimiento acerca de la técnica del uso del barro en la conservación de arquitectura. • Se pueden inyectar materiales compatibles con los materiales originales.	• No puede medirse fácilmente la efectividad y alcance de las inyecciones de mortero liquido dentro de los muros agrietados. • Requiere de equipos sofisticados para medir su eficiencia. • Falta de estudios de laboratorio que representen las condiciones estructurales reales de los muros arqueológicos al momento de ser intervenidos. • Es una técnica de conservación irreversible.
Oportunidades	**Amenazas**
• Permitiría conservar una mayor cantidad de elementos arquitectónicos. • Los proyectos arqueológicos tienen la oportunidad de experimentar el uso de *grouts* con toda la experiencia que poseen en el uso de barro como material de conservación.	• No existen muchas experiencias reportadas sobre su uso en muros de adobe en sitios arqueológicos. • Al no ser un método de fácil comprobación acerca de su efectividad puede haber resistencia a su uso por parte de los conservadores.

OBJETIVO

El objetivo del presente artículo es discutir el uso de la inyección de *grouts* de barro líquido en muros arqueológicos a partir de las experiencias en campo, estudiando los procedimientos más adecuados para su correcta aplicación y notificando acerca de las restricciones encontradas para lograr que esta técnica de conservación sea lo más efectiva posible.

PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES EN MUROS ARQUEOLÓGICOS

Las edificaciones arqueológicas presentan una serie de patologías que tienen su origen en diferentes factores, sean estos por la propia composición del material, o sean causadas por el medioambiente, o debido también a la configuración arquitectónica del edificio. A manera de ejemplo, en el año 2013 el Proyecto Tambo Colorado (Proyecto de Investigación Tambo Colorado, 2013) realizó el diagnóstico general del Palacio Norte 1 del sitio arqueológico, encontrando veinte tipos de patologías, las cuales fueron agrupadas en 4 tipos: grietas, pérdidas, deterioros e inestabilidad. Estos cuatro grupos se subdividen, a su vez, en patologías específicas; dentro de esta clasificación, las grietas son las que interesan pues son las patologías que pueden ser reparadas mediante la técnica de inyecciones de barro líquido; de esta forma se puede identificar cuáles son las patologías que serán tratadas con esta técnica de conservación.

Tabla 2. Patologías estructurales registradas en el sitio Tambo Colorado

GRIETAS	PÉRDIDAS	DETERIOROS	INESTABILIDAD
Grietas en aberturas de vanos	Pérdida drástica de la sección del muro	Daño en la intersección de muros (DI).	Desplazamiento relativo entre muros
Grieta diagonal en esquina	Pérdida parcial del muro (PP)	Daños en la base del muro (DB).	Balanceo fuera del plano del muro.
Grieta vertical en el plano del muro	Pérdida de dinteles (PD)	Daño por agentes biológicos/vandalismo (DV).	Inestabilidad local de segmento de muro.
Grietas por corte en el plano	Pérdida de la esquina del muro (PE)		Riesgo de colapso de la estructura (RC).
Grietas por daños fuera del plano (Grietas horizontales)	Pérdida total de muros (PT)		
Grietas generalizadas			
Grietas en la sección transversal del muro			
Grietas horizontales en la parte superior			

Figura 2 – Patologías que afectan a los muros del sitio arqueológico.
(Cortesía Proyecto Tambo Colorado)

Estas patologías en muros de adobe son similares a las detalladas en el informe de Getty Conservation Institute (Leroy; Kimbro; Ginell, 2002) que fueron encontradas en construcciones “modernas” que presentaban muros de poco espesor. Los muros del sitio arqueológico Tambo Colorado miden entre 60 y 90 cm de ancho. Los que fueron ensayados por los especialistas miden en promedio 25 cm (Blondet et al, 2014) y el desarrollo de los agrietamientos que se han observado en campo fueron similares a los detectados en ellos. Sin embargo, en otro tipo se encuentran las estructuras construidas con técnicas de adobe o tapial, tienen 2 metros o más de espesor, presentan una sección rectangular, tienen varias toneladas de peso por metro lineal y, debido a su gran espesor, las formas de agrietamiento son diferentes, pues estas estructuras trabajan como muros de gravedad, es decir, que su estabilidad se debe a su elevado peso; en este caso las grietas se desarrollan con mayor énfasis en la sección transversal y recorren el interior del muro a través de las juntas de mortero y de los adobes fracturados por varios metros dentro de la estructura, estas características convierten en todo un desafío su conservación, siendo muy complejo el proceso de estabilización estructural.

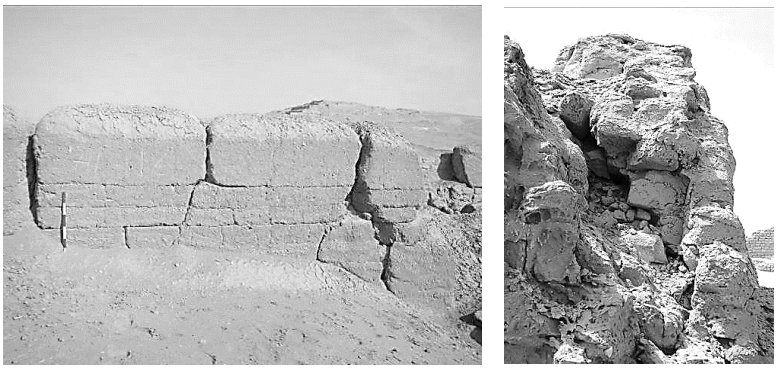


Figura 3 – Agrietamiento de muros. Fuente: Manual de conservación Pachacamac

METODOLOGÍA ADOPTADA

Estado del arte

En los últimos años el uso de inyecciones de barro líquido como alternativa en la conservación de muros de tierra ha tomado cierta importancia. Existen numerosas publicaciones e investigaciones y análisis de laboratorio llevados a cabo intentando recrear las condiciones reales a las que son sometidas las estructuras de tierra. Por ejemplo, los trabajos efectuados en la Universidad Católica del Perú (Blondet et al, 2008) donde se ensayaron muretes de adobe y se repararon con barro líquido; la Tesis doctoral de Rui Silva (2013), donde menciona acerca de las características de los *grouts*: para la inyección del *grout* es necesario saber de antemano sus propiedades, ya que la eficacia y la viabilidad de este tipo de intervención dependen de ellos. Por lo tanto, las propiedades más importantes en estado fresco y en estado endurecido son: la fluidez, la penetrabilidad, la segregación, la retención de agua, el tiempo de fraguado, la resistencia mecánica, la variación del volumen y la adherencia[27].

De la misma forma, en otro trabajo de tesis de los ingenieros Edward Soto y Carlos Sosa, donde evaluaron las bondades y resultados de las inyecciones de barro líquido, tesis que después se vuelca en un artículo (Blondet, et al, 2014) con resultados muy satisfactorios, todas ellas en construcciones de adobe. También es importante resaltar el trabajo de Chaudry (2007) y su aplicación en campo que se revisó detenidamente. Sin embargo, el tema pendiente sigue siendo su aplicación práctica en muros arqueológicos que es donde se han detectado varias condiciones que deben ser tomadas en cuenta para considerar esta técnica de conservación como una alternativa viable y efectiva.

EXPERIENCIAS EN CAMPO: TAMBO COLORADO

Debido a las especiales condiciones del sitio arqueológico Tambo Colorado, para los trabajos de consolidación estructural se optó por aplicar inyecciones de barro líquido de tal forma que no se afectase en demasía las superficies pintadas, pues todo el sitio arqueológico presenta pintura mural en sus paramentos. Las inyecciones de barro líquido se hicieron siguiendo las especificaciones y recomendaciones vertidas en la bibliografía y ensayos de laboratorio desarrollados por los investigadores consultados. A continuación se detallan los procedimientos seguidos:

[27] La traducción es del autor

Detección de grietas

El primer paso es identificar las grietas en el muro, no sólo en el paramento sino también en su desarrollo al interior para poder tener control de la inyección, hacer la limpieza previa y también poder conocer el alcance del trabajo y que éste sea efectivo. El inconveniente encontrado es l*a dirección arbitraria de las grietas*. Los agrietamientos al interior de los muros arqueológicos de tierra siguen direcciones arbitrarias, no siguen un plano horizontal o vertical sino que se desarrollan a través de las juntas de mortero, y también rompiendo los adobes en dos o más partes, siguiendo entonces direcciones totalmente difíciles de detectar más aún cuando el muro mide uno o dos metros de espesor, esto debido a la fragilidad del material y a la acumulación de sismos que van agrietando el muro mucho más con cada sismo que sucede. En relación al espesor de las grietas a ser inyectadas, Rui Silva (comunicación personal) nos hizo la siguiente recomendación "no aconsejaría para inyectar lechadas de barro en las grietas con un ancho mayor de 30 mm en la mayor parte de sus extensiones"[28]. En campo, sin embargo, existen grietas de mayor espesor; en este caso se ha convenido, por consejos del especialista y por experiencias propias, combinar la inyección de barro líquido con otras técnicas de reparación para lograr mayor efectividad de la conservación integral de la estructura trabajada.

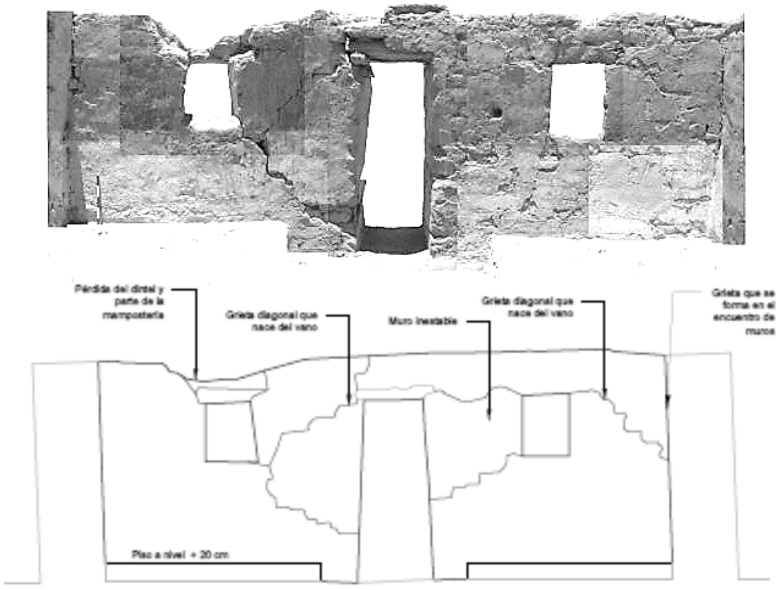


Figura 4 – Plano de grietas del Recinto 62 en Tambo Colorado

Limpieza de las grietas

La limpieza de las grietas constituye el primer paso fundamental en los trabajos en muros arqueológicos, debe ser a profundidad para evitar dejar polvo y suciedad al interior que no permita la adherencia a los adobes y también que sea posible la distribución de la inyección al interior del muro. Es importante resaltar que las grietas, por lo general, estaban llenas de materiales pulverizados del muro y con una posterior colonización de insectos arácnidos.

Los trabajos de limpieza fueron realizados mecánicamente, en el caso de las colonizaciones de insectos, el retiro fue realizado con espátulas pequeñas puesto que se encontraban fuertemente adheridas a la piedra de los dinteles en los vanos.

[28] La traducción es del autor

Figura 5 – Limpieza de las grietas antes de la inyección de barro liquido empleando diversas herramientas

Diseño de la mezcla

Para el diseño de las mezclas en campo se analizó la granulometría de los muros de adobe o tapial mediante el uso de probetas graduadas, además son muy útiles los ensayos previos hechos en laboratorio, pues nos dan una referencia de las proporciones de arena y arcilla en los adobes arqueológicos.

Previo a la aplicación del agua, se mezclaron los materiales en estado seco hasta lograr una mezcla uniforme; La tierra arcillosa fue tamizada con la malla N°50 (0,30 mm). De la misma forma, la parte de arena fue limpiada y tamizada con el tamiz N°50 (0,30 mm), evitando en todo caso elementos que puedan obstruir, tanto los conductos de aplicación como mangueras o también las grietas más pequeñas del muro conservado. Posteriormente adicionar el agua, que puede variar dependiendo de dos factores: se debe considerar el contenido de humedad de los materiales y evitar su segregación, el segundo está condicionado a la necesidad de obtener mayor fluidez en la mezcla para poder alcanzar grietas de poco espesor dentro del muro.

La proporción de mezcla empleada en los trabajos de inyección es presentada en la tabla 3.

Tabla 3. Proporciones aproximadas en volumen para los *grouts* aplicados en campo

Aplicación	**Arena** (% vol)		**Tierra arcillosa** (% vol)	**Agua** (% vol)
Mortero líquido para inyección en grietas	70%		30%	50%
	arena gruesa	arena fina		
	40%	30%		

Control de segregación de los materiales

La segregación de los materiales se controló mediante la aplicación de delgadas y sucesivas capas de *grout,* evitando en todo momento aplicar capas gruesas del mortero. La aplicación de capas sucesivas y de poco espesor reduce la segregación, favorece el secado de la aplicación, evita el excesivo humedecimiento del muro que puede provocar eflorescencias de sales solubles y con ello la pulverización de los adobes.

Se han realizado algunas pruebas de control de campo, muy sencillas que permiten verificar la cantidad de agua que se tiene que añadir a la mezcla para obtener trabajabilidad y control de la segregación. Para la prueba se usaron mezclas de material preparado con agua para mezcla en porcentajes del 30%, 50% y 60%; Las tres muestras preparadas dieron como resultado una sedimentación del orden del 5% en caso de la mezcla con agua al 30%, y con 25% de sedimentación en los dos últimos casos (50% y 60%). En el primer caso se consideró óptimo, sin embargo, hace falta

añadir que un porcentaje del agua será absorbida por los materiales en contacto, como el adobe o tapial. Esta velocidad de absorción de agua debe ser contabilizada dentro del agua de mezcla y el material no pierda **por succión** el agua necesaria para un fraguado.

Control de la penetrabilidad al interior del muro

Para controlar que la inyección penetre dentro de las grietas invisibles, desde fuera fue necesario, además, ubicar puntos de control que permitieran verificar que la inyección cubría la mayor área posible y de esa forma poder controlar la penetración del fluido al interior del muro agrietado. Por lo general, las grietas conectan entre sí y es importante conocer su recorrido para ubicar las zonas de control.

Medición de la adherencia

La adherencia es quizá una de las propiedades más importantes de las inyecciones de barro líquido. Sin embargo, en vista de lo necesario que era medir la eficiencia de este procedimiento, decidimos evaluar mediante pruebas de tracción por flexión en campo, tal como se han hecho en las pruebas de laboratorio, con las piezas de adobe en dos puntos de apoyo y cargadas con una fuerza puntual al centro.

De los ensayos que hemos realizado en campo, a pesar de las limitaciones que ello supone, se trató de que fueran similares a los realizados por Rui Silva (2013, p.140). El investigador obtuvo en promedio 26%, 17%, 55% y 74% de recuperación del esfuerzo de flexión para diferentes espesores de grietas. En nuestro caso, el espesor promedio de las grietas fue de 10 mm, y calculamos un porcentaje de recuperación de 14% y 36% para los esfuerzos de flexión; en los demás ensayos el porcentaje de recuperación fue casi nulo, pues las inyecciones no soportaron los esfuerzos, posiblemente debido a un inadecuado procedimiento. A pesar de ello, los resultados que se obtuvieron en dos de las muestras tienen porcentajes de recuperación que están dentro de los encontrados por Silva y más bien alejados de los promedios encontrados por Blondet et. al. (2008)[29]. Es importante destacar que estos últimos resultados fueron de ensayos de corte similares a los empleados por Silva, sin embargo, este último autor muestra porcentajes de recuperación mucho más conservadores (Silva, 2013, p.152).

Tabla 4. Resultado de los ensayos de tracción por flexión en adobes conservados en campo

Muestra	Po (kgf)	Pi (kgf)	L (cm)	b (cm)	h (cm)	Módulo de rotura (kgf/cm^2)	Módulo de rotura después de inyección (kgf/cm^2)	% de recuperación
1	247,35	34,95	45	25	16	2,61	0,37	14,1%
2	294,68	N.A.	40	35	13	2,99	Falló	Ninguno
3	276,55	N.A.	44	35	10	5,21	Falló	Ninguno
4	88,85	N.A.	39,5	32	10	1,65	Falló	Ninguno
5	126,7	N.A.	37	31	10	2,27	Falló	Ninguno
6	68,5	25	34,5	29	10	1,22	0,45	36,5%

Dónde: Po es la carga inicial (kgf);
Pi es la carga aplicada después de la inyección (kgf);
L es la luz entre apoyos (cm);
b es el ancho del adobe (cm);
h es la altura del adobe (cm)

[29] En dicho estudio Blondet et al (2008) obtuvo resultados para esfuerzos por corte con los siguientes porcentajes de recuperación: 114 %, 72 %, 108 %, 43 %, 134 %,

Figura 6 – Reparación de adobes con inyección de barro líquido para los ensayos de flexión

Medición del PH

Como medida complementaria, la bibliografía consultada recomienda la medición del PH del muro, obteniendo para ello una muestra *in situ* o en su defecto la tabla de registro que se tiene de otros adobes similares. La medición se realiza utilizando un medidor portátil, empleando un rango de ± 2 se consideraron las mezclas adecuadas (Oliveira, 2011).

Inyección del barro líquido

Previamente se procede a sellar la grieta por segmentos para evitar que el barro se escape. Este caso es diferente a los empleados en las experiencias de laboratorio que usaban sellos de yeso; en este caso se ha recurrido a dos alternativas: el uso de una banda de espuma de polietileno o al sellado con el mismo barro en forma de pasta.

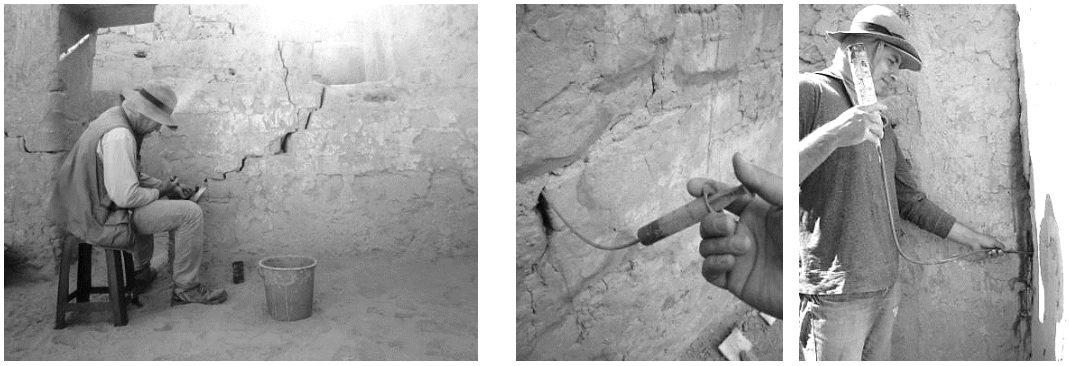


Figura 7 – Proceso de inyección del barro líquido en las grietas, se usaron instrumentos para ejercer presión o por gravedad. Fotos: Proyecto Tambo Colorado (2014)

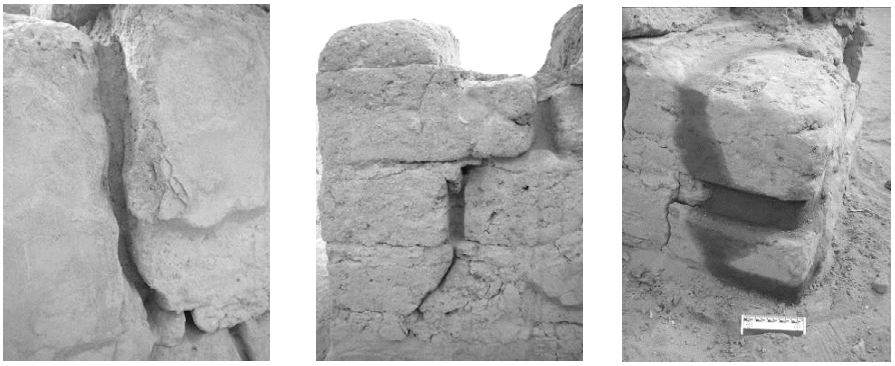


Figura 8 – Resultados de la inyección de barro líquido en muros de adobe

La inyección se hizo siguiendo los siguientes procedimientos:

Primero, se cuidó que la mezcla fuese lo suficientemente fluida para que pueda deslizarse en todas las superficies de las grietas dentro del muro. La textura del *grout* va desde el muy líquido hasta el cremoso.

Segundo, se establecieron puntos de control en el muro para verificar que el *grout* llenase la mayor cantidad de espacio vacío dentro del muro, se ubicaron varios puntos de control a través de orificios naturales presentes en el muro.

Tercero, fue necesario hacer una limpieza exhaustiva para remover todo el material pulverizado depositado en las grietas y permitir que el mortero fluyera sin problemas; además, previamente se humectaron las zonas a inyectar con el fin de humectar las caras en contacto y evitar que se absorba el agua del fluido causando contracciones que impidiesen una adecuada adherencia entre ambos elementos.

Finalmente con el objetivo de evitar contracciones por secado o cambios en el volumen del *grout* que afectase el resultado final, fue necesario realizar el trabajo en forma progresiva en capas superpuestas. Con el fin tener un mejor control de la aplicación, en algunas ocasiones el tiempo transcurrido entre dos capas aplicadas eran de 1 día, con lo cual fue posible no humedecer demasiado el muro y evaporar un poco del agua para evitar posibles problemas asociados a la presencia de esta humedad como eflorescencias de sales solubles.

Medición de la eficiencia

Una forma de controlar la calidad y el alcance de las inyecciones dentro de las estructuras conservadas es emplear el Ultrasonido. Como se sabe, éste es uno de los ensayos no destructivos más empleados debido a su fácil manejo, no requiere grandes requisitos de Hardware y Software y la inspección se puede hacer en el mismo lugar de los trabajos. El empleo de estos equipos permitiría detectar las grietas al interior de los muros y posteriormente evaluar si después de las inyecciones éstas fueron rellenadas convenientemente. No se contó en esta ocasión con dicha herramienta.

RESTRICCIONES ENCONTRADAS

Existen condiciones de los trabajos de campo que los trabajos de laboratorio no han reproducido. Estas son las condiciones que deben ser consideradas para que sea realmente una alternativa viable y aplicable por los conservadores de arquitectura de tierra:

- La arbitrariedad de la dirección de las grietas al interior de los muros arqueológicos de tierra tal como se explicó detalladamente en el presente artículo.
- El control restringido del alcance de las inyecciones al interior del muro, debido a lo expuesto en el ítem precedente. La dificultad de no poder conocer el recorrido de las grietas al interior del muro originan una falta del control de las inyecciones al interior del muro.
- Los límites que deben considerarse del espesor de las grietas a ser inyectadas. En un mismo elemento se puede encontrar espesores de 5 -10 mm hasta los 5 cm. De acuerdo a la bibliografía y a la experiencia en el uso del barro, las aberturas mayores a una pulgada o 25 mm que han sido inyectadas no garantizan por sí solas una adecuada transferencia de esfuerzos, por lo tanto, requiere de trabajos de conservación complementarios para una mejor consolidación estructural del elemento trabajado.

- Es importante hacer una limpieza profunda de las grietas, pues generalmente se encuentran llenas de material pulverizado, etc. Un problema derivado de los agrietamientos al interior de los anchos muros andinos es el no poder limpiarlos adecuadamente y con ello hacer inyecciones con efectividad cero. La limpieza de las grietas para inyectarlas de mortero es una de las tareas más importantes y requiere cuidado y esmero, todavía es una restricción cuando se hacen los trabajos de campo que sin embargo se está logrado superar con el uso de aire a velocidad controlada.

CONSIDERACIONES FINALES

Las experiencias vertidas en el presente artículo están referidas a trabajos de campo efectuados dentro del Proyecto de Investigación Tambo Colorado (Temporadas de campo 2013-2014). En la temporada última se aplicaron inyecciones de *grouts* de barro líquido, donde se consideró oportuno y de ellos se han extraído las observaciones y alcances que se describen.

Los *grouts* empleados en los trabajos de conservación desarrollados en el presente artículo son fabricados con barro líquido no modificado *unmodified mud grouts (*Silva et al, 2012), es decir, *grouts* sin la adición de aditivos o materiales que alteren su comportamiento, con el objetivo de que éstos sean lo más complementarios y compatibles posible con los muros arqueológicos de nuestro caso de estudio.

Los muros arqueológicos en condiciones agrietadas son estructuras en riesgo. Las grietas estructurales comprometen su estabilidad, al ser construcciones patrimoniales como en el caso del sitio Tambo Colorado que presentan enlucidos con aplicación de pigmento en su superficie, que hizo necesario tener cuidado en la aplicación de esta técnica, considerando, además, que esta capa de enlucido también se encuentra en estado delicado y es necesario conservarla previamente. En segundo lugar, debía tenerse extremo cuidado en el proceso de limpieza de las grietas antes de la aplicación, entre otras limitaciones que se han descrito en el presente trabajo.

Los resultados obtenidos empleando los *grouts* de barro líquido son satisfactorios: los muros intervenidos con esta técnica, después de un año de aplicación, han mostrado una buena adherencia y no se ven pulverizados o presentan grietas productos de esfuerzos o desplazamientos. Las grietas inyectadas pueden monitorearse. También es preciso que se realice una limpieza a profundidad y lo más prolija posible para que el barro líquido pueda penetrar y adherirse lo mejor posible a las superficies en contacto.

Las aplicaciones en grietas de espesores mayores a 25 mm requieren de trabajos complementarios tales como restauración parcial de la mampostería, colocación de anclajes, etc. Estas técnicas combinadas son efectivas, se han monitoreado después de un año de aplicadas no encontrándose problemas.

Los trabajos mostrados aquí no han considerado el uso de otros aditivos como cemento o yeso u otros orgánicos como almidón de arroz o el mucílago de cactus. Estos ensayos estarían pendientes para seguir con las experimentaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blondet, M.; Vargas, J.; Iwaki, C.; Morales, K. (2008). Uso de *grouts* de barro líquido para reparar fisuras estructurales en muros históricos de adobe. En: V Congreso de Tierra en Cuenca de Campos, Valladolid, 2008.

Blondet, M; Vargas, J; Sosa, C; Soto, J. (2014). Using mud injection and an external rope mesh to reinforce historical earthen buildings located in seismic areas. SAHC2014 – 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions. Mexico City, Mexico, 14–17 October 2014.

Chaudhry, Ch. (2007). Evaluation of grouting as a strengthening technique for earthen structures in seismic areas: Case study Chiripa. Thesis Master of Science in Historic Preservation Universidad de Pensylvania.

Leroy, E; Kimbro, E.; Ginell, W. (2002). Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe. The Getty Conservation Institute. Serie de informes científicos. Edición en español.

Oliveira, M.M. (2011). Tecnologia da conservação e da restauração - materiais e estruturas: um roteiro de estudos. 4th. ed. rev. and enl. Salvador: EDUFBA. 243 p.

Proyecto de Investigación Tambo Colorado. (2013). Informe de la Temporada 2013 presentado al Ministerio de Cultura del Perú.

Proyecto de Investigación Tambo Colorado. (2014). Informe de la Temporada 2014 presentado al Ministerio de Cultura del Perú.

Silva, R.; Schueremans, L.; Oliveira, D. (2012). Grouting as a repair/strengthening solution for earth Constructions.

Silva, R.A (2013). Repair of earth constructions by means of grout injection. Tese de Doutoramento Estruturas / Engenharia Civil. Universidade do Minho Escola de Engenharia. Portugal.

Silva, R.A.; Oliveira, D.V.; Schueremans, L.; Dekoning, K.; Gyssels, T. (2012). On the development of unmodified mud grouts for repairing earth constructions: rheology, strength and adhesion. Materials and Structures (2012) 45:1497–1512.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los miembros del Proyecto de investigación Tambo Colorado por la información para la elaboración del presente artículo y al Ministerio de Cultura del Perú.

AUTORES

Véronique Wright es arqueóloga y arqueómetra. Especialista en física aplicada en arqueología, sus investigaciones se enfocaron desde 2002 sobre la tecnología pictórica mochica. Investigadora "Pensionnaire" del Instituto Francés de Estudios Andinos en Lima, co-responsable del programa de investigación "Origines, Héritages et Dynamiques", sigue desarrollando estudios sobre los murales prehispánicos en la costa norte y central de Perú. Co-directora científica del Proyecto de Investigación Tambo Colorado está encargada del estudio de la policromía del sitio ampliando sus investigaciones a la costa sur.

Gianella Pacheco es arqueóloga egresada de las Universidad Nacional Mayor de San Marcos. De 2004 a 2007 trabajó en el Proyecto Arqueológico Huaca San Marcos, y desde 2008 está encargada de la conservación e investigación del Templo Pintado del Santuario de Pachacamac en Lima. Co-directora científica del Proyecto de Investigación Tambo Colorado está responsable de la conservación de superficies.

Henry Torres es ingeniero civil del Colegio de Ingenieros del Perú. Titular de una Maestría en Gerencia de Proyectos es conservador del Museo de Sitio de Pachacamac y especialista en estructuras. Co-director científico del Proyecto de Investigación Tambo Colorado está encargado de la conservación de estructuras del sitio.

Oliver Huaman es licenciado en arqueología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y sigue estudios de maestría en arqueología con mención en Estudios Andinos en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Director del Proyecto de Investigación Arqueológica Cuenca del Río Ica, es también co-editor de Inka Llaqta, revista de investigaciones arqueológicas y etnohistóricas Inka. Co-director científico del Proyecto de Investigación Tambo Colorado está encargado de la investigación arqueológica y del estudio de los grafiti del sitio.

15. RESTAURACIÓN DE UN TECHO DE BARRO EN LA IGLESIA DE SAN PEDRO DE ATACAMA

Beatriz Yuste Miguel[1]; Camilo Giribas Contreras[2]

[1]Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés, Arica, Chile. bea.yustte@gmail.com

[2]Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés, Arica, Chile. Escuela de Construcción en Tierra Ecot. camilogiribas@gmail.com

Palabras clave: adobe, restauración patrimonial, escuela taller, cultura tradicional

Resumen

La iglesia de San Pedro de Atacama data de mediados del siglo XVIII y pertenece al estilo barroco andino. La obra destaca por sus muros de adobe de 120 cm de espesor y su techumbre de par y nudillo con entablado de cactus y terminación en barro. Las lluvias anuales, durante el invierno altiplánico, han ido provocando daños acumulativos, generando filtraciones en la cubierta. La costumbre de la cultura tradicional atacameña después de cada lluvia es retortear el techo mediante trabajos comunitarios. La sucesión de retorteos ha ido generando sobrecarga en la techumbre, y en consecuencia la rotura y asentamiento parcial de la estructura. Desde junio del 2014, la Fundación Altiplano ejecuta el proyecto de restauración integral del templo en base a la experiencia lograda en el Plan de Restauración de Iglesias Andinas de Arica y Parinacota, Chile. El proyecto contempla la restauración del techo con la reintegración completa de la torta de barro, la consolidación de la estructura con la instalación de una viga collar, el reemplazo de las piezas dañadas y el refuerzo de las uniones con tientos de cuero. El trabajo de retorteo de la cubierta se realiza mediante 3 capas de barro cuyas dosificaciones se experimentaron para mejorar su comportamiento, principalmente frente a la humedad. La primera capa, de nivelación, es de barro aligerado de 4 cm de espesor, la segunda capa intermedia es de 7 cm de espesor, y la terminación es una capa fina de 1 cm de espesor mejorada con baba de tuna. La propuesta de restauración de la Fundación Altiplano no sólo busca ajustarse a los criterios y técnicas vigentes para la conservación patrimonial de construcciones en tierra, sino además a los criterios de preservación del patrimonio a través del desarrollo sostenible y el fortalecimiento de la comunidad de San Pedro de Atacama.

ANTECEDENTES

En medio de una geografía caracterizada por la aridez, gran amplitud térmica y escasos recursos hídricos, el oasis de San Pedro con su abundante vegetación y desarrollo agrícola y ganadero, se posiciona como uno de los paisajes culturales más emblemáticos del gran desierto de Atacama. Es reconocido internacionalmente por su geografía imponente, con sitios y restos arqueológicos bien conservados, un poblado con marcada tipología colonial, cielos ideales para la observación astronómica, y un interesante desarrollo histórico que comienza hace más de 11 mil años. En este contexto se encuentra la iglesia de San Pedro de Atacama, cuya techumbre de barro y su restauración es el objeto de este estudio.

Ubicación

La iglesia se ubica a un costado de la plaza principal del pueblo de San Pedro de Atacama, en la esquina de la calle Gustavo Le Paige y pasaje Vilama, región de Antofagasta, Chile.

Según Le Paige, Núñez, y Bente (1978, p.26) “la región en donde se emplaza San Pedro de Atacama se divide en 3 zonas geográficas bien delimitadas: Alta Puna, Quebradas y Oasis”. La Alta Puna (3.250 - 4.250 msnm) está caracterizada por la presencia de la cordillera de los Andes, con altas montañas y volcanes, presencia de algunos lagos y vegas húmedas con pastos que alimentan a los animales nativos como vicuñas, guanacos, ciervos, entre otros. Es un ambiente de gran amplitud térmica, con

temperaturas nocturnas que alcanzan los -20ºC en invierno y diurnas que superan los 20ºC, y lluvias estivales. Las quebradas (2.400-3.250 msnm) presentan menos contrastes térmicos, con forraje abundante, lo que permite asentamientos más duraderos; y los oasis (2.300-2.400 msnm) presentan climas más cálidos, con escasas lluvias, menor amplitud térmica y recursos hídricos que permiten el desarrollo agropecuario.

La iglesia de San Pedro de Atacama

La primera mención de una iglesia en el poblado de San Pedro de Atacama es de 1557; existe registro de una celebración de misa en la iglesia del pueblo, sin embargo, no se sabe con certeza si corresponde al templo actual. No se cuenta con descripciones ni menciones de este templo durante el siglo XVII, pero la importancia administrativa y eclesial que tuvo el poblado en la etapa de la conquista y colonia, nos permite suponer que el templo debe haber sido de grandes dimensiones, con numerosos bienes culturales y presencia sacerdotal permanente. La primera descripción de la iglesia de San Pedro de Atacama, corresponde al inventario realizado en 1774.

La iglesia de San Pedro de Atacama cuenta con una tipología de planta en cruz latina, transepto y crucero según el modelo colonial americano; cuenta con dos capillas laterales, capilla bautismal, sacristía y una torre campanario adosada al muro poniente. El templo tiene una superficie de 640,97 m^2, y cuenta con un atrio de 1241,8 m^2. Destaca el grosor de sus muros de albañilería en adobe de 120 cm. El techo, en particular, es uno de los vestigios del templo de mediados del siglo XIX. La tipología del techo es de tijerales, con pares y nudillo de chañar y pino Oregón americano. Sobre la estructura descansa un entablado de cactus cardón, que le imprime una atmósfera interior que la distingue del resto de los templos del área. Los pares y nudillos, amarrados mediante tientos de cuero, son un ejemplo del oficio tradicional de la zona. Sobre la estructura de techumbre se apoya una torta de barro, que es mantenida anualmente por la comunidad después de las fuertes lluvias invierno altiplánico. La cubierta tiene una superficie de 745 m^2.

Figura 1. Iglesia San Pedro de Atacama (Cristóbal Correa, 2014)

La restauración de la iglesia de San Pedro de Atacama

El diseño de restauración de la iglesia de San Pedro responde a la actualización del proyecto existente, elaborado por la empresa Plan Arquitectos entre 2009 y 2010, por

licitación de la Dirección de Arquitectura MOP y aprobado por el Consejo de Monumentos Nacionales en junio de 2010.

Tras revisar preliminarmente el proyecto existente y definir junto al mandante las condiciones ideales de trabajo, de acuerdo a la experiencia exitosa lograda en proyectos similares del Plan de Restauración del Conjunto Patrimonial de Iglesias Andinas de Arica y Parinacota, Fundación Altiplano Monseñor Salas Valdés (FAMSV) asumió la responsabilidad de sub-ejecutar el proyecto, por medio del convenio celebrado en noviembre de 2013.

La actualización del proyecto existente se realiza a partir del respeto del excepcional valor patrimonial de la iglesia de San Pedro de Atacama y de la importancia que el monumento protegido posee para la Iglesia Católica y para la comunidad usuaria, a cargo de su conservación desde tiempos remotos. La restauración del conjunto religioso de San Pedro de Atacama es la primera experiencia sistemática de conservación integral que afronta el edificio. Y debe ser una instancia ejemplar y de referencia para una propuesta integral de gestión patrimonial en el territorio de San Pedro de Atacama. Por esto, el proyecto convoca toda la experiencia FAMSV y asesores especialistas, aplicada en el Plan Iglesias Andinas de Arica y Parinacota, que permite enfrentar este proyecto con filosofía, criterios, método y técnicas debidamente probadas que son de conocimiento del Consejo de Monumentos Nacionales.

El diagnóstico del estado de conservación de la iglesia de San Pedro de Atacama presentó daños extendidos representados por desaplomes sectoriales, desplazamientos en el encuentro entre los muros y cubiertas, grietas pasantes en el lado del evangelio y sacristía, erosiones incisivas en las bases exteriores e interiores de los muros, sedimentaciones extendidas en la barda y paramentos del templo que configuran un escenario de daños graves. Con tales patologías, el conjunto religioso demandó una prioritaria restauración integral.

La revisión y análisis del proyecto existente y el diagnóstico de daños en la edificación, da paso a una propuesta de intervención integral, que contempla una intervención arquitectónica orientada a la consolidación estructural e integral del conjunto religioso, además de acciones preventivas frente a la acción de agentes de humedad.

La consolidación de la techumbre requirió el desarme de la torta de barro de la cubierta y la reintegración de una nueva torta de barro. La propuesta de la nueva cubierta debe actuar correctamente frente al sobrepeso en la estructura, frente a la humedad y frente a la autenticidad de un techo de barro.

MEMORIA DESCRIPTIVA

Los trabajos de restauración de la techumbre se realizaron entre julio de 2014 y enero de 2015, en el contexto de la restauración de la iglesia de San Pedro de Atacama ejecutada por FAMSV. Su ejecución representó un gran desafío por mantener la autenticidad de un techo tradicional atacameño, sin incorporar productos impermeables industriales, y por mejorar su comportamiento frente a las lluvias anuales del invierno altiplánico, acotadas pero intensas.

La primera acción consistió en el retiro de la torta de barro existente, para realizar un diagnóstico certero de daños. A continuación se realizó una consolidación de la estructura de techumbre, mediante el reemplazo de las piezas quebradas y la incorporación de una viga collar de tipo escalerilla. Finalmente se reemplazó la torta de barro, tras el resultado de una investigación y experimentación de las distintas dosificaciones y espesores posibles.

Retiro torta de barro existente

Los trabajos comenzaron con el retiro de toda la torta de barro existente, material que se reutilizó en su totalidad una vez consolidada la estructura de techumbre. Como se observa en la Figura 2, el retiro de la torta de barro evidenció diferentes momentos históricos e intervenciones ejecutadas en el templo. Se descubren zonas con capas de paja esporal, otras con capas de yeso, otras sólo con torta de barro, intervenciones con cemento, etc.

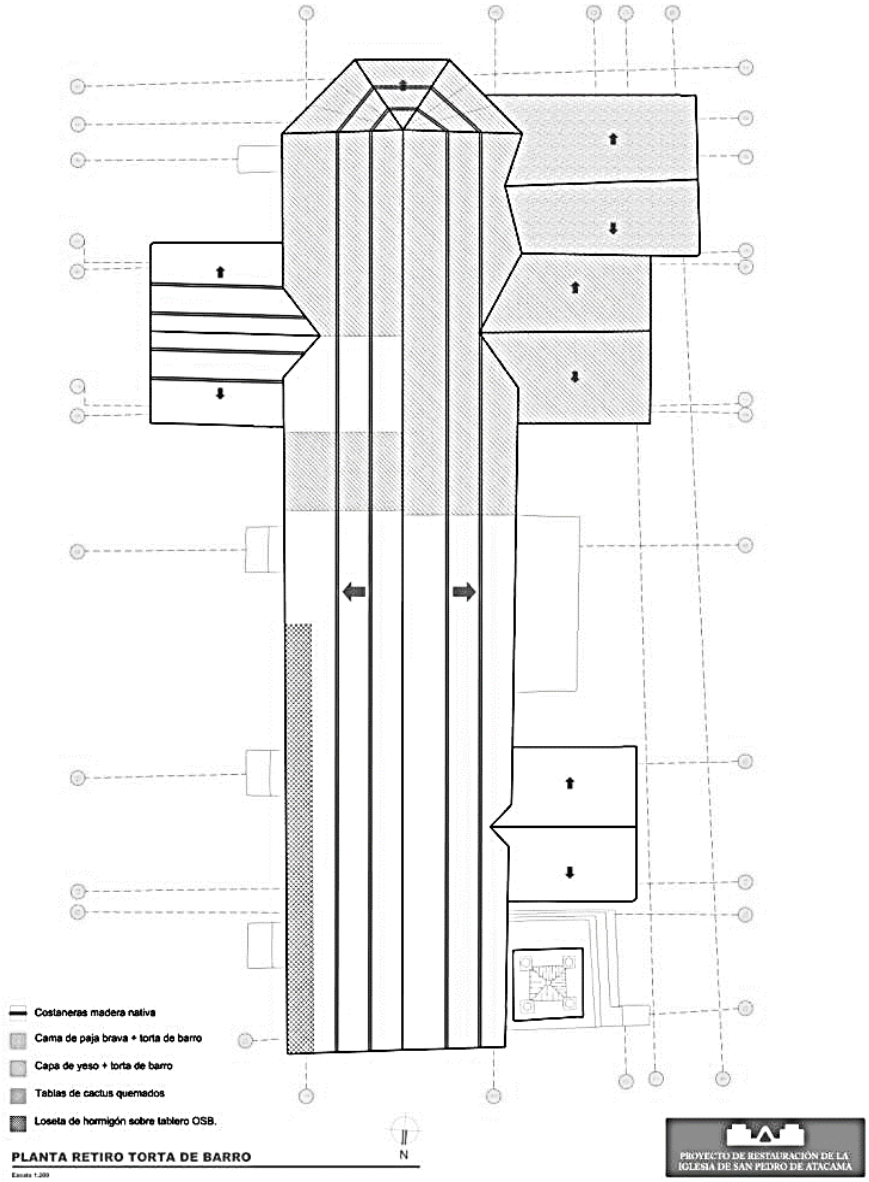


Figura 2. Planta de situación de la techumbre al retirar la torta de barro existente

Consolidación estructura de techumbre

Una vez retirada la torta de barro se procedió a evaluar el estado de la estructura de pares, nudillos y las tablas de cactus cardón. Los pares y nudillos que presentaban daños como fisuras, grietas y apolillamientos, fueron reemplazadas por piezas de la misma materialidad: chañar. En total, como se observa en la figura 3, se reemplazaron 20 pares y siete nudillos. Todas las uniones fueron reforzadas con pernos de 12 mm de

diámetro, abrazando pares y nudillos con tuercas y golillas. Sobre cada fijación se ejecutaron amarras con tiento de cuero para ocultar los pernos a la vista, y para reforzar cada unión. En el caso del cactus cardón (echinopsis atacamensis), sólo se reemplazaron las tablas dañadas, las cuales correspondían a un 15% de la totalidad. La superficie total de la cubierta es de 745 m^2.

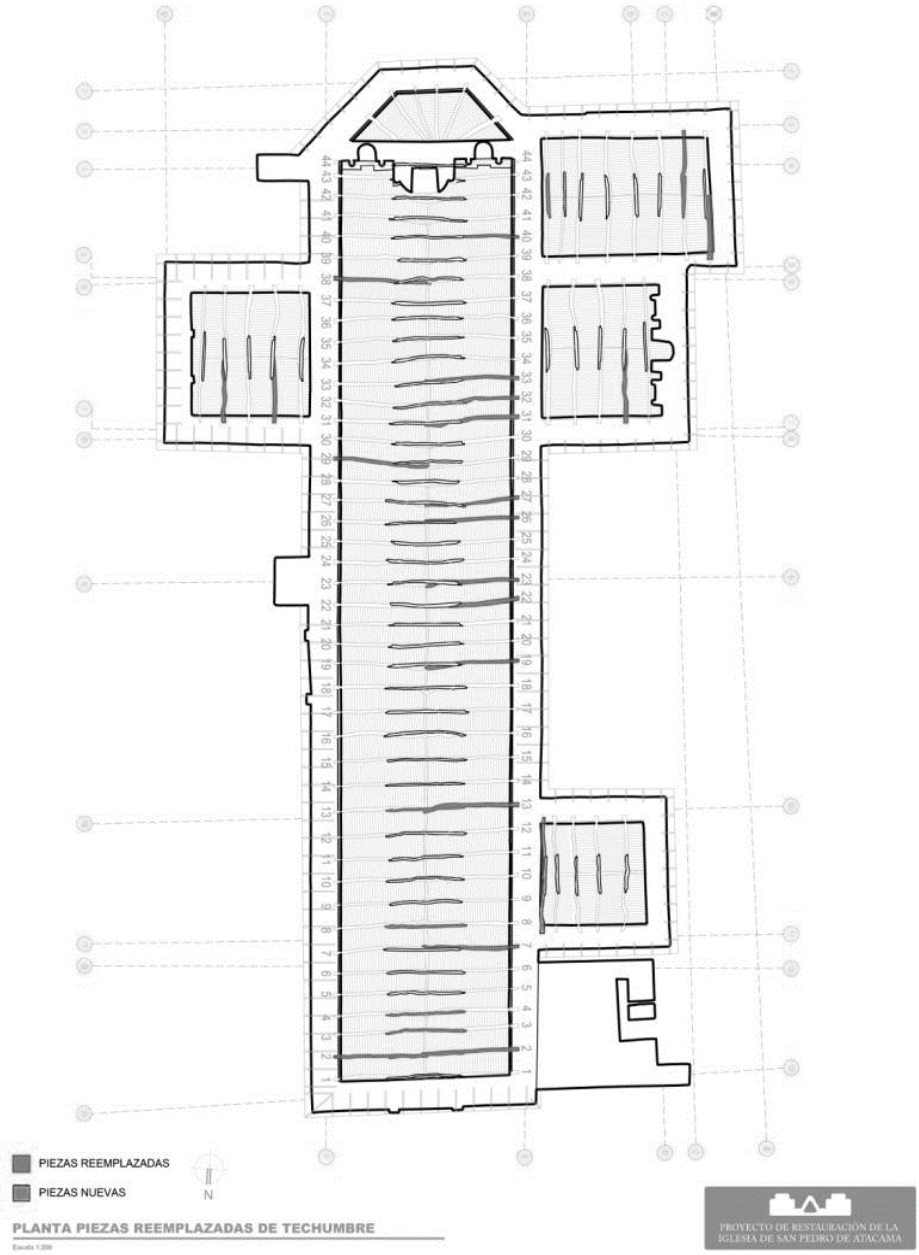


Figura 3. Planta de pares y nudillos reemplazados y piezas nuevas

Instalación de viga collar

Al liberar la torta de barro en el coronamiento de los muros, se observa que en la nave central de la iglesia existe la presencia de una viga solera que actúa como apoyo de los pares y distribuye la carga del techo a los muros. Las medidas de estas piezas son variables midiendo entre 2½" x 5" y 5" x 6". En el caso de las capillas laterales y sacristía, esta viga no existe y la unión a los muros de los pares está dada sólo por el

tope de piedras y por estar embebidas en el barro. Como se muestra en la figura 4, se ejecuta la instalación de una viga collar en todo el perímetro del templo con madera de pino Oregón nacional de 4” x 4”, y travesaños a cada 100 cm, con el fin de distribuir de mejor manera la carga de la techumbre a los muros y actuar como anclaje para los aleros de la iglesia.

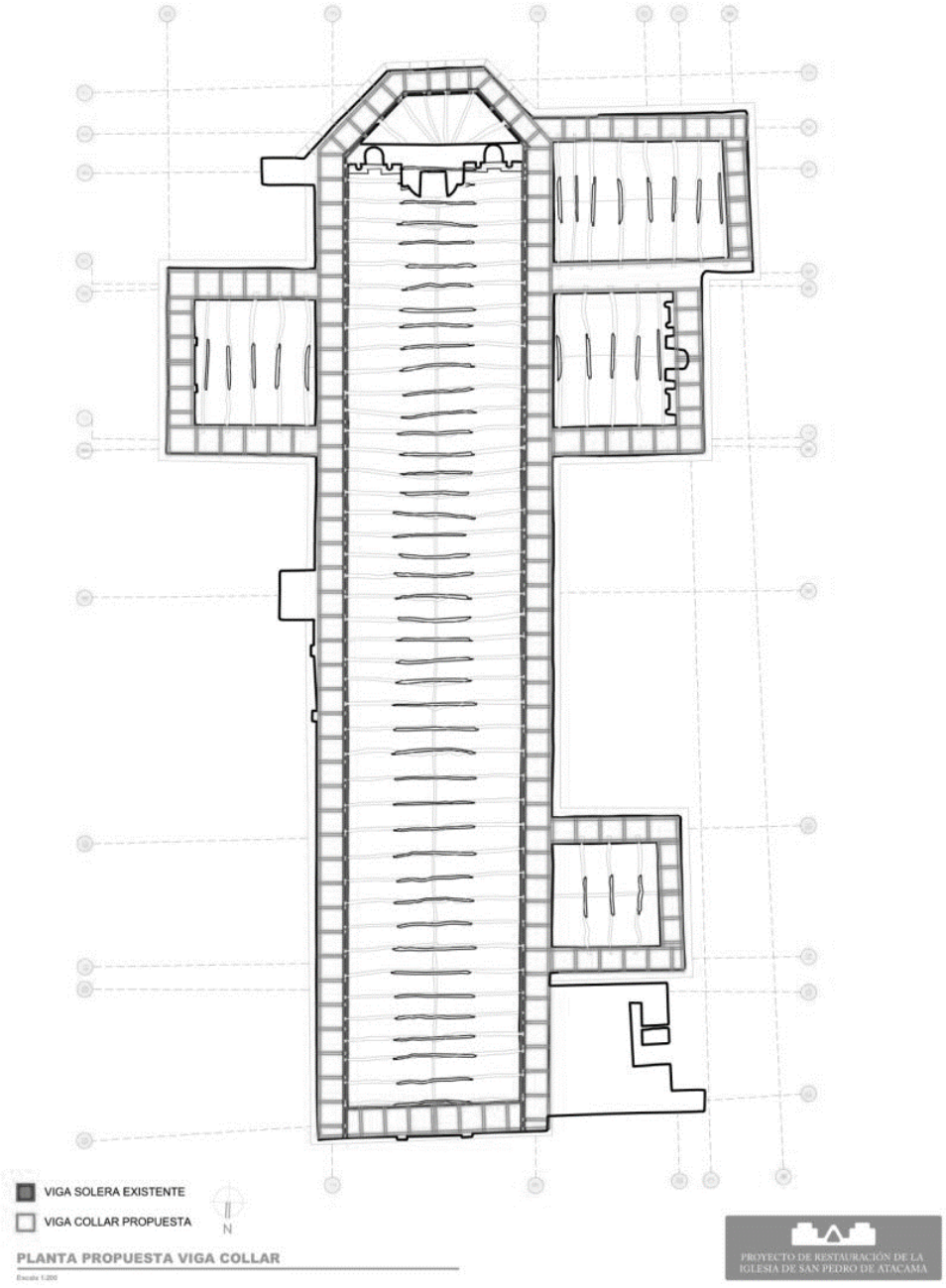


Figura 4. Planta de viga solera existente y viga collar propuesta como reforzamiento

Retorteo

Para determinar la dosificación de las mezclas a utilizar se desarrollaron diferentes pruebas, además de contar con la asesoría de varios especialistas. Se desarrollaron pruebas de filtración, pruebas de resistencia al goteo, talleres con los trabajadores de la obra donde se ejecutaron diferentes alternativas de tortas de barro, conversaciones con

los antiguos del lugar para conservar las tradiciones constructivas y experimentación con diferentes materiales naturales para estabilizar la tierra como cenizas, aceite de linaza, guano de caballo, baba de tuna y paja de trigo.

La primera capa es de barro aligerado de 4 cm de espesor y está pensada para nivelar las irregularidades propias de la techumbre. Como se observa en las figuras 5 y 6, la segunda capa intermedia es de 7 cm de espesor y su dosificación es de 3 partes de tierra, 2 de paja de trigo y 1 de guano de caballo, mezclada con baba de tuna. La terminación es una capa fina de 1 cm de espesor, cuya dosificación es de 3 partes de tierra harneada, 2 de paja de trigo triturada y 1 de guano harneado, mezclado sólo con baba de tuna para mejorar la impermeabilización. Para rematar, se aplica una pintura de tierra con base de baba de tuna para rellenar poros y actuar como película protectora de la superficie.

Figura 5. Fabricación de fajas para la aplicación de la segunda capa de 7 cm de espesor. (Fernando Rivera, 2014)

Figura 6. Aplicación de la segunda capa de 7 cm de espesor (Fernando Rivera, 2014)

ANÁLISIS CRÍTICO

Para definir la dosificación del barro a utilizar se realizaron una serie de pruebas para experimentar la resistencia de las mezclas, principalmente ante las lluvias. Se hicieron pruebas de permeabilidad para medir tiempos de absorción. También se realizaron pruebas de goteo para determinar la resistencia de las superficies a la erosión. Se probaron diferentes mezclas compuestas por tierra, guano de caballo, paja de trigo, baba de tuna, aceite de linaza y cenizas.

Se trabajó con una metodología que integró a las comunidades locales cuyos ancestros construyeron la iglesia, la cuidaron, la repararon y la mantuvieron hasta el 2014.

Personas que participaron en alguno de los retorteos, que escucharon del tema o que construyen actualmente sus casas de tierra con torta de barro. Al equipo de trabajadores de FAMSV que tienen experiencias similares en proyectos anteriores y a los trabajadores locales que son los beneficiarios de los saberes de sus ancestros y los que seguirán manteniendo la iglesia, también al equipo de arquitectos de FAMSV que tienen experiencias anteriores en obras de restauración. Además, se crearon instancias para abrir las conversaciones sobre este tema con los trabajadores locales; con comunidad parroquial; con Eva Siares, cronista e historiadora atacameña que ha acompañado el proceso de restauración como asistente de la obra; con Ulises Cárdenas, arqueólogo atacameño; con Elisa Yanjari, presidenta de la comunidad indígena de San Pedro de Atacama; con Fernando Rivera, encargado de las comunicaciones del proyecto; con Magdalena Gutiérrez, arquitecta experta en construcciones de tierra en la localidad, y con la municipalidad de San Pedro de Atacama.

CONSIDERACIONES FINALES

Durante el proceso de investigación y experimentación se combinó la metodología experimental de ensayo, junto con la transmisión oral de expertos en la materia y la tradición oral de gente local.

La aceptación de la solución por parte de la comunidad, avala la continuidad de la solución técnica, y de las técnicas constructivas locales. Asegura el buen mantenimiento de la cubierta por parte de la comunidad y la continuidad del sistema constructivo en la localidad.

Durante la ejecución de la cubierta se fabricaron 185 m^3 de barro, de los cuales la mitad se realizaron en obra y el resto con maquinaria en un terreno parroquial cercano. Se estima que de los 185 m^3 se utilizaron entre 120 m^3 y 140 m^3 en la torta, considerando el resto como pérdida de material. Todas las mezclas se dejaron podrir entre tres y cuatro semanas, esto como parte de la tradición constructiva local, pero también por estudios que demuestran que el proceso de fermentación entre la tierra, la paja y el guano mejora la resistencia a la abrasión de la mezcla una vez seca.

Según la Norma Chilena Oficial Nch. 1537 Of.86 Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso, y basados en la memoria de cálculo del proyecto de restauración de la iglesia de San Pedro de Atacama, se define el peso propio de la torta de barro en 1800 kg/m^3, lo que en la superficie total de la cubierta da un peso sobre la techumbre de 216 kg/m^2.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Le Paige, Gustavo; Núñez, Lautaro; Bente, Bittman von Holleufer. (1978). Cultura Atacameña. Santiago: Ministerio de Educación.

AUTORES

Beatriz Yuste Miguel, arquitecta de la Universidad Politécnica de Valencia y máster en “Arquitectura, energía y medioambiente”. Desde 2011 trabaja en proyectos de Patrimonio y Desarrollo Sostenible en Fundación Altiplano, Chile. Durante 2013 participa en proyectos de preservación de patrimonio en tierra en el suroeste de los Estados Unidos con una beca ICOMOS.

Camilo Giribas Contreras, arquitecto, participa en las obras de restauración del Edificio Cousiño en Valparaíso y el Ex-Congreso Nacional en Santiago. Hace 6 años trabaja con Magdalena Gutiérrez, arquitecto y referente de la construcción en tierra en Chile. Forma parte del equipo organizador de los talleres “Tierra por Construir”, miembro y docente de la Escuela de Construcción en Tierra (www.ecot.cl).

TEMÁTICA 1
Materiales y cultura constructiva

TEMÁTICA 2
Conservación preventiva y curativa

TEMÁTICA 3
Contemporaneidad y producción

TEMÁTICA 4
Desarrollo social y comunidad

1. FAZENDAS DO SUL DE MINAS GERAIS NO BRASIL: POSSIBILIDADES DE PRESERVAÇÃO E GESTÃO

Larissa de Souza Pereira[1]; Rosana Soares Bertocco Parisi[2]

[1]Departamento de Arquitetura e Urbanismo. PUC-Minas, campus Poços de Caldas-MG, Brasil, larisarq@yahoo.com.br

[2]Departamento de Arquitetura e Urbanismo. PUC-Minas, campus Poços de Caldas-MG. Rede Ibero-americana PROTERRA/Rede TerraBrasil, Brasil, rosanaparisi84@gmail.com

Palavras-chave: fazendas, técnicas construtivas, preservação

Resumo

O presente trabalho apresenta o panorama de algumas fazendas do sul do estado de Minas Gerais no Brasil, onde foram encontrados exemplares com indicadores que atestam a presença da cultura dos construtores com terra portugueses, que vieram para o Brasil no período da expansão do ciclo do ouro em Minas Gerais, entre os séculos XVIII e XIX. O referido conjunto de fazendas representa um grande acervo de reminiscências da formação do território durante as primeiras tentativas de chegada às minas de ouro, sendo formador de uma paisagem rural, que será analisada como representação espacial do processo de construção do território e elemento gerador das cidades existentes na região. Essas propriedades serviam como base de apoio aos núcleos urbanos mineradores e eram também produtoras de gêneros diversos voltados ao abastecimento, estimuladas pela necessidade de ocupação territorial. Ao analisar algumas dessas fazendas, evidenciaram-se o emprego de adobe e taipa de mão ou pau a pique em diversas edificações, que ainda sobrevivem com cuidados precários ou abandonadas e podem ser fontes de inspiração para o resgate de uma cultura construtiva sul-mineira que se perde a cada dia. Por essas razões, o trabalho pretende contextualizar a inserção dessas propriedades no território e buscar suas técnicas construtivas predominantes, a fim de que se possa recuperar a cultura da construção que gradativamente vem desaparecendo.

1. INTRODUÇÃO

A região analisada é formada por oito municípios sul-mineiros que foram selecionados por representarem o território onde se localizam as fazendas mais antigas de toda a região e por serem originários de sesmarias e, posteriormente, de vilas comuns do início da constituição do território mineiro. Porém, o artigo abordará somente fazendas de um dos municípios, o de Cruzília. A presença das fazendas centenárias pode ser justificada pelo fato de alguns destes municípios serem cortados pelo Caminho Velho da Estrada Real, termo que se refere aos caminhos trilhados pelos colonizadores desde a descoberta do ouro em Minas Gerais até o período de sua exaustão. Um passeio por esse percurso é um retorno à história. Com cerca de 1600 km de extensão, que ligam o litoral carioca ao interior do estado de Minas Gerais, no Brasil, tal estrada começou a ser construída no século XVII, demonstrando que neste território foram traçadas as primeiras trilhas e caminhos que indicavam a ocupação do interior do Brasil e do território do atual estado de Minas Gerais.

Diante do processo de globalização, muitos estudiosos levantaram a questão de que os espaços físicos de quaisquer naturezas tornar-se-iam ultrapassados e cairiam em desuso. Tal questionamento incidiu sobre o conceito de lugar, sugerindo que, oprimido pelo global, sua história, relações e particularidades se perderiam diante da tendência à homogeneização do espaço (Rossi, 2001; Rykwert, 2004; Muñoz, 2008).

Observado por outro viés, o lugar deixaria de ser determinado apenas como espaço resultante das ações humanas e da natureza num recorte espaço/temporal, para ser compreendido como a expressão singular que integra ideias e sentidos gerados por aqueles que o vivenciam, despertando-lhes os sentimentos de afetividade, identidade e pertencimento.

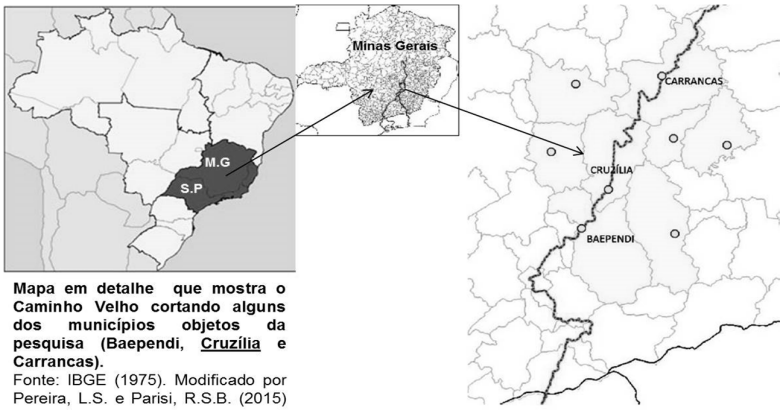
Por outro lado, a valorização e compreensão desse conceito vieram adquirindo importância na vivência e estruturação do mundo atual, sobretudo no que diz respeito à sua conservação e reutilização. Diante deste cenário, a necessidade de preservação dos legados naturais, culturais e construídos, tem requerido reflexões e aplicações que procedam de modo mais abrangente e amplo.

Essas considerações podem servir para analisar, por exemplo, as inúmeras fazendas localizadas no sul de Minas Gerais no Brasil, macrorregião estabelecida pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), formadoras de um conjunto tipológico característico dos séculos XVIII e XIX. São propriedades que, a princípio, serviam como base de apoio aos núcleos urbanos mineradores, mas que eram também produtoras de gêneros diversos voltados ao abastecimento do mercado interno e, posteriormente, estimuladas pela necessidade de ocupação territorial.

Hoje, tais propriedades representam um grande acervo de reminiscências da formação do território no período de desbravamento do interior do país em busca do ouro das Minas, e também do período posterior, quando ocorreu o esgotamento das lavras, o que provocou um deslocamento do eixo econômico e um retorno às áreas de campos de cultivo e criação.

Tais exemplares de edifícios históricos, representados por casarões centenários, adotados de forma conjunta com a paisagem natural e urbana das pequenas cidades pelas mesmas originadas, constituem-se como conjunto singular e de modos de vida que são representativos de uma identidade, que ultrapassa a dimensão arquitetônica e monumental como forma única de proposta de salvaguarda e preservação.

As propriedades relacionadas no presente trabalho foram selecionadas por representarem as fazendas mais antigas de toda a região do Sul de Minas, localizadas no município de Cruzília, o qual tem parte de seu território cortado pelo Caminho Velho da Estrada Real (figura 1), pelo qual se tinha acesso às minas de ouro de Vila Rica. Aí foram traçadas as primeiras trilhas e caminhos que indicavam a ocupação do interior do Brasil e do território do atual estado de Minas Gerais.



Mapa em detalhe que mostra o Caminho Velho cortando alguns dos municípios objetos da pesquisa (Baependi, Cruzília e Carrancas).
Fonte: IBGE (1975). Modificado por Pereira, L.S. e Parisi, R.S.B. (2015)

Figura 1. Contextualização da área pesquisada no território brasileiro

As análises necessárias para a elaboração deste histórico foram feitas através do levantamento de fontes primárias representadas por documentos e cartografias de época, além de levantamentos e relatos históricos de viajantes e de pesquisadores que desenvolveram trabalhos semelhantes. A obra do jesuíta André João Antonil (1982), datada de cerca de 1711 e os relatos de viagens do botânico Auguste de Saint-Hilare (1938; 2000) pela Província de Minas Gerais forneceram um rico material sobre o território em questão. Ainda com o objetivo de reconstruir o território sul mineiro em sua integridade, a cartografia antiga também se tornou uma grande fonte de informações, uma vez que foi possível identificar mapas da região que foram elaborados no início do

século XVIII, principalmente a partir de 1714, ano em que a capitania de São Paulo e Minas do Ouro, que havia sido desmembrada do Rio de Janeiro em 1709, foi dividida nas comarcas do Rio das Mortes, de Vila Rica e do Rio das Velhas.

A proposta desta comunicação também objetiva uma análise de caráter interdisciplinar, no que diz respeito aos estudos e às intervenções que permeiam o território e a questão patrimonial desta região. O patrimônio cultural, representado pelas fazendas, forma um conjunto característico no cenário mineiro e nacional que não possui valores reconhecidos tradicionalmente. Tais propriedades não possuem valor econômico e turístico e nem importância isolada. Desse modo, fundamenta-se em algumas cartas patrimoniais que discutem a ampliação do conceito de patrimônio ao longo do tempo, desde a 17ª sessão da Conferência Geral da Unesco, em 1972, onde foi adotada a Convenção sobre a Proteção do Patrimônio Cultural e Natural até a Declaração de Quebec (ICOMOS, 2008) sobre a "proteção do espírito do lugar", que reflete sobre as relações existentes entre o patrimônio material e o imaterial, defendendo estas relações que são consideradas fundamentais à manutenção do "espírito do lugar", que detém tudo aquilo que faz parte da riqueza cultural viva das comunidades.

Em âmbito nacional, no ano de 2009 foi promulgada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), a Portaria n°127, que estabeleceu a chancela da Paisagem Cultural Brasileira, definida como uma "porção peculiar do território nacional, representativa do processo de interação do homem com o meio natural, à qual a vida e a ciência humana imprimiram marcas ou atribuíram valores" (IPHAN, 2009).

Portanto, é possível verificar que apesar das controvérsias que circundam o tema da paisagem, a superação da separação entre natureza e cultura e o reconhecimento e a valorização das relações existentes entre a paisagem e os saberes tradicionais permitem vislumbrar novas perspectivas às ideias tradicionais relativas à preservação.

1.1 Metodologia

Para o desenvolvimento do trabalho foi fundamental abordar a história da constituição do território e dos núcleos de povoação que tiveram sua origem a partir do desbravamento da região por bandeiras que buscavam os metais preciosos das Minas Gerais. A história desta constituição é marcada, sobretudo, pela abertura dos primeiros caminhos e pelo período posterior, caracterizado pela fixação do homem na região, trazendo como consequência a fundação das primeiras fazendas, que tiveram papel crucial para a localização dos primeiros núcleos formados. Tais fazendas, classificadas como representantes de uma paisagem cultural característica da região e das comunidades do sul de Minas e suas reminiscências arqueológicas, assim como os pequenos núcleos urbanos a elas relacionados, podem ser analisados em conjunto. No entanto, como a região pesquisada é composta por oito municípios do sul de Minas Gerais e por mais de cem fazendas, no presente artigo realiza-se um recorte para análise de quatro propriedades do município de Cruzília, distante 332 km da capital Belo Horizonte e 260 km do final da Estrada Real, no porto de Parati, cidade do estado do Rio de Janeiro-RJ. As propriedades elencadas foram visitadas em períodos distintos, entre o ano de 2013 e 2014. Foram elaborados pequenos croquis, fotografias e algumas entrevistas realizadas, via de regra, com caseiros ou funcionários das fazendas. Em seguida, as informações obtidas foram transcritas em forma de fichas, para que novos dados pudessem, ao longo do tempo, ser adicionados às mesmas, possibilitando, posteriormente, consultas e outras pesquisas.

1.2 A formação do território sul-mineiro e as bandeiras de São Paulo à Minas Gerais

O reconhecimento do território do atual estado de Minas Gerais foi marcado pelo descobrimento do ouro e pelo início do movimento das grandes expedições bandeirantistas rumo ao interior dos sertões das Gerais.

A descoberta do ouro desencadeou a ocupação da região das minas e paralelamente, uma revolução que acarretaria efeitos políticos, econômicos e sociais, formando assim um novo território habitado por uma população heterogênea e muito numerosa.

Os primeiros relatos sobre as terras da região atualmente denominada Sul de Minas datam de 1597, com a presença da expedição de Martin de Sá na região da Mantiqueira. Mas foi a bandeira de Fernão Dias, no ano de 1674, a primeira organizada sob as ordens da Coroa a adentrar o novo território em busca de minérios valiosos, como prata e esmeraldas.

Com essa empreitada assinala-se o início do povoamento da futura Capitania de Minas Gerais, que se dava paulatinamente através da passagem do 'bando' de Fernão Dias, que ia plantando roças e deixando pousos de paragem que, com o passar do tempo, se tornariam pequenos arraiais onde eram construídas capelas, casas e vendas, dando origem às primeiras nucleações e atraindo pessoas das mais diversas localidades.

Em 1709 foi criada a capitania de São Paulo e Minas do Ouro, desmembrada do Rio de Janeiro. No ano de 1714, foram divididas as três primeiras comarcas, de Vila Rica, do Rio das Velhas e do Rio das Mortes, que tinha como sede a cidade de São João d'El Rey e equivale hoje à região denominada Sul de Minas. As Comarcas marcaram desde então a regionalização deste território.

A descoberta do ouro havia requerido grande demanda por itens de subsistência, uma vez que houve um crescimento abrupto da população. Com isso, foram sendo estabelecidas as primeiras fazendas ao longo dos caminhos que levavam às minas. Essas propriedades tinham papel fundamental no abastecimento da população mineira.

1.3 Cruzília na contextualização do território analisado

De acordo com a Enciclopédia dos municípios brasileiros (IBGE, 1957-64), a denominação cruzília quer dizer "terra da cruz". O primitivo nome desse município foi Encruzilhada. Originou este nome o fato de o povoado localizar-se ao lado da encruzilhada formada por duas importantes estradas no período colonial, que ligavam os municípios de São João Del Rei e Aiuruoca e o Rio de Janeiro à região aurífera de Minas Gerais. Os primeiros habitantes da região foram os garimpeiros de ouro vindos, possivelmente, da província de São Paulo.

É nesta "Encruzilhada" que fazendas dos séculos XVIII e XIX, como a Traituba, a Angahy, o Favacho e a Campo Lindo, entre outras, guardam tradições de famílias patriarcais da região e ainda são encontradas no município. Arantes (2007) afirmou que "a cidade foi construída em uma porção de terra entre duas estradas que, no século XVIII levavam ao interior das capitanias, mais especificamente entre Aiuruoca e Alagoa". Apesar do território ter sido concedido pelo Governador das Minas a Manoel de Sá, em 20 de dezembro de 1726, consta que as terras já estavam no roteiro dos bandeirantes comandados por André Leão desde 1601. O lugarejo teve o seu primeiro registro da agricultura em 1730, na região de São José de Favacho, local que originou uma das propriedades analisadas por este trabalho. No ano de 1736, Manoel da Gouvêa e outros solicitaram a licença para construir um atalho no caminho velho de São Paulo, "principiando no sítio de Manoel de Sá, que denominavam como 'A Encruzilhada', continuando-o até entrar no caminho novo dos Goiases". Em 1758 foi construído um cemitério no local, que atendia aos fazendeiros e colonos da região, e em 1761 foi benta a capela da Fazenda Favacho. No ano de 1805, ocorreu o primeiro registro da presença

da pecuária na região, com a chegada de algumas cabeças de gado leiteiro do tipo Holandês. Em 1822, o local foi mencionado em livros da paróquia de Baependi como Bairro da Encruzilhada. No ano de 1827, foi erguida nas terras da Encruzilhada a casa grande da Fazenda Traituba, nome que significa "Pedra de Deus" ou "do Criador" em tupi-guarani ou ita-pedra, tuba – grande, que foi construída especialmente para receber a visita do Imperador Dom Pedro I. Porém, a visita nunca se concretizou, mas o lugarejo ganhou uma das majestosas construções do Brasil Império. Em 1858, foi construído nesse lugar o primeiro ponto comercial de propriedade de Manoel Domingues Maciel, que atendia a fazendeiros e viajantes. Numa colina chamada Serrinha, Manoel Domingos se estabeleceu e, segundo a tradição, foi ali surgiu o povoado. O arraial que se formou no sítio do "Capitão", desenvolveu-se ao redor da Capela de São Sebastião, edificada por volta de 1861 e 1862. Em 1873, já com o nome de São Sebastião da Encruzilhada, o arraial passou a ser distrito de Baependi, pela lei n° 1.997, de 14 de novembro. Delimitada sua área, o distrito desmembrou 508 km^2 do município de Baependi. Em 1874, foi criada a Paróquia de São Sebastião da Encruzilhada, sendo seu primeiro vigário o Padre João Câncio dos Reis Meirelles. Diante do acelerado desenvolvimento do povoado, em 1937, o lugarejo foi elevado à categoria de Vila. Mais tarde, em 1938, o distrito teve seu nome reduzido para Encruzilhada, pela Lei n°148, de 17 de Dezembro. Em 1943, o distrito passou a se chamar Cruzília por força do decreto-lei n.° 1.058, de 31 de dezembro. Cinco anos depois, tornou-se município pela Lei n.° 336, de 27 de dezembro de 1948, conquistando a emancipação de Baependi e iniciando uma nova história política e administrativa".

2. FAZENDAS DE CRUZÍLIA

De acordo com Cruz (2008, p.133),

> por causa da localização privilegiada, junto aos mais antigos caminhos e vilas, as fazendas do denominado Grupo de Cruzília, fazem parte da área da comarca do Rio das Mortes ocupada há mais tempo. Baependi foi elevada a vila em 1814, mas a antiga ocupação da região deveu-se principalmente à sua localização privilegiada, entre a garganta do Embaú e as vilas de São João del Rei e São José.

O mesmo autor afirma que nessa região foram encontradas as fazendas mais antigas, que ocuparam as áreas mais baixas, de um relevo suave e com uma vegetação semelhante a do cerrado. Tais condições foram propícias à implantação de fazendas que em um primeiro momento dedicavam-se à pecuária. Cruz (2010) aponta ainda para o fato de que, ao analisar a implantação dessas propriedades, constatou que são mais espalhadas, menos altivas, e em geral não possuem terreiros, estão edificadas em terrenos mais suaves, em territórios ermos e dominam grandes paisagens. Algumas delas apresentam certas peculiaridades construtivas, relativas a uma fase incipiente de consolidação da "gaiola" (entramado), além de algumas particularidades que dizem respeito ao agenciamento de suas plantas, também de uma fase incipiente de consolidação do programa de necessidades[1].

[1] De acordo com Cruz (2015), quando aponta que "algumas das fazendas apresentam certas peculiaridades construtivas relativas a uma fase incipiente da consolidação da gaiola" isso é porque estas fazendas do grupo de Cruzília são as mais antigas do Sul de Minas e, nesta época, no século XVIII, a gaiola ainda não estava com sua configuração final, que tomou ao longo do século XIX. Isso se nota em dois detalhes: os esteiros iam desde o frechal até o chão, não paravam no baldrame como depois ocorreu. No momento em que passaram a parar no baldrame, estes esteios receberam a denominação de 'pé direito'. O outro detalhe é que os barrotes ficavam sobrepostos aos baldrames, o que deixava o topo do barrote aparente na fachada, vulnerável ao tempo. Depois se criou um detalhe que os barrotes ficavam encaixados aos baldrames através da assambladura do tipo 'rabo de andorinha'. Assim ficavam no mesmo plano e o topo desse barrrote não ficava mais aparente, prolongando a durabilidade das peças.

2.1 As fazendas analisadas e suas características

Com cerca de doze fazendas implantadas entre os séculos XVIII e XIX em Cruzília, foram destacadas pelo presente trabalho algumas das mais importantes para serem analisadas no que dizem respeito às técnicas de construtição empregadas: a Fazenda Angahy, a Fazenda Traituba, a Fazenda Favacho ou “O Favacho”, como é conhecida, e finalmente a Fazenda Campo Lindo.

2.1.1 Fazenda Angahy

De acordo com Cruz (2010) o nome Angahy, por si só, já é carregado de história. A travessia do rio Ingaí (antigo Angahy), afluente do rio Capivari, que é afluente do rio Grande, aparecia em mapas antigos e foi pormenorizada nos relatos do jesuíta Antonil em 1711, como ponto de referência no Caminho Velho. Estima-se que a propriedade tenha sido edificada por volta de 1730. Porém, em um livro sobre a história do cavalo mangalarga, consta que a fazenda foi fundada por volta de 1782 por José Carlos Garcia Duarte. A propriedade está implantada em área ampla e levemente ondulada, apresentando alguns morros ao longe, não se avistando edificação alguma ao redor. O conjunto é formado pela sede, paiol, curral e casa do caseiro.

A estrada que dá acesso à fazenda chega até a entrada da cozinha, passando por um portão de madeira colado à fachada principal. Tal estrada tem largura para a passagem de até dois carros e tem seu piso de terra batida. A maior parte da área descoberta não possui pavimentação, apresentando grandes áreas gramadas, exceto pelo largo de entrada e pela área de lazer, pavimentados com lajeado de pedra, presente também em outras propriedades da região.

Por volta de 1782, o senhor José Garcia adquiriu grande extensão de terras na Encruzilhada onde constituiu importante fazenda, então chamada “do Garcia”, hoje Fazenda do Angaí (ou Angahy), por estar situada à margem esquerda do rio Ingaí, referência no Caminho Velho que já aparecia em mapas e relatos antigos, como os de Antonil, que passou pela região por volta de 1711. De acordo com livros paroquiais de Baependi e da diocese de Campanha, até o primeiro quartel do século XIX não existia nenhuma capela na antiga Encruzilhada, atual Cruzília. Assim, os moradores serviam-se das capelas das fazendas como Angaí e do Favacho. A Fazenda Angaí possui uma capela consagrada dentro da residência, situada próxima à entrada, para que pessoas estranhas pudessem assistir às celebrações sem entrar na intimidade dos moradores. Esta abriga um oratório datado de 1841, até hoje em ótimo estado de conservação. Importante núcleo criatório do cavalo mangalarga foi implantado na fazenda, por iniciativa da família Meirelles, atual proprietária.

A casa sede passou por muitas reformas e ampliações, uma delas tendo sido realizada segundo relatos da família, na segunda metade do século XIX. Conforme Cruz (2010), é possível perceber que a casa é composta basicamente por três corpos distintos: o corpo principal, a ala construída para estudos, por solicitação do Monsenhor João Cancio dos Reis Meirelles, com volume mais alto e o corpo de serviços. O corpo principal apresenta uma varanda entalada (ou varanda reentrante) com a capela de um lado e, do outro, o quarto de dormir. Tal varanda é pouco notada, uma vez que foi fechada por vitrôs. Hoje as janelas são de vergas retas, ligeiramente metidas nas paredes portantes de tijolos, indicando, conforme Cruz (2010), que a edificação não seja original. Claramente pode se observar que essas janelas não são originais, uma vez que se observou em fotografias antigas que tais aberturas eram alinhadas com a parede e possuíam vergas arqueadas em canga de boi. “Além da varanda, duas outras características importantes denotam a idade de casa: o telhado de prolongo e as vergas arqueadas nos vãos internos, que ainda se mantêm” (Cruz, 2010:134). Percebe-se externamente que os muros de fechamento e vedações foram confeccionados com adobes e, de forma geral estão relativamente conservados.

Figura 2. Fazenda Angahy. Planta, fachada de serviços e muro de adobe (Cruz, 2010; Pereira, 2014)

Porém, o estado geral das paredes externas e elementos constituintes das coberturas das edificações demandam manutenção urgente e necessária. Não foi possível detectar na propriedade se os adobes utilizados foram fabricados dentro da própria fazenda ou adquiridos de outras localidades.

Apesar das manifestações patológicas relativas à conservação das edificações, pela história dessa propriedade, que está intimamente vinculada à história da região e sua paisagem cultural, é de vital importância que essas construções venham a ser restauradas e recuperadas como forma de colaborarem para a garantia da identidade e reconhecimento dos valores arquitetônicos, históricos e culturais constituintes dessa região.

2.1.2 Fazenda Traituba

A Fazenda Traituba está também situada na zona rural de Cruzília e sua sede está implantada em terreno ameno, aberto e rodeado por morros com matas próximas. Também contígua se encontra a Serra da Traituba, origem do nome da Fazenda. O conjunto se resume ao limite da sede que concentra curral e edificações complementares de serviços.

A estrada de acesso é de terra batida chegando até uma grande área gramada situada em frente à fachada que hoje é utilizada como entrada principal. Ao redor da sede há a presença de algumas poucas árvores de grande porte. A presença de gramado é marcante nas duas fachadas. Essa propriedade, de acordo com Cruz (2010) e Garcia (2013), é um exemplar anômalo no universo amostral das fazendas do Sul de Minas por esse autor levantado. A casa foi construída de 1827 a 1831 por João Pedro Diniz Junqueira para receber D. Pedro I, visita que não aconteceu. João Pedro era filho de Maria Francisca da Encarnação Junqueira e Gabriel Diniz, conhecidos como o “casal de Traituba”. O local foi objeto de descrições realizadas pelo botânico francês Saint-Hilaire em 1822 e era denominado como “Rancho da Traituba”. Sua primeira e antiga casa foi demolida e, provavelmente, esta sim, possuía as características comuns das fazendas da região como, por exemplo, estrutura de madeira e paredes de pau a pique ou taipa de mão.

Figura 2. Fazenda Traituba. Planta, fachada principal, muro e porão de adobes e vista interna (Cruz, 2010; Pereira, 2014)

Cruz (2010), afirma também que a técnica construtiva empregada na nova sede foi a de alvenaria portante de adobes, técnica pelo autor encontrada nas sedes apenas da Traituba e Favacho. Na obra do autor sobre as Fazendas do Sul de Minas, o mesmo comenta que um estudo realizado em 1985 por Nicoliello e Carvalho sobre a casa da Traituba comprova a tese de que o corpo principal dessa edificação possuía dois pavimentos. A referida casa é toda cercada por muros feitos de adobe, com portais ornamentados por pináculos e esferas armilares de pedra. Afirma Cruz (2010:139): “para entender a presença de cercamentos desse tipo, devemos imaginar um mundo vasto, literalmente sem porteiras, sem cercas, com divisas sim, mas feitas por acidentes naturais ou por valos, muros de pedra, adensamentos de vegetação ou paus cravados diretamente no chão”. Comenta também que “como ocorre nas casas com estrutura independente de madeira, embora a construção possua grossas paredes de adobe, as janelas e portas são perfeitamente alinhadas com o plano das fachadas. Essa característica não se observa nas casas de estrutura portante de tijolos, nas quais as janelas ficam ligeiramente recuadas em relação à fachada”. Percebe-se ainda que também a sede da Traituba, importante propriedade na constituição da paisagem edificada e cultural sul-mineira, carece de medidas ou ações de conservação tanto na casa quanto nas construções dos currais e pátios dianteiro e traseiro da propriedade, pelos mesmos motivos apontados para as questões vinculadas à restauração e recuperação da fazenda Angahy anteriormente apresentada.

2.1.3 Fazenda Favacho

A edificação sede situa-se em terreno aberto, rodeado por morros e matas próximas. Um muro de pedra delimita o espaço da sede da fazenda. Ao lado deste edifício encontram-se outros equipamentos que formam o complexo da fazenda Favacho: a capela, o lago, o curral, os pequenos depósitos e a casa dos empregados. A estrada de acesso é de terra batida e chega até o edifício da sede da fazenda. Ao redor da edificação há a presença de algumas árvores de grande porte, além de uma grande parte gramada. De acordo com Cruz (2010), “assim como a Traituba, a fazenda Favacho é cercada de lendas e histórias. É considerada uma das fazendas mais importantes e antigas da região e aparece em vários mapas como local de referência, próximo ao ponto de convergência de dois antigos caminhos, o Caminho Velho, vindo de Baependi e de um braço do caminho de Fernão Dias, saindo de Campanha e passando por Lambari”. Apesar de em alguns relatos aparecer como data de fundação do Favacho o período em torno dos anos de 1720 e 1730, ninguém sabe ao certo a data de construção da casa. No entanto, a técnica construtiva adotada foi a estrutura portante de adobes, da mesma maneira que a Traituba, anteriormente apresentada. Cruz afirmou também que essa técnica construtiva foi muito utilizada em fazendas de café do Vale Paraíba carioca assim como no casario urbano de São João del Rei e Tiradentes.

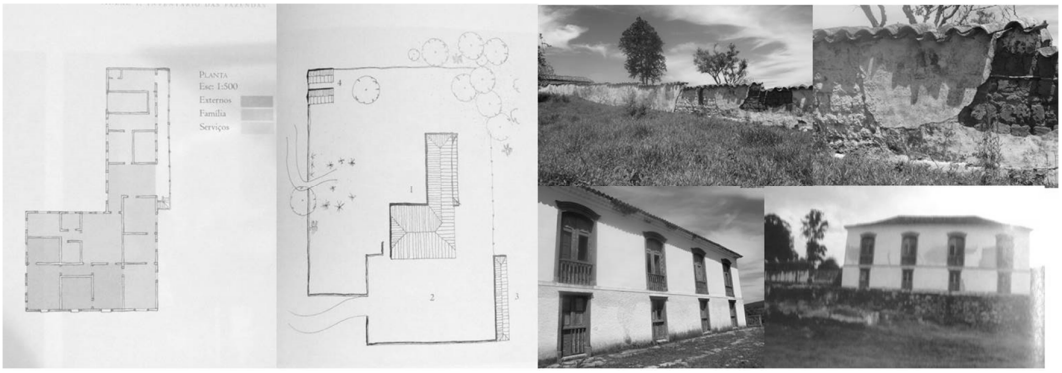


Figura 3. Fazenda Favacho. Planta, implantação fachadas principal e lateral, muros de adobes (Cruz, 2010; Pereira, 2014)

No que diz respeito ao estado de conservação da propriedade, este pode ser considerado um pouco mais satisfatório que o das duas fazendas anteriormente apresentadas, principalmente no que diz respeito à manutenção interna da casa principal. Externamente, partes do revestimento dos muros de adobe desprenderam-se dos mesmos e carecem de trabalhos de restauro. Há também nessa propriedade vários pontos de umidade em trechos das paredes externas, reforçando também a necessidade de conservação nessa propriedade.

2.1.4 Fazenda Campo Lindo

No que diz respeito à última propriedade analisada do município de Cruzília, a casa da Fazenda Campo Lindo, como ocorre em outras fazendas da região, não é casa primitiva da propriedade. Cruz (2010), afirma que a casa atual é de 1871, mas o corpo de serviços é bem mais antigo que, de acordo com os atuais proprietários, deve ter mais de 200 anos, sendo possível notar um desalinhamento entre esses corpos edificados. A atual sede da fazenda tinha no momento da reforma como proprietário João Bráulio Fortes Junqueira. Segundo Pereira (2003), João Bráulio Fortes Junqueira instalou nessa fazenda uma das primeiras fábricas de laticínios de Minas Gerais, responsável pela até hoje conhecida marca de produtos de laticínios “Campo Lindo”. A partir de 1880 a fazenda também passaria a se dedicar à criação de cavalos da raça mangalarga, consolidando importância do atual município de Cruzília como criatório. O mesmo autor afirma que, em 1889 João Bráulio Fortes (Campo Lindo), José Frauzino e Francisco Olinto Junqueira, então proprietários da Fazenda Favacho, adquiriram em uma exposição em Paris o garrote “Holandês”, que deu origem ao rebanho holandês de Cruzília, atualmente inexpressivo. Em 1939 a fazenda recebeu visita do presidente Getúlio Vargas. A viagem não era oficial e consistiu em cavalgada pela região com um almoço nessa Fazenda. Cruz (2010:141) comenta também que “os edifícios do núcleo da propriedade formam um conjunto que merece atenção especial por sua originalidade: são agenciados em torno de pátios, como era comum no século XVIII, característica que se dissipou ao longo do século XIX. Esses pátios são tão presentes que, quando os edifícios que os cercam não dão conta de fechá-los, os fechamentos são feitos com muros”.

Figura 4. Fazenda Campo Lindo. Planta, vista frontal e interiores (Cruz, 2010; Pereira, 2014)

"No caso da fazenda Campo Lindo, cercando o pátio posterior há um grande muro de adobe, com paus a 45 graus como fechamento, coberto de telhas". No que diz respeito ao estado geral de conservação da propriedade da Campo Lindo é uma das que se encontra entre as fazendas analisadas mais bem conservada, ainda que careça de manutenção na pintura das paredes e recuperação de algumas janelas e portas de madeira já desgastadas.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o presente trabalho, pretendeu-se chamar a atenção de algumas propriedades em que houve o emprego de técnicas construtivas que empregam a terra como material de construção no do município de Cruzília, MG, que está localizado em um ponto singular e mediano do Caminho Velho da Estrada Real, importante eixo que entre os séculos XVIII e XIX ligava o porto de Parati ao Sertão das Geraes. Há inúmeras outras propriedades nesse caminho, bem mais de 100, como afirma Cruz (2010), que apresentam características singulares que dizem respeito ao emprego da madeira, ao agenciamento de plantas, às pequenas mudanças que revelam um pouco da história das formas de construir utilizadas pelos colonizadores portugueses, pelos bandeirantes e exploradores do território com a fundamental participação dos escravos e mestiços provenientes da vizinha região de São Paulo. São edificações em sua maioria onde ocorreu o emprego das técnicas de construção com terra como a taipa de mão ou pau a pique e dos adobes em apenas dois dos casos analisados, cujas razões foram pelo presente trabalho comentadas.

No entanto, evidencia-se a necessidade do estabelecimento de um Plano de Fomento à conservação, à manutenção, à recuperação e restauração dessas fazendas, cujas propriedades são na maioria das vezes privadas. Em outras regiões do país, como por exemplo na região do Vale do Café, no estado do Rio de Janeiro, conforme aponta Mattos (2010), há ações estratégicas em curso que dizem respeito não só à conservação ou restauro, mas também à conscientização e ao incremento da vocação turística como forma de atrair investimentos e visitantes à região. Mas também em locais como este, há problemas de diversas naturezas que necessitam ser enfrentados: a ausência de regras claras, de normas e de orientação técnica para recuperação e manutenção do patrimônio, assim como a carência de informações sobre fontes de recursos e procedimentos para obtê-los.

Isto comprova como a disponibilidade de orientação técnica e mão de obra qualificada é um entrave significativo para o avanço da arquitetura e construção com terra no Brasil.

Diante desse cenário, presente não só no município de Cruzília, mas também em outros municípios vinculados ao Caminho Velho da Estrada Real, torna-se urgente e necessário que se desenvolva uma estrutura de formação de mão de obra especializada através da integração de órgãos e entidades, como o IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico, Artístico e Nacional), o IEPHA (Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais) e as unidades de ensino superior da região, etc., com o intuito de, cada vez mais, ser possível recuperar e manter o patrimônio edificado em terra no Brasil, como forma de se manter também a cultura construtiva herdada dos colonizadores portugueses. Dessa maneira pretende-se interagir, sempre que possível, a memória do patrimônio edificado em terra, a educação patrimonial e as questões iminentemente históricas e culturais dessa região e também de todo o país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONIL, A. J. (1982). Cultura e opulência do Brasil. Belo Horizonte: Itatiaia.

ARANTES, A. (2007). Informe histórico sobre o município de Cruzília. Disponível em: http://www.myheritage.com.br/FP/newsItem.php?s=3962051&newsID=51&sourceList=dir. Acesso em 23/06/2015.

CRUZ, C. F. (2008). Fazendas do sul de Minas Gerais, arquitetura rural nos séculos XVIII e XIX. Dissertação de mestrado. São Carlos: Escola de Engenharia de são Carlos da Universidade de São Paulo.

CRUZ, C. F. (2010). Fazendas do sul de Minas Gerais, arquitetura rural nos séculos XVIII e XIX. Brasília: Monumenta,IPHAN,354 páginas.

CRUZ, C.F. (2015). Entrevista realizada em São Paulo, no escritório do autor em 26/06/2015. Cópia Impressa. 2p.

GARCIA, C.S.G. (2013). Evolução histórico-cultural e paisagística da Fazenda Traituba. Cruzília, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/1209/4/DISSERTACAO_Evolu%C3%A7%C3%A3o%20hist%C3%B3ricocultural%20e%20paisag%C3%ADstica%20da%20Fazenda%20Traituba,%20Cruz%C3%ADlia.PDF. Acesso em 23/06/2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1957-64). Enciclopédia dos municípios brasileiros. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/pt/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=227295. Acesso em 14/06/2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1975). Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/mapa_site/mapa_site.php#geociencias

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2015). Enciclopédia dos Municípios Brasileiros (1957- 1964). Volume 24, municípios do Estado de Minas Gerais. Volume Digital. Disponível em: http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295_24.pdf. Acesso em 26/07/2015.

ICOMOS (2008). Salvaguarda do espírito do lugar. Quebec.

IPHAN (2009). Portaria n ° 127, de 30 de abril de 2009. Estabelece a chancela da paisagem cultural brasileira.

MATTOS, S. Et al (2010). Ações Estratégicas de Revitalização do Vale do Café- Relatório Final- 2ª Edição, Disponível em: http://www.preservale.com.br/files/relatorio01.pdf. Acesso em 23/06/2015.

MUÑOZ, F. (2008). urBANALización. Paisages comunes, lugares globales. Barcelona: Gustavo Gili.

PEREIRA, Adolfo Maurício (2003). Cronologia quase trovada de São Sebastião da Encruzilhada. Campinas, SP: Komedi.

PEREIRA, L. S. (2014). Fazendas do Sul de Minas: Valorização e salvaguarda do patrimônio regional. Tese de doutorado (em andamento).

PEREIRA, L. S.; PARISI, R. S. B. (2015). Relatório sobre memorial de qualificação de doutorado de Pereira, L.S: “As fazendas do sul de Minas e a formação do território: valorização e salvaguarda do patrimônio regional. PUC-Minas, Poços de Caldas, Cópia Impressa, 126p.

ROSSI, A. (2001). A arquitetura da cidade. São Paulo: Martins Fontes.

RYKWERT, J. (2004). A sedução do lugar: a história e o futuro da cidade. São Paulo: Martins Fontes.

SAINT-HILAIRE, A. (1938). Segunda viagem a Minas Gerais e São Paulo. Belo Horizonte: Itatiaia.

SAINT-HILAIRE, A. (2000). Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais . Belo Horizonte: Itatiaia.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à PUC-Minas, *campus* de Poços de Caldas, em especial ao Curso de Arquitetura e Urbanismo e Coordenação de Pesquisa pelo apoio ao presente trabalho. Ao arquiteto Cícero Ferraz Cruz pela entrevista e informações prestadas acerca do livro de sua autoria “Fazendas do sul de Minas Gerais, arquitetura rural nos séculos XVIII e XIX”, assim também como pelo fornecimento de imagens utilizadas no presente trabalho.

AUTORAS

Larissa de Souza Pereira, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Urbanismo da PUCCAMP desde 2013, Mestre em Urbanismo (FAUPUCCAMP/2011), Arquiteta e Urbanista (PUC-Minas, Poços de Caldas, 2007), Professora Assistente III do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas.

Rosana Soares Bertocco Parisi, Doutora em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC-USP/2008), Mestre em Urbanismo Moderno e Contemporâneo (FAUPUCCAMP/2002), Arquiteta e Urbanista (FAUPUCCAMP/1986), Professora Adjunta IV do Curso de Arquitetura e Urbanismo da PUC-Minas, campus de Poços de Caldas e Coordenadora de Pesquisas do referido curso, Membro das Redes PROTERRA e Terra Brasil.

2. TRANSFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES PATRIMONIALES EN LAS ÁREAS RURALES DEL CANTÓN CUENCA A PARTIR DE UN ANÁLISIS DE LA ACTUALIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS DE 1988

Gabriela Barsallo Chávez[1]; Paula Rodas Espinoza[2]

[1]Proyecto vlirCPM, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad de Cuenca, Ecuador, gabyb23@hotmail.com

[2]Instituto Nacional de Patrimonio Cultural Regional 6. Ecuador, pauli_rodase@hotmail.com

Palabras claves: inventario, territorios rurales, conservación del patrimonio, arquitectura tradicional.

Resumen

El cantón Cuenca es poseedor de una gran riqueza en lo que a patrimonio edificado se refiere. Dentro de las tipologías arquitectónicas más importantes se encuentra la arquitectura tradicional, que se caracteriza por el uso de materiales como la tierra, la madera y la teja. En sus territorios rurales se puede observar gran parte de este acervo patrimonial, sin embargo, el crecimiento acelerado y poco planificado de dichos territorios, sumados a la migración de sus habitantes, los han convertido en sitios de visita temporal o simplemente en estado de abandono. En este contexto, la problemática además se centra en la falta de conocimiento y de valoración de los bienes patrimoniales, lo cual, sumado a la falsa idea de progreso que el fenómeno migratorio ha introducido –ya que se asocia a la arquitectura tradicional con una mala calidad de vida- ha dado como resultado graves pérdidas al patrimonio edificado rural, siendo éste reemplazado por construcciones que no guardan relación con el contexto natural y arquitectónico local. En este marco, en el año 2014 el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural puso en marcha un proyecto de actualización del inventario de los bienes inmuebles patrimoniales de la región, obteniendo como resultado un análisis, cuantitativo, cualitativo y comparativo del inventario en el año 1988 y el estado actual, donde se constató un alto porcentaje de pérdida de los valores patrimoniales y con ello, la necesidad de difundir a la sociedad sobre la importancia de lo que representa la conservación de nuestro patrimonio cultural. Con lo expuesto, el objetivo de esta investigación estará encaminado a realizar un análisis de la transformación de las edificaciones patrimoniales en las áreas rurales como producto de la problemática antes mencionada, para que así, desde las instituciones públicas gestoras del patrimonio se puedan determinar políticas encaminadas a la gestión y conservación de nuestro patrimonio edificado.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, tal como lo determina la Ley de Patrimonio del Ecuador (1979), tiene entre sus competencias la elaboración del inventario de todos los bienes que formen parte del patrimonio cultural del país, ya sean éstos de propiedad pública o privada. En este marco, y en lo concerniente al patrimonio edificado de la ciudad de Cuenca, desde el año 1982, cuando se crea la Subdirección del Austro del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, se ha venido cumpliendo con esta labor, por lo que se cuenta con inventarios de bienes inmuebles desde el año antes mencionado.

En este contexto, y conscientes que el inventario es un proceso en continua actualización, además que, desde el año 2010 el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) cuenta con el Sistema de Información para la Gestión del Patrimonio Cultural (ABACO), se vislumbró la necesidad de actualizar el inventario. En función a lo mencionado anteriormente, se realizó la verificación de datos en campo, así como la digitalización y migración al Sistema de Información para la Gestión del Patrimonio Cultural de los inventarios existentes en la Línea Base del INPC desde el año de 1988.

En esta labor, se puso especial énfasis en la información concerniente a las áreas rurales del cantón Cuenca, provincia del Azuay.

Adicionalmente, en la nueva Constitución de la República del Ecuador (2008) se establece que son los Gobiernos Municipales quienes deberán administrar y conservar el patrimonio edificado de sus territorios, por lo cual, el INPC debe iniciar los procesos de transferir estas competencias, para lo cual se debe contar con información actualizada que contribuya a una mejor labor por parte de cada administración local.

Cabe indicar que la información constante en las fichas del año 1988, se encuentra a nivel de registro, y de acuerdo a los niveles que maneja el INPC a nivel nacional, éstos se clasifican en Registro, Inventario y Catálogo, por lo que el proyecto del año 2014, a más de actualizar la información de los bienes patrimoniales inmuebles, completó la información requerida en la ficha del Sistema ABACO, a nivel de Inventario y por tanto, los datos constantes en dicha ficha son más amplios y detallados, además que constan criterios de valoración: antigüedad, valor estético formal, valor tipológico funcional, valor técnico constructivo, entorno urbano natural, valor histórico – testimonial – simbólico (INPC 2011, p.60-61). Es importante mencionar que estos criterios de valoración pueden desembocar en posibles criterios de intervención que podrán constituirse en herramientas muy importantes para la gestión y conservación de dichos inmuebles.

Adicionalmente, el tipo de datos ingresados en cada ficha del Sistema ABACO fue establecido para que genere información de calidad, con datos certeros y que posibiliten, tanto al INPC como a las diferentes administraciones municipales, la ejecución de los respectivos planes de manejo o procesos de gestión de sus bienes patrimoniales de tal manera que no existan errores que puedan afectar negativamente la conservación de estos inmuebles y la alteración del entorno en el cual se insertan los inmuebles patrimoniales, aspectos que han ocurrido en reiteradas ocasiones en nuestra realidad con las fichas que se cuenta actualmente.

2. OBJETIVO

Este proyecto, iniciado en febrero de 2014, tuvo como objetivo general la actualización del inventario de 1225 bienes inmuebles de los territorios de las provincias de Azuay y Cañar. Sin embargo, para motivos de esta investigación, la información analizada se centrará en la ciudad de Cuenca y sus áreas rurales. En este sentido, la información recopilada de esta actualización dará luces de la realidad en la que se encuentra la arquitectura tradicional en dichas áreas, ya que al estar por fuera de la delimitación del centro histórico de la ciudad que tiene su propia ordenanza regida por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal (GAD), las edificaciones rurales se encuentran desprotegidas y sin ningún tipo de proceso de gestión y conservación que, aparte de preservarlas, genere conciencia ciudadana en sus propietarios para evitar alteraciones y deterioros en sus valores patrimoniales.

Además, con esta información se puede realizar un análisis de la problemática en torno a la pérdida de los valores de la arquitectura tradicional de los territorios rurales de Cuenca, para así determinar causas que puedan, a través de una gestión adecuada, disminuir los factores que hasta la fecha, han ocasionado graves pérdidas para el patrimonio rural -y por tanto el paisaje circundante- de la ciudad de Cuenca.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el cumplimiento de los objetivos antes mencionados, se conformó un equipo de profesionales en arquitectura con experiencia en temas de conservación y gestión del patrimonio para que cumplan con la siguiente metodología de trabajo:

a) Revisión del inventario existente: en esta fase, el equipo de trabajo revisó detalladamente los archivos conformados por los inventarios de los diferentes años, para

así obtener la información concerniente a las fichas de registro de bienes inmuebles del año 1988, que son precisamente las que contenían información sobre las parroquias rurales del cantón Cuenca.

b) Análisis de la información y programación de rutas: una vez obtenida la información de los territorios a analizarse, se realizó la respectiva programación de las actividades a ejecutarse, que consistió en la elaboración de un cronograma de trabajo, tomando en cuenta distancias, recorridos y tiempo ocupado en el levantamiento de la información en campo.

c) Revisión de instructivos, investigación bibliográfica y conceptual: antes de iniciar el trabajo de campo, se revisaron los instructivos preestablecidos por el INPC para el inventario de bienes inmuebles patrimoniales, así como la respectiva investigación bibliográfica que brinde los adecuados criterios conceptuales para el abordaje de un proceso de valoración patrimonial.

d) Trabajo de campo: Esta etapa consistió en la constatación física -in situ- de las diferentes edificaciones patrimoniales registradas, en cada uno de los territorios rurales de la ciudad. Una vez identificado el inmueble, se procedió a la toma de datos de éste, relacionados a dos aspectos: si el inmueble era identificado todavía en pie, se levantaban datos concernientes a características, estado de conservación, niveles de riesgo, levantamientos planimétricos, fotográficos; así como datos del entorno o contexto inmediato. El segundo aspecto hacía referencia a que si el inmueble no se encontraba en pie, se identificarían tres posibles escenarios: demolición total o parcial del mismo, el reemplazo de éste por otra edificación, o la alteración de sus características originales, ocasionada por intervenciones inadecuadas que hayan desvirtuado sus valores patrimoniales; por tanto, esta información fue registrada para su posterior análisis.

e) Análisis, diagnóstico y clasificación de la información: una vez levantados los datos en campo, se procedió a un análisis de dichos datos. Como ya se mencionó anteriormente, los diferentes escenarios en campo eran el inicio del proceso de determinar la conservación de los valores patrimoniales de las edificaciones estudiadas con el pasar del tiempo. En el caso de haberse conservado la edificación, se iniciaba un proceso de valoración para determinar si las características actuales del inmueble conservaban su valor patrimonial. En este caso, los criterios de valoración se tomaron de acuerdo al Instructivo para fichas de registro e inventario de bienes Inmuebles del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural de Ecuador (2011), los cuales fueron citados anteriormente.

En cuanto a la alteración del inmueble, se determinaba la razón por la cual la edificación había perdido su valor patrimonial, en términos de autenticidad, integridad y estado de conservación del contexto inmediato. En términos de valores patrimoniales y autenticidad, la Carta de Nara de 1994 establece que

> La conservación del patrimonio en todas sus formas y períodos históricos encuentra su justificación en los valores que se atribuyen a ese patrimonio. Nuestra capacidad de percibir esos valores depende en parte, del grado en que las fuentes de información sobre estos valores sean comprensibles y confiables. Conocimiento y comprensión de estas fuentes en relación con las características originales y últimas del patrimonio cultural y su significado, es un requisito básico para afirmar todos los aspectos de su autenticidad. (Carta de Nara, 1994)

Con ello es claro que cuando la autenticidad de un inmueble -por las razones ya expuestas- se ha visto afectada, es decir, ya no puede transmitir sus valores mediante sus características originales, es cuando se puede hablar de una “pérdida de valor patrimonial”. Además, la autenticidad puede verse amenazada por la destrucción de estratos históricos del inmueble, por el reemplazo de elementos originales o la adición de nuevos elementos. (UNESCO, 2003, p.2).

En términos de integridad, ésta se mide en función del carácter unitario e intacto del patrimonio edificado, así como de sus elementos constitutivos (Centro de Patrimonio Mundial, 2005, p. 57). En este sentido, la "pérdida de valor patrimonial" a la que se hace referencia en esta investigación, también hace referencia al nivel en el cual una edificación patrimonial haya mantenido su integridad visual, constructiva, estética, etc.

Adicionalmente, cabe aclarar que en el contexto de estudio, el valor patrimonial de un inmueble se atribuye en función de sus características vernáculas, es decir a un modo de construir tradicional que sea reconocible de una comunidad o territorio determinado, cuya sabiduría sea transmitida de generación en generación y dé respuesta a los requerimientos funcionales, sociales y ambientales de dicho territorio (Carta del Patrimonio Vernáculo Construido, 1999). En el área rural del cantón Cuenca, la arquitectura vernácula -considerada como patrimonial- se basa precisamente en la tierra, madera y teja, y, los valores atribuidos a ésta se encuentran precisamente en el grado de autenticidad e integridad que hayan mantenido a lo largo del tiempo.

Por otro lado, para el caso en el cual la edificación ya no existía, sea por demolición o por reemplazo de ésta, se procedía a fotografiar el predio donde ésta se encontraba, para realizar también un análisis de la problemática en torno a este hecho.

f) Digitalización y migración de datos obtenidos al Sistema ABACO: una vez realizados los procesos de valoración, la información concerniente a las edificaciones que habían conservado sus características patrimoniales era digitalizada y migrada al Sistema ABACO, a nivel de Inventario, de acuerdo a los instructivos ya estudiados y analizados.

g) Análisis y diagnóstico de la información actualizada: cuando se culminó tanto el trabajo de campo como el análisis posterior, se procedió a realizar los respectivos cálculos estadísticos que determinaron los porcentajes de edificaciones conservadas, demolidas, reemplazadas y alteradas, por cada uno de los territorios en estudio, con lo que se pudo iniciar con el análisis de la problemática.

4. RESULTADOS

Como resultado general de la actualización de los inventarios existentes desde el año de 1988 en la Línea Base del INPC, se realizó la revisión de 1225 fichas, siendo este trabajo realizado en diversas localidades de la parroquia del Azuay y Cañar, las cuales se describen a continuación:

- Parroquias Rurales del Cantón Cuenca: 540 fichas analizadas (correspondiente al 44% del universo total)

- Provincia del Azuay – Cantones Gualaceo, Guachapala; Provincia del Cañar – Cantones Cañar, Déleg, Biblián, Tambo y Azogues: 685 fichas analizadas (correspondientes al 56% del universo total)

Enfocándonos a las áreas rurales del cantón Cuenca, provincia del Azuay, se tiene como resultados generales lo indicado en el gráfico presentado en la figura 1.

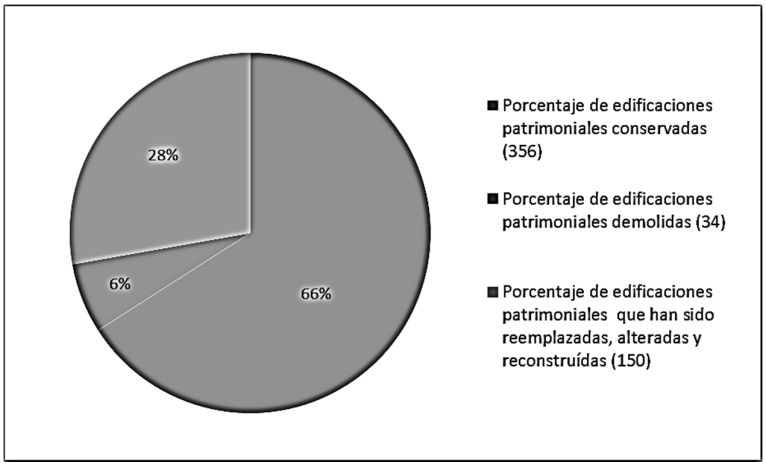


Figura 1. Resultados de la actualización del inventario de edificaciones patrimoniales en las parroquias rurales del cantón Cuenca en 1988

Como se puede observar en el gráfico, los resultados obtenidos a nivel general en las parroquias rurales del cantón Cuenca son los siguientes:

356 edificaciones patrimoniales han sido actualizadas y migradas al sistema de base de datos ABACO corresponde a un 66% del total de edificaciones inventariadas en 1988.

34 edificaciones patrimoniales han sido demolidas, corresponde al 6% del total de edificaciones inventariadas en 1988.

150 edificaciones patrimoniales han sido eliminadas del registro ya que se han reemplazado o presentan alteraciones; corresponde al 28% del total de edificaciones inventariadas en 1988.

5. ANALISIS DE LAS PÉRDIDAS DEL PATRIMONIO EDIFICADO ATRAVES DE LA ACTUALIZACION DEL INVENTARIO DE 1988

Como ya se explicó anteriormente, dentro de las transformaciones que han sufrido las edificaciones patrimoniales de las áreas rurales del cantón Cuenca, se puede encontrar las siguientes, con sus respectivas definiciones (figura 2).

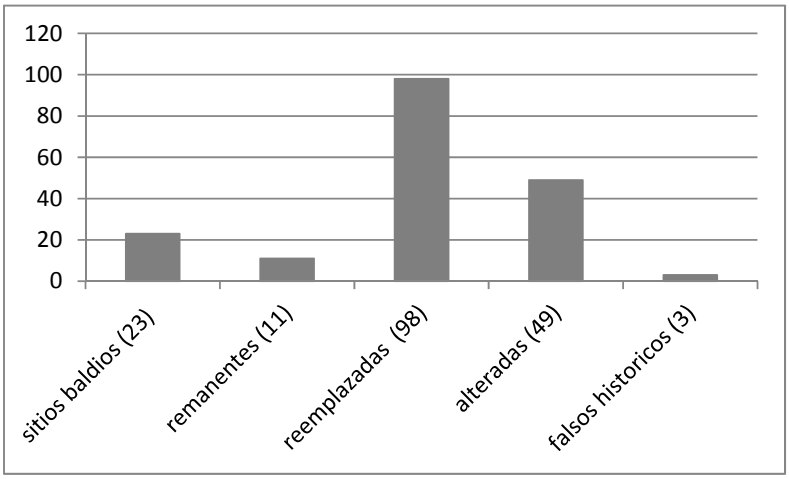


Figura 2. Identificación de pérdidas de edificaciones patrimoniales en las parroquias rurales del cantón Cuenca en 1988

Demolición: Esta acción contempla demolición total o parcial de la edificación. En el caso de demolición total, es cuando se tiene como resultado un sitio baldío donde la edificación ya no existe y que ha podido ser identificado a través de un análisis del entorno, de la ubicación de las edificaciones aledañas o de testimonios de personas del sector que nos confirman de la presencia del bien en tiempos pasados. En el caso de la demolición parcial, es cuando se registra un remanente del inmueble que lo identifica y por tanto verifica su presencia.

Reemplazo: Son edificaciones que se han demolido para ser sustituidas por otro tipo de edificación cuya composición formal y sistemas constructivos son totalmente ajenos a la edificación patrimonial original y por tanto, han alterado el tramo, contexto o entorno urbano en el cual se emplazan.

Alteración: Para este caso, se trata de aquellas edificaciones patrimoniales que han sufrido intervenciones inadecuadas que han dado como resultado transformaciones fuertes en su tipología, materialidad, morfología, etc., y por tanto, sus características patrimoniales han sido desvirtuadas.

Falsos históricos: En algunos de los territorios se han podido identificar edificaciones demolidas y a su vez han sido construidas manteniendo las mismas características en lo que a composición formal y tipología se refiere, más no en temas de materialidad, lo que ha dado como resultado arquitectura con la estética de la arquitectura tradicional pero que no constituyen una arquitectura con autenticidad.

Figura 3. Edificación de la parroquia rural Baños (Inventario de 1988)

Figura 4. Remanente de edificación rural Baños (Actualización del inventario, 2014)

6. PORCENTAJE DE PERDIDA DE VALORES PATRIMONIALES, ANALISIS POR PARROQUIA, ALTERACIONES EN LOS BIENES INMUEBLES

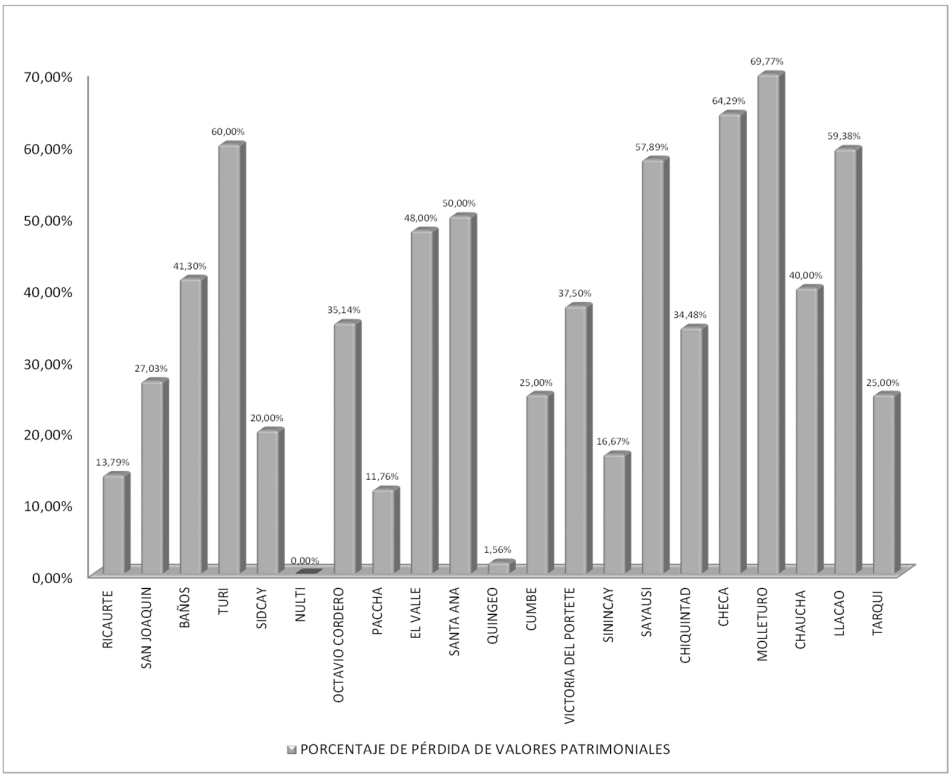


Figura 5. Resultados de porcentaje de pérdida de valores patrimoniales tras el análisis del inventario de edificaciones patrimoniales en las parroquias rurales del cantón Cuenca en 1988 y la actualización realizada en el 2014

6.1 Molleturo

En el registro realizado en el año de 1988 en la parroquia rural de Molleturo constan 43 bienes inmuebles dentro del inventario, como producto de la actualización del inventario en el año 2014 se registran, dentro del Sistema ABACO, 13 edificaciones. En este sentido, es claro que las técnicas constructivas tradicionales se han visto muy afectadas, lo que evidencia lo ya explicado en el análisis cuantitativo, que refleja un 69,77% de edificaciones que han perdido sus valores patrimoniales como resultado de 30 edificaciones que han sido reemplazadas, demolidas o identificadas sin valor. En un análisis porcentual corresponde a 48% de inmuebles reemplazados, siendo sustituidos materiales tradicionales por materiales nuevos como bloque de pómez, morteros y recubrimientos trabajados con cemento, generando elementos constructivos que no se insertan dentro del contexto de la parroquia y no reflejan la identidad del sector, así como no mantienen una relación armónica con las edificaciones que originalmente formaron parte de un conjunto patrimonial. Por otro lado, se ha verificado que el 9,30% de las edificaciones han sido demolidas, lo que además de evidenciar la pérdida de las técnicas constructivas tradicionales generando resultado espacios baldíos que alteran la imagen urbana, lo que se acentúa con el 11,63% de inmuebles que han perdido su valor por las graves alteraciones que han sufrido como producto de intervenciones sin criterio técnico alguno, por lo que ha cambiado la perspectiva de valoración de la misma. Analizando el tipo de materiales de los diferentes elementos constitutivos de las edificaciones en 1988, en lo concerniente a revestimientos de muros, se ha obtenido que el 55% de los recubrimientos correspondan a revoques de tierra, mientras que el 53,49% son

empañetes[2] con guano; se tiene como resultado que el 88% de éstas presentaban muros de tierra (adobe y bahareque), un 12% fueron trabajados con ladrillo y madera, en cuanto a las cubiertas, se registra que los materiales utilizados en el 100% de éstas son madera y zinc. Obteniendo como resultado en el 2014 una pérdida del 60,5 % de edificaciones en tierra con muros de tierra, un 75% de recubrimientos con revoques de tierra y un 78% de empañetes con guano.

6.2 Santa Ana

En esta parroquia, se han analizado 22 edificaciones; en lo concerniente a mamposterías, se puede observar que en el año de 1988 han existido un 95,45% de muros con materiales tradicionales (36,36% de adobe y 59,09% de bahareque), mientras que apenas un 4,55% de muros han sido de ladrillo. En cuanto a cubiertas, el 100% de las edificaciones registran estructuras de madera con recubrimientos de teja artesanal. Sin embargo, los alarmantes datos en esta parroquia son en relación al porcentaje de edificaciones que han sido demolidas (18,18%), reemplazadas (18,18%) y alteradas (13,64%), que alcanza el 50%. Gran parte de las alteraciones se da en la materialidad original, donde es muy visible la utilización de materiales como el bloque de pómez y el cemento, así como el reemplazo de carpinterías de madera por carpinterías metálicas. Estos datos estadísticos reflejan la falta de control y de atención a las intervenciones realizadas por parte de los propietarios a los bienes patrimoniales, por lo que es sumamente urgente la adopción de medidas precautelarías a los inmuebles que todavía se mantienen.

6.3 Sayausí

El centro parroquial de Sayausí posee 19 fichas de registro correspondientes al inventario del año 1988, de las cuales un 42,11% se han mantenido y 57,89% han perdido sus características patrimoniales originales, ya sea por demolición (10,53%), reemplazo por otra edificación (26,32%) o porque presentan intervenciones inadecuadas que han alterado y por ende desvirtuado su valor patrimonial (21,05%). En cuanto a la materialidad, si bien el 100% de los inmuebles registrados en 1988 mantenían sus mamposterías de adobe, en cuanto a las cubiertas, un 86,36% de inmuebles eran trabajados con sistemas constructivos tradicionales de estructura de madera y teja, sin embargo, la sustitución de materiales tradicionales por otros materiales ajenos a este tipo de construcción se ha visto afectado en especial en lo que ha revestimientos de muros se refiere, ya que se registra que un 31,58% de edificaciones cuyos recubrimientos son otros ajenos a los tradicionales de tierra y/o guano. Nuevamente cabe recalcar que estas cifras son preocupantes, ya que los porcentajes de edificaciones alteradas son altos, y al no existir políticas de intervención bien definidas para estos territorios, se corre el riesgo que con el pasar del tiempo se vayan incrementando y se siga perdiendo el testimonio construido de nuestro legado cultural.

6.4 Checa

En la parroquia Checa, que contaba en el año 1988 con 14 registros, para el año 2014 ha conservado 5 edificaciones patrimoniales, por lo que se ha registrado un 64,29% de pérdidas de valores patrimoniales. Esta parroquia, si bien no contaba originalmente con un número alto de edificaciones, al haber perdido más de la mitad de sus bienes inmuebles en su centro parroquial es quizá uno de los ejemplos más alarmantes, ya que es notable la falta de conocimiento, conciencia y sensibilidad en torno a la importancia de la preservación de los bienes patrimoniales, sobre todo porque un del 64,29% de

[2] El empañete constituye una pequeña capa de protección que se coloca sobre el revoque; está conformada por tierra amarilla y estiércol de caballo en iguales proporciones, (…) Su aplicación debe ser en una capa no superior a los tres milímetros (Pesantes; González, 2011, p.79)

pérdidas, 57,14% corresponden a edificaciones reemplazadas por otras que nada tienen que ver con las características de la arquitectura tradicional típica de las zonas rurales de Cuenca. Es por ello que si realizamos un análisis de los materiales utilizados en muros, revestimientos y muros, el porcentaje de edificaciones que mantienen estos elementos con sus características originales corresponde al 35,71%.

6.5 Llacao

Llacao es una de las parroquias con mayor número de registros presentaba en el año 1988 (32 inmuebles patrimoniales), la cifra de pérdida de valores patrimoniales es bastante alta, alcanzando un 59,38%. De este porcentaje de pérdida 12,50% corresponde a reemplazos por otras construcciones ajenas al contexto y 40,63% representan a alteraciones ocasionadas por intervenciones inadecuadas que han desvirtuado el valor patrimonial original. Una particularidad del análisis realizado en esta parroquia es que existen 2 edificaciones (6,25%) que constituyen falsos históricos, es decir, que si bien mantienen la estética original del bien, éste no presenta las características de autenticidad, ya que los materiales utilizados no necesariamente son los originales, y además la construcción no responde a la época de construcción y al momento en que fue construida.

6.6 Alteraciones en bienes inmuebles

Figura 6. Edificación de la parroquia rural Santa Ana (Inventario de 1988)

Figura 7. Edificación actual parroquia rural Santa Ana (Actualización del inventario, 2014)

6.7 Transformaciones en tramos

Figura 8. Alteración en tramo por la inserción de arquitectura nueva

7. OBSERVACIONES GENERALES

Tras el trabajo de campo y posterior análisis realizados durante el desarrollo del proyecto de actualización del inventario de las parroquias rurales del cantón Cuenca, se ha podido observar que la expansión urbana descontrolada que se constata en la ciudad, afecta principalmente a las parroquias rurales más cercanas que, con el paso del tiempo, han ido poco a poco formando parte de las áreas urbanas de Cuenca, lo que ha influido en la diversificación de usos de suelo y con ello, la adaptación de las edificaciones patrimoniales a las nuevas demandas y necesidades de los usuarios y/o propietarios.

Además, se observa claramente la implementación de sistemas constructivos que no van acorde con los tradicionales, insertando elementos arquitectónicos y materiales que se encuentran fuera del contexto del sector rural y, en muchos de los casos, se observan réplicas de diseños foráneos, así como de formas de vida que necesitan acoplarse a las necesidades actuales, que en la mayoría de los casos dan como resultado edificaciones que mantienen la configuración de su fachada frontal, pero sus espacios interiores han sido modificados o alterados completamente, situando a los inmuebles en un estado de conservación bastante bajo.

Este panorama, asociado a la falsa idea de progreso que existe entre los pobladores de las áreas rurales, donde se asocia el vivir en un inmueble de tierra con un estrato social bajo y como falta de desarrollo, afecta a la conservación de las edificaciones patrimoniales, ya que si no se educa y concientiza a los habitantes de estos sectores, los problemas van a continuar y a futuro las pérdidas de los valores patrimoniales de los inmuebles van a incrementarse y tal vez dichas pérdidas sean definitivamente irreversibles. Por tanto, es necesario trabajar en instrumentos de gestión y normativos que a más de conservar nuestros bienes patrimoniales, contribuyan a que éstos que se adapten a los nuevos requerimientos de la vida contemporánea como es el derecho de todo propietario.

Por otro lado, el incremento de población y con ello de las actividades comerciales en donde la mayoría de las poblaciones rurales radican su economía, ha generado la proliferación de locales comerciales que han sido adaptados en las edificaciones patrimoniales, alterando sus composiciones originales. Adicionalmente, la migración de los habitantes de las áreas rurales, que ha generado una mayor cantidad de ingresos económicos en los pobladores que aún residen en estos territorios, ha dado como resultado graves pérdidas a nuestro legado cultural, ya que se adoptan formas arquitectónicas y materiales ajenos al contexto al no considerar a la construcción tradicional en tierra como un referente de status social,

Con lo anotado, es urgente la adopción de medidas precautelarías para la conservación de los ejemplos de arquitectura rural de la ciudad de Cuenca que todavía se mantienen, las mismas que deberán ser pensadas en el marco de un plan de gestión que contemple instrumentos normativos, de control y sobre todo de sensibilización de la ciudadanía en general, quienes además debemos ser los principales beneficiarios de la preservación de nuestro patrimonio cultural.

8. CONCLUSIONES O CONSIDERACIONES FINALES

Los bienes inmuebles constituyen un conjunto de elementos que con el paso del tiempo, la falta de mantenimiento, el abandono, la variación de usos, sufren transformaciones que pueden hacer que sus valores patrimoniales cambien trascendentalmente, hasta el punto de conseguir una pérdida total de los elementos y de técnicas constructivas tradicionales utilizadas en las diferentes parroquias rurales del cantón Cuenca. Como se ha podido observar a lo largo de este estudio, varias de las causas que han desembocado en la pérdida de las características patrimoniales de los inmuebles radican

en el desarrollo y crecimiento sin control de las áreas rurales, así como en la influencia -en el mayor de los casos negativa- de modelos extranjeros a causa de la migración, (considerada uno de los factores más influyentes en los cambios y alteraciones en las tipologías arquitectónicas), además del abandono que también afecta a las edificaciones por la falta de mantenimiento. Adicionalmente, no se puede dejar de lado la falta de conciencia y sensibilización de la ciudadanía en general que, asociada a la falta de conocimiento de las técnicas constructivas y ausencia de mano de obra calificada ha generado pérdidas, en algunos casos irreversibles, de edificaciones que dan testimonio de las formas de vida y costumbres de nuestros antepasados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Centro de Patrimonio Mundial (2005). Directrices prácticas para la aplicación de la Convención del Patrimonio Mundial. París: Comité Intergubernamental de Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural.

ICOMOS (1999). Carta del Patrimonio Vernáculo Construido. México.

ICOMOS (1994). Conferencia de Nara sobre Autenticidad. Nara.

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador (2011). Instructivo para el registro e inventario de bienes inmuebles. Ediecuatorial.

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador, Subdirección del Austro (1988). Fichas de inventario de edificaciones de parroquias rurales.

Pesantes, Mónica; González, Iván (2011). Arquitectura tradicional en Azuay y Cañar. Técnica, creencias, prácticas y saberes. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador: Grafisum.

UNESCO (2003). Algunas reflexiones sobre autenticidad. París.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Patrimonio Cultural por el apoyo brindado para el desarrollo de esta investigación y al Proyecto vlir*CPM* de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca por el apoyo para desarrollar este artículo.

AUTORES

María Gabriela Barsallo Chávez, arquitecta, auxiliar de Investigación del Proyecto vlirCPM; ex miembro el equipo de arquitectos restauradores a cargo del proyecto de actualización del inventario de bienes inmuebles de la Regional 6 del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2014; miembro del equipo de consultores del Proyecto de manejo integral de Patrimonio Cultural Material e Inmaterial del cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago, ya finalizado, 2013;; ex miembro del equipo técnico de la Fundación Municipal “El Barranco” 2005 - 2011.

Paula Francisca Rodas Espinoza, arquitecta, egresada de la Maestría en Conservación y Gestión del Patrimonio Edificado de la Universidad de Cuenca y con su tesis de grado en elaboración, miembro del Departamento de Arquitectura del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural Regional 6, ex-consultora del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural y ex miembro del equipo de trabajo a cargo del inventario de bienes inmuebles del Decreto de Emergencia del Patrimonio Cultural en los años 2008-2009.

3. EVALUACIÓN TÉRMICA DE UN ELEMENTO ARQUITECTÓNICO ANCESTRAL: LOS PUTUCOS, PUNO, PERÚ

María Angélica Guevara Lactayo[1]

[1]Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Ricardo Palma, Surco, Lima, Perú, mguevaralactayo@yahoo.es

Palabra-clave: forma arquitectónica-material-comportamiento térmico-clima

Resumen

El proyecto consiste en el análisis del comportamiento térmico de un tipo de construcción ancestral denominada Putuco, elemento arquitectónico construido con adobe o champa, de planta cuadrada o rectangular techada con falsa bóveda de barro en forma de cono y en algunos casos con pequeña abertura para la eliminación de humos, al que se accede por una puerta pequeña y puede carecer de ventanas. El tema del estudio se ubica en Puno, Perú, latitud 15,83º LS, a 3.827 msnm con temperatura media anual de 14°C de día y 3°C de noche. Se ha seleccionado un grupo de Putucos utilizados en actividades domésticas cotidianas, clasificación de Marussi F. Se tiene como objetivo realizar una evaluación térmica del Putuco considerando sus características físicas y de organización en el conjunto arquitectónico, definiendo su grado de eficiencia y adecuación al clima de Puno y precisando con que dimensión y tipo de emplazamiento se hace más adecuado a este. La metodología de trabajo es analítica basada en conceptos relacionados al comportamiento térmico de la forma arquitectónica, en sus respuestas al desplazamiento del sol y del viento, a las características térmicas de los materiales de construcción usados y al elemento arquitectónico organizado dentro de un conjunto, en su situación de aislado o adosado. Se usara como recurso el software Ecotect y se calculara la temperatura interna en el Putuco en sus diversas circunstancias de uso y emplazamiento comparándose con el clima del lugar para definir su grado de eficiencia. Es importante el estudio de la arquitectura vernácula para rescatar los conocimientos ancestrales en lo que se refiere a la climatización interna de los espacios arquitectónicos para después de su evaluación utilizarlas en la arquitectura de barro actual, logrando soluciones simples pero comprobadas en su uso cotidiano utilizando además como recurso natural la energía del sol.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito analizar el comportamiento térmico de un elemento arquitectónico ancestral denominado Putuco, ubicado en Puno, ciudad del Perú que pertenece a la zona de trópico frio.

Se analiza la forma, altura y conformación que presenta, así como el material del que ha sido construido, definiéndose su comportamiento térmico se adecua a las características del clima de Puno.

Los actuales Putucos conservan gran cantidad de las características de las casa prehispánicas del altiplano como los vanos angostos de acceso, carencia de divisiones interiores, ausencia de muebles y a veces ausencia de ventanas. No se sabe exactamente cuando surgen sin embargo son observados en 1864 por George Squier (1877).

El Putuco aparece como una solución al cobijo del que tiene menos recursos, ya que su construcción no requiere sistemas constructivos complejos. Se plantea la utilización de materiales de construcción propios de la zona cuyas características termo-físicas y acabados finales los hagan eficientes para resolver los problemas que el clima en el que están insertos presenta, almacenando el calor del sol en los muros para resolver las etapas del día con temperatura más baja, utilizando el concepto de retardo térmico de los materiales de construcción.

2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1. El Putuco, elemento arquitectónico estudiado

El Putuco no constituye la casa campesina aislada, sino que conforma con otros elementos arquitectónicos, un complejo habitacional rural mayor, en las que se pueden encontrar otros Putucos o edificaciones diferentes a ellos, y que constituyen en conjunto la morada de la familia campesina (Marussi, 1999). Estos pueden tener diversos usos, algunos están relacionados a las actividades domésticas cotidianas, otros sirven de depósitos de objetos y productos y otros sirven para dar alberge a los animales. Entre los primeros según la función a la que están destinados, los usos pueden ser para cocina, cocina-dormitorio, cocina-deposito, dormitorio y dormitorio-deposito afirma Marussi (1999).

Presenta una planta cuadrada o rectangular y los muros y techos muestran inclinaciones diferenciadas y de alguna manera constituyen una continuidad. Los techos son altos y terminan en cono si la planta es cuadrada y en forma alargada y redondeada si es rectangular, según Marussi (1999). En la parte interna la altura puede llegar hasta 4,50 m, sin embargo allí el espacio se reduce en área, ayudando a reducir la disipación del calor y adquiriendo una escala más adecuada.

El Putuco presenta una sola puerta de acceso, a veces con un marco saliente con una forma de U invertida y se ubica 2 hiladas de champa hacia arriba para protegerla del ingreso de la lluvia. Algunos Putucos poseen pequeñas aberturas para la ventilación interna, presentan tarrajeo interior solamente, en la cara externa el adobe y la champa queda cara vista. El techo de champa generalmente se expone a la lluvia siendo más resistente que el adobe.

Los mampuestos utilizados son el adobe y la champa y se emplean en la construcción de los muros y el techo. El adobe utilizado tiene diversas dimensiones tales como de 43 cm x 31 cm x 14 cm y de 37 cm x 29 cm x 13 cm, conformados por paja y barro. La champa constituye una masa de tierra mezclada con raíces entrecruzadas que pueden ser ichu, chiji, quemello u otros pastos de la zona. La champa es extraída del suelo en forma de paralelepípedo. Para la extracción se utiliza un instrumento de labranza denominado chaquitaclla. Las dimensiones de las piezas son similares a los adobes, según Marussi (1999).

La construcción se realiza colocando generalmente 2 o 3 hiladas de champa ya que estas son más resistentes a los efectos erosivos de la lluvia, las hiladas carecen de mortero horizontal y se asientan colocando las raíces hacia arriba y los tallos hacia abajo. El resto del muro puede ser de champa o de adobe. Las hiladas se van desplazando ligeramente hacia dentro del Putuco, logrando que los muros no sean verticales. Al culminar el muro se utiliza un artificio para pasar de una forma ortogonal a una cónica o redondeada que conformara el techo; el artificio consiste en la colocación de maderas en rollizo en las 4 esquinas de los muros uniendo los dos muros que hacen la esquina. Sobre el muro y las maderas se asienta las hiladas de champa correspondientes al techo, estas hiladas se van desplazando hacia el interior hasta lograr un cerramiento que culmina en la cúspide de la edificación (Marussi, 1999).

2.2. Área de estudio

La ciudad de Puno se encuentra a -15,55 LS y a -70,03 LO, con una altitud de 3.827 msnm. Ubicada en el Trópico de Capricornio, una de cuyas características es que recibe el sol de forma muy vertical, por este motivo el calentamiento mayor se da sobre superficies horizontales. El Putuco es una edificación que aparece en los distritos de Samán y Taraco al norte del Lago Titicaca, representando el 15,52% y 21,84% de las viviendas construidas según Marussi (1999). El Lago Titicaca, masa de agua importante, se ubica al sur de los distritos citados, e influye en el microclima de la zona

incrementando levemente la humedad y logrando que la temperatura sea más estable tanto en su valor máximo como en el mínimo.

2.3. Características del clima de Puno

La temperatura máxima en Puno se da a las 14:00 horas con un valor de 14,31°C en promedio a lo largo del año y la mínima se presenta a las 6:00 horas con un valor de 2,54°C en promedio a lo largo del año. Su temperatura tiene un comportamiento siempre debajo del confort, existiendo una diferencia entre el valor menor del confort y la temperatura máxima de 2,20°C en promedio y de 13,95°C con la temperatura mínima. La temperatura presenta una oscilación entre la máxima y la mínima de 11,77°C en promedio.

La humedad se encuentra en el confort todo el día a lo largo del año.

En Puno la radiación sobre superficie horizontal es mucho mayor que la que incide sobre superficie vertical desde las 9:00 horas hasta las 15:00 horas, logrando 8.930 W en el momento que el sol está vertical, para lograr confort se deberá completar el calentamiento de la edificación con la radiación recibido por las superficies E/O cuyo valor más alto lo alcanza a las 8:00 horas al Este y a las 16:00 horas al Oeste logrando un valor que fluctúa entre 625 W/m^2 y 421 W/m^2.

El viento en Puno proviene del NE y su velocidad promedio es de 2 m/s, lo que hace descender la temperatura, por lo tanto debe ser reducido en su intensidad a 0,25 m/s.

La precipitación se da en especial en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero y en las épocas frías esta precipitación se reduce.

Al analizar el confort interno de la edificación utilizando el ábaco psicométrico de Givoni, considerando una actividad sedentaria y un aislamiento por ropa no muy recargado, se evidencia que es muy importante la ganancia de calor de día y el aislamiento nocturno para evitar la pérdida y conseguir acercarse al confort. Se puede observar además que si se usa la masa térmica se lograra el confort con 11°C de temperatura, resolviendo el problema de la temperatura media durante los meses de octubre, noviembre y diciembre.

2.4. Características térmicas de los materiales: adobe y champa

2.4.1. Adobe

El adobe desde el punto de vista térmico es capaz de absorber, retener y restituir calor al interior cuando la temperatura mínima oscila, permitiendo que la temperatura interna se incremente. Es un material homogéneo, la propagación del calor por lo tanto es uniforme, al ser un material artesanal los componentes de la materia sólida no tienen una dimensión fija, y no se compacta ya que no es apisonado existiendo poros entre los elementos sólidos de tamaño diverso, puede haber humedad ya que puede absorberla del medio ambiente. El adobe presenta buen retardo térmico, depende directamente del espesor del muro e inversamente de la difusidad, la que depende directamente de la conductividad térmica e inversamente del calor específico y de la densidad del material. El espesor que presenta el muro es 0,35 m en promedio, recibe un tarrajeo final que es de barro, cal o yeso.

Los componentes del adobe presentan las siguientes características térmicas: la tierra tiene una densidad de 1.790 kg/m^3, un calor específico de 880 J/kg×K y una conductividad de 0,750W/(m×K), el yeso tiene una densidad de 1.200 kg/m^3, un calor específico de 840 J/kg×K y una conductividad de 0,520W/(m×K).

2.4.2. Champa

La champa desde el punto de vista térmico es similar al adobe; pero presenta algunas diferencias en el coeficiente global de transmisión térmica por la incorporación de raíces

de ichu y otras fibras. La densidad igualmente debe reducirse por la incorporación de paja, sin embargo no existe información del porcentaje de paja utilizado y se ha considerado para el cálculo que el porcentaje de paja en relación al barro debe ser el 30% aproximadamente de este, igualmente el calor especifico de la paja es mucho menor que el del barro, así como la conductividad. Los valores de los componentes son los siguientes:

La tierra tiene una densidad de 1.730 kg/m^3, un calor específico de 880 J/kg×K y una conductividad de 0,750W/(m×K), el yeso tiene una densidad de 1.200 kg/m^3, un calor específico de 840 J/kg×K y una conductividad de 0,520W/(m×K) y la paja tiene una densidad de 240 kg/m^3, un calor específico de 180 J/kg×K y una conductividad de 0,070W/(m×K)

3. EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DEL PUTUCO EN FUNCIÓN A LA FORMA, LA CONFIGURACIÓN Y AL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Se ha estudiado dos tipos de Putucos:

Putuco1, de planta rectangular utilizado para depósito y con una orientación NEE SOO; los muros tienen una altura total de 3,76 m, hasta 1,76 m es de adobe y el resto es de champa.

Putuco 2, de forma cuadrada utilizado para dormitorio con orientación NO SE; los muros tienen una altura total de 4,50 m, hasta 1,80 m es de adobe y el resto es de champa.

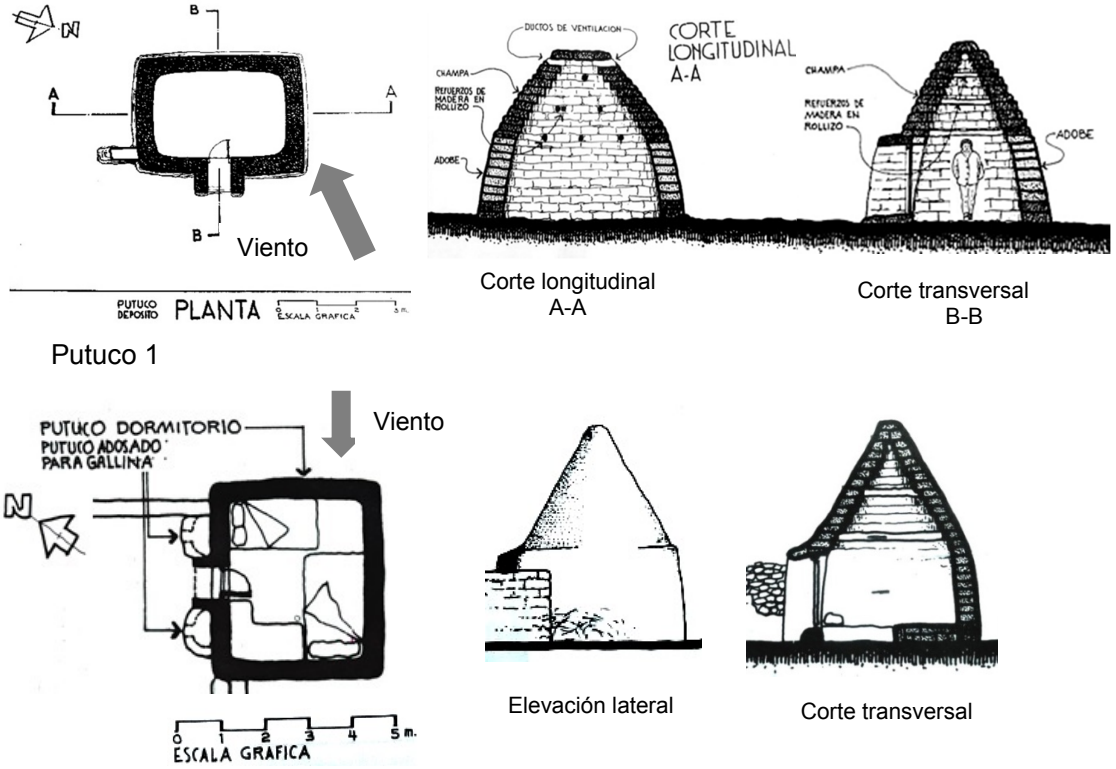


Figura 1. Planta y cortes del Putuco 1 (destinado a depósito) y del Putuco 2 (destinado a dormitorio) (Marussi, 1999)

3.1. Evaluación del impacto solar en función a la forma

3.1.1. Impacto sobre los muros y techo

Puno se encuentra dentro del trópico y esa característica hace que el recorrido del sol tenga una tendencia vertical en especial desde las 9:00 horas hasta las 15:00 horas, esta característica hace que el impacto sobre superficies horizontales o con tendencia horizontal sea mayor que sobre superficies verticales. Por la orientación y la forma que presenta el Putuco con muros levemente inclinados y con un techo aún más inclinado y curvo, conformando ambos un elemento continuo, hace que el impacto solar sobre ellos tenga una tendencia perpendicular a las diferentes horas del día, y a lo largo del año, esta característica permite que la edificación se caliente más que un elemento ortogonal de las mismas proporciones.

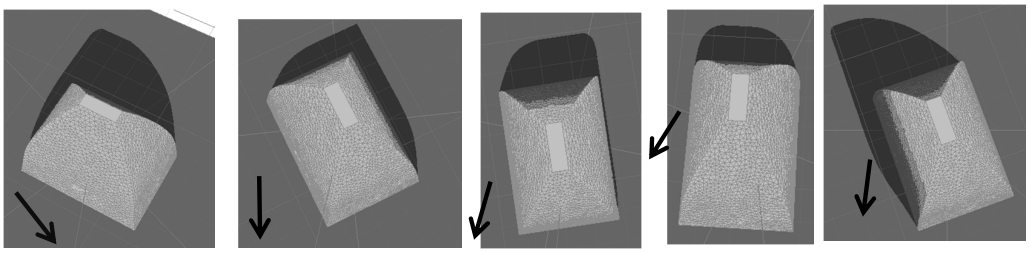


Figura 2. Impacto del sol sobre el Putuco desde 9:00 horas hasta 14:00 horas durante el invierno

En la figura 2 se observa que en invierno debido a la orientación y la forma del Putuco el techo y los muros con tendencia sur y oeste se asolean en horas que no deberían asolearse si fuera una edificación ortogonal, incrementándose en horas el impacto del sol sobre techo y muros acrecentándose el calentamiento. En la etapa de equinoccio el impacto es aún mayor ya que el sol es más vertical asoleándose los muros con tendencia norte, sur, y este desde las 8:00 horas hasta las 10:00 horas. A las 11:00 horas y 12:00 horas el asoleamiento es en todas las caras sin existencia de sombras sobre muros, produciéndose un mayor calentamiento.

3.1.2. Cálculo de la radiación en muros y techos

La radiación va variando con la orientación, la inclinación, la fecha y la hora de estudio.

Los muros del Putuco tiene una ligera inclinación y en uno de los casos presenta las siguientes orientaciones: NEE, NNO, SOO, SSE. La radiación que reciben tiene un valor más alto que una superficie perpendicular al suelo y un valor menor que el techo cuya inclinación es mayor. Se realizó una evaluación de la radiación recibida durante los cambios de estación y se obtuvieron los siguientes resultados:

En el caso de la orientación NEE el muro recibe el más alto valor de radiación en la mañana llegando a valores en promedio de 602,95 W/m^2, en setiembre, 411,28 W/m^2 en diciembre y 373,39 W/m^2 en junio. La orientación NNO recibe el más alto valor de radiación en la tarde con un valor en promedio de 364,39 W/m^2 en junio y 136,60 W/m^2 en setiembre. Para la orientación SOO, en junio, setiembre y diciembre se asolea a partir de las 12:00 horas con valores promedio de 525,82 W/m^2 en diciembre, 223,57 W/m^2 en junio y 150,08 W/m^2 en setiembre. En la orientación SSE no hay impacto en junio, en setiembre el impacto es en la mañana hasta las 10:00 horas, el valor mayor de radiación en promedio se presenta en diciembre en la mañana con 427,34 W/m^2.

El techo del Putuco tiene una inclinación más marcada y presenta las mismas orientaciones que el muro estudiado.

En el caso de la orientación NEE el techo recibe el más alto valor de radiación en la mañana llegando a valores en promedio de 732,35 W/m^2 en setiembre, 571,94 W/m^2 en

diciembre y 458,1 W/m^2 en junio. La orientación NNO tiene los valores en promedio más altos de radiación en la mañana con un valor de 421,98 W/m^2 en junio y 377,77 W/m^2 en setiembre y 337,82 W/m^2 en diciembre. Para la orientación SOO, en junio, setiembre y diciembre el asoleo se produce a partir de las 12 m, logrando un valor en promedio de 570,67 W/m^2 en diciembre, 292,54 W/m^2 en junio y 185,93 W/m^2 en setiembre.

En la orientación SSE no hay impacto de sol en junio, la radiación es muy poca en setiembre, el impacto es en la mañana hasta las 10:00; la mayor radiación se presenta en diciembre en la mañana con un valor de 617,84 W/m^2 en promedio.

3.1.3. Impacto sobre el piso externo

El sol en Puno al ser muy vertical impacta de forma casi perpendicular en especial sobre las superficies horizontales, esto es sobre techos planos y pisos externos, los techos reciben el impacto total del sol, pero en los pisos se reduce el impacto al presentarse sombras sobre ellos. Teniendo en cuenta la forma que tiene el Putuco, las sombras que arroja sobre el suelo externo se reducen posibilitando un mayor calentamiento de este, contribuyendo de esta forma a que dicho piso irradie su calor a su vez incrementando el calor en los muros, contribuyendo de esta forma a un mayor calentamiento interno.

La forma y la orientación que presenta el Putuco a su vez modificarán la sombra que arroja sobre el suelo externo. La sombra más corta en el Putuco rectangular se presenta en verano, y la más larga en el invierno, en el Putuco cuadrado la sombra más corta se presenta en invierno y la más larga en verano.

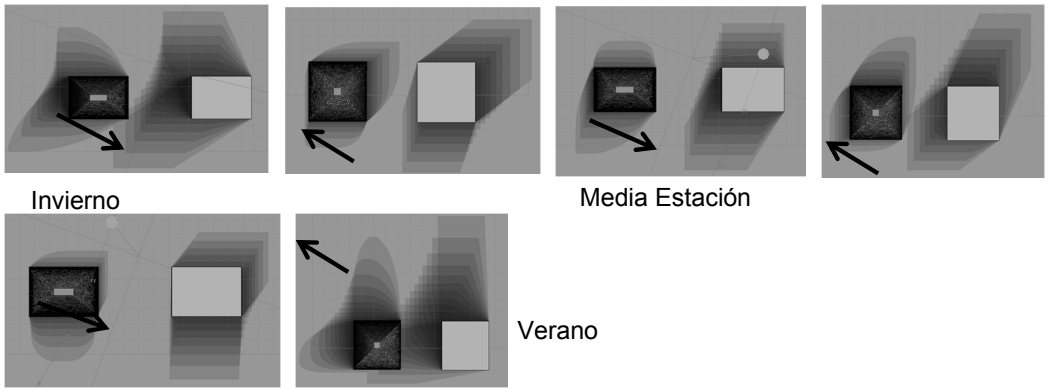


Figura 3: Comparación de las sombras arrojadas sobre el suelo a lo largo de un día típico el 22 de junio, el 22 de setiembre y el 22 de diciembre por dos Putucos de diferente planta y dos elementos arquitectónicos ortogonales de la misma dimensión.

En todos los casos la sombra del Putuco es más corta que la presentada por una edificación ortogonal de dimensiones iguales a la del Putuco.

3.2. Evaluación del impacto y desplazamiento del viento en función a la forma

La zona donde se ubican los Putucos presenta un paisaje sin obstáculos para que el viento se desplace, la vegetación es mínima y la topografía es plana, no existe mayor rugosidad que frene el viento, sin embargo por esta misma razón no existe la posibilidad de acumulación de aire frio en la parte baja en especial en las noches.

Los Putucos están ubicados formando un conjunto con otras edificaciones, por lo tanto el viento que proviene del NE no impacta con mucha fuerza sobre ellos ya que se produce algo de fricción con las demás edificios.

En el caso de una de las edificaciones estudiadas el viento impacta a 90° pero la única abertura de entrada que es la puerta está en la cara adyacente, por lo tanto no ingresa con fuerza al Putuco. En el otro caso el impacto del viento es con un ángulo menor de

45° y el viento podría ingresar por la puerta si está abierta, reduciendo el calentamiento del Putuco.

La forma que tiene el Putuco impide la acumulación de aire frio en la parte inferior ya que al ser el muro inclinado el viento fluirá con más eficiencia, reduciendo su permanencia en la base, así mismo la masa de aire se desplazará con mayor rapidez hasta llegar a la parte superior impidiendo el enfriamiento del Putuco.

- Evaluación en función a su organización con otros Putucos

Generalmente el Putuco está relacionado con otros elementos arquitectónicos conformando un conjunto, sin embargo solo en algunas ocasiones presenta edificaciones adosadas. Se hizo el estudio del comportamiento de la temperatura radiante interna para un Putuco construido con champa adosado a dos Putucos similares y se encontró los siguientes resultados:

La temperatura radiante interna del Putuco adosado tiene un valor superior a la temperatura externa a lo largo del día, es muy estable, la diferencia entre el valor máximo y el mínimo es de 0,9 °C, o sea está aún por debajo de la temperatura confort, existiendo una diferencia en promedio de 6,39 °C.

La diferencia de temperatura entre el Putuco aislado y el adosado es muy poca, en promedio es de 0,54 °C.

3.3 Evaluación en función al material utilizado

Se calculó la temperatura radiante interna utilizando el software Ecotect.

El muro de adobe en su conjunto presenta las siguientes características térmicas: coeficiente global de transmisión térmica 1.350 W/m^2×K, admitancia 4,7 W/m^2×K (Evans, 2007), transmitancia térmica 2,16 W/m^2×K y retardo térmico 8,95 h (Arias et al, 2007).

El muro de champa en su conjunto presenta las siguientes características térmicas (Ecotect): coeficiente global de transmisión térmica 0,610 W/m^2×K, admitancia1.860 W/m^2×K, transmitancia térmica 2,16 W/m^2×K y retardo térmico 7,8 h

Se considera dos seres humanos con 1 ciclo de aislamiento térmico, la humedad interna es de 44%, la velocidad del aire interna 0,50 m/s, se consideraron a los ocupantes con una actividad sedentaria con un valor de 70 W, 0,25 cambios por hora, una ganancia sensible de 5 y latente de 2.

Para el cálculo se tomó en cuenta dos momentos del año, el de la temperatura más baja 15 de julio y el de la temperatura más alta 19 de noviembre.

Se ha calculado la temperatura radiante interna considerando dos materiales de construcción: el adobe, la champa y una combinación de adobe y champa; el material utilizado para el piso es aislante y al techo se le asigna el mismo material del muro en cada caso, el piso exterior tiene enchape de piedra.

3.3.1. Calculo de la temperatura radiante interna con muro de adobe, champa o una mezcla de ambos

- Temperatura radiante interna en el día más frio (el 15 de julio).

La temperatura exterior es inestable la diferencia entre el valor mayor y el menor es de 13,4ºC. La temperatura radiante interior es más estable, la diferencia es menor de 1°C y varía según el tipo de material utilizado.

En el adobe, el valor mayor alcanzado es de 6,8°C y el valor menor es de 6°C -la diferencia de 0,8 ºC. En la champa, el valor mayor alcanzado es de 9,9°C y el valor menor es de 9,3°C y la diferencia de 0,6ºC. En la utilización de adobe y champa el valor mayor alcanzado es de 7,8°C y el valor menor es de 7,1°C y la diferencia de 0,7ºC.

La temperatura exterior tiene su valor menor a las 5:00 horas con -4,6 ºC, su valor mayor se presenta a las 13:00 horas con un valor igual a 8,8ºC.

La temperatura radiante interior tiene su menor valor a las 5:00 horas con diversos valores, dependiendo del material utilizado y su valor mayor a las 16:00 horas con valores diversos ya indicados. Hay un desfase de 3 horas entre los valores más altos en ambas temperaturas interna y externa.

La temperatura radiante interna está fuera del confort y la diferencia con el valor menor del confort es igual a 9,7ºC para el muro de adobe, 6,6ºC para el muro de champa y 8,7ºC para el muro de adobe y champa en la etapa de más frio.

El putuco es más eficiente conservando el calor que consigue en los momentos de mayor temperatura exterior, que permitiendo el paso del calor en el momento de más calor en la zona exterior.

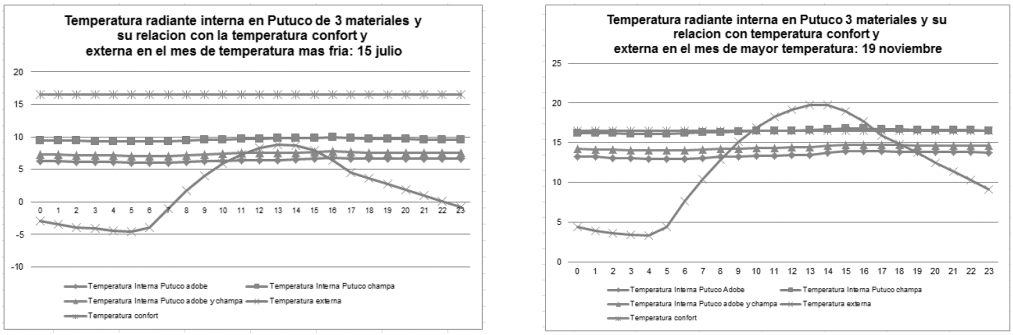


Figura 4. Cálculo de temperatura radiante interna en el Putuco el día más frio 15 julio y el más caliente 19 noviembre

- Temperatura radiante interna en el día más caluroso (el 19 de noviembre)

La temperatura exterior es inestable la diferencia entre el valor mayor y el menor es de 16,4ºC. La temperatura radiante interior es más estable, la diferencia es menor de 1°C y varía según el tipo de material utilizado.

En el adobe el valor mayor alcanzado es de 13,9°C y el valor menor es de 13°C, o sea, en consecuencia, la diferencia es de 0,9ºC. En la champa el valor mayor alcanzado es de 16,8°C y el valor menor es de 16,1°C la diferencia de 0,7ºC. En la utilización de adobe y champa el valor mayor alcanzado es de 14,7°C y el valor menor es de 14°C y la diferencia de 0,7 ºC.

La temperatura exterior tiene su valor menor a las 5:00 horas con 3,3ºC, su valor mayor se presenta a las 13:00 horas con 19,7ºC.

La temperatura radiante interior tiene su menor valor a las 5:00 horas, dependiendo del material utilizado aquella puede variar; su valor mayor se da a las 16:00 horas que así mismo puede variar según el material usado. Hay un desfase de 3 horas entre los valores más altos en ambas temperaturas interna y externa.

La temperatura interna está debajo del confort y la diferencia con el valor menor del confort es igual a 2,6 ºC para el muro de adobe y 1,8 ºC para el muro de adobe y champa, así mismo su valor coincide con el del confort para el muro de champa.

El putuco es más eficiente conservando el calor que consigue en los momentos de mayor temperatura exterior, que permitiendo el paso del calor en el momento de más calor en la zona exterior.

3.3.2. Comparación entre la temperatura radiante interna del Putuco y de una edificación ortogonal de similar tamaño el día más frio (15 de julio)

Se comparó la temperatura radiante interna de un Putuco con el de una edificación de dimensiones similares en lo que se refiere al largo, ancho y altura pero de forma ortogonal. Se detectó, modificando el material del que están construidos -adobe, champa y adobe y champa simultáneamente-, un mayor valor de temperatura en el Putuco que en la edificación ortogonal, alcanzando el mayor valor en todos los casos el Putuco de champa, luego el Putuco de una combinación de adobe y champa y finalmente el de adobe.

En la Figura 5 se observa el comportamiento de la temperatura radiante interna del Putuco y de la edificación ortogonal. Son similares, en el caso del adobe la diferencia es de 0,84°C en promedio, en la champa la diferencia en promedio es de 2,24°C y en el de adobe y champa la diferencia en promedio es de 1,19°C. En el caso del Putuco de champa se acerca más que los otros a la temperatura confort.

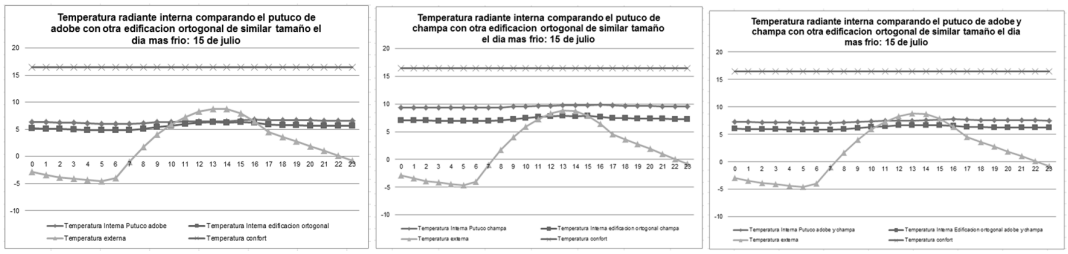


Figura 5. Cálculo de temperatura interna día más frio 15 de julio comparando el Putuco con otra edificación ortogonal de similar tamaño

3.3.3. Ganancia y pérdida de calor según los componentes considerados

Se hizo una evaluación considerando los materiales de construcción en sus dos posibilidades: adobe y champa.

Se encontraron los siguientes porcentajes de ganancia y pérdida teniendo en cuenta las siguientes categorías: superficie construida, impacto solar externo, ingreso solar, ventilación, ganancia interna e intercambio de calor.

Como se observa en la figura 6, las pérdidas en ambos son por superficie construida, ventilación e intercambio de calor con el espacio externo cuya temperatura es muy baja. Las ganancias se dan principalmente por el impacto de sol en la parte externa del muro y por el calor producido al usarlo, esto es por la existencia de seres humanos principalmente.

Sin embargo hay diferencia por el cambio de material. En el caso del Putuco construido con champa, la pérdida de calor por la superficie construida es menor que el caso del Putuco construido con adobe constituyendo un 36,8% de las pérdidas a diferencia de la de adobe que permite una pérdida más alta de 59,6%.

Ambos Putucos tienen solo una puerta para ingresar y carecen de ventanas, sin embargo, en el Putuco de champa, la pérdida por ventilación es mayor que en el de adobe, probablemente al ser el material menos compacto la ventilación permanente a través de los materiales sea mayor.

Cuando se analizan las ganancias en el caso del Putuco de champa el impacto solar produce el 13% de sus ganancias, mientras que en el adobe se incrementa a 22,6%, esto nos permite deducir que la champa es más eficiente evitando la pérdida que permitiendo la ganancia de calor.

Tabla 1. Ganancias y pérdidas a lo largo del año en el Putuco debido a una serie de consideraciones denominadas categorías

Tipos de ganancias – Putuco Desde el 1 de enero al 31 diciembre				
Material usado	Champa		Adobe	
Categoría	Pérdidas (%)	Ganancias (%)	Pérdidas (%)	Ganancias (%)
Superficie construida	36,8	0	59,6	0
Impacto sol externo	0	13,0	0	22,6
Ingreso solar	0	0	0	0
Ventilación	39,8	0	30,3	0
Ganancia interna	0	87,0	0	76,6
Intercambio calor	23,3	0,1	10,2	0,9

4. CONCLUSIONES

En el Putuco se estabiliza el comportamiento de la temperatura interna, gana temperatura en las horas del mediodía y la tarde y las conserva cuando la temperatura baja mucho durante la madrugada, por lo que se deduce que el Putuco es eficiente para evitar la pérdida de calor.

La ganancia de calor durante el día no es considerable, en especial a las horas en la que la radiación sobre superficie horizontal o levemente inclinada es muy alta, por lo que se deduce que el Putuco no es muy eficiente para permitir el ingreso de calor cuando la temperatura exterior es más alta.

La forma que tiene el Putuco le permite reducir la sombra arrojada sobre el piso exterior que le rodea, posibilitando un mayor calentamiento por asoleamiento de este y logrando que irradie su calor hacia la parte externa de sus muros.

La forma que tiene el Putuco igualmente permite un mayor impacto de sol en diversas caras que no tendría si fuera un elemento ortogonal, propiciando un calentamiento adicional por este motivo.

Igualmente la forma que tiene el Putuco permite que el viento fluya si detenerse mucho tiempo sobre él y sin enfriarlo.

El cambio de material permite una modificación en la temperatura radiante interna del Putuco. Así la champa logra una temperatura interna mayor porque conserva de forma más eficiente el calor ganado, en cambio el adobe es más eficiente para lograr que el calor ingrese en los momentos de mayor temperatura externa pero lo conserva con menos eficiencia.

El Putuco no llega al confort al adosar más edificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, L.; Latina, S.: Alderete, C.; Mellace, R.; Sosa, M.; Ferreyra, I (2007). Comportamiento térmico de muros de tierra en Tucumán, Argentina. Disponible en <http://fci.uib.es/digitalAssets/177/177906_4.pdf>. Acceso en 1/03/2015

Evans, J.M. (2007). Construcción con tierra. Disponible en: <http://comuni.wikispaces.com/file/view/Construcci%C3%B3n+con+Tierra+3-FADU+UBA,+2007.pdf>.Acceso en 1/03/2015

Marussi, F. (1999). Arquitectura vernacular Los Putucos de Puno. Lima, Perú, Universidad Ricardo Palma

Squier, G. (1877). Perú incidents of travel and exploration in the land of the Incas. Disponible en:https://archive.org/stream/peruincidentsoft00squi#page/n9/mode/2up. Acceso en 01/03/2015

AUTORA

María Angélica Guevara Lactayo, Maestría en Ciencias especialidad Arquitectura, Arquitecta. Profesora del Área de Acondicionamiento Ambiental en la Facultad de Arquitectura, Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Expositora en TerraBrasil 2008, 2012 y 2014, SIACOT 2009, Ekotectura 2014, Directora del Proyecto.

4. A ARQUITETURA DA POLÍCIA E A POLÍTICA DA TERRA

Natália Lelis

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais– Belo Horizonte, MG, Brasil, natilelis@gmail.com

Palavras-chave: arquitetura de terra, produção do espaço, representações sociais, política

Resumo

Este trabalho sistematiza uma reflexão iniciada em 2002, que procura entender porque há na cultura brasileira tão forte resistência à arquitetura de terra. A abordagem proposta é que a reprodução social brasileira, ao historicamente se centrar na produção do espaço, especialmente através da construção civil e do mercado imobiliário, (re)produz uma ordem do espaço – a arquitetura da polícia. Ela se expressa materialmente na estruturação de uma forma hegemônica de construir edifícios e cidades, da qual são excluídas técnicas, sistemas e materiais. Envolve desde a criação de uma representação social do que é ser moderno em termos de práticas cotidianas ao desenho da formação de profissionais (especialmente engenheiros e arquitetos) que têm pouco conhecimento para além dessas formas hegemônicas. E se torna normativa através das políticas públicas e da ordem jurídica do espaço (das normas da ABNT aos códigos de obras). A arquitetura de terra, como prática que realiza materialmente uma fissura nessa ordem, torna-se uma prática espacial política, e tende por isso a ser combatida. Ela tende a ser apropriada como prática de exceção, presa, por um lado, nos fetiches do "alternativo" e, por outro, na precariedade da falta de opções de moradia digna. De acordo com essa noção, a luta pela ampliação das possibilidades de realização de arquitetura de terra no Brasil há que se dar com ênfase na ocupação dos espaços simbólicos de arquitetura cotidiana. Essa política da terra define a (re)construção das representações sociais e envolve também a formação de mão de obra qualificada. A ocupação dos espaços simbólicos de revistas de ampla circulação, concursos gerais de projeto, realização de visitas guiadas a construções contemporâneas em terra, ao criarem uma nova expectativa em relação a essas práticas não-hegemônicas, talvez tenham um papel (re)estruturante na ampliação das possibilidades de realização da arquitetura de terra no Brasil.

1. INTRODUÇÃO

A toda ordem social corresponde uma ordem espacial, aqui chamada "arquitetura da polícia". Essa expressão se constitui a partir de três noções básicas: dois sentidos da arquitetura – tanto o modo de estruturação do espaço construído (processo[3]) quanto a configuração material que esse espaço apresenta (objeto) – e da concepção de polícia como caráter de toda ordem instituída. Entendida como ordem do espaço, a arquitetura da polícia inclui a sua materialidade, seus modos de estruturação e seus mecanismos de reprodução. Ela se expressa por uma correspondência direta e retroalimentadora entre as expectativas sociais quanto ao espaço edificado, as competências profissionais e a ordem socioeconômica. A articulação entre essas três dimensões cria um sistema hegemônico, que estabelece fronteiras de invisibilidade para outras arquiteturas ou as reelabora, mantendo-as dentro de limites que ou reforçam ou ao menos não ameaçam os processos de reprodução da ordem.

No Brasil, a arquitetura da polícia apresenta uma forma de produção do espaço que passa a ser entendida como a única possível[4]. Especificamente em termos de construção de edifícios, o conjunto do único possível é composto pelas estruturas em concreto armado e alvenarias em bloco cerâmico, com as variáveis da alvenaria

[3] Processo aqui engloba tanto as ações e relações mais diretamente implicadas na construção de edificações (projeto e execução) quanto um modo específico de estruturação de condições de reprodução do conjunto (neste caso mais próximo do sentido de arquitetura em arquitetura de sistemas).

[4] Rancière (1996) argumenta que a ideologia do "único possível" é uma característica da contemporaneidade, presente em vários aspectos, ainda que ele não esteja falando em termos de espaço.

estrutural, do bloco de cimento e das estruturas metálicas. As estruturas em madeira (incluindo o bambu) e em terra por estarem do lado de fora das fronteiras do sistema, tendem a ser viabilizadas apenas como "extra" ordinário e serem impedidas de se tornarem alternativas normais, ordinárias.

Essa aproximação ajuda a explicar as dificuldades da difusão da arquitetura de terra no Brasil e visa contribuir para o seu enfrentamento. Ela aponta que essa difusão depende de um conjunto de atos políticos que se configuram especialmente em termos de uma disputa pelo imaginário.

Este texto, em primeiro lugar, sintetiza os principais aspectos históricos da arquitetura da polícia. Em segundo lugar, apresenta em linhas gerais como ela se estrutura atualmente e, em seguida, pontua a dimensão política da arquitetura de terra. Por fim, aponta, ainda de maneira bem preliminar, alguns exemplos de concretização dessa dimensão, que têm potencial para rupturas na ordem do espaço, aumentando as possibilidades de difusão da arquitetura de terra no Brasil.

2. RAÍZES HISTÓRICAS: O JECA TATU, A ARMAÇÃO DO CONCRETO [5] E A CONSTITUIÇÃO DO IMAGINÁRIO ESPACIAL BRASILEIRO

Além do acesso seletivo e desigual à terra urbana e rural (Martins, 2010), a construção do projeto de modernização brasileiro constitui uma arquitetura específica da ordem do espaço, através de diferentes elementos. Já no início do século XIX, com a instalação da corte portuguesa no Brasil e a famosa Missão Francesa, a Academia que é criada aqui traz um padrão específico de produção do espaço, que já se coloca inicialmente como superior e sem compromisso com qualquer diálogo com a realidade espacial local. Nesse momento, adotar os padrões construtivos, arquitetônicos e urbanísticos importados é símbolo de *status* social. As reformas urbanas de embelezamento e a influência do sanitarismo urbano que chegam ao Rio de Janeiro ainda no século XIX expressam o aburguesamento do espaço e a exclusão sistemática dos pobres da cena urbana (Maricato, 2004). Além disso, a mão de obra europeia que chega para trabalhar na construção civil traz consigo o domínio de outros materiais construtivos, não mais o adobe, a taipa e a pedra. O tijolo cerâmico foi introduzido no Brasil em meados do século XIX (Santos, 2008), com o processo de substituição do escravo pelo imigrante europeu na construção civil. A alvenaria em tijolo cerâmico era inicialmente empregada em edifícios públicos e palacetes, e passou a ser largamente difundida, utilizada nas mais variadas tipologias, de terreiro para secagem de café a habitação operária. Até o início do século XX, a alvenaria em tijolo cerâmico supera a terra nas principais cidades brasileiras.

A consolidação da formação em engenharia no Brasil se dá no contexto de adoção de parâmetros, modelos, tecnologias e materiais importados (entre eles o positivismo), os quais pautam as remodelações urbanas e o desenvolvimento da construção civil. O desenvolvimento da engenharia no Brasil é atrelado ao desenvolvimento de um tipo específico de industrialização e de capitalismo (no século XIX): a adoção em larga escala de materiais e sistemas como aqueles ligados à estrutura de ferro e ao fechamento em alvenaria cerâmica. Aquilo que os novos especialistas em projetos de edificação desenham e que os novos operários sabem executar já se coloca de início como moderno, em contraposição às formas, aos materiais, aos sistemas e aos métodos locais ditos arcaicos e pouco higiênicos. O fato de que os imigrantes trazem consigo um conhecimento construtivo pronto e que o trabalho na construção civil se constitui como alternativa ao trabalho nas lavouras, além do próprio caráter simbólico da técnica e do material modernos, certamente tem um papel importante no fato de que a evolução da

[5] "Armação do concreto" é uma expressão de Santos (2008).

construção civil no Brasil se deu pela adoção de materiais e técnicas novos e não pelo desenvolvimento daqueles já existentes (adobe, taipa, pau a pique, madeira).

A literatura do fim século XIX torna-se uma das formas de expressão-construção de uma imagem negativa dos hábitos e das moradias dos pobres, o que é particularmente perceptível em O Cortiço, de Aloísio Azevedo, publicado originalmente em 1890 (Marins, 1998; Rago, 1987).

Esses processos se aprofundam na virada do século, e criam as condições nas quais se dará a entrada e a difusão do concreto armado no Brasil no século XX. A importância estratégica da figura do engenheiro na consolidação do modelo de industrialização periférica e desenvolvimento dependente no Brasil é tal que Pereira Passos torna-se prefeito do Rio de Janeiro em 1904 (Santos, 2008). No início do século XX, as noções que vinham se formando quanto aos novos padrões de produção do espaço se tornam mais fortemente normativas, com a instituição dos primeiros códigos de posturas. Mais que precursoras da legislação urbanística e construtiva atual, essas leis eram verdadeiros manuais de como viver na cidade, estabelecendo padrões de comportamento no espaço público. Como regulação urbanística e construtiva, elas alteraram o tamanho e a construtibilidade dos lotes urbanos, modificando o valor da terra e reforçando os processos de expulsão dos pobres. Além disso, os novos parâmetros urbanos foram sendo mais e mais usados para justificar a demolição de áreas centrais nas cidades (onde moravam as famílias pobres). Os programas escolares de educação básica (ainda que naquele momento inacessíveis à maioria da população) tiveram um papel importante na difusão desses novos valores. O papel central na construção do imaginário espacial moderno foi desempenhado pela temática da higiene pessoal e urbana que, colocada como questão de saúde pública, se tornou a grande porta de entrada para todos os outros valores que seriam incutidos. A figura emblemática desse processo é o Jeca Tatu[6], figura mítica da utopia negativa de tudo o que se tornava objeto de superação. O Jeca Tatu foi utilizado em inúmeras campanhas públicas de difusão de hábitos de higiene pessoal, que carregaram consigo uma campanha massiva contra o uso da terra na construção de moradias. A literatura, assim, encarna um projeto pedagógico que vai deixar marcas profundas na representação social das arquiteturas tradicionais no Brasil: atraso, pobreza, doença, sujeira. A partir daí e cada vez mais, as construções precárias em terra e madeira comporão a totalidade da imagem social da arquitetura tradicional e os problemas a elas associados passarão a ser vistos como pertencentes à natureza dos materiais.

A decadência material e simbólica da arquitetura tradicional brasileira, especialmente de terra, é acompanhada pelo fortalecimento de outras formas de construir, inicialmente a alvenaria em tijolo cerâmico (com o tempo substituído pelo bloco cerâmico) e logo em seguida com a incorporação do concreto armado.

A sedução da arquitetura brasileira pela Arquitetura Modernista é bastante documentada, com um registro particularmente interessante na autobiografia de Lúcio Costa (Costa, 1995). Essa apropriação tornou-se ainda mais reforçada pelo modo como marcou a inserção do Brasil no *mainstream* arquitetônico internacional. Inicialmente, o concreto armado foi utilizado na construção de grandes edifícios públicos, que buscavam encarnar o poder, a força e o potencial do Estado brasileiro[7] (Santos, 2008). O concreto armado e

[6] Jeca Tatu é personagem principal do livro Urupês, de Monteiro Lobato, publicado pela primeira vez em 1910. É apresentado como um sujeito apático e enfraquecido pelas doenças que a sua vida sem higiene lhe causam. A redenção do Jeca é a sua inserção na modernidade, quando se torna saudável e arruma emprego. O agente espacial dessa mudança envolve a substituição de sua precária casa em pau a pique (taipa de mão) por uma moderna casa de alvenaria.

[7] A adoção dos cânones do Movimento Moderno, especialmente corbusianos, no Brasil, dá-se em um contexto da construção muito específico, como demonstra Santos (2008). Nesse momento, ainda não havia infraestrutura industrial que sustentasse os novos métodos de construção – como exemplo, o aço, o cimento e o vidro ainda eram importados da Europa. A consolidação do concreto armado como hegemônico na

a alvenaria em tijolo cerâmico (e bloco cerâmico) passam a ocupar uma posição cada vez mais privilegiada nos cursos de graduação em Engenharia e Arquitetura, bem como no sistema de normas construtivas que se desenvolve. Esses materiais compõem o padrão dos edifícios públicos e dos projetos premiados nos concursos de arquitetura que acontecem no Brasil, durante décadas (Santos, 2008).

Do ponto de vista das dinâmicas econômicas, o concreto armado e a alvenaria em tijolos cerâmicos (especialmente até meados do século XX) e blocos cerâmicos se prestaram bem à construção de uma indústria da construção civil, que absorve boa parte do imenso contingente de mão de obra não qualificada que não consegue inserir na indústria automotiva (e de outros bens de consumo) no período de maior desenvolvimento da industrialização no país. O crescimento do papel da construção civil na economia brasileira coloca esse setor em uma posição cada vez mais central, e contribui para o fortalecimento de um grupo de agentes específicos que compõem ao longo do século XX a estrutura da cadeia produtiva. Em relação às dinâmicas de urbanização, o concreto se prestou bem à autoconstrução precária, um dos pilares da modernização brasileira (Kowarick, 1979). Ele possibilitou que, ao mesmo tempo, a produção precária de habitação fortalecesse o crescimento do setor (crescimento e universalização do mercado), a autoprodução precária da moradia mantivesse baixos os custos de reprodução da força de trabalho.

Todos esses fatores, articulados, criam as condições de reprodução de uma ordem de produção do espaço centrada na hegemonia do concreto armado e da alvenaria em bloco cerâmico. Tais condições ainda marcam nosso cotidiano, entre elas: as normas e a regulação urbana são pensadas para o concreto; os projetos nos cursos de arquitetura partem do princípio de que o concreto é o “normal” (Santos, 2008); o concreto ocupa lugar privilegiado nos currículos de engenharia civil e arquitetura; há poucos formadores preparados para ensinar outras técnicas; projetos em concreto armado têm mais chance de serem financiados; a indústria do cimento (e, mais recentemente, do aço) financia parte considerável da pesquisa acadêmica no setor; os materiais são encontrados em qualquer loja de material de construção; o concreto armado é altamente compatível com as características do setor da construção civil no Brasil. Da mesma forma, as consequências desse padrão de reprodução são diariamente sentidas: pouca industrialização da construção; pouca evolução na pesquisa em outros materiais, técnicas e sistemas construtivos; dificuldade em realizar projetos inovadores em larga escala; imaginário social acredita no concreto armado – dificuldade em implementar experiências inovadoras em habitação de interesse social; imaginário acadêmico acredita no concreto armado: dificuldade em formar novas gerações de profissionais que tratem o concreto de maneira crítica e que dominem outros sistemas; perda da possibilidade de exploração e desenvolvimento das técnicas tradicionais, como madeira, pau a pique e adobe.

3. ALGUNS ELEMENTOS DA ORDEM ESPACIAL

3.1. As expectativas sociais: formação da demanda

construção civil é inseparável da agenda pública de modernização do país e das maneiras pelas quais se seu essa modernização. São construídos no mesmo processo: (a) o desenvolvimento de uma indústria nacional e a redução das importações; (b) a presença política de Lúcio Costa na criação de órgãos como o IPHAN e na reformulação dos cursos de arquitetura e urbanismo; (c) a disseminação e a reformulação dos cursos de engenharia civil; (d) o financiamento privado das pesquisas acadêmicas; (e) a constituição e a atuação dos órgãos de classe; (f) as maneiras pelas quais se forma a ideia de industrialização na construção civil; e, (g) a consolidação de uma nova estética que começa pelos grandes edifícios públicos que simbolizam o desenvolvimento, passa pelos edifícios privados ligados à industrialização e chega à moradia dos pobres.

A maioria dos brasileiros das classes médias e das classes altas vê a produção de arquitetura em terra como uma expressão de falta de alternativa. Os profissionais que trabalham com planejamento e projeto participativo em assentamentos de interesse social afirmam, com frequência, que há uma resistência enorme por parte dos moradores em relação aos materiais e sistemas construtivos não convencionais. Mesmo em comunidades rurais, as famílias costumam ver como conquista a passagem de uma casa em madeira e terra para uma casa em concreto armado e alvenaria em bloco cerâmico. A maioria das pessoas acredita que o mais adequado, mais durável, mais bonito, moderno e de melhor custo-benefício que podem desejar é uma boa construção estruturada em concreto e fechada em bloco cerâmico. Essa expectativa homogênea é a expressão de uma demanda social em relação à arquitetura.

A formação da demanda se refere à constituição de um conjunto de sentidos e valores que define as expectativas sociais quanto ao objeto construído. Trata-se de uma das dimensões daquilo que se costuma chamar de cultura e que se expressa em termos de como é uma cidade desejável e como é uma arquitetura desejável. Assim, há, na sociedade, uma intuição quanto a o que é uma boa construção, o que é uma boa arquitetura – um conjunto específico de características que são atribuídas aos objetos e que os hierarquizam. No entanto, vários autores argumentam que os valores e os sentidos dos artefatos arquitetônicos não são imanentes. São construções históricas. Entre eles, vale lembrar Stevens (2003), que mostra como a noção de boa arquitetura vem sendo construída ao longo da história da profissão[8].

Os projetos que saem nas principais revistas de arquitetura e de engenharia civil, bem como os projetos premiados em concursos desempenham um papel importante na reprodução das representações sociais, no caso dos materiais, das técnicas e dos sistemas construtivos (Stevens, 2003). Além disso, as próprias edificações contribuem no processo. Tudo o que cria padrões de comportamento (e de consumo) que se tornam modelos para a sociedade cria também padrões espaciais, que tendem a ser seguidos. Assim, dos cenários do cinema e da televisão aos próprios bairros de elite e edifícios não residenciais que expressam poder, há um conjunto de referências espaciais simbólicas que se tornam modelos em alguma medida.

Como exemplo da atribuição de valores na formação da cultura construtiva, é possível mencionar as diferentes maneiras de perceber a precariedade: há habitações precárias construídas em pau a pique e há habitações precárias construídas em concreto armado e bloco cerâmico. No primeiro caso, o senso comum considera que a causa da precariedade está no pau a pique, é inerente a ele. No segundo caso, o problema é atribuído ao mau uso do material e da técnica, em si mesmos excelentes.

Esses valores ligados ao ambiente construído, uma vez consolidados no imaginário, se tornam normativos, e tem sua reprodução assegurada através da criação das normas técnicas e da legislação que regula a construção. Elas também se tornam centrais nos desenhos dos cursos de capacitação profissional, como nos cursos de graduação em engenharia civil e arquitetura e urbanismo (Santos, 2008).

[8] A naturalização dos valores atribuídos aos objetos construídos, não apenas dentro dos círculos especializados, mas na sociedade como um todo faz parte da estruturação do *habitus* e inclui a produção e a reprodução de representações sociais. O conceito de *habitus* foi definido por Bourdieu (1983) como o um sistema de disposições que caracterizam as pessoas a partir de sua posição no espaço social (em função de uma relação entre capital econômico e capital cultural). A formação do *habitus* inclui a estruturação de todo o sistema simbólico dos agentes sociais. As noções que compõem esse sistema simbólico são as representações sociais (Lelis, 2007b). A teoria das representações sociais foi criada por Moscovici (1978) na década de 1960 e vem se fortalecendo significativamente como estudo do senso comum. É um modelo teórico que permite explicar os processos de produção e reprodução de conceitos na sociedade, e o papel dos meios de comunicação e da intersubjetividade nesses processos. Jovchelovich (2000) analisou a relação entre representações sociais e espaços públicos no Brasil. Lelis (2007a) argumenta que grande parte das noções socialmente compartilhadas em relação à arquitetura e tidas como verdades não passam de representações sociais.

A demanda social por um tipo específico de produção do espaço, entendido como o normal e o desejável, encontra sua dimensão estatal nas demandas por políticas públicas, especialmente habitacionais. Outra expressão da demanda social é o desenho específico de uma demanda por recursos, que define que tipo de objeto construído que pode ser financiado.

A força dessa homogeneidade da demanda pode ser percebida de maneira emblemática nas lutas sociais. O material e o sistema construtivo não figuram entre as diversas críticas que os movimentos sociais por moradia fazem às políticas públicas de habitação. No mesmo sentido, a conquista da arquitetura e da engenharia públicas (Lei de Assistência Técnica) aparece como a possibilidade de prevenir o chamado "risco construtivo" a partir de uma orientação técnica adequada quanto às edificações – procurando combater os problemas decorrentes da falta de projeto e da má execução. Nos dois casos, não se identifica uma busca pelo aumento das opções quanto ao material e ao sistema construtivo.

3.2. As competências profissionais: formação da oferta

Desde a sua criação no Brasil, os cursos de graduação das áreas de engenharia civil e arquitetura adotaram padrões construtivos estrangeiros e descolados da realidade local. Apesar das inúmeras mudanças que aconteceram ao longo de décadas de formação, não houve uma retomada significativa de pesquisa e desenvolvimento da construção vernácula. É possível perceber nos currículos, em geral, que o concreto armado e os blocos cerâmicos ocupam papel de destaque em várias disciplinas. Os cursos de graduação combinam a consolidação de uma cultura construtiva que exclui e invisibiliza a arquitetura em terra, inscrevendo-a nos limites do patrimônio histórico com a exclusão efetiva da terra como possibilidade construtiva, pela ausência dessa temática na formação em materiais, sistemas e processos construtivos. No que se refere aos estudos de tecnologia e racionalização da construção, isso é ainda mais marcante. Nos últimos anos, na evolução da construção civil há uma inserção maior das estruturas metálicas e da alvenaria estrutural que, de muitas formas, não mais que complementa a hegemonia existente. A exclusão cada vez maior das disciplinas de base ambiental (aquelas que lidam especificamente com conhecimentos sobre sol, vento, vegetação, solo e água), bem como as disciplinas que embasam e aprofundam os estudos sobre constituição e comportamento das estruturas, nos cursos de arquitetura, contribui significativamente para reforçar esse processo. À medida que ganha força o debate crítico quanto à produção do espaço, centrado em relações sociais e rebatimentos territoriais, o espaço enquanto suporte físico que condiciona essas dinâmicas torna-se cada vez menos presente. Esses aspectos, combinados, fazem com que os profissionais formados sejam cada vez mais reduzidos a operadores dos modelos hegemônicos e cada vez menos capazes de questionar esses modelos ou de criar opções. Apesar da ausência da arquitetura em terra ser quase generalizada nas disciplinas que tratam de materiais e de sistemas construtivos isoladamente, em alguns casos, especialmente nos últimos anos, ela aparece. A madeira aparece ainda mais, especialmente nos cursos de engenharia civil, de forma isolada. No entanto, mesmo quando esses conteúdos são em algum momento aprendidos, é ainda mais raro que eles sejam aplicados em disciplinas de projeto. Nessas disciplinas, que têm o maior papel na formação das referências para a prática profissional (Stevens, 2003), a ordem do espaço exerce forte hegemonia. Tanto porque há carência de professores de projeto que sejam qualificados para orientar projetos em terra quanto porque os professores de projeto tendem a não ver a terra como uma opção viável. Os trabalhos finais de graduação, bem como a hierarquia entre eles definida pelos concursos, privilegiam a consolidação e a reprodução da ordem do espaço (Santos, 2008; Stevens, 2003).

As representações sociais referentes à produção do espaço se reproduzem também nos meios acadêmicos especializados. São as representações sociais acadêmicas (Lelis,

2007b). No que se refere à arquitetura em terra, ela também tende a ser percebida de maneira negativa dentro das próprias escolas que formam os especialistas da construção – os arquitetos e engenheiros.

3.3. O lugar da produção do espaço na ordem socioeconômica

A convergência entre as expectativas sociais e as capacidades profissionais em relação ao ambiente construído está diretamente ligada ao papel que a reprodução do espaço tem na manutenção da ordem socioeconômica brasileira. Esse papel pode ser percebido na contemporaneidade em termos de mercado imobiliário e da cadeia produtiva da construção civil. A construção civil não apenas tem uma participação importante na produção em geral (participação do setor no PIB) como atua como estabilizador em situações de crise da economia, além de absorver um grande contingente de mão de obra de baixa qualificação, equilibrando os índices de desemprego (especialmente nas metrópoles). O mercado de terras determina as dinâmicas de configuração do espaço metropolitano e não apenas mantém a relação entre poder político e poder econômico como permite novos e renovados processos de reprodução do capital em tempos de financeirização (Fernandes, 2008; Fix, 2007; Maricato, 2000; Lelis, 2013).

Uma das maneiras como esse aspecto da arquitetura da polícia se realiza foi demonstrada por Shimbo (2012) em Habitação Social de Mercado. Ela explica como a estruturação da cadeia produtiva da construção civil no Brasil ligada à Habitação Social articula uma rede específica na qual a homogeneidade é determinante. A padronização dos projetos arquitetônicos e de seus detalhes (padronização do produto), a padronização e o controle rigoroso de todas as ações dos operários no canteiro (padronização do processo), a fixação de uma rede de fornecedores (poucos e grandes grupos) compõem a previsibilidade nos processos de produção arquitetônica, condicionante última para a financeirização do processo. O capital financeiro necessita de uma boa margem de segurança quanto aos prazos e valores de retorno dos investimentos para atuar.

Em alguma medida, esse trabalho atualiza a análise feita por Ferro na década de 1970 (Ferro, 1982). Ele apontava a necessidade de entender a arquitetura a partir de seu processo de produção, e propôs uma crítica baseada no estudo da configuração e do funcionamento dos canteiros de obras. Para Ferro, aquilo que era percebido como evolução na construção civil brasileira estava muito mais associado à sofisticação das formas de controle da ação (de todos os gestos) do operário no canteiro que a uma evolução propriamente dita de tecnologias construtivas. É possível perceber na literatura atual sobre racionalização e eficiência na construção civil a importância que essa certa "maquinização" do operário tem, e como de fato muitos autores concordam que a produtividade (eficiência nos processos) da construção civil no Brasil é pequena quando comparada à de outros países. Shimbo (2012) mostra o alto nível de sofisticação do controle da produtividade no canteiro, com utilização de softwares específicos, e como se trata mais de controlar a produtividade dos trabalhadores que de aumentar a mecanização, como exemplo.

O estudo da autora aponta que essa previsibilidade da produtividade no canteiro não é a única condição para a financeirização. Ela também depende de um marco regulatório que não apenas possibilite as operações como dê segurança ao investidor. Esse marco regulatório vem sendo reforçado no Brasil. No entanto, o maior estímulo ao processo veio pela ação direta do Estado, com a criação do Programa Minha Casa Minha Vida, em que o governo garante a demanda, assumindo todos os riscos do financiamento, possibilitando alto nível de segurança para o investidor. O Programa, criado para fortalecer o sistema, tende a ser extremamente restritivo em relação a processos de produção do espaço externos e ele.

Nos três grandes aspectos da arquitetura da polícia, como visto, a atuação do Estado é fundamental, como regulador direto da formação profissional (através dos currículos), como regulador da construção civil (através da legitimação das normas técnicas e da criação dos códigos de obras), como regulador da produção de larga escala (através das políticas públicas) e como regulador das condições determinantes da reprodução do espaço urbano (legislação incidente nos processos de crescimento urbano, contratos, locações, incorporações, titularização, etc.). O Estado também exerce o papel de produtor direto do espaço, especialmente a partir das grandes obras públicas (que se tornam modelos de grandes arquiteturas) e de obras públicas cotidianas de caráter simbólico, como escolas, prefeituras, praças, etc.

4. A POLÍTICA DA TERRA E SUAS LIMITAÇÕES

A arquitetura da polícia, ainda que totalitária, não consegue ser total. Aqui e ali, o espaço se produz de maneiras não prescritas por esse sistema. A primeira reação da ordem é tentar manter essa "parte do que não tem parte" do lado de fora da fronteira do mundo compartilhado, a partir da desqualificação e da invisibilidade. Como colocado, um dos mecanismos de reprodução da ordem do espaço é apresentar-se e ser percebido como o único possível.

Nesse sentido, a contribuição de Rancière (2005) é central: a ordem social estrutura-se e mantém-se através de uma estética específica que define o mundo como um conjunto de elementos que é socialmente percebido e a maneira pela qual é percebido – nas palavras do autor, uma partilha do sensível. Ele coloca seu argumento especialmente em relação à linguagem falada e às artes. A abordagem que se propõe (Lelis, 2015) extrapola essa perspectiva para o espaço. O espaço construído é percebido de maneiras específicas, compartilhadas socialmente, que também estabelecem fronteiras e invisibilidades. Mais que o suporte no qual a ordem social se realiza, o espaço é ele mesmo, um elemento da ordem, cujas condições de reprodução são dadas também pela parte dele que é percebida.[9] A ordem social e a ordem espacial determinam-se e sustentam-se dialeticamente. Para Rancière, toda ordem instituída é polícia. Acrescenta-se que essa polícia tem uma dimensão tangível, processo e produto, por isso arquitetura.

No caso brasileiro, as condições de reprodução da arquitetura da polícia implicam a exclusão das maneiras de produzir espaço que não se enquadram no sistema. A arquitetura, pela sua própria existência, é a demonstração tangível de uma possibilidade. Por isso toda arquitetura que não serve à ordem é combatida, de traçados urbanos a edificações. A arquitetura de terra presta-se muito bem ao questionamento da dependência de materiais e de técnicas construtivas que desempenham um papel importante na cadeia produtiva da construção civil brasileira. Ela expõe as frestas do sistema e provoca uma ruptura instituindo-se materialmente como outro mundo. Por causa dessa dimensão política concreta, a ordem policial de configuração das percepções opera tornando a arquitetura em terra sistematicamente invisível.

Nos últimos anos, há uma retomada da arquitetura em terra no Brasil e, diante da dificuldade crescente em mantê-la invisível ou vista da maneira absolutamente negativa que lhe foi atribuída ao longo da história, a ordem policial adota uma estratégia de segunda ordem, a da apropriação e reelaboração. Rancière (1996) demonstra que a política é ocasional e rara, pois, uma vez que o ato político rompe e reconfigura o mundo sensível (partilhado), a ordem tende a absorver essa perturbação e se readaptar, criando uma outra polícia. A reaparição política da arquitetura em terra na cena da construção civil no Brasil, em um momento particularmente marcado pela primazia (econômica e política[10]) da hegemonia de produção do espaço é absorvida e reelaborada, de maneira

[9] Lefèbvre (1991) argumenta que, no capitalismo contemporâneo, o espaço deixa de ser o suporte e o lócus da produção para ser também seu objeto e, consequentemente, objeto dos conflitos em torno da produção.

[10] No sentido corrente do termo.

tanto a caber dentro de certos limites que não ameacem a totalidade da ordem quanto a ser instrumentalizada pelo mercado de produção do espaço como produto especial.

As arquiteturas não hegemônicas tendem a ser enquadradas como possibilidades restritas a alguns contextos: (a) arquiteturas contra hegemônicas[11], com o rótulo do "alternativo" e das propostas totalizantes, contra o capitalismo, a ciência moderna, o individualismo, o consumismo, etc.; (b) arquiteturas sustentáveis, não raros compondo os diferenciais no mercado dos espaços de luxo (arquitetura em terra, madeira e bambu como fetiche), incluindo aqueles voltados ao turismo cultural e (c) arquiteturas históricas que, em novas construções, só cabem se a proposta é reproduzir o imaginário da arquitetura dita colonial. Esses enquadramentos têm em comum o fato de dissimularem a dimensão cotidiana da arquitetura em terra. Para além da percepção como ligada à falta de opções – cuja erradicação aparece como objetivo – essa arquitetura retorna em anos recentes como produção excêntrica, extraordinária, alternativa. Em um aparente paradoxo, ela se torna a opção dos que não têm opção (estão fora do mercado), a opção dos que se põem o mais fora do mercado possível e uma opção do mercado de luxo (como um produto diferenciado). São partes de uma mesma estratégia cujo resultado é manter essa arquitetura fora das fronteiras da produção cotidiana de espaço, aquela da vida comum, normal, média, da grande maioria das pessoas que vivem e consomem arquitetura.

Dessa forma, o sistema da arquitetura da polícia se fecha e esconde suas frestas. A despeito de se estruturar através da escala macro, é no cotidiano que essa polícia se realiza. É nos lugares mais comuns da vida cotidiana e de seus sujeitos que a hegemonia do concreto e do bloco cerâmico se perpetua, sustentada pelas representações sociais que se constroem e se consolidam no mesmo cotidiano. E é precisamente aqui que se realiza, também, a constituição de diferenças e o embate e a modificação das representações sociais. Nesse sentido, a leitura do momento político de Rancière como momento espaço possibilita uma compreensão do espaço diferencial lefebvriano[12] como mundo dentro mundo. Uma constituição do espaço do diferente e das diferenças no seio do espaço abstrato homogeneizador vivido hoje. Antes ou além de dizer das possibilidades de outros espaços, as arquiteturas em terra *são* outros espaços, e demonstram que a ordem não define o único possível. Sua difusão é também um processo político de disputa pelo imaginário, uma vez que não é possível separar a constituição de mundos da constituição de sujeitos que os constroem e que os percebem. Há que se romper com os espaços simbólicos concedidos atualmente pela ordem no imaginário social brasileiro. Esse embate só pode ser dar no cotidiano.

4.1. Um lugar comum para a terra

A tarefa política de difusão da arquitetura em terra no Brasil passa pelas várias dimensões nas quais sua exclusão é operada, da identificação e divulgação das experiências cotidianas existentes à realização de arquiteturas cotidianas.

Em primeiro lugar, as três possibilidades da arquitetura em terra veiculadas no senso comum (mesmo o acadêmico) atualmente não expressam, de maneira alguma, a totalidade da produção dessa arquitetura no Brasil. Mas a maioria da sociedade não faz ideia disso. Existem comunidades tradicionais que ainda dominam as técnicas e produzem edificações duráveis, adaptadas ao sítio e que não podem ser classificadas como precárias. Existem profissionais especializados na área de projeto e construção de edificações que projetam e constroem em terra que não estão ligados a uma perspectiva

[11] O crescimento da bioarquitetura que, no Brasil, sai da perspectiva mais ampliada da permacultura e cria uma nova subcategoria profissional (o bioarquiteto e bioconstrutor) é um exemplo marcante.

[12] Para um aprofundamento da leitura do espaço diferencial em Lefevbre e da sua aproximação com o momento político em Rancière, cf Lelis, 2015.

anticapitalista ou mesmo alternativa, nem a soluções plásticas autoevidentes. Existem empresas de construção bem-sucedidas no mercado e que utilizam princípios sofisticados de gestão de obras que constroem em terra. Existem clientes com escolhas de vida convencionais e não comprometidos com os fetiches das técnicas que contratam arquitetura em terra. Existem professores qualificados que orientam projetos arquitetônicos em terra. Existem pesquisadores brasileiros com trabalhos consolidados em arquitetura e construção com terra.

Há que se ampliar a visibilidade dessas realizações. “Não como arquitetura em terra, mas como arquitetura”. Para ser percebida como uma opção nos mesmos termos é necessário disputar os mesmos espaços simbólicos. Alguns exemplos de ocupação dos lugares comuns de divulgação de arquiteturas: concursos de projetos de estudantes de graduação, especialmente “Opera Prima”; concursos de projetos para profissionais; revistas de arquitetura e de construção de ampla circulação nos meios especializados e não especializados; congressos de arquitetura e de construção; eventos relacionados a empresas e mercado de construção civil. Esses espaços e eventos de caráter mais geral tendem a ter pouca contribuição em relação à evolução da arquitetura em terra, mas podem ter uma contribuição enorme em termos de sua divulgação. Em relação aos concursos, nem sempre o objetivo único de participação é o prêmio. Muitas vezes, é uma forma eficiente de divulgação e tem um papel simbólico importante de autoafirmação. Em arte e em arquitetura, esse tipo de utilização desses espaços é perceptível na história. Além disso, a materialidade da arquitetura dá-lhe uma forma importante de difusão: a experiência corpórea do espaço. Ela é uma forma eficaz de demonstrar uma possibilidade. A prática já adotada por alguns arquitetos no Brasil de, sempre que possível, abrir as edificações para visitas guiadas é uma opção bastante interessante. O auto uso da arquitetura proposta para os outros também ocupa um lugar considerável. Em muitos processos de elaboração participativa de projetos em comunidades ou assentamentos de interesse social, é comum, diante da tentativa de propor algo em terra, ouvir a pergunta: “Mas na sua casa é assim?” Em Minas Gerais, alguns arquitetos utilizaram a estratégia de construir suas próprias casas em estrutura metálica para utilizar como portfólio.

Além desses exemplos, que não são novos, existe a possibilidade a explorar dos recursos privados que são gerados pelos incentivos fiscais à chamada responsabilidade social ou pelas exigências de contrapartida às empresas cujas atividades geram impactos que o demandem. Enquanto os recursos públicos para construção estão sujeitos ao controle hegemônico de produção do espaço, os recursos privados algumas vezes ficam menos restritos nesse sentido, pois as empresas que os disponibilizam precisam dar a contrapartida como resolvida logo para seguirem com sua atividade principal. No caso da mineração, esses recursos são altos e em algumas situações direcionados ao provimento de habitação e equipamento público. Existe ainda a situação da construção de novas cidades inteiras para populações removidas por barragens. Nesses casos, talvez seja possível construir algumas edificações em terra, que podem se tornar projetos-pilotos e depois atuarem como multiplicadores.

O maior desafio político da terra é se tornar um componente comum de produção do espaço. Isso significa habitar o imaginário como o que faz parte do normal, do cotidiano, do ordinário. No capitalismo contemporâneo, como demonstra Lefèbvre (1991), o espaço se torna produto. A existência de demanda é condição para que um produto seja bem-sucedido no mercado, e a disponibilização de recursos. A normatização protege o mercado, a legislação regula a produção e a circulação, a universidade capacita e desenvolve. Assim, a demonstração da eficácia técnica de um produto, para ter efetividade social, precisa estar associada à construção de uma representação social que constitua uma demanda social pelo mesmo.

Algumas empresas brasileiras mostram que a arquitetura em terra não é antimercado, não é anticapitalista nem antissofisticação por natureza. Essas empresas têm o papel

político de demonstrarem o quanto essa arquitetura é capaz de "dialogar nos mesmos termos" no que se refere à produção do espaço no Brasil. Há que se dar visibilidade no mercado para esse potencial já experimentado mas pouco conhecido.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As vantagens e a aplicabilidade da terra na construção são conhecidas nos meios especializados na temática, no Brasil. Há, no entanto, uma perceptível resistência ao crescimento do uso do material, construída e reforçada historicamente. Ela é caracterizada como cultural e ou como ligada a interesses econômicos e políticos[13]. O aprofundamento da reflexão quanto a essas dimensões traz à luz seus processos, sua força e suas lacunas.

A história da urbanização brasileira é também a história das dinâmicas imobiliárias que pautaram esse processo. A cadeia produtiva da construção civil, um de seus pilares, se apresenta como arquitetura da polícia, que define uma forma hegemônica de produção do espaço e exclui as outras. No entanto, essa ordem não é total, e algumas práticas o demonstram. A constituição de outros espaços, que no mínimo impõe uma lógica menos homogênea de produção do espaço não consegue romper a ordem a não ser por uma constituição política que realiza a um só tempo o outro espaço e a sua percepção como tal. Assim, a disputa se dá também no campo das percepções.

Uma vez que a produção de normas e de políticas públicas são campos de lutas, há que se levar em consideração quem entra no embate e com qual força. O desenvolvimento das pesquisas em relação à arquitetura em terra no Brasil tem sido significativo. O seu rebatimento em práticas que possibilitem a cada vez mais pessoas experimentarem com seus corpos essa arquitetura é uma luta política cotidiana. Essa reflexão pode contribuir para a definição ou o fortalecimento das estratégias dessa luta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bourdieu, P. (1983) Razões práticas. São Paulo: Ática.

Costa, L. (1995). Lúcio Costa: registro de uma vivência. São Paulo: Empresa das Artes.

Ferro, S. (1982). O canteiro e o desenho. São Paulo: Projeto Editores Associados.

Fernandes, E. (2008). Reforma urbana e reforma jurídica no Brasil: duas questões para reflexão. In: Costa, G. M., Mendonça, J. G. (Org.) Planejamento urbano no Brasil: trajetória, avanços e perspectivas, Belo Horizonte, C/Arte.

Fix, M. (2007). São Paulo cidade global: fundamentos financeiros de uma miragem. São Paulo: Boitempo Editorial.

Jovchelovitch, S. (2000). Representações sociais e esfera pública: a construção simbólica dos espaços públicos no Brasil. Petrópolis: Vozes.

Kowarich, L. (1979). A espoliação urbana.

Lefèbvre, H. (1991). The production of space. Oxford: Blackwell Publishing.

Lelis, N. (2007)a. Por uma teoria instável: pensamento e não-pensamento em arquitetura e o caso de Bernard Tshumi. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais – EAU/UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais.

Lelis, N. (2007)b. Sutilezas da vida urbana. In: Arquitetura (Belo Horizonte). V.04, p.148 - 188, 2007.

Lelis, N. (2013). Regularização, regulação e o Estado: entre a política e a polícia. In: XV Encontro Nacional da ANPUR, Recife. XV ENANPUR: Anais... Anais do. Recife (PE): Associação Nacional

[13] No sentido corrente do termo.

de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional (ANPUR). Publicação em CD.

Lelis, N. (2015) Do momento-espaço político: o momento político e o espaço diferencial. In: Costa, G M.; Costa, H. S.M.; Monte-Mór, R.L.M. (Org).Teorias e práticas urbanas: condições para a sociedade urbana. Belo Horizonte: C/Arte.

Maricato, E. (2000). As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias: planejamento urbano no Brasil. In: Arantes, O. et al. A cidade do pensamento único: desmanchando consensos. Petrópolis: Vozes.

Maricato, E. (2004.) Habitação e cidade. São Paulo: Atual.

Marins, P. C. G. (1998). Habitação e vizinhança: limites da privacidade no surgimento das metrópoles brasileiras. In: Sevcenko, N. (Org). História da vida privada no Brasil. São Paulo: Companhia das Letras. Vol. 3.

Martins, J. S. (2010). O cativeiro da terra. 9ª. Ed. São Paulo: Contexto.

Moscovici, S (1978). A representação social da psicanálise. Rio de Janeiro: Zahar.

Rago, M. L. (1987). Do cabaré ao lar: a utopia da cidade disciplinar – Brasil 1890-1930. 2 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Rancière, J. (2005). A partilha do sensível: estética e política.. São Paulo: Ed. 34; Exo experimental org.

Rancière, J. (1996). O desentendimento: política e filosofia. São Paulo: Ed. 34.

Santos, R. E. (2008). A armação do concreto no Brasil: história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese (Doutorado em Educação) Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais – FALE/UFMG. Belo Horizonte, Minas Gerais.

Stevens, G. (2003). O círculo privilegiado: fundamentos sociais da distinção em arquitetura. Brasília: UnB.

Shimbo. L. (2012) Habitação social de mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro. Belo Horizonte: C/Arte.

AUTORA

Natália Lelis, doutoranda em Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG. Arquiteta e Urbanista pela Universidade Federal de Viçosa - UFV. Parecerista de periódicos (ISSN: 2316-1752) e (ISSN2318-2962). Membro da Rede Iberoamericana PROTERRA e do IRGLUS – International Research Group on Law and Urban Space. Consultora em planejamento urbano e regularização fundiária.

5. APRENDIENDO CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Dániaba Montesinos González

RURANAYANI, Cooperativa de Construcción Sostenible, Cuenca, Ecuador, daniaba74@hotmail.com

Palabras clave: pacas de cereales, aislamientos naturales, talleres, construcción sostenible, bioclimática.

Resumen

La mayoría de procesos involucrados en la construcción con tierra se caracterizan por el excesivo trabajo físico y el prolongado tiempo de preparación y secado. Ambos parámetros ponen en riesgo la preservación de los sistemas que emplean este material, en contraposición con la rapidez de sus contrapartes industriales. Buscando alternativas para devolverle competitividad en un mundo que evoluciona en demanda de procesos constructivos inmediatos y rentables, se propone una metodología que se evaluó fabricando una vivienda. La tierra se combina con fibras naturales resultantes de residuos agrícolas y se mezcla mecánicamente, agilizando la preparación y minimizando el trabajo físico. Ambas estrategias se imparten en un taller, que busca el desarrollo de las habilidades y las destrezas requeridas para enfrentar de manera autónoma, tareas futuras de construcción, rehabilitación y mantenimiento de edificaciones de tierra. La capacidad de acumulación térmica de éste revoque, se combina con el elevado nivel de aislamiento de muros fabricados con residuos de cereales como el trigo y el arroz. La sinergia entre la masa y el aislamiento, mejora el confort interior, minimizando el tiempo de construcción al sustituir el corazón del muro, tradicionalmente de tierra, por las fibras vegetales, en tanto que, su colocación no precisa agua ni mortero entre las juntas y es, comparativamente, más rápida. Paralelamente, se garantiza la sostenibilidad del sistema pues, los residuos agrícolas propuestos, están distribuidos ampliamente en Ecuador y, junto con la baja energía incorporada y la nula toxicidad, no se requiere de mano de obra especializada para su utilización. El sector inmobiliario se rige por la relación costo–beneficio, en tanto que, indicadores de calidad de vida e impacto ambiental, se pasan por alto. Ofreciendo un proceso alternativo, la construcción con tierra adquirirá las herramientas necesarias, tanto prácticas como conceptuales, para evitar su desaparición frente a las propuestas convencionales, superándolas en calidad ambiental y habitabilidad, además de fomentar la economía local y la autonomía productiva.

INTRODUCCIÓN

Justificación y problemática

En un análisis histórico, Daher (2013) pone de manifiesto la ajustada y periódica relación entre los ciclos de contracción del sector inmobiliario, determinados por el precio de los inmuebles y las crisis bancarias-financieras; a nivel nacional y global. Este sector es clave dentro de las economías locales, así como a escala macroeconómica, debido a "sus complejas relaciones intersectoriales y por su muy significativa ponderación en las variables e indicadores productivos y financieros" (Daher, 2013, p.2). En la producción de inmuebles, incluida la vivienda, se activan todos los sectores industriales y artesanos que mueven la economía de un país. Al ser una pieza clave del engranaje económico y, en parte, debido a procesos de innovación[14] del sistema financiero, sumados al movimiento de capitales extranjeros destinados a la adquisición de inmuebles, "la vivienda se trasforma de bien de uso en bien de inversión, o incluso de especulación" (Fernández; Cruz, 2013, p. 10). Es el gasto medular en la economía familiar e individual que, incitada por el sistema financiero a través de la oferta de créditos, genera el sobreendeudamiento

[14] Por ejemplo, la titularización que posibilita la transferencia de activos financieros que proporcionan derecho de crédito transformados en títulos financieros hacia un inversor. Por otro lado, mediante la financiarización, cualquier producto de un trabajo o servicio, se convierte en un instrumento financiero intercambiable capaz de ser comercializado. Wikipedia, la enciclopedia libre, https://es.wikipedia.org

doméstico. Fernández y Cruz (2013) ejemplifican la especulación inmobiliaria basada en un sistema específico de crédito, con el caso de la crisis económica española de 2008. Esta interacción financiero-inmobiliaria, registró los tipos de interés más bajos, en términos históricos, con un aumento sustancial en el plazo medio de retorno del crédito, de 25 a 50 años. Dichas condiciones de préstamo, desembocaron en un incremento histórico en el precio de la vivienda[15], favoreciendo a empresas constructoras y a promotores inmobiliarios. Bellod (2007) concluye que la gestión del sistema inmobiliario motivó la aparición de una burbuja que eclosionó abruptamente con consecuencias devastadoras para la economía española, arrastrando tras de sí a los sectores social y productivo.

Con esta visión general, el sector de la construcción y el sistema financiero en torno a la vivienda, se articulan para generar bienes de inversión en virtud del binomio coste-beneficio. Conceptualmente, el promotor de vivienda persigue el máximo beneficio con la mínima inversión, mientras pugna con un consumidor que busca ofertas de calidad al menor coste. La producción de viviendas está en función de la rapidez constructiva y el obsesivo aprovechamiento y especulación del suelo, especialmente en metrópolis urbanizadas. Paralelamente, el único canal económico de acceso es el endeudamiento familiar, enmarcado en las distintas reglas de juego propuestas por el sistema financiero público y privado. Esta vía oficial, marca el ritmo de las ciudades y de sus habitantes, marginando consideraciones ambientales y de resiliencia urbana e individual, hábitos de uso eficiente y responsable de los recursos y la energía, así como miramientos estéticos, entre otros, en detrimento de materiales y procesos constructivos alternativos y mecanismos de acceso a la vivienda exentos, al menos en parte, al sistema financiero convencional.

En contraposición a esta visión global y proponiendo alternativas desde lo local, existen acciones y metodologías actuales que otorgan a la vivienda y a sus mecanismos de acceso, un nuevo valor. Como apunta Magwood (2014a), hoy en día ha cambiado la manera de vivir y ésta modifica la forma en la que se construyen las viviendas. Actualmente se espera que un hogar no necesite del mantenimiento, de la atención y del compromiso de sus habitantes. No obstante, si se desean incluir variables relativas a la sostenibilidad, a la gestión eficiente de recursos y energía, al confort y a la salud y, especialmente a la accesibilidad (en términos económicos), es preciso un cambio de actitud y un interés activo en los procesos de construcción, operación y mantenimiento de los hogares. El mismo autor (Magwood, 2014a) ejemplifica la diferencia, en términos ambientales y de gestión de dos materiales: el recubrimiento de vinil y el revoque de tierra. En términos prácticos, un propietario, no necesita mantener un recubrimiento de vinil (a menos que se enrolle, se rompa, sea golpeado, decaiga debido al ambiente, etc.), mientras que el revoque de tierra precisa una mínima labor manual para aplicar un poco de la misma tierra cada cinco o diez años. A esto se suma la dependencia (del propietario) respecto a una casa productora, a una industria y a un profesional especializado. Se incluyen además, consideraciones referentes al tremendo impacto ambiental, desde el proceso de extracción petrolera, hasta los niveles elevados de polución del aire y del agua responsables del proceso de fabricación y de la gestión al final de la vida útil de dicho recubrimiento. Materiales de este tipo, sustentan una economía y unos hábitos que no consideran la salud del ser humano ni de los ecosistemas, así tampoco, su autonomía respecto a un sistema económico y financiero marcado por ritmos inhumanos.

Citando a Magwood (2014a, p.xiv)

[15] Entre los años 1999 y 2004 el precio del m² creció en un 142%. A la par, la economía española crecía, en ese mismo período, muy por encima de la media europea. Según Bellod (2007) la intensa actividad inmobiliaria pudo causar dicho fenómeno. p. 59

> No me convertí en constructor sostenible debido a una decisión profesional, me convertí en constructor sostenible porque quería un hogar al que mi familia y yo podamos acceder y vivir confortablemente, sin tener que trabajar a tiempo completo para pagar por él. Con unos pocos recursos útiles, de entre los que existen hoy en día, una familia de no constructores es capaz de diseñar, construir, habitar y amar un hogar con un radicalmente bajo impacto en el planeta en comparación con sus contrapartes convencionales[16].

Este pensamiento representa el sentir de un colectivo atado a un sistema productivo estandarizado que lo ha convertido en una clase dependiente y consumidora de servicios y sistemas ofertados por terceros, en especial por grandes monopolios industriales, comerciales y corporativos. Con este punto de partida, un cambio de hábitos es imprescindible y se sustentará en el tiempo solamente si es precedido de un despertar de la conciencia, de un estado permanente de auto educación y de alerta con respecto a las causas y consecuencias de los actuales patrones de consumo de países capitalistas y, en términos prácticos, de cada uno de los individuos.

Ecuador tiene una diversidad geográfica que ha favorecido el florecimiento de varias culturas indígenas, en cuyo seno, la producción y el acceso a la vivienda se establecían en función del clima, de los recursos locales y de la cooperación entre sus miembros. Esta tradición precolombina de trabajo comunitario o colectivo voluntario, cuya finalidad es el provecho social y la reciprocidad, se conoce con el nombre de minga[17] y aún está vigente en varios países latinoamericanos, así como en algunas comunidades indígenas ecuatorianas (Calderón, 1985).

En síntesis, el endeudamiento doméstico es el mecanismo mayoritario de acceso a la vivienda y se vincula, a través del sistema financiero, con las crisis económicas que afectan a la sociedad. Por otro lado, existen hoy en día alternativas para que un grupo humano se garantice una vivienda de calidad (Roberts, 2002). En función de ello, ¿es posible desarrollar una metodología intermedia destinada a reducir drásticamente o eliminar el sobreendeudamiento familiar?, ¿es posible afrontar el diseño y la construcción desde una nueva e innovadora perspectiva?, ¿es posible equilibrar los requerimientos de una vivienda en su etapa de construcción, fase de uso y final de vida con los ciclos naturales de la energía y los recursos?, ¿es posible producir una vivienda resiliente?, ¿edificar la casa del futuro?

Analizando las sendas abiertas ante la primera indagación, son dos los componentes cardinales de la metodología propuesta: los materiales y la mano de obra, debido a su elevado impacto en la deuda familiar e individual, así como en la calidad y en el desempeño de la vivienda en términos de confort y habitabilidad.

Esta investigación se centra en el desarrollo de una metodología de diseño y construcción que permita un alto grado de autonomía, respecto al sistema financiero convencional ecuatoriano.

Marco teórico

Las materias primas en Ecuador son vastas y el sector agrícola genera residuos con el potencial adecuado, como para convertirse en materiales de construcción sostenible (Taha, 2003), debido a la mínima manufactura requerida, a su garantía de

[16] "I became a sustainable builder not as a career decision but because I wanted a home my family and I could afford and live in comfortably without having to work full time to pay for it all. With many fewer helpful resources than exist today (no Internet!), a family of non-builders was able to design, construct, inhabit and love a home that had a radically lower impact on the planet than all its conventional counterparts". Del original, traducido por la autora. p. xiv.

[17] Del quechua, trabajo colectivo hecho en favor de la comunidad; minca del quechua minccacuni, solicitar ayuda prometiendo algo.

abastecimiento, a su difusión a nivel país y a su coste reducido (al menos en la actualidad). Junto a éstas, incorporan peculiaridades naturales intrínsecas que avalan óptimos niveles de desempeño higro térmico-acústico y calidad del aire interior, de cierre de ciclo al final de su vida útil, de huella ecológica, entre otras; en contraposición a la oferta del mercado convencional (Magwood, 2014a). Una ventaja añadida es la flexibilidad de uso[18] dentro de una edificación y el requerimiento de mano de obra con escasa preparación. Tal es el caso de los fardos de arroz y trigo, de la cascarilla de arroz (Panyakaew; Fotios, 2008) y del revoque de tierra (Magwood, 2014b).

Magwood, Mack y Therrien (2005) explican el origen del uso de los fardos de cereales en la construcción a partir de la invención y difusión de la máquina enfardadora tirada por caballos, en las regiones productoras de cereales hacia 1870, especialmente en Nebraska, debido a la carencia de madera y de mano de obra. Hoy en día, las técnicas constructivas que emplean este material, tienen carácter internacional (King, 2006) y, varias evaluaciones y estudios, acreditan normativas que certifican su óptimo desempeño en la construcción[19]. Asimismo, Olivier (2003) detalla la primacía de la cascarilla de arroz como aislante termo-acústico versus sus contrapartes resultantes de procesos industriales. El arroz y el trigo están ampliamente difundidos en Ecuador, constituyendo uno de los principales ingredientes en la dieta de la población, no obstante, el uso de estos cereales es despreciable dentro del sector de la construcción. El resultante agrícola de las distintas fases de la cosecha es generalmente quemado, utilizado como fertilizante o depositado en rellenos sanitarios, con los consecuentes impactos ambientales.

Paralelamente y según la UNESCO (1999), Cuenca es una de las 150 ciudades patrimoniales construidas total o parcialmente en tierra. Hoy en día, los retos que enfrenta esta arquitectura debido a la introducción de otro tipo de materiales, apuntan hacia su desaparición, como lo declara la experta en tierra, Lourdes Abad[20]. Asimismo, Crespo[21] sostiene que a partir de los años 50 la arquitectura vernácula ecuatoriana se encuentra en proceso de adulteración y desaparición por motivos similares.

Casos de estudio, Cal Cases y Endeavour Centre

Cal Cases es una cooperativa de vivienda con cierto grado de independencia respecto al sistema financiero. Surge de la iniciativa de un colectivo de 30 personas, que optan por una forma de vida alternativa. Asesorados por la ONG Sostre Cívic, acceden a una propiedad mediante el modelo noruego Andel[22] (CatalunyaPress, 2011). El colectivo se convierte en la cooperativa que adquiere el suelo, una masía que hacía las veces de retiro para personas con trastornos mentales. La casa original se destina para áreas comunes de descanso, alimentación, gestión energética y mantenimiento, así como para la producción a pequeña escala de pasta fresca. Paralelamente, las celdas se adecúan como viviendas para cada núcleo familiar, no obstante, son insuficientes. En función de ello, una vieja estructura de madera, es el punto de partida para construir un albergue para 4 personas, en habitáculos diferenciados dentro de un mismo edificio. El colectivo participa activamente en la siembra, recolección y preparación de los materiales (en especial de las pacas de trigo), así como en la construcción misma. Mediante un trabajo

[18] https://www.youtube.com/watch?v=EFv8oNIKwws, diez formas de construir muros con fardos de paja, presentado en Ontario Natural Building Coalition, Chris Magwood, 2015.

[19] Los fardos de paja y la cascarilla de arroz, cumplen estándares de la ASTM (American Society for Testing and Materials), que está entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO (Organización Internacional de Normalización). Straw Bale Construction Building Code (2013 IRC Aproval) http://sustainablesources.com/straw-bale-construction-building-code-2013-irc-approval/

[20] Entrevista publicada en diario el Mercurio de Cuenca, *la arquitectura de barro está en riego*, 22, enero, 2013

[21] De la introducción del libro de Alfonso Calderón (1985), “Saraguro huasi, la casa en la tierra del maíz”

[22] Modelo libre de especulación, en donde el alquiler es fijo y al amortizar el endeudamiento inicial, éste baja.

comunitario de dos años, aproximadamente, se edifica una vivienda de calidad y libre de deuda, en una época en la que, un alto porcentaje de españoles, estaban hipotecados a un sistema económico y financiero con destino incierto. Esta meta se consiguió, aprovechando oportunidades específicas: acceso al terreno mediante un crédito justo y empleando materiales locales y mano de obra comunitaria[23].

Otro caso de estudio lo constituye Endeavour Centre en Peterborough, Canadá, una organización cuya labor es la enseñanza teórico-práctica, así como la difusión y promoción de la construcción sostenible[24]. Profesionales experimentados ofrecen talleres que van desde el diseño solar pasivo de edificaciones o de componentes específicos de las viviendas, hasta un taller completo e intensivo que resulta en la fabricación completa de una edificación, por parte de personas sin capacitación o experiencia previa en el mundo del diseño o de la construcción. Se evidencia así, la existencia de vías alternativas de acceso a la vivienda que argumentan la búsqueda de metodologías locales, adecuadas a la realidad ecuatoriana.

En su libro *Building green*, Snell y Callahan (2009) exponen el trabajo de diseño y construcción de una cabaña con el uso de la tierra como material principal. Contraponiendo en el tiempo esta técnica, reflexionan acerca de su evolución, pues inicialmente se desarrolló en culturas en donde la gente trabajaba junta para erigir una vivienda. Las familias y la comunidad construían, en tanto que, los niños crecían aprendiendo de oficios relacionados, ganando experiencia como constructores como parte de la vida cotidiana. Actualmente, el trabajo de un propietario–constructor es individual, siendo necesaria la contratación de mano de obra asalariada. En el primer caso, la construcción con tierra requiere un despliegue monumental de esfuerzo físico, mientras que el segundo, irónicamente, puede resultar económicamente prohibitivo, llanamente porque construir con tierra supone una cuantiosa labor manual, un gran esfuerzo físico y consume mucho tiempo[25]. Pese a ello, la combinación de la tierra con fibras naturales y su preparación mecánica, facilitan considerablemente el trabajo.

Antiguamente, preparar la tierra para usarla en la construcción, demandaba una selección previa, en este caso empírica, de la correcta distribución entre limo, arcilla, arena, agua y fibras vegetales[26] (Snell; Callahan, 2009). Posteriormente, esta mezcla se batía a mano o utilizando ganado y se dejaba fermentar. Debido a la adición de distintos polímeros, por ejemplo el guano de vacuno, dicha mezcla adquiere "propiedades hidrofóbicas y mayor resistencia" (Camões; Eires; Jalali, 2013, p. 964). Actualmente, esta tradición se mantiene, obviamente con las adaptaciones logísticas necesarias. Por ejemplo, al intervenir en el centro histórico de Cuenca, la tierra se compra expresamente para ser empleada en la construcción, en función de ello, es común prescindir de las pruebas que garantizan el equilibrio de los componentes anteriores. Se añade agua y paja de cerro[27] y se bate manualmente, como se muestra en la figura 1. Buscando

[23] La autora visitó la cooperativa Cal Cases a inicios del 2011 y se entrevistó con uno de sus miembros, Elizabeth Contreras.

[24] En 2014, la autora participó en el Workshop Sustainable New Construction (SNC2014), de Endeavour Centre. Teacher´s Union Offices, Kawartha Lakes, Lindsey, Ontario. http://endeavourcentre.org/2015/05/teachers-union-office-building-slideshow/

[25] "Mud-building evolved at a time and in cultures where groups of people worked together to créate housing. Large families or hole villages built together, with children growing up learning the techniques and gianing the experience as part of daily life. These days, however, we´re often either working alone as relatively inexperienced owner-builder or paying skilled labor to construct our homes. In the first case, building with cob can become a Herculean individual marathon; in the second case, ironically, it can be cost prohibitive. This is simply because building with cob (and with earth in general, nota de la autora) is hard manual labour, and lots of it. Of all the Wall sistems we use in our little building (straw bale, cob, cordwood cellulose), cob was by far the most phisically demanding and time-consuming". Snell y Callahan. p. 220.

[26] Snell y Callahan (2009) pp. 228-233, 446-450.

[27] Como apuntan Mena y Hofstede (2006), ésta fibra, proveniente de los pajonales andinos, cumple funciones estratégicas dentro de los humedales, especialmente en la regulación del ciclo del agua. Esta es

facilitar y minimizar el tiempo de preparación, el mezclado mecánico (figura 2) reduce el desgaste físico del trabajador y posibilita la ejecución de pruebas con distintos biopolímeros. Existen varios materiales y técnicas que admiten el uso de la tierra dentro de la construcción, en ausencia del proceso de fermentación (Camões, Eires y Jalali). Uno de ellos es el uso de fibras de trigo o arroz, las cuales previamente cortadas, se añaden a la mezcla de tierra, "fortaleciéndola o incrementando su capacidad aislante"[28] (Snell y Callahan, 2009). Con las paletas adecuadas en la máquina mezcladora y en función de la consistencia correcta del mortero de tierra, es posible revocar inmediatamente las pacas. La primera capa (figura 3) estará compuesta solamente de tierra y agua, prescindiendo del uso de fibras y se aplicará presionando con fuerza sobre los muros. Posteriormente y sobre la inicial, se aplica una segunda capa de mortero (figura 4) que incluye fibras (trigo o arroz) trituradas en su preparación. Estas dos capas se fusionan en una, cuyo espesor depende de la plomada de las pacas al momento de su colocación. La flexibilidad del revoque de barro, permite la confección de bordes curvos, a la vez que sella las juntas y dota de masa térmica al muro. Es posible ensamblar la pared de pacas sin conocimientos o prácticas previas en el campo de la construcción, asimismo, el recubrimiento de tierra no requiere de mano de obra especializada. De esta sencilla manera, es posible contar uno de los elementos principales dentro de un edificio, los muros.

Introduciendo estas variantes al proceso de preparación de la tierra, se minimiza el trabajo físico y se apresura el secado (el volumen de tierra disminuye al combinarse con las fibras), en comparación con una vivienda habitual de adobe, bahareque o tapial. Los requerimientos de tiempo y mano de obra que supone esta modificación, con respecto a las técnicas tradicionales cuencanas, ofrecen nuevas alternativas a la construcción en tierra y a la construcción sostenible; permitiéndoles competir en el mercado inmobiliario y reduciendo drásticamente la dependencia a una casa comercial, a una industria o a un sistema financiero.

Figura 1. Batido manual de un mortero de tierra

Figura 2. Batido mecánico de un mortero de tierra. Crédito: Bowman

una de las causantes en favor de la valoración y protección de los servicios ecosistémicos regulados por un páramo andino. Controlada su explotación, escasea la oferta de paja para la preparación de la tierra, previo su uso en la construcción. Ley para la conservación y uso sustentable de la biodiversidad, artículos 18, 19, 20 y 21 p. 5-, escasea la oferta de paja para la preparación de la tierra, previo su uso en la construcción. Disponible en http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC_Ley_de_Biodiversidad.pdf

[28] "Aditives such as Straw can make it stronger or more insulative". Del original Snell y Calahan, 2009, p. 217.

Figura 3. Primera capa de mortero de tierra. Crédito: Bowman

Figura 4. Segunda capa de mortero de tierra

METODOLOGÍA

El planteamiento combina el uso de materiales locales con residuos agrícolas y con la tierra del sitio, adecuada para su uso mecánicamente. Finalmente, se opta por un proceso comunitario de construcción, compaginando la mano de obra asalariada y especializada, con la participación activa, no remunerada, de familiares y amigos, así como de personas ajenas al grupo familiar, en la figura de voluntarios-aprendices en facetas específicas de la construcción. Posteriormente se contrapondrán parámetros de la vivienda resultante con aquellos de una convencional ubicada en el mismo sector. Datos referentes al presupuesto y al cronograma, así como al desempeño higro término y acústico[29], resultantes del monitoreo de la vivienda en la etapa de uso, posibilitarán el ajuste de la metodología sugerida.

La vivienda se emplaza en Pircapamba, parroquia de Jadán, al norte de la ciudad de Cuenca. El diseño solar pasivo se argumentó mediante simulaciones por ordenador que garantizaron la captación y protección solar, así como el correcto desempeño de las estrategias pasivas incorporadas. Este proceso participativo que, además de las condicionantes del terreno, las aspiraciones y la situación personal de los usuarios, incorpora materiales y procesos de construcción alternativos; se sometió a un exhaustivo trabajo de socialización, investigación y experimentación. Dos estudiantes de la carrera de arquitectura, los propietarios y los obreros, se sumaron a la experiencia previa de la autora.

Los siguientes criterios fueron la base de las decisiones tomadas:

- Determinación de metas sostenibles fundamentadas en el conocimiento, de los distintos actores involucrados, sobre la relación entre arquitectura y energía.
- Elección de materiales y técnicas constructivas. Compaginando la economía de los propietarios con los condicionantes del sitio, ¿cuáles son los materiales y técnicas constructivas que responden adecuadamente a este caso puntual, sin obviar parámetros de confort, salud y energía?

[29] El capítulo 13, eficiencia energética en la construcción en Ecuador, contenido en la norma ecuatoriana de la construcción, NEC-11, tiene por objetivo “Establecer las especificaciones y características técnicas mínimas a ser tomadas en cuenta en el diseño, construcción, uso y mantenimiento de las edificaciones en el país, reduciendo de esta manera el consumo de energía y recursos necesarios, así como establecer los mecanismos de control y verificación de las mismas” p. 4. En función del clima en donde se emplace un edificio, exige condiciones de confort en varios niveles. En el punto 13.4.3.3 materiales de construcción, demanda que el 20% de materiales tengan origen local y su punto de fabricación no supere los 100Km, asimismo, solicita el uso de materiales de baja toxicidad y de materiales naturales renovables. En estos puntos, la tierra y las fibras naturales superan con ventaja a los materiales actualmente utilizados.

- Elección del sistema constructivo de tierra, así como de la fórmula respectiva, en función de las características del suelo.
- Elección de las fibras que conformaron el corazón de los muros, disminuyendo la cantidad de tierra requerida en la fabricación de dichos elementos.
- Construcción de una matriz FODA[30]. Es crucial inquirir sobre los recursos y herramientas, tanto teóricas como prácticas, en tres niveles: personal, equipo de trabajo y ciudad. La información obtenida, arrojó las siguientes inquietudes:
    - ¿Cuáles son los materiales locales disponibles?
    - El equipo de trabajo es parte de una sociedad, en función de ello, ¿qué vínculos tienen el potencial para intercambiarse mediante trabajo no remunerado, oportunidades de cooperación y mecanismos de aprendizaje?
    - ¿Cuáles son los retos que enfrenta un proyecto sostenible dentro de las políticas públicas del sector de la construcción en Cuenca, en Ecuador?
    - Formular alternativas a los materiales, procesos, servicios o recursos convencionales involucrados en la fabricación y mantenimiento de una vivienda. Los datos se ponderan en virtud de su coherencia con los objetivos sostenibles propuestos a nivel social, ambiental y económico.
- En función de la matriz FODA, la vivienda se diseñó desde el punto de vista bioclimático, mediante un proceso que incluyó actores sociales no remunerados y un alto porcentaje de recursos locales.

Figura 1. Nivelación del terreno

Figura 2. Estructura de la casa Carrión-Zamora

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La vivienda está en proceso de construcción (figuras 1 y 2) y los datos para un análisis conclusivo, son insuficientes. No obstante, es posible discutir resultados parciales sobre la metodología y pronosticar un desenlace final.

El proceso de diseño fue arduo. La predisposición del equipo al uso de materiales y tecnologías alternativas, requirió del fortalecimiento teórico necesario para garantizar una correcta aplicación, así también, para disipar inquietudes, especialmente en los futuros usuarios y en los obreros. Pese a las ventajas expuestas en publicaciones especializadas, las decisiones transcendentales se tomaban con inseguridad. Por ejemplo, la casa se desarrolló en dos pisos, característica que sustenta técnicamente la

[30] Fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas.

construcción con pacas de cereales mediante el sistema Nebraska[31], pese a ello, esta técnica fue descartada en función de una de mayor complejidad, con los consecuentes impactos en el coste de la vivienda. La construcción alternativa no forma parte del sistema académico convencional, precisando de autoeducación. Este aprendizaje puede efectuarse conjuntamente con los procesos de diseño y construcción, sin embargo, éstos se ralentizan significativamente, minando la capacidad de convertir a la construcción sostenible en una alternativa competitiva en el mercado nacional.

En Cuenca, la oferta de programas de capacitación en temas relativos al diseño y a la construcción sostenible, es limitada, especialmente cuando se trata del uso y aplicación de la tierra y de las fibras naturales. Además de la difusión y de la educación, la construcción alternativa necesita usuarios dispuestos a aprender y a modificar sus hábitos, principalmente los de consumo. Los estudiantes-voluntarios requerían de refuerzo en algunos conocimientos necesarios para este proyecto, por ejemplo en termodinámica básica y en técnicas de investigación.

Un desafío importante que enfrenta la construcción con tierra y fibras naturales, así también, otras técnicas alternativas, es el limitado porcentaje de mano de obra capacitada. El uso de materiales y técnicas que requieren cemento está ampliamente difundido, obstaculizando la modificación de hábitos durante procesos constructivos que involucran tierra y cereales.

El soporte metodológico, basado en una matriz de oportunidades, no se completó, a ello se añade el conocimiento parcial del funcionamiento de las alternativas elegidas, por una parte importante del equipo de trabajo. En función de ello, algunas decisiones tomadas durante la construcción misma, ocasionaron nuevos escenarios que elevaron diariamente los niveles de incertidumbre. La insuficiente comprensión de las alternativas, propició una sustitución secuencial de los materiales y de los sistemas constructivos propuestos, por aquellos de uso convencional.

La metodología requiere de ajustes, pues aunque se termine la vivienda, ésta no participará de las ventajas indicadas. Al conocimiento insuficiente en temas relativos al uso de la tierra y de las fibras, se sumó la limitada oferta del mercado local en cuanto a la provisión de bienes y servicios sostenibles, concretamente en el suministro de pacas de cereales y en el alquiler de una máquina para mezclar la tierra. Es posible utilizar una concretera y evaluar los resultados. No obstante, fabricar una mezcladora con las paletas adecuadas, es factible en función de la oferta de servicios artesanales en ramas afines.

La organización convencional del trabajo, dificulta la regularidad y limita la disponibilidad de tiempo en lo referente a las actividades comunitarias. Una persona en relación de dependencia laboral, carece del espacio para ejecutar tareas colaborativas, paralelamente, gran parte de su salario se intercambia en bienes y servicios que podrían ser parcialmente autogenerados si se modificará el régimen laboral actual.

El uso de materiales locales, extraídos y cultivados en el sitio de emplazamiento, es aún posible en localidades rurales del cantón Cuenca. El desarrollo de un mecanismo de acceso al suelo, complementará substancialmente la metodología propuesta.

En Ecuador, el cultivo de trigo y arroz es adecuado para suplir parte de la demanda de viviendas (INEC 2013), sin embargo, los procesos de manufactura y distribución de los residuos agrícolas no contemplan los requerimientos este sector, dificultándose el aprovisionamiento del material en el lugar y en la fecha requerida. El cultivo de trigo ha

[31] Es un sistema auto portante, entendiendo por ello que, las pacas de cereal soportan las cargas muertas de compresión asociadas al entrepiso y a la cubierta, así como las cargas vivas debido al peso de la nieve, a obras de mantenimiento y reparación, al tráfico de personas, etc. Las pacas, junto con el revoque de tierra y las estructuras de refuerzo, actúan conjuntamente para soportar las cargas y los esfuerzos sobre los muros. Lacinski y Bergeron, 2000, pp. 116-149.

disminuido drásticamente en los últimos años[32], mientras que la logística para el suministro de fardos, eleva el coste. En Alausí se comercializan pacas enfardadas mecánicamente, elevando su calidad en relación a la manufactura manual, no obstante, la eficiencia en el empaque es menor en comparación con el de la avena. Es posible enfardar 1.000 pacas de avena diariamente y solamente 300 de trigo[33]. La cosecha de este cereal es anual e inicia en agosto. La construcción de la vivienda se organizó en función del suministro del material en la etapa requerida, evitando comprometer la calidad de los fardos debido al manejo innecesario y a largos períodos de almacenamiento. Por otro lado, hay 2,5 cosechas de arroz al año, los cultivos mayoritarios se encuentran en las provincias de Guayas y de Los Ríos, siendo el cultivo más extendido en Ecuador (INEC, 2010). No fue posible establecer una red de abastecimiento de este cereal para la casa Carrión-Zamora, en donde se utilizaron pacas de trigo provenientes de Alausí.

Las fibras naturales deben conservar sus propiedades de aislamiento térmico durante la vida útil del inmueble, evitando saturarse de agua. El revoque de tierra, tiene la capacidad de equilibrar su contenido de humedad con aquella proveniente del ambiente, así, colocado sobre las pacas eleva el desempeño térmico del muro, favoreciendo su transpirabilidad (Pragyan, Pragyan, Keshab y Shyam, 2012). En la construcción cuencana convencional, el aislamiento de pisos, entrepisos, cubiertas o muros interiores, no está contemplado, convirtiéndose en una de las causas más significativas de pérdida de calor. Asimismo, las juntas no son estancas y se intercambia calor con el exterior debido a pérdidas o a diferencias de presión que introducen aire frío. Las cubiertas son un punto crítico para el equilibrio térmico en ciudades andinas azotadas por el salto térmico diurno elevado, además es la superficie más expuesta al soleamiento. Una edificación trabaja integralmente y el diseño y la construcción determinan su relación con la energía. En este sentido, el uso de aislantes naturales revocados con tierra, eleva el desempeño térmico de elementos verticales, favoreciendo un control eficaz de las juntas.

El sector de la construcción no cuenta con información climática suficiente, traducida ésta en antecedentes históricos y datos en tiempo real. Entender el clima es fundamental para argumentar decisiones cardinales en el diseño, así como para elegir los materiales adecuados. En Pircapamba se carece de datos climáticos oficiales, utilizándose los de Cuenca como referencia.

El equipo constructor es una pieza fundamental en la calidad de una edificación, debido a ello, su relación intrínseca con el conocimiento, transmitido mediante procesos de

[32] "El cultivo de trigo en el Ecuador ha sufrido un notable descenso, pues en la década de los años 60 se cultivaban 200 mil hectáreas y en el año 2000 apenas se llegó a cultivar 30 mil hectáreas…nuestro país, está considerado como el de más baja productividad a nivel de América Latina, con apenas el 0,7 toneladas por hectárea de promedio. En cambio nuestro consumo es de 37 kilogramos por persona al año. Por estas razones el INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias), gracias al apoyo del Gobierno Nacional, está impulsando el cultivo del trigo en el Ecuador para disminuir el porcentaje de las importaciones, pues solo un 2% se produce a nivel nacional". Diario el Mercurio, publicado el 29-06-2011, disponible en http://www.elmercurio.com.ec/286614-iniap-fomenta-el-cultivo-del-trigo-en-ecuador/#.VglHbfl_Okp. En función de ello, uno de los programas es el "…plan de recuperación y fomento del cultivo de trigo en Ecuador, que desarrolla el INIAP desde 2009, y que tiene como objetivo recuperar la siembra de este producto en un plazo de 5 años, para llegar a las 50.000 hectáreas". PP el verdadero, publicado el 02-07-2012, disponible en http://www.ppelverdadero.com.ec/mi-pais/item/las-hectareas-de-trigo-del-pais-han-aumentado.html

[33] Entrevista al ganadero Rodrigo Borja, en Alausí, 06/14/2015. En la avena, que es usada como forraje para el ganado, la enfardadora (tirada por un tractor) fabrica los bloques en el campo de cultivo, circulando directamente sobre ellos. La extracción del grano de trigo resulta del golpe o sacudida de la espiga completa contra una superficie dura, en función de lo cual, la espiga es cortada previamente y luego de obtener el grano, el rastrojo se amontona de forma dispersa o de acuerdo a cada unidad productiva. La enfardadora, aparcada frente a cada montón, es alimentada manualmente y así sucesivamente.

enseñanza-aprendizaje, es igualmente trascendental. En función de vivencias previas, la autora afirma que es posible construir con personas sin experiencia y que sus habilidades se desarrollarán durante el proceso. Esta ha sido la forma tradicional de aprendizaje de oficios. Sin embargo, la motivación del equipo en este caso puntual, no fue suficiente para modificar los patrones de trabajo-aprendizaje. ¿Es posible desarrollar mecanismos que despierten la curiosidad, creatividad e iniciativa de personal con experiencia previa?, ¿qué papel juega el sistema educativo dentro de la innovación y el emprendimiento?, ¿qué función desempeña el estado en la difusión de la construcción sostenible? Asimismo, se afirma que es posible tecnificar la preparación de tierra, diversificar su dosificación y probar distintas fibras y polímeros, en función de los recursos de un sitio concreto. Es posible también aislar los pisos, entrepisos y cubiertas con fibras naturales y utilizar la tierra en elementos no convencionales, por ejemplo, los pisos.

El uso de fibras naturales revocadas con tierra, eleva el desempeño térmico y energético de una vivienda, favorece la auto-construcción y limita la demanda de materiales industriales. Pese a ello, su desafío actual se fundamenta en aquel imaginario colectivo que les resta la capacidad y características (extensamente argumentadas en distintas publicaciones científicas) adecuadas para convertirse en una alternativa competitiva en el mercado inmobiliario nacional. A pesar del trabajo de campo desarrollado hasta el momento, los resultados obtenidos son susceptibles de profundas mejoras, en aras de reformar la metodología propuesta.

Inicialmente, la actitud de los propietarios estuvo enfocada en el auto aprendizaje, generándose una etapa de modificación de hábitos en el seno familiar, especialmente, los de consumo. Esta modificación previa es imprescindible para habitar una vivienda sostenible, pues ésta requerirá de mantenimiento, por ejemplo, reparación de los revoques de tierra, gestión del baño de compostaje, etc. Independientemente de la edificación como resultado tangible, los niveles de conciencia del usuario, respecto a la relación arquitectura-energía y arquitectura-salud, se incrementaron en este caso puntual. Sin embargo, es complejo obtener los indicadores respectivos y la única forma de verificación será el mantenimiento de las nuevas conductas a través del tiempo. Esto constituye en sí, una pequeña victoria, pues la arquitectura destruye y engendra hábitos.

Científicamente fundamentados, en las leyes naturales que rigen los procesos inmersos en un sistema, es posible modificar los elementos, así como los materiales provenientes del mercado convencional, sustituyéndolos por otros del sector residual, tanto agrícola como urbano, de cara a la experimentación y al fomento de la resiliencia.

CONCLUSIONES O CONSIDERACIONES FINALES

Diversos estudios aseguran la calidad y ventajas de una edificación de pacas de trigo revocadas con tierra. Sin embargo, la vivienda no está terminada aún, siendo improbable demostrar experimentalmente su capacidad para competir en el mercado inmobiliario convencional como una forma alternativa de construcción sostenible.

La metodología propuesta falla profundamente en su origen. Obvia estrategias inclusivas de género y de clase. Igualmente, carece de tácticas sociales que amortigüen la brecha cultural y motiven un orden que reconozca la necesidad de profesionales de calidad en la rama de la construcción sostenible. Se pasa por alto la escaza fluidez de los canales de manufactura y distribución de residuos, tanto agrícola como urbana, así también, la falta de maquinarias y herramientas adecuadas para disminuir el trabajo físico en la preparación de la tierra.

Un complemento para la metodología propuesta, radica en la adaptación cultural, desarrollando estrategias que incrementen la conciencia en los hábitos de consumo de actores sociales involucrados, fomentando su curiosidad y argumentando las ventajas de

la construcción sostenible. En este escenario, el alcance de metas sostenibles se incrementaría al trabajar conjuntamente con una entidad pública o con un promotor inmobiliario, ambos con intereses sostenibles, en lugar de unidades familiares aisladas.

Surge la siguiente inquietud, al ajustar la metodología, ¿será posible edificar la vivienda del futuro?, implantada en un escenario de adaptación al cambio climático, en donde el nivel de incertidumbre modificará las metas o aspiraciones en circunstancias irrevocables con un abanico cada vez más reducido de opciones.

Este documento analiza la metodología aplicada a un primer caso de estudio. La monitorización del desempeño ambiental del inmueble y de su viabilidad como alternativa de construcción, se completará en etapas sucesivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bellod, Francisco (2007). Crecimiento y especulación inmobiliaria en la economía española. Universidad politécnica de Cartagena, Principios. Cartagena.

Calderón, Alfonso (1985). Saraguro huasi, la casa en la tierra del maíz. Quito: Museo del Banco Central del Ecuador.

CatalunyaPress (2011). El modelo escandinavo de acceso a la vivienda, una alternativa para el mercado. El Andel: una casa para siempre, barata, digna y sin hipotecas. Disponible en http://www.catalunyapress.cat/es/notices/2011/02/el_andel__una_casa_para_siempre__barata__digna_y_sin_hipotecas_42283.php. Consultado en 01/05/2015.

Daher, Antonio (2013). El sector inmobiliario y las crisis económicas. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales. EURE Santiago, vol. 39, n° 118, Santiago de Chile.

Diario el Mercurio de la ciudad de Cuenca (2013). La arquitectura en barro está en riesgo. Disponible en http://www.elmercurio.com.ec/366123-la-arquitectura-en-barro-esta-en-riesgo/#.Vaaldvl_Okq. Consultado en 07/04/2015.

Fernández Tabales, A.; Cruz, E. (2013). Análisis territorial del crecimiento y la crisis del sector de la construcción en España y la Comunidad Autónoma de Andalucía.

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2010). Sistema agroalimentario del arroz. Quito. INEC. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Arroz.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Censos (2013). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. Quito. INEC. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac%202013/InformeejecutivoESPAC2013.pdf

King, Bruce (2006). Design of straw bale buildings: the state of the art. Estados Unidos. Green building press.

Lacinski, Paul; Bergeron, Michel (2000). Serious straw bale: a home construction guide for all climates. Canada. Chelsea green publishing company.

Magwood, Chris (2014a). Making better buildings: a comparative guide to sustainable construction for homeowners and contractors. Canada. New society publishers.

Magwood, Chris (2014b). The last straw, the international journal of straw bale and natural building: how clay plaster migth save the world. Disponible en http://thelaststraw.org/clay-plaster-might-save-world/. Consultado en 07/04/2015.

Magwood, Chris; Mack, Peter; Therrien, Tina (2005). More straw bale: a complete guide to design and building with straw. Canada. New society publishers.

Mena Vásconez, Patricio; Hofstede, Robert (2006). Los páramos ecuatorianos. La Paz. Universidad mayor de San Andrés.

Ministerio de desarrollo urbano y vivienda MIDUVI; Cámara de la construcción de Quito. “Eficiencia energética en la construcción en Ecuador” en Borrador de la norma ecuatoriana de la construcción, NEC-11, Capítulo 13. Decreto ejecutivo n° 705 del 06 de abril del 2011.

Olivier, P. A. (2003) The rice hulls house, in Engineering, Separation and Recycling. Washington Louisiana.

Panyakaew, Satta; Fotios, Steve (2008). 321: Agricultural waste materials as thermal insulation for dwellings in Thailand: preliminary results. In 25 Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, october 22 – 24, 2008.

Pragyan, Bhattarai; Dharma, Raj Dhakal; Keshab, Neupane, K. Shyam, Chamberlin (2012). Straw bale in construction of building and its future in India. International Journal of Modern Engineering Research (IJMER). Vol.2, Issue.2.

Roberts, Carolyn (2002). A house of staw, a natural building odyssey. Chelsea Green Publishing Company.

Snell, Clarke; Callahan, Tim (2009). Building green: a complete how-to guide to alternate building methods, earth plaster, straw bale, cordwood, cob, living roofs. New York. Lark books.

Taha, Ashour (2003). The use of renewable agricultural by-products as building materials. Moshtohor, Toukh, Kaliobia, Egypt.Faculty of agriculture, Benha University.

UNESCO region: latin America and the Caribbeans WHC nomination documentation. File name: 863. 1999.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a la familia Carrión-Zamora por su importante aporte y contribución en el desarrollo de este trabajo.

AUTOR

Dániaba Montesinos González, arquitecta, máster en bioclimática con especialidad en construcción sostenible, en la universidad politécnica de Cataluña, España y en the Endeavour Centre, Peterborough, Canadá; miembro de global straw building network discussion forum GBSN; ex profesora universitaria; consultora de arquitectura bioclimática, libre ejercicio profesional en la cooperativa de construcción sostenible RURANAYANI. Actualmente trabaja en la unidad de investigación de la dirección de áreas históricas y patrimoniales del GAD municipal del cantón Cuenca.

6. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y SABER TRADICIONAL: BTC Y ADOBE, DESARROLLOS PARALELOS EN LA CULTURA CONSTRUCTIVA

Ricardo Sánchez Rodríguez[1]; Francisco Javier Soria López[2]

Posgrado en ciencias y artes para el diseño, Universidad Autónoma Metropolitana–Xochimilco, México.

[1]ricardo.sanchez.rdz@outlook.com; [2]fjsl_62@hotmail.com

Palabras claves: tradición, tecnológica, evolución, adobe, BTC

Resumen

Los bloques de tierra comprimida (BTC) han tenido presencia, en México, durante al menos los últimos 30 años. Sin embargo, en los recientes 10 años, con el surgimiento de centros de investigación, asociaciones y desarrolladores, tanto de tecnología como de vivienda, se ha construido un discurso que enfatiza la idea de progreso gracias al uso de la tecnología. En él se sostiene que los BTC son una mejora y, por consiguiente, una evolución con respecto al adobe tradicional. Ante tal afirmación se ha planteado un estudio que propone revisar cuál es la base que sustenta tal argumento y la manera en que afecta a la percepción hacia los BTC y hacia el adobe. Se ha podido identificar que la relación establecida entre ambos objetos corresponde a las similitudes que existen en sus rasgos físicos y al hecho de que son utilizados bajo la práctica correspondiente a las mamposterías. No obstante, es evidente que tienen en sus rasgos constitutivos una lógica distinta, lo que es fácilmente observable durante sus procesos de producción y sobre todo en su implementación constructiva. Esto ha permitido demostrar que la similitud física no es suficiente para sustentar tal argumento. A partir del análisis genealógico de los BTC se estudia la manera en que se maneja la información relativa a las cualidades del material en diferentes medios, sobre todo impresos. Esto ha posibilitado concluir, de manera provisoria, que el discurso sobre la calidad superior de los BTC, en relación a la calidad del adobe tradicional, es un recurso mercadotécnico con fines vinculados con el desarrollo de la industria de la construcción. Afirmación que en gran medida carece de fundamento, ya que son componentes constructivos de diferente índole con desarrollos paralelos, más que como continuación o mejoramiento tecnológico.

1. INTRODUCCIÓN

Durante siglos las civilizaciones tuvieron medios para edificar, reparar y adecuar su espacio habitable gracias al uso de materiales de origen terreo, ya que estaban a su alcance y eran de fácil transformación. Este tipo de conocimientos permitió que el uso de la tierra como material de construcción existiera en muy variadas prácticas. Como muestra de esto, el 20% de los sitios culturales inscritos en la lista del patrimonio mundial son estructuras construidas parcial o totalmente con tierra, por lo que la UNESCO considera que su uso como material de construcción tiene un valor patrimonial que hay que preservar.

Entre las muy variadas prácticas tradicionales de construcción con tierra destaca el uso del adobe, ya que está presente en prácticamente todas las civilizaciones del mundo. Además, en los rasgos formales que le caracterizan, podemos apreciar la existencia de un equilibrio entre lo permanente y lo mutable. Las características que puede presentar una pieza, tanto en dimensiones, consistencia, forma de producción y de aplicación en las edificaciones, entre otras, eran resultado de las mejoras que buscaban las comunidades para satisfacer sus necesidades. Estos procesos de innovación se daban de manera lógica, permitiendo que su uso fuera habitual, lo que hace que el adobe sea un objeto de uso. Permitiendo que sea valorado como un objeto de valor patrimonial.

Sin embargo, gracias a discursos desarrollistas, su uso se abandonó dramáticamente durante el siglo XX, quedando limitado a comunidades de difícil acceso. En estos discursos predomina una idealización de la tecnología como medio para lograr el

desarrollo de las comunidades. De tal manera se afirma que la aplicación tecnológica en la producción de objetos permite alcanzar altos niveles de calidad. Por tanto, se han creado materiales de construcción que tienen cierta dependencia hacia los instrumentos tecnológicos para su producción. Muchos de estos materiales han sido pensados para sociedades en que arquitectos e ingenieros diseñan los espacios habitables y que son construidos por empresas especializadas. No obstante, la realidad es que en todos los países, la mayor parte de las construcciones no recurre a los arquitectos para diseñar ni a las empresas para construir. Lo que ha generado construcciones de mayor costo e impacto ambiental.

Ante estos problemas en la década de los años 50 se planeó desarrollar, en Colombia, una tecnología que permitiera la fabricación de un block para construcción de manera práctica. Se buscaba que el producto pudiera ser fabricado e implementado localmente por los habitantes de cualquier comunidad, además de que su impacto ambiental fuera bajo. Razón por la cual se basaron en la tecnología del suelo cemento, pero para ser usado como mampuesto (Mayor; Jiménez; Cardona, 2005, p.174). Este desarrollo tecnológico fue la prensa mecánica CINVA-RAM -Centro Interamericano de Vivienda- Raúl Ramírez- y el bloque de tierra comprimida (BTC).

Del BTC se reconoce que es una tecnología amigable con el ambiente, ya que su impacto es menor en comparación con materiales industriales, además de contar con una matriz de origen natural, así como la posibilidad de ser producido homogéneamente en grandes cantidades. Esto gracias a la prensa, la cual fue pensada como una máquina de bajo costo y por tanto accesible para comunidades de escasos recursos. No obstante, desde la presentación de la CINVA-RAM hasta el día de hoy, se han desarrollado prensas mucho más costosas, producto de una mayor capacidad de tecnología. Estas prensas, a menos en México, hacen referencia al adobe desde su nombre, y a una mejora de éste en el producto que ofrecen.

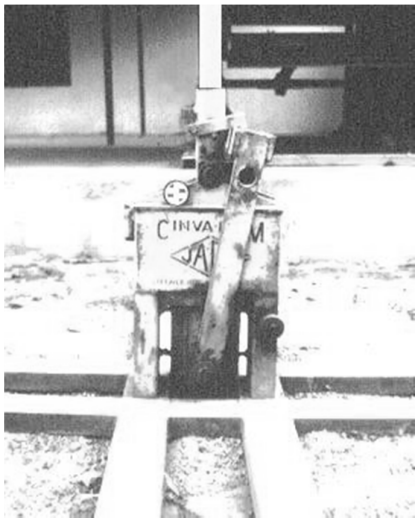


Figura 1. Prensa CINVA-RAM
(fuente: earth-auroville, 2015).

Figura 2. Prensa ADOPRESS 5000
(fuente: Ital Mexicana, 2015)

Ante este tipo de argumentos se planteó cuestionar ¿en qué medida se presenta el argumento de una mejoría en la calidad del BTC en relación con la calidad del adobe? Y ¿qué importancia tienen la tecnología en esta relación establecida entre BTC y adobe?

2. OBJETIVO

Identificar el argumento de una mejoría en la calidad los BTC y el adobe. A fin de examinar la relación construida entre estos objetos y evaluar la importancia que se le da a la tecnología en la producción de los BTC y en la percepción hacía el adobe.

3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

A raíz de identificar que los desarrolladores de tecnologías para la fabricación de BTC, y los comercializadores de las mismas, se legitiman con base en documentos avalados por instituciones y asociaciones que conforman la cultura constructiva con tierra†††††††††. Se decidió acudir a los trabajos teóricos realizados por investigadores, académicos y arquitectos que han emprendido esfuerzos por la difusión y la valoración de la tierra como una tecnología adecuada para la construcción del habitad contemporáneo.

Se consideró que para alcanzar el objetivo de esta investigación, sería necesario analizar textos académicos y científicos en los que se pudiera identificar de manera clara el argumento de una mejor calidad de los BTC, con respecto a la calidad del adobe. Así como la importancia de la tecnología en dicho enunciado. Se determinó analizar los documentos publicados durante los últimos 10 años. Para esto se consideraron los textos presentados en el marco de congresos especializados en la construcción con tierra; publicaciones en revistas impresas y digitales de centros de investigación e investigadores independientes.

En cuanto a los textos publicados en congresos sólo fueron considerados aquellos que fueron presentados en diferentes ediciones de los siguientes eventos internacionales:

- CIATTI, Congreso Internacional de Arquitectura en Tierra, Tradición e Innovación.

- Earth USA, Conferencia Internacional de Arquitectura y Construcción con Materiales de tierra.

- SIACOT, Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra.

Sólo se consideraron aquellos trabajos cuyo tema central es sobre los BTC. Siendo su objetivo principal el desarrollo tecnológico en su producción o aquellos documentos que exponen experiencias de implementación de los BTC en la construcción de proyectos arquitectónicos. Se decidió dejar de lado textos cuyo tema central es el adobe, sin importar que fueran con orientación hacia su valor patrimonial; en busca de una tecnificación o un mejoramiento físico.

La metodología de investigación se resume en la definición de variables, dependientes e independientes; selección y revisión de artículos de investigación, tanto científicos como académicos; análisis estadístico de la presencia de la variable dependiente en los trabajos seleccionados; elaboración y presentación de conclusiones.

†††††††††Como cultura constructiva con tierra se considera, además del espacio, el tiempo y el contexto de las prácticas constructivas, por los investigadores, académicos, arquitectos proyectistas y constructores. Así como asociaciones, organizaciones no gubernamentales, estudiantes y demás interesados en el tema y, por supuesto, por los habitantes de estructuras realizadas con tierra. Todos estos actores hacen que ésta sea una cultura viva, dándole difusión, conservación, innovación e implementación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Las variables a trabajar para esta investigación consisten en una dependiente y tres independientes. La variable dependiente es el argumento de una mayor calidad de los BTC, en relación con la calidad del adobe. Ésta se define como aquello que satisface de manera más aceptable las características del modelo previo. Teniendo en cuenta esto, y en relación con algunas características que históricamente han sido tema de cuestionamientos sobre el adobe, se establecieron las variables independientes.

Por tanto, las variables independientes serían: 1) la resistencia física a esfuerzos mecánicos básicos a los que son sometidos todos los mampuestos, independientemente de su matriz, como la compresión; 2) la regularidad física, misma que se considera relevante para la implementación de los mampuestos en obra; y 3) la producibilidad de las piezas, es decir, la posibilidad de producir grandes cantidades del producto en un lapso de tiempo relativamente corto.

Se analizaron alrededor de 90 artículos de investigación de carácter científico, técnico y académico. Es de consideración que hasta el momento no se haya encontrado un solo artículo que tenga como objetivo demostrar que el BTC es de mayor calidad que el adobe, o que es una evolución directa. También se ha valorado como relevante el hecho de que sin importar el tipo de BTC (sea uno estabilizado con cemento, cal o adicionado con fibras, entre otros) cuando existió la relación, en ésta siempre se mencionaba un adobe. Por tanto, se concluyó que el adobe al que se hace referencia es al que se encuentra en el imaginario colectivo, tanto en lo positivo como en lo negativo. A partir de esta primera conclusión se puede afirmar que la relación es de cualquier tipo de BTC (estabilizado con cal, cemento u otros materiales) con el adobe tradicional.

4.1 Resultados

Se analizó una muestra total de 91 artículos de investigación. Obteniendo como resultado 48 casos de éxito, es decir que en estos documentos la presencia del argumento que relaciona a los BTC con el adobe es evidente. La probabilidad de obtener este resultado era de un 73,52%, razón por la cual se concluyó que no es un argumento enunciado de manera inconsciente por los autores de los artículos.

Tabla 1. Relación entre artículos y la presencia del argumento

Fuentes	Número de artículos	Sí	no
CIATTI	20	8	12
Earth USA	12	6	6
SIACOT	33	17	16
OTRAS	26	17	9
Total	91	48	43

Se observó que en el marco de los congresos internacionales que sirvieron como fuentes de información, existe un equilibrio entre los artículos que sí presentan el argumento y los que no. Mientras en las fuentes externas a estos, consultadas en publicaciones impresas y digitales de centros de investigación e investigadores independientes, existe una tendencia favorable hacia el argumento, basado en la aplicación tecnológica para darle sustento.

Cabe hacer mención que en cuanto a los artículos consultados en fuentes externas, se pudo identificar que en muchas de ellas se publican, o ponen a disposición de los lectores, artículos que fueron presentados en los congresos con uno y hasta cinco años de antelación. En estos casos sólo se consideró la primera publicación del documento.

En el marco del Congreso Internacional de Arquitectura en Tierra, Tradición e Innovación (CIATTI), realizado anualmente a partir del año 2004 en Cuenca de Campos, Valladolid España, bajo la dirección de los doctores Félix Jové Sandoval y José Luis Sáinz Guerra, se han presentado, hasta la edición del 2013, un total de 20 artículos, siendo sólo 8 en los que se identificó el argumento de una mejora del BTC a la calidad del adobe. Por tanto, en el 60% de los documentos se consideran, a los BTC y al adobe, como tecnologías paralelas con características similares y cualidades propias.

En las ediciones de los años 2006 y 2007 en el CIATTI, no se presentaron artículos sobre los BTC. Mientras a partir del año 2008 y hasta el 2013 se ha presentado al menos uno. De tal manera el análisis arrojó los siguientes resultados: edición 2008, dos artículos con mismo número de casos de éxito; edición 2009, dos artículos con cero casos de éxito; edición 2010, tres artículos con dos casos de éxito; edición 2011, cuatro artículos con dos casos de éxitos; edición 2012, ocho artículos, el mayor número de artículos presentados en todas las ediciones del CIATTI, con tres casos de éxito; edición 2013, un artículo con cero casos de éxito.

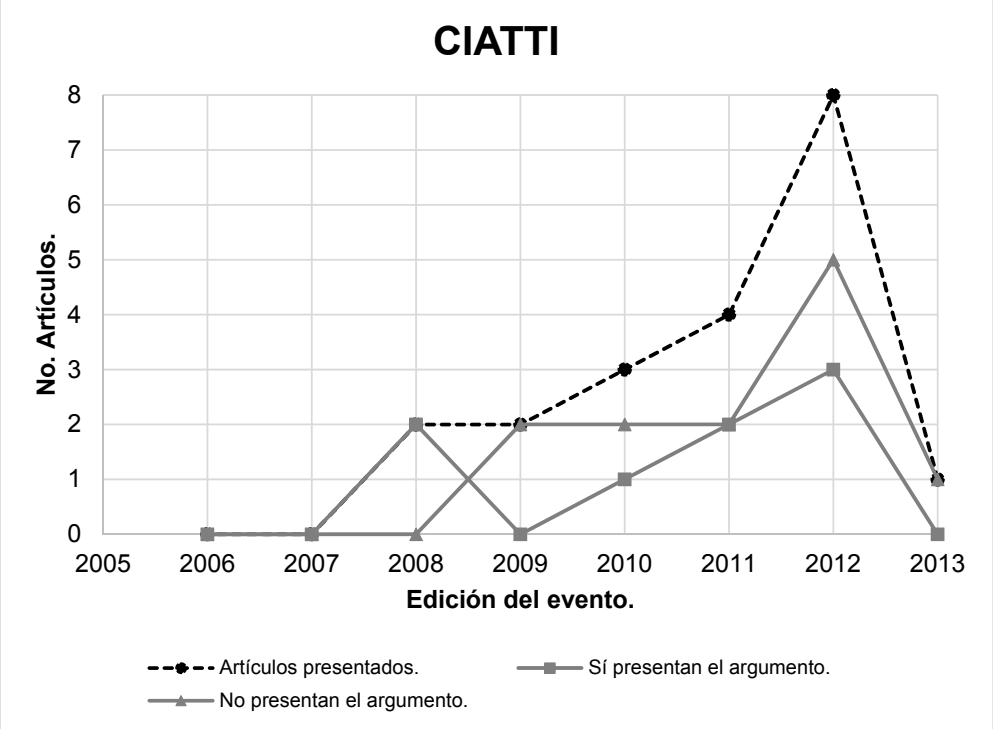


Figura 3. Grafico de relación entre artículos presentados por edición del CIATTI

En el marco de la Conferencia Internacional de Arquitectura y Construcción con Materiales de Tierra (Earth USA), Congreso realizado bianualmente en Santa Fe, Nuevo México, organizado por Adobe in acción, organismo no gubernamental dedicado a la investigación y producción de adobes, se han presentado, hasta la edición 2013, un total de 12 artículos; en seis de ellos se identificó el argumento que relaciona a los BTC con el adobe.

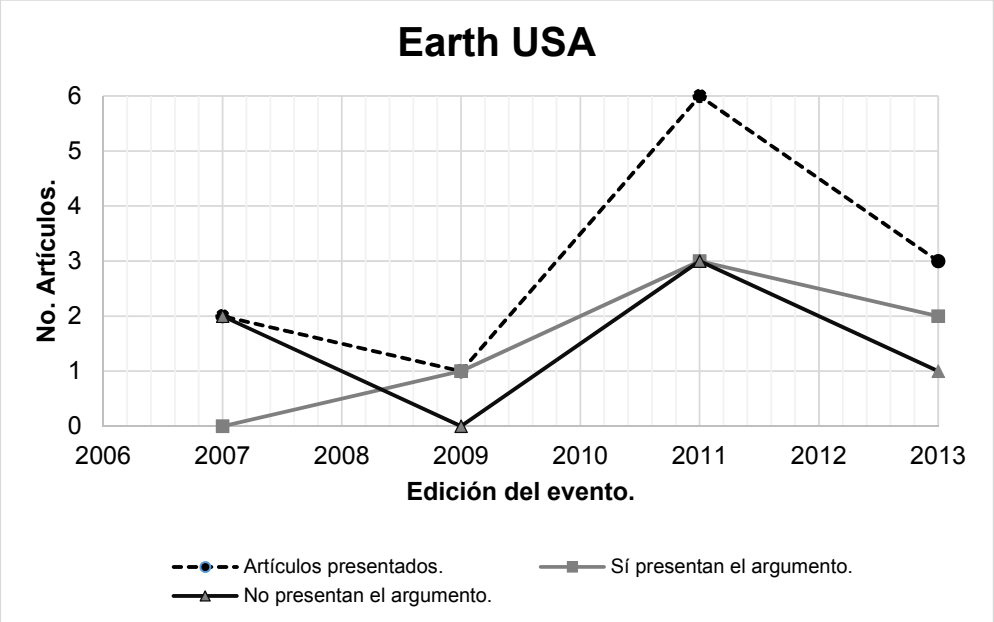


Figura 4. Gráfico de relación entre artículos presentados por edición del Earth USA

El análisis arrojó los siguientes resultados: en la edición del 2007 se presentaron dos textos con cero casos de éxito; edición 2009, un artículo con un caso de éxito; edición 2011, seis artículos, el mayor número en todas las ediciones del Earth USA, con tres casos de éxito; y en la edición 2013, tres artículos con dos casos de éxito.

El Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) es un congreso anual organizado por PROTERRA. Para esta investigación ha sido la mayor fuente de artículos consultados, con un total de 33. Solo en 17 casos se identificó el argumento que relaciona a partir de la calidad de los BTC como una mejora al adobe.

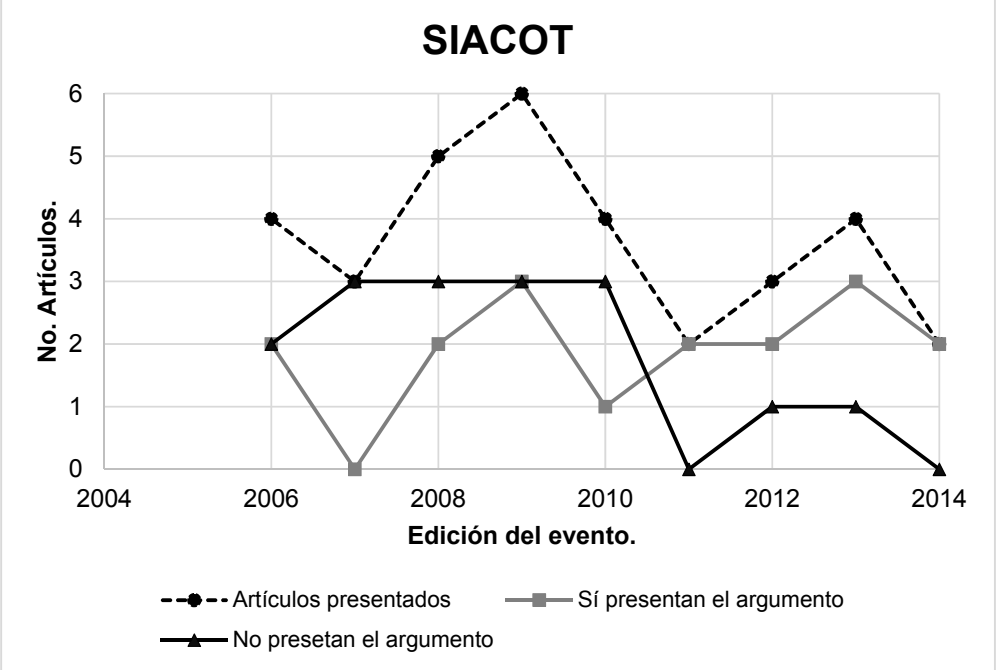


Figura 5. Grafico de relacion entre artículos presentados por edición del SIACOT

El análisis arrojó los siguientes resultados: Edición 2006, cuatro artículos con dos casos de éxito; edición 2007, tres artículos con cero casos de éxito; edición 2008, cinco artículos con dos casos de éxito; edición 2009, seis artículos, el mayor número en todas las ediciones del SIACOT, con tres casos de éxito; edición 2010, cuatro artículos con un caso de éxito; edición 2011, dos artículos con mismo número de casos de éxito; edición 2012, tres artículos con dos casos de éxito; edición 2013, cuatro artículos con tres casos de éxito; y la edición 2014, dos artículos con dos casos de éxito.

En cuanto a las publicaciones consultadas en fuentes externas a los congresos considerados para esta investigación, se tomaron en cuenta libros, capítulos de libros, artículos en revistas impresos y digitales, artículos en bases de datos virtuales. En estos últimos se tomó en cuenta la fecha en que se pusieron a disposición de los lectores. Como se mencionó anteriormente, aquellos artículos que fueron presentados en los congresos con uno y hasta cinco años de antelación a su publicación en línea o medios impresos, sólo fueron considerados a partir de su presentación en el congreso correspondiente.

El análisis arrojó los siguientes resultados: publicaciones del año 2006, tres documentos con dos casos de éxito; publicaciones del año 2007, tres documentos con dos casos de éxito; publicaciones del año 2008, dos documentos con un casos de éxito; publicaciones del año 2009, cinco documentos con tres casos de éxito; publicaciones del año 2010, tres documentos con dos casos de éxito; publicaciones del año 2011, un documento con un caso de éxito; publicaciones del año 2012, dos documentos con dos casos de éxito; publicaciones del año 2013, tres documentos con dos casos de éxito; publicaciones del año 2014, dos documentos con dos casos de éxito; y publicaciones del año 2015, dos documentos con cero casos de éxito.

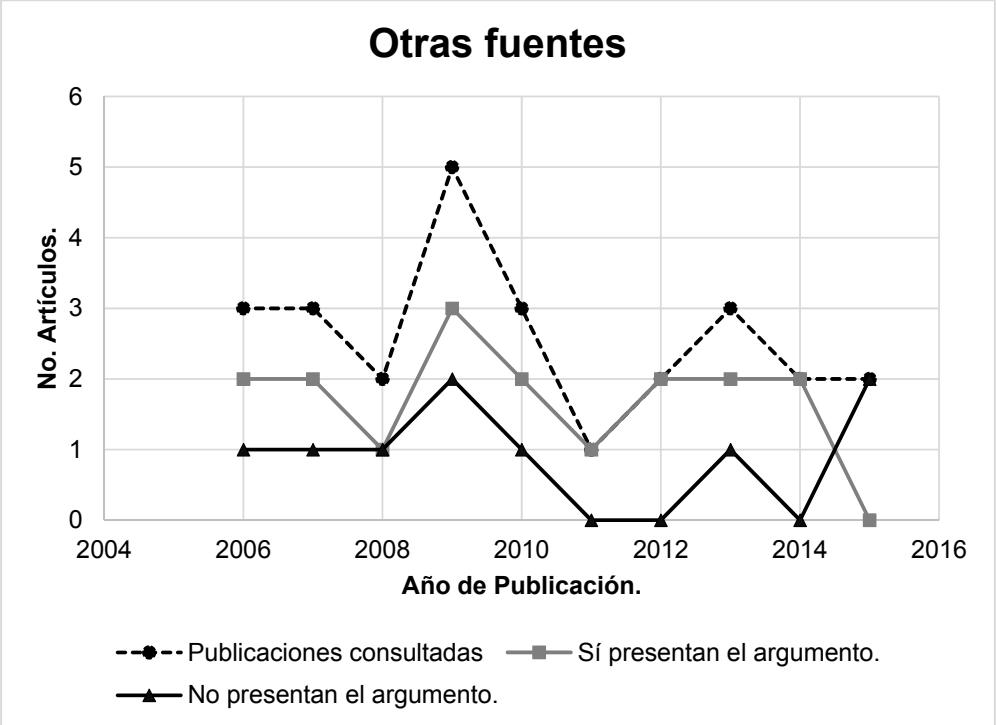


Figura 6. Gráfico de relación entre artículos consultados en fuentes externas

Cabe hacer mención que no se encontró una tendencia creciente o decreciente en la elaboración de trabajos sobre los BTC. De igual manera, tampoco hay tendencia en la

presencia del argumento que relaciona a los BTC como una mejora a la calidad del adobe.

4.2 Discusiones

La similitud física entre el adobe y los BTC es, quizá, la principal característica que los relaciona. Sin embargo, esta característica la comparten todas las mamposterías. Por tanto, y bajo la lógica que relacionan a los BTC con el adobe, todos los objetos que se usan en las mamposterías son parte de una práctica constructiva similar. No obstante, la relación de los BTC es directa al adobe ya que ambos tienen como matriz a la tierra, y no con otros tipos de mampuestos como son el barro cocido, los de cemento arena e incluidos los bloques de piedra. Sin embargo, es constante el asumir que, como los BTC son piezas prismáticas de tierra fabricadas en un molde, son una variante del adobe (Carcedo, 2012, p. 12). Por tanto, el hecho que su principal característica le permita una mayor resistencia mecánica, principalmente a compresión, se considera una mejora a la capacidad que presenta el adobe ante la misma prueba.

Se identificó que las ventajas encontradas en los textos consultados responden directamente a las variables independientes, mismas que se pueden considerar interdependientes entre sí. De tal manera que la resistencia física en todos los casos se logra gracias al uso de una máquina compactadora. Esto supone la obtención de muros más resistentes a la compresión y a la erosión (Caballero, 2010, p.2). Además, las empresas desarrolladoras de esta tecnología han difundido que cualquier tierra estabilizada con un porcentaje pre-establecido de cemento garantiza la calidad del BTC. No obstante, se han podido observar casos, en México, en que los bloques han fallado tanto a compresión como a erosión. Si bien las razones pueden ser diversas, el argumento de que la máquina compresora produce un material libre de fallos, no es del todo cierto.

De igual manera, se cree que la regularidad física de los BTC es una ventaja sobre el adobe, que se logra gracias a la máquina compactadora, y que, además, permite fabricar bloques de formas especiales, huecos, machihembrados, entre otros. Se cree que esto también proporciona una mayor capacidad de almacenamiento y una mejor implementación en obras; permitiendo que personas sin experiencia en obras de albañilería, sean capaces de construir. Por tanto se afirma que los BTC tienen también un potencial hacia la vivienda de autoconstrucción.

Sin embargo, se ha identificado, incluso en bloques realizados en el laboratorio de materiales de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco (UAM-Xochimilco), que al retirar el bloque de la prensa, éste se deforma en su superficie. Es decir, que las aristas y vértices de los bloques son altamente inestables, perdiendo así su regularidad física. Quizá esto se deba al incremento en la presión de la máquina compactadora, ya que al aumentar la fuerza en presión se obtiene un bloque con un nucleó muy resistente y una superficie relativamente frágil.

En el caso de los BTC huecos se han identificado construcciones en donde se han utilizado con refuerzos internos de acero y concreto. Pese a que ésta es una práctica bastante común con otros tipos de mamposterías, los BTC han presentado fracturas. Obligando así a los habitantes a reforzarlos con mallas y aplanados con base en cemento. Estas fallas podrían ser causadas por el concreto, ya que en ocasiones éste se expande durante su fraguado, haciendo que el BTC reviente desde su interior y no a causa de fuerzas gravitacionales.

En relación con la producibilidad de los BTC, es evidente que el adobe, por ser un objeto artesanal, no podría ser producido en grandes cantidades, ya que hacerlo incrementa el tiempo de producción, el costo y el impacto en el ambiente. Sin embargo, este último aspecto es el más cuestionado de los BTC, ya que al producirlo de manera industrial

podrían tener un impacto muy similar al de los materiales convencionales, como el block de cemento arena, entre otros.

En cuanto a la capacidad de producibilidad de los BTC, se ha de señalar que estos son prácticamente una mezcla seca, por lo cual no necesita de un tiempo de reposo como se requiere con los adobes. En el laboratorio de materiales de la UAM-Xochimilco se realizó, con un grupo de estudiantes de la licenciatura en Arquitectura, un taller de fabricación de adobes y BTC. En ambos casos se usó tepetate estabilizado con un 10% de cemento; se obvió realizar comparativos en pruebas mecánicas, debido a que, como es sabido, el adobe es un objeto de uso por lo cual no tiene principios de diseño. Además, su resistencia depende en gran medida de su propio proceso de fraguado. Mientras el principio de diseño de los BTC es la compresión, razón por la cual funciona muy bien en dicha prueba. Ante esto, y a manera de crítica, se consideró necesario señalar la ociosidad de realizar dichas pruebas de manera comparativa, ya que por naturaleza los BTC obtendrán mejores resultados que cualquier adobe.

Figura 7. Macilla para adobes hecha de tepetate estabilizado con cemento

Figura 8. Preparando mezcla para BTC de tepetate estabilizado con cemento

Al cumplir con esas tres variables se consideró que se cumplía con la variable dependiente de una mejor calidad. No obstante, en algunos textos se pudieron encontrar prácticamente a todas las variables juntas en un solo enunciado.

> Los bloques fabricados han resultado piezas con superficies homogéneas, sin oquedades, lisas, con aristas vivas, bien definidas. Los valores de resistencia a la compresión rondan los 40 kgf/cm^2, lo que es considerado aceptable ya que son muy superiores a los mampuestos tradicionales (Etchebarne; Piñeiro; Silva, 2006, p.17-19).

Como es sabido durante la producción de los BTC se aplica a la tierra un proceso de estabilización. Con este proceso se busca limitar la capacidad natural de la tierra para absorber agua (Michenry, 2005, p.88). Pese a que este proceso es el más común a la hora de producir BTC, y que ha permeado a otras técnicas dentro de la cultura constructiva con tierra –incluido el adobe-, podría no ser realmente necesario, ya que con un buen diseño arquitectónico, que proteja a los muros de la lluvia -ya sea con aleros- y soluciones que eviten que estos entren en contacto con la humedad ascendente del suelo -desde los cimientos-, se podría evitar el estabilizar la tierra (Minke, 2001, p.41). Además de que al estabilizar la tierra aumenta el costo de la producción de los bloques y adobes, además de que la tierra estabilizada no se puede reciclar (Michenry, 2005, p.89). Imposibilitando así que el material se vuelva a integrar a los ecosistemas, característica que se busca en la arquitectura sustentable, especialmente en aquella que es realizada con materiales de origen natural.

De manera que el argumento de que los BTC son una mejora a la calidad del adobe, sustentado por las aseveraciones anteriores, además de incidir en la percepción de su respectiva calidad, transfigura la imagen colectiva que existe de ellos. Especialmente la del adobe, ya que éste tiene una considerablemente más amplia presencia histórica, razón por la cual ha sido valorado como un bien patrimonial. Ya que es una representación de cómo las comunidades lograron desarrollar instrumentos que les permitieran resolver problemas básicos, como el de construir sus habitaciones. Por esta razón la UNESCO, y demás instituciones especializadas, consideran necesario conservar el saber elaborar adobe, así como restaurar y en determinados casos reutilizar el patrimonio edificado con esta tecnología. Objetivo que luce muy complicado ya que, a partir de la relación entre adobe y BTC, se puede considerar como lamentable el hecho de que los BTC se han asociado con un objeto de la calidad del adobe.

> […] Relacionados inevitablemente con el adobe, se los asocia a preconceptos de precariedad, pobreza y, fundamentalmente, de vulnerabilidad sísmica. La falta de difusión sobre las reales posibilidades de uso de la tierra, de modernas técnicas de estabilización, sistemas constructivos etc., como el estado actual de las investigaciones que se realizan en el mundo, son en gran medida las causas de esta situación (Alderete et al. 2006, p.02).

5. CONCLUSIONES

Aunque es evidente que los BTC y los adobes son cosas muy diferentes, se ha demostrado a lo largo de la investigación en que esto no es considerado así, ya que lo más difícil de percibir es lo evidente (Morin, 1990, p.45). Se considera que el hecho de que se enuncie este argumento en textos, como los consultados en esta investigación, se debe a la búsqueda por explicar contextualmente a los BTC. De manera que se apela al valor patrimonial del adobe, el cual está fundado en su propia historicidad (Baudrillard, 1968, p. 83-86), es decir, en la presencia del adobe en el desarrollo histórico de la humanidad, como ha sido comprobado en diferentes restos arqueológicos, tanto en México como en otras partes del mundo. No obstante, y en gran medida por las políticas económicas y de desarrollo social, este argumento se ha reducido al discurso mercadotécnico. Esto podría deberse a que mientras es complicado introducir al adobe en el valor de cambio, es más sencillo hacerlo con los BTC y, en algunos casos, con las tecnologías necesarias para su producción. De tal manera que con este argumento se busca que los BTC tengan, primero, una explicación a su existencia. Además, lograr una significación económica y social (Baudrillard, 1972, p. 56), la cual está basada en una legitimación desde abajo, es decir, a partir de las tradiciones culturales (Habermas, 1986, p.76).

De tal manera, parece que actualmente los BTC existen a partir del adobe, mientras éste subsiste a pesar de los BTC. Por tanto, se considera necesario, ante esto, señalar enfáticamente que estos son dos componentes constructivos de diferente índole, con desarrollos paralelos; que entre ellos no hay una continuación o mejoramiento tecnológico. El considerarlos de tal forma permitirá facilitar la conservación del adobe y desarrollar una mejor implementación constructiva de los bloques de tierra comprimida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Alderete, Carlos Eduardo; Arias, Lucía Elizabeth; Mellace, Rafael Francisco; Latina, Stella Maris; Sosa, Mirta Eufemia; Ferreyra, Irene Cecilia (2006). Mampostería con tierra estabilizada comprimida. En: V Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra, AHTER-CRIATiC, Mendoza.

Baudrillard, Jean (1968). El sistema de los objetos, 20° reimpr., Siglo XXI, México.

Baudrillard, Jean (1972). Crítica de la economía política del signo, 16° reimpr., Siglo XXI, México.

Caballero Caballero, Magdaleno (2010). Resistencia mecánica del adobe compactado incrementada por bagazo de adobe. En: Memorias del XVI congreso internacional anual de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica, A.C. (SOMIM), Monterrey.

Carcedo Fernández, Miguel (2012). Resistencia a compresión de bloques de tierra comprimida estabilizada con materiales de sílice de diferente tamaño de partícula. Tesis inédita, en Universidad politécnica de Madrid. Escuela universitaria de arquitectura técnica, Madrid.

Etchebarne, Rosario; Piñeiro, Gabriela; Silva, Juan Carlos (2006). Proyecto terra Uruguay. Montaje de prototipos de vivienda a través de la utilización de tecnologías en tierra: adobe, fajina y BTC. En: Rodolfo Rotondaro (director de publicación). Construcción con tierra/2, Instituto de arte americano, Buenos Aires.

Habermas, Jürgen. (1986). Ciencia y técnica como «ideología». Madrid: Tecnos.

Mayor Mora, Alberto; Jiménez Gómez, Silvia Inés; Cardona Bueno, Hugo (2005). Inventos y patentes en Colombia, 1930-2000: de los límites de las herramientas a las fronteras del conocimiento. Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia.

Michenry Jr., Paul Graham (2005) Adobe, cómo construir facilmente. 3ra reimpr. México: Trillas.

Minke, Gernot (2001). Manual de construcción con tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Uruguay: Editorial fin de siglo.

Morin, Edgar (1990). Introducción al pensamiento complejo. Barcelona: gedisa editorial.

AUTORES

Ricardo Sánchez Rodríguez, arquitecto; posgrado en ciencias y artes para el diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.

Francisco Javier Soria López, doctor en arquitectura, maestro en restauración arquitectónica, arquitecto; profesor investigador tiempo completo; posgrado en reutilización del patrimonio edificado; posgrado en ciencias y artes para el diseño en la Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Xochimilco.

7. RUTAS SÍSMICAS ANCESTRALES. UN VIAJE POR LAS CULTURAS CONSTRUCTIVAS EN ADOBE EN LOS LUGARES MÁS SÍSMICOS DEL MUNDO

Marcelo Cortés Álvarez[1]; Masue Sakakibara Romero[2]

Fundación Jofré, Chile

[1]mcortes@marcelocortes.cl; [2]masue.sakakibara@gmail.com

Palabras clave: Fallas geológicas, saberes ancestrales, estabilización estructural, trabajo de campo

Resumen

Los registros telúricos a nivel mundial, han dejado antecedentes físicos respecto a las diversas técnicas y materialidades que se han empleado para las construcciones habitables. Con el paso del tiempo, la aplicación de técnicas constructivas asociadas a la tierra disminuye de manera paulatina. El comportamiento del material ha develado deficiencias frente a condiciones sísmicas extremas. A pesar de ello, existen registros que han superado las dificultades locales, y hoy se convierten en paradigmas icónicos de estudio para responder a la siguiente inquietud: ¿Cómo poder contener el habitar humano otorgando estabilidad y seguridad en construcciones de adobe? Los saberes constructivos ancestrales, de las culturas que conviven con las fallas geológicas, han desarrollado y conservado la construcción en zonas sísmicas, con técnicas de estabilización para el adobe, respondiendo así la controversia del habitar en construcciones en tierra de adobe. La investigación, se aproxima a la revalorización de saberes para ser aplicados a la arquitectura contemporánea en tierra. Las estrategias de estabilización involucran la realidad local de cada cultura y sitio geográfico frente al pensamiento estructural gravitacional. Se inicia el viaje en Chile, reconociendo el constante estado de alerta sísmica y la variedad de características (paisajes, climas y culturas) que han desarrollado la técnica del adobe. Esta primera aproximación de estudio de casos, son la base para definir técnicas de estabilización a ser aplicadas en un proyecto habitacional, poniendo en valor los distintos saberes constructivos indagados. El Proyecto se encuentra en desarrollo en la comunidad ecológica, Santiago de Chile, busca traducir la investigación generada en la construcción de nuevas viviendas eficientes que pongan en práctica las conclusiones extraídas.

1. INTRODUCCION. PULSO CONSTRUCTIVO NATURAL DE LA TIERRA

En la actualidad, las construcciones contemporáneas se expresan en nuevos materiales y tecnologías que facilitan la producción en serie de las edificaciones. Las estructuras artificiales satisfacen necesidades acordes a la estabilidad y seguridad. Pero también presenta dificultades de eficiencia energética, sin contar la generación excesiva de contaminantes en su proceso. Mientras mayor tecnología se dispone, mayor es su costo y con esto se aleja de ser una solución generalizada.

Se torna complejo, en el mercado actual, encontrar materiales eficientes energéticamente y responsables con el medio ambiente. Las edificaciones sistemáticas han desplazado a las técnicas ancestrales, al saber del mantenimiento y con esto al patrimonio cultural en adobe, que cumplía con el requerimiento anteriormente mencionado.

La investigación pretende la recuperación de técnicas y sistemas ancestrales de las construcciones de adobe. Los métodos constructivos desarrollados en tierra de por sí tienen la característica de autonomía energética, enriquecidos por su contexto de desarrollo involucrando al lugar (sismos, clima, etc.). De esta manera, el estudio de casos en diferentes zonas geográficas colabora para retroalimentar sistemas constructivos que se develen en la investigación para potenciar sus cualidades y entregar alternativas amigables con el ambiente.

El desarrollo de la técnica de adobe se vincula a los ciclos solares, que aportan al secado del material, determinando su desarrollo en ciertos períodos, comprendiendo esto como un “pulso constructivo” en relación con las condiciones del lugar. Esto permite que la construcción en adobe se emplace en distintos lugares a nivel mundial, adecuándose a los recursos existentes. Lo anterior define los lugares donde es posible aplicarlo y evidencia los periodos de desarrollo.

2. OBJETIVOS

Elaborar una metodología de trabajo para la evaluación de casos icónicos en construcciones en tierra, que hayan resistido sismos, y en ellos encontrar patrones comparables según zonas geográficas.

Distinguir zonas de estudio según su sismicidad y la presencia de construcción en adobe.

Generar el cruce tecnológico del adobe, como una práctica empleada universalmente, con aplicaciones locales basadas en sistemas gravitacionales.

Evaluar los diversos casos de construcciones que hayan resistido sismos y comprender los procesos de reconstrucción y recuperación, para obtener conocimiento respecto a las técnicas locales ancestrales, rescatando el conocimiento local.

Entender las formas constructivas que han aportado a la resistencia ante sismos y poder aplicarlas a construcciones contemporáneas, en apoyo a otras técnicas que colaboren con generar un habitar seguro, rescatando un ambiente sustentable, con cualidades térmicas, acústicas e ignífugas, y a la vez buscar algunas cualidades que surjan de la historia de las construcciones ancestrales que puedan ser potenciadas.

Extraer conclusiones respecto al comportamiento de la masa de adobe con los dispositivos incorporados al material, evaluando las técnicas que fueron capaces de resistir ciclos dinámicos severos y de manera reiterada (el sismo es el único evento maestro donde se genera y comprueba este saber. Un saber que se encuentra implícito en las construcciones que han resistido hasta estos tiempos).

3. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos descritos se plantea un viaje, en primera etapa por Chile, para la recolección de documentos y técnicas que permitan conocer técnicas propias de la zona donde se encuentran.

La metodología de trabajo consiste en hacer una investigación de campo por las regiones de interés, los lugares que tienen antecedentes de construcción en adobe, para en terreno verificar el estado de las construciones. Tras esto seleccionar obras para realizar una investigación histórica al respecto.

Por medio de la investigación histórica, recopilar antecedentes bibliográficos de las obras seleccionadas para saber el años de procedencia, posibles reconstrucciones o reparaciones, y con esto la cantidad de sismos que han enfrentado.

Por medio del análisis de las obras y recopilación, tanto bibliográfica como oral, desifrar los métodos de sostenibilidad estructural que han desarrollado las culturas que construyen en adobe, para evaluar su posible aplicación en construcciones contemporáneas.

Rutas de investigación

Se define la “ruta 1” en el continente Americano, siguiendo el cinturón de fuego, tramo longitudinal del cono sur hacia el norte en la falla generada por la placa Sudamericana y la placa de Nazca.

La “ruta 2” comprende la sección del continente asiático por su complejidad y heterogeneidad geológica, de forma longitudinal y paralela a la línea del ecuador.

Cabe señalar que se descartan las zonas de islas por su baja presencia de arcillas, lo que dificulta la producción de adobes y por lo tanto es más complejo encontrar el objeto de estudio.

En la figura1 se muestra las zonas sísmicas de los continentes descritos en relación a zonas donde hay presencia de construcciones en tierra, tanto de adobe como de tapial.

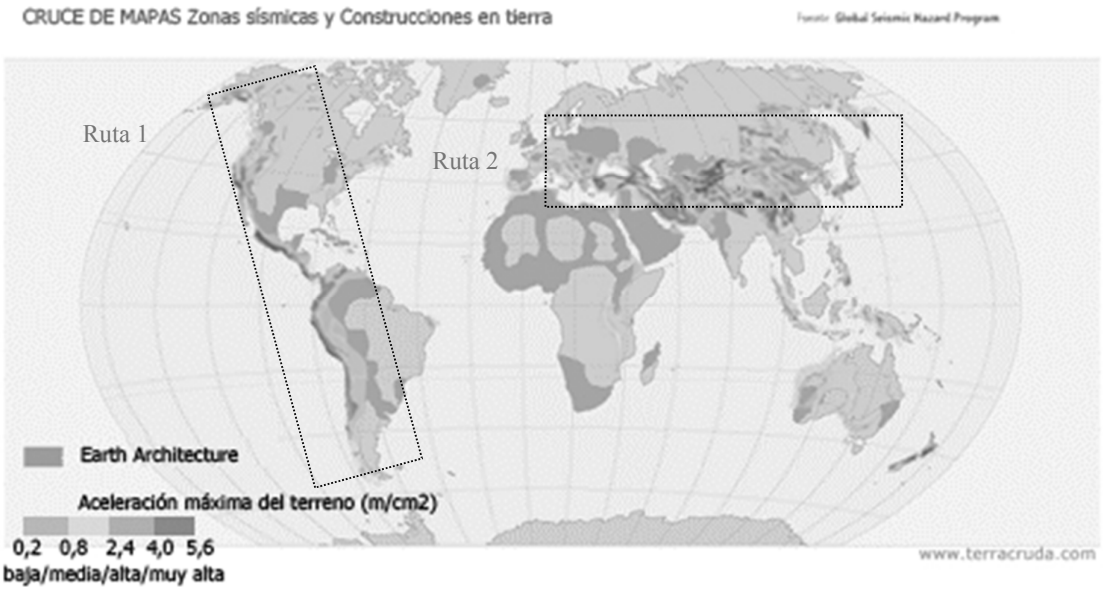


Figura 1. Cruce de mapas. Earth Architecture (www.terracruda.org) y mapa de zonas sísmicas (Global Seismic Hazard Program)

4. EL INICIO DE LA RUTA, EXPERIENCIA CHILENA ANTE SISMOS

Chile se emplaza sobre la falla de "el cinturón de fuego". En este país es posible encontrar construcciones en adobe que han superado varios terremotos, cuyas obras son el objeto de estudio de esta investigación.

La franja del territorio nacional ofrece la investigación de las construcciones en adobe no sólo en geografías variables, sino también en disímiles contextos culturales y climáticos. El desarrollo de los pueblos ancestrales en la construcción y la influencia extranjera permitió complementar las técnicas tradicionales.

Así, la arquitectura en tierra es un fenómeno vigente en el país que representa gran parte del patrimonio material e inmaterial, logra expresar una evolución constante y en busca de metodologías de preservación que han sabido adecuarse según las condiciones de cada sitio.

Se observa la aplicación de técnicas que identifican las zonas geográficas y que hacen uso de diversos materiales. De la variedad de métodos de reforzamiento encontrados se destaca: el reforzamiento y estabilización por mallas horizontales desplegadas entre hiladas en la segunda región, en la comuna de María Elena; la estabilización por disipadores de energía sísmica en los pueblos de tierra de la región de Coquimbo; y la estabilización por empleo de fibras en la zona centro sur del país.

4.1 La zona norte del María Elena reforzamiento y estabilización por mallas horizontales, entre hiladas

María Elena es una comuna situada en el norte de Chile, a 1500 km aproximadamente de la capital, Santiago. Fue fundada en 1926 por la Compañía Salitrera Anglo Chilena. Los edificios institucionales, que conforman su centro cívico, están construidos en adobe con aportes constructivos norteamericanos.

En el terremoto del 2007, que alcanzó una intensidad de 7,7 grados en la escala de Richter, María Elena fue una de las comunas gravemente dañadas por ya encontrarse en estado de deterioro.

Se formó parte del grupo de profesionales que participaron en la reparación de los edificios institucionales dañados que estaban recuperables de adobe. Los daños en los muros evidenciaron la existencia de mallas de metal desplegado de 4,5 mm, instaladas horizontalmente entre los ladrillos de tierra cruda, aproximadamente cada 50 cm en la extensión vertical del muro. Si bien los muros se fisuraron, varias edificaciones de carácter institucional no cayeron, ya que las mallas que se encontraban integradas al sistema, aportaron resistencia al muro.

Las mallas de características flexibles se deformaron, ya que tomaron los esfuerzos sísmicos producidos dentro del muro (figura 2).

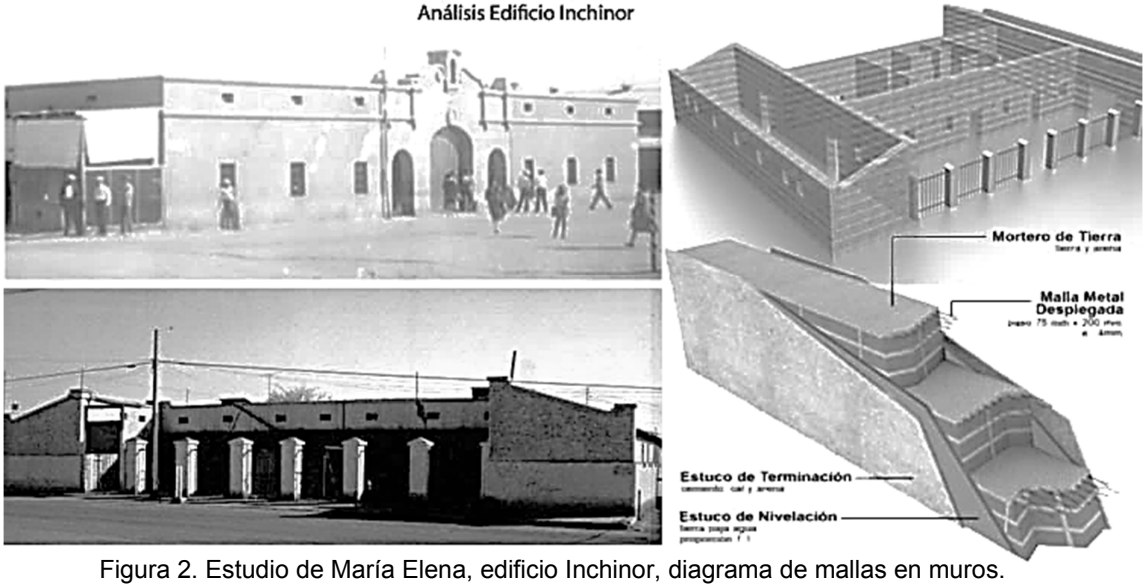


Figura 2. Estudio de María Elena, edificio Inchinor, diagrama de mallas en muros.
Fuente Surarquitectura

4.2 Red de pueblos de tierra cruda, cuarta región. Estabilización por disipación de energía sísmica en fallas programadas horizontales en lugares de adobe sin fibra

En la zona centro norte de Chile es posible encontrar una red de pueblos construidos en tierra, hacia el valle y precordillera. En esta zona las fibras escasean, por lo que no constituyen parte de los adobes. Como es sabido, las fibras dentro del adobe trabajan a la tracción. Al no encontrarse en el paisaje este elemento, las culturas ancestrales instalaron “disipadores de energía” en el sistema, que son elementos de madera continuos en la planta a modo de escalerillas, formando figuras cerradas, que, al estar sometidas a sismo, disipan la energía de forma horizontal, por lo tanto, la grieta se

produce en esta dirección, sin comprobar mayores daños en terreno, supliendo el trabajo a la tracción de la fibra. Con esto, las estructuras trabajan gravitacionalmente, con mejoras en la resistencia a la tracción. Por relatos orales de la población, se sabe que las viviendas han soportado varios sismos.

Los lugares sin fibras crean modelos con materiales conformando la relación: cuando no hay presencia de fibras se instalan disipadores en los muros.

Figura 3. Red de pueblos de tierra en la cuarta región de Coquimbo, Chile. Registro 2014

4.3 Adobe centro-sur, estabilización por empleo de fibras

En la zona centro-sur de Chile es posible encontrar, dentro de los recursos naturales, distintos tipos de fibras por el clima de la zona, ya sea de paja de trigo, alfalfa u otra. Estas fibras se encuentran incorporadas en los adobes y en el mortero de pega, la que aporta resistencia a la tracción del muro. Dentro del sistema constructivo, similar al caso anterior, el uso de escalerillas está presente, pero con menor regularidad que en los pueblos de tierra anteriormente mencionados.

La resistencia que aporta la fibra en el adobe es mantener su unidad ante esfuerzos de tracción.

Figura 4. Construcción de adobes zona centro sur de Chile. Registro 2015.

4.4 Experiencia reparación San Pedro de Alcántara, zona centro-sur

Previo al terremoto del 2010 de intensidad 8,8, fue reparada una parte de la Iglesia de San Pedro de Alcántara, en la zona central del país, con mallas electrosoldadas a modo de piel por ambos lados de los muros. Además se restituyó la cubierta y se conformó un diafragma rígido en ella. La parte reparada resistió el sismo y tuvo un excelente comportamiento; la parte de la Iglesia no reparada colapsó.

Figura 5. Reparación iglesia San Pedro de Alcántara. Fuente: COTTA Chile.

5 DESARROLLO DE PROYECTO HABITACIONAL CON TÉCNICAS INVESTIGADAS

De la investigación desarrollada, se formula un proyecto de arquitectura contemporánea con carácter habitacional de materialidad de adobe en la comunidad ecológica de Peñalolén en Santiago de Chile.

La recopilación de las diversas técnicas indagadas develaron aplicaciones de materiales colaborativos a la tierra tales como: elementos disipadores, mallas de piel para la resistencia a tracción e inclusión de fibras en el adobe y en los morteros de pega para mejorar su resistencia. También se encontraron aplicaciones de técnicas que buscan mejorar el comportamiento de los muros de adobe; un ejemplo es el uso de la estructura de techumbre como elemento unificador que genera esfuerzos verticales y comprime a los muros, ya que es frecuente el uso de tejas de arcilla cocida.

El emplazamiento de la comunidad ecológica de Peñalolén en el territorio nacional permite generar una simbiosis de las técnicas evaluadas por Chile. Primeramente, la zona ofrece terrenos fértiles con una alta producción de fibras naturales, lo que permite la aplicación de estos materiales en la elaboración de adobe y en los morteros de pega, y a su vez otorga–resistencia en los esfuerzos de tracción generados ante escenarios sísmicos.

La utilización de las distintas técnicas encontradas y aplicadas fueron: eso de fibras vegetales, el refuerzo de muros con mallas electro-soldadas dispuestas en sentido horizontal -funcionamiento similar a los disipadores-, el uso de ángulos metálicos soldados por el borde exterior de las mallas.

También las caras interiores de los muros contemplan la aplicación de mallas verticales soldadas a los tramos horizontales ya mencionados, que colaboran con el comportamiento monolítico de la vivienda.

Finalmente, la construcción de la techumbre conforma un plano que funciona como diafragma que aporta estabilidad y esfuerzos horizontales a través de las cargas generadas del sistema estructural de la techumbre misma y la cubierta de teja.

El desarrollo de proyectos habitacionales con la aplicación de diversas técnicas adquiridas refleja la retroalimentación de sistemas constructivos que buscan complementarse y adecuarse a las diferentes complejidades que cada caso presenta. Además, se convierte en casos icónicos, que surgen de un estudio constante basado en la experiencia sísmica, y que probablemente seguirá nutriéndose de conocimiento e información de los futuros escenarios sísmicos que se aproximan. El estudio y aplicación de estas técnicas se tornan, entonces, un escenario de anticipación y en un conducto regular de absorción de aprendizaje y conocimiento de cada experiencia catastrófica.

Figura 6. Construcción vivienda de adobe, comunidad ecológica Peñalolén Chile. Registro 2015.

6. CONCLUSIONES

La riqueza desplegada de la investigación de solo una fracción del continente americano abre horizontes respecto a la cantidad de aplicaciones técnicas y conocimientos que se encuentran ocultos en las construcciones de adobe de los lugares que aún no se investigan.

En relación a la definición de la “ruta 2”, dado por el cruce del mapa de construcciones en tierra y el mapa de fallas sísmicas, existe incertidumbre de parte de los investigadores sobre lo que sucede en otros continentes en relación a todas las variables involucradas (materias primas disponibles, actividad laboral, documentación histórica, sismicidad, etc.). Se espera desarrollar la continuación de la ruta 1 y ruta 2 para poder abarcar un conocimiento pleno al respecto.

La continuación de las rutas puede entregar aplicaciones constructivas únicas que logren sumarse al campo de información respecto a la arquitectura en tierra, además de poder develar en su técnica, las condiciones geográficas, climáticas, materiales y culturales de cada región.

A pesar del auge de nuevos materiales y tecnologías, el interés en generar construcciones amigables con el medio ambiente y mejorar las propiedades técnicas ante los efectos sísmicos aún se conserva. La arquitectura en tierra es un fenómeno vigente y en constante crecimiento en Chile y el mundo, que se retroalimenta de los conocimientos locales y universales que puedan aportan al descubrimiento de nuevas técnicas y de cada escenario sísmico existente. A pesar de la experiencia traumática, el sismo abre oportunidades de investigación que permiten concluir y preparar para eventos

futuros, creando así escenarios de anticipación que esperan resultados cada vez más eficientes y con mejores efectos de estabilidad y seguridad para el habitar.

La investigación de la arquitectura en tierra da pie a la apertura de nuevas investigaciones y profesionales que pueden aportar información en estudios asociados a la mejora de las propiedades mecánicas de los muros. La disponibilidad de materias primas sobre sitios geográficos, entrega mayores posibilidades técnicas y materiales para el mejoramiento de las construcciones, no así en sitios geográficos estériles y con escases de materia prima. En este sentido toma relevancia investigar la fibra dentro de los adobes y descubrir cual tiene mejor comportamiento a la tracción, ya que es el gran aporte que se destaca de ella. Determinando qué fibras aportan mayor resistencia, y por lo tanto, cuál colabora de manera más eficiente en la construcción.

La incorporación de equipos multidisciplinarios en la investigación (biólogos, físicos, historiadores, etc.), develaría resultados aún más sorprendentes que aproximarían prontamente a técnicas de construcción en tierra que respondan a las necesidades del habitar.

AUTORES

Marcelo Cortés, Arquitecto, miembro de Red ARCOT (red de Arquitectura y Construcción en Tierra), miembro fundador de la Fundación Jofré Culturas de Tierra. Desarrollo profesional en la investigación y construcción de técnicas en tierra, reparaciones, reconstrucción, obras contemporáneas en tierra. Currículo completo www.marcelocortes.cl.

Masue Sakakibara, Arquitecto colaborador de Red ARCOT, colaborador en la Fundación Jofré Culturas de Tierra. Desarrollo profesional en reconstrucción y reparación de viviendas en la zona de catástrofe sismo 27F, 2010. Cursando estudios en Curso de especialización en conservación y restauración en Arquitectura, Universidad de Chile.

8. CASAS DE TIERRA EN EL URUGUAY

Rosario Etchebarne[1]; Vicente Ruétalo[2]

Estudio de Arquitectura Tierra al Sur; Red Iberoamericana PROTERRA/Cátedra Unesco Arquitecturas de Tierra, Culturas constructivas, Desarrollo durable – Uruguay; roetchebarne@gmail.com

[2] Estudio de Arquitectura Tierra al Sur – Uruguay; www.tierraalsur.com

Palabras clave: recurso humano, proceso creativo, tierra

Resumen

En el campo de la arquitectura y la construcción con tierra se presentan cuatro obras diseñadas, construidas y terminadas en el Uruguay en los últimos cuatro años por el Estudio de Arquitectura Tierra al Sur. El objetivo de la ponencia refiere: en primer lugar, al aporte de datos y estéticas, desde el perfil del recurso humano participante, y en segundo lugar, al método de producción de componentes constructivos de bajo impacto ambiental en su proceso (analizando las técnicas empleadas: adobe, cob, BTC, tierra alivianada, paneles de fajina, techo verde, pozo canadiense, revoques de arcilla). Los resultados obtenidos en el comportamiento higrotérmico a partir de la aplicación de un diseño bioclimático y estrategias de sustentabilidad, cumplen con las exigencias de confort y aprobación por parte de los Municipios respectivos. Caso 1: año 2012 casa adobe, en balneario Playa Verde. Caso 2: año 2013 casa cob y BTC, estrategias de calefacción y techo verde en barrio Carrasco en Montevideo. Caso 3: año 2014 casa cob, en Shangrilá. Caso 4: año 2015 casa fajina en El Pinar. El repertorio de estrategias constructivas es múltiple en cada obra. A los efectos de la didáctica, la presentación se concentra en una técnica específica en cada casa y especialmente se comparte el tipo de metodología de trabajo grupal utilizado con los maestros albañiles. Finalmente, se presentan los antecedentes desde 1993 y la metodología de Talleres de Capacitación realizados actualmente por el Estudio de Arquitectura, y por la Universidad del Trabajo del Uruguay (UTU), para autoconstructores y personas interesadas en la temática, aportando a la siguiente reflexión: ¿es posible construir su propia casa de tierra? ¿Cuál debe ser el menú de recursos y capacidades?

ANTECEDENTES

A partir del año 1993, en Uruguay se inician talleres de capacitación en diseño y construcción con tierra, desde la universidad (Udelar) ubicada a 500 km al norte de Montevideo, la ciudad capital. El patrimonio popular rural existente de casas de tierra, se ha ido perdiendo por falta de políticas comprometidas con la cultura constructiva y el ambiente. A fines de los años 80 se construyen en el Uruguay, las primeras casas de tierra, de estética contemporánea, por parte de grupos pequeños de arquitectos y bioconstructores. Actualmente, a partir del resurgir regional y de los escenarios de capacitación, se observa el notorio y progresivo aumento de la autoconstrucción y construcción de casas de tierra.

Para Etchebarne, Piñeiro y Beasley (1997, p.9),

> la creciente conciencia de la necesidad de la preservación del ambiente, la posibilidad de habitar espacios naturales, con materiales naturales como la tierra y la madera, generando componentes constructivos dotados de mucha inercia y aislación térmica, nos llevan a estudiar a fondo el comportamiento de las construcciones de tierra

En este sentido, el presente trabajo persigue dos objetivos, al exponer cuatro casos.

1) Iniciar el registro del aporte estético desde la integración de diversos perfiles culturales integrantes de los recursos humanos en la obra.

Hoy se registra un menú amplio de perfiles culturales diversos en las personas que diseñan y construyen casas de tierra. Se reconoce un diálogo de saberes entre el albañil clásico, el nuevo bioconstructor y el usuario, conformándose un escenario donde el

diseño deja de ser patrimonio de arquitectos.

2) Generar métodos y logísticas de producción de componentes.

La tierra se transforma en material de construcción a partir de diversas formas de estabilización (física, mecánica, química), implantación y puesta en obra. En el proceso de diseño y construcción de estas cuatro obras, se sistematiza y conceptualiza la práctica de la producción de componentes in situ.

CASO 1

Año 2012. Casa adobe en balneario Playa Verde, Maldonado.

Características del grupo humano y producción de componentes

a) Capacidades adquiridas. En obra trabaja un equipo integrado por tres operarios, un encargado de logística y una arquitecta, durante 20 semanas. Los propietarios realizan tareas administrativas con el apoyo de un gestor. El encargado de logística realiza selección, compra y producción de materiales.

b) Producción de componentes. En obra se producen los BTC (bloques de tierra comprimida estabilizada con cemento), los paneles de fajina (estructura, entramado y embarrado) y las diferentes masas de tierra arcillosa, para la elaboración de barbotina y revoques (grueso y fino). Los adobes se proveen de una ladrillera cercana. La arcilla se provee de cantera cercana, al igual que la madera, los fardos de paja de trigo y/o avena.

Características del sistema constructivo

La estructura de la casa es puntual, de pilares de madera de eucaliptus tratado sobre cimiento de hormigón armado.

a) Planta baja: Muro exterior doble de adobe de tierra; la dimensión del adobe es de 28 cm x 13 cm x 6 cm; el espesor del muro es de 30 cm con cámara de aire; el adobe se toma con mortero de arcilla, arena y fibra sobre zócalo hidrofugado de BTC. El primer revoque exterior grueso es de arcilla, arena y fibra. Luego de la etapa de secado del primer revoque de arcilla, se aplica malla de fibra de vidrio y revoque de arena, cal y mínima adición de cemento (figura 1). Se realiza la pasta 3:1 de arena cal y luego se realiza el mortero de 3 partes de pasta x 2 partes de arena gruesa x 1 parte de cemento. Al interior, el adobe se coloca con junta de 7 mm, al ras, visto y sin otra terminación.

Según terminología de la Red Iberoamericana Proterra[35],

> Adobe: Masa de barro, frecuentemente mezclada con paja, moldeada de forma prismática, sin cocer, secada al aire, empleada en la construcción de muros de fábrica, paredes y tabiques.
>
> BTC: Bloque de tierra prensada, tecnología constructiva mejorada en relación al tradicional adobe. Es un sistema que produce de forma artesanal bloques de tierra cruda (proporciones estándar y modulares), utilizando una prensa denominada Cinva Ram con la cual se logra comprimir el suelo.
>
> Fajina: 1- Panel de cerramiento, de listón o cañas, que se cubre de barro y lechada de cal. 2- Siglo XVI-XX; haz muy apretado de pajas o ramas, concertado generalmente en forma horizontal, que luego puede ser embarrado para armar muros de contención o revestimiento de trincheras y taludes. 3- Denominación popular que refiere a la camada de paja o material vegetal que se utiliza como cielorraso en los techos de tierra en Santiago del Estero.

b) Planta alta: Muro exterior de madera; al exterior se monta sobre parantes de 2” x 3” madera dura frente inglés colocada en forma horizontal, a modo de protección frente al

[35] www.redproterra.org

agua de lluvia; al interior se montan paneles de fajina, terminados con revoque fino de arcilla. Espesor total del cerramiento 22 cm. En esta etapa participan los propietarios en forma planificada.

c) Cerramiento superior: Se conforma con madera machihembrada de 1”, clavadores 2” x 3”, losetas de tierra/paja como aislante térmico de 7 cm de espesor y chapa galvanizada color.

Figura 1. Revoque de cal sobre la pared de tierra en balneario Playa Verde, Maldonado, Uruguay

Figura 2. Revoque de arcilla sobre adobe. Zócalo de BTC

Figura 3. Jornada de embarrado de paneles de fajina

Algunas reflexiones sobre las determinantes del diseño constructivo:

- El limitado ancho del terreno al no permitir aleros generosos en el proceso de diseño, llevó a tomar la definición de revoques de cal en planta baja y recubrimiento de madera en planta alta a los efectos de evitar la erosión por agua de lluvia. La presencia fuerte de revoques de arcilla se percibe al interior de la vivienda cumpliendo la función estética, psicológica y de control higrotérmico del espacio.
- La rapidez en la colocación de adobes y el consecuente secado rápido de los muros de planta baja, permitiendo la consolidación de la estructura durante las primeras semanas de obra. (figura 2)
- La rapidez en el montaje de paneles de fajina en planta alta, con la participación de propietarios (figura 3) y el secado del embarrado correspondiente, se realiza en simultaneidad a la terminación de revoques exteriores, baños y cocina, permitiendo la entrega de la obra en menos de 20 semanas.

CASO 2

Año 2013. Casa cob, adobe, fajina, BTC en barrio Carrasco, Montevideo

Estéticas y estrategias de sustentabilidad

Se emplea diseño bioclimático. Volumen abierto al norte y cerrado al sur. Se incorporan paneles solares para abastecimiento de agua caliente, pozo canadiense, central de acumulación de agua caliente para losa radiante, aberturas de madera con vidrio (DVH), colecta de pluviales, huerta y techos verdes, entre otras estrategias de sustentabilidad.

Para Gonzalo (1998, p.13-14),

> Se debe generar una nueva arquitectura en donde el sol, la tierra, el viento, el agua y el mundo total de la naturaleza se integren de modo armonioso con la vida y la tecnología, ayudando a que los lazos que unen a los hombres entre sí y con su medio, experimenten un real cambio cualitativo y no solo cuantitativo como es el caso actual (…) la arquitectura bioclimática, que tiende a lograr estos objetivos en cuanto al uso racional de la energía y la utilización de fuentes de energías no convencionales, plantea una nueva manera de concebir el hábitat (…) con desarrollo de tecnologías y procedimientos respetuosos de los bienes naturales.

Planificación

Se sugiere a los propietarios una planificación “meta” estimada, semana a semana, dentro de la cual se producirán los diferentes componentes constructivos in situ. Se inicia la obra con la producción de componentes. La orientación sur dispone aberturas pequeñas y muros de BTC. El norte se estructura con muros de cob y grandes aberturas (figuras 4 y 5). Al igual que en obras anteriores (figuras 6 y 7), los diseños presentan formas curvas, asimétricas, sugeridas por el entorno, el paisaje y la versatilidad del material tierra. El término cob proviene del inglés y refiere a la tierra estabilizada con fibras y moldeada, conformando un muro monolítico. También se reconoce esta técnica como moldeado directo o *bauge*. “Es una técnica que permite modelar la tierra directamente sin la ayuda de moldes o de encofrados, aprovechando la plasticidad de los suelos húmedos” (Doat, et al, 1990, p.119). En la bibliografía es posible encontrar términos similares.

Figura 4. Montaje paredes exteriores en cob, barrio Carrasco, Montevideo

Figura 5. Espacio estar terminado. Formas asimétricas y curvas, incorporación de color

Figura 6. Casa terminada en 40 semanas. Vista desde el acceso

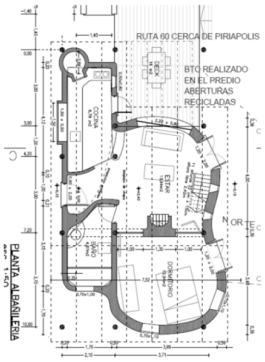


Figura 7. Casa construida con materiales del lugar en las Sierras de Piriapolis. Formas curvas, cerradas al sur y abiertas al norte

Según la terminología PROTERRA - Tongada: capa o masa de material puesta en obra de una sola vez para poder posteriormente extender otra encima de ella, y así sucesivamente hasta alcanzar la altura deseada.

CASO 3

Año 2014. Casa cob en Shangrilá, Canelones

Roles desempeñados dentro del equipo de trabajo.

Se reconocen los siguientes roles:

- Arquitecta: diseño, planificación y dirección de obra; ejecución de algunos trabajos de revoques, fajinas, altorrelieves.
- Encargado de logística: compra de materiales, dirección de la producción de BTC, bloquetas de tierra y paja para aislación térmica de techos, preparación de barbotina para revoques, preparación de fajinas, entre otras tareas.
- Oficial albañil finalista
- Medio oficial albañil
- Medio oficial albañil de tierra: realiza BTC, bloquetas tierra/paja, entramado y embarrado fajinas, diseño botellas y vidrios colores, molduras y altorrelieves. Este rol es realizado por una mujer.
- Peón

- Propietarios: gestionan la administración de la obra y contrato de personal; con capacitación y planificación previa, realizan bloquetas, pinturas, embarrado fajina (en general los fines de semana). Financian la obra.
- Gestor contable: realiza los pagos de beneficio social a obreros y demás tareas de RR.HH. (licencias, seguro enfermedad, etc.)

Resultados obtenidos

Se constata la construcción de la obra en 20 semanas, plazo máximo estipulado.

Al sur se aplica la técnica de madera al exterior y adobe al interior (figura 8). Al norte se aplica la técnica de cob (figura 9). El cob es una técnica de muro monolítico. Es necesario un volumen de tierra preparado en pisadero de tres metros de diámetro y 30 cm de alto. Luego del pisado, se agrega fibra de paja de trigo formando bolas y se aplica sobre el sobrecimiento de BTC, conformando el muro. Se capacita al propietario para continuar con la técnica de cob en la segunda etapa, a partir de los cimientos y techos ya realizados en la primera etapa. En este caso, la técnica de cob ha sido el instrumento que permitió la transferencia de conocimientos del equipo técnico a los_propietarios, integrando las técnicas de cob, fajina, adobe y BTC.

Figura 8. Adobe al interior, aislación térmica de tierra/paja, madera exterior al sur

Figura 9. Cob en pared exterior al norte

CASO 4

Año 2015. Casa paneles de fajina en El Pinar, Canelones

La totalidad de las paredes interiores de esta casa están realizadas con paneles de fajina (figura 10) en los que la estructura en general es de 2” x 3” con doble entramado de varillas de madera y capas de embarrado de tierra /paja, revoques gruesos y finos de arcilla y arena con adición de fibras vegetales.

Figura 10. Paneles de fajina al interior, entramado simple

Figura 11. Entramado doble

Accesibilidad, sostenibilidad, carácter, producción limpia y de bajo impacto ambiental, son algunas de las características de la construcción de tierra como proceso creativo humano en su milenario legado. A su vez, se propone rescatar de este legado, el trabajo colectivo, comunitario, y la belleza como imaginario y expresión cultural materializada de la sociedad.

El pensamiento técnico es disparador de diseño. Esto se observa en el montaje de los muros de adobe. Si bien en el Uruguay no hay sismos, “los elementos verticales de arriostre tendrán una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir las fuerzas cortantes a la cimentación”. (Cevallos, 2002)

En el diálogo de saberes, los albañiles conceptualizan la práctica y los académicos adquieren destrezas y capacidades en el manejo de los componentes. En este sentido, se parte del conocimiento de la tierra del lugar. Según Neves, et al (2010),

> La tierra como material de construcción es utilizada, básicamente, de dos modos: embebida en agua, constituyendo una masa plástica o barro; o una mezcla húmeda, compactada o prensada, denominada tierra comprimida.
>
> En el primero caso, el producto resultante posee una porosidad elevada debido a la evaporación del agua adicionada en la preparación del barro. Presenta

propiedades mecánicas y de impermeabilidad diferentes y menores que las del material obtenido en el segundo procedimiento. Cualquier suelo, con excepción de los altamente orgánicos o con presencia predominante de arcillas expansivas, montmorilonita, puede ser utilizado como material de construcción. No obstante, existen limitaciones al uso de determinados suelos por razones de la capacidad de trabajo y otras características no deseables respecto del uso propuesto: tierras muy arcillosas, por ejemplo, son difíciles de ser mezcladas y apisonadas, debido a la retracción elevada, producen superficies mal acabadas.

TALLERES DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Se aporta un sintético raconto de los escenarios que existen actualmente en Uruguay en relación a la capacitación en técnicas de bioconstrucción. Esta capacitación permitirá asegurar el buen construir de las arquitecturas de tierra.

Desde 1993. Inicio de Talleres regionales de transferencia en Udelar Salto. Acuerdos de trabajo con Santa Fe – Argentina. Acuerdos con Municipios de la región a través de los cuales se construyeron proyectos demostrativos (casas de tierra). Integración activa a Redes (Red Proterra y Catedra Unesco). Consolidación de grupos de trabajo académico de investigación y extensión en Uruguay. Consolidación de laboratorios especializados en Salto y en Montevideo.

Desde 2010. Se registra un aumento progresivo en el campo del diseño, de la construcción y autoconstrucción de casas de tierra en Uruguay y la región.

Desde 2011. Inicio de Talleres (teórico – prácticos) de 160 horas (3 meses) en la Universidad del Trabajo. Actualmente se dictan en 9 lugares del País y están dirigidos a autoconstructores, maestros albañiles e interesados en general[36].

Desde 2013. Inicio de la asignatura semestral Opcional “Diseño de la Arquitectura de Tierra” en Udelar – Facultad de Arquitectura[37].

CONCLUSIONES O CONSIDERACIONES FINALES

¿Es posible construir su propia casa de tierra? ¿Qué menú de recursos y capacidades debemos disponer? Un aporte para la reflexión:

En base a lo registrado en estos cuatro ejemplos y en el escenario de las proposiciones, juega un rol sustantivo la metodología de puesta en obra para la construcción: la planificación de la obra en el predio día a día, el conocimiento del material, las pruebas de campo y/o ensayos de laboratorio, la implantación de los pisaderos en el terreno, la carpintería, el pañol para herramientas y materiales, la fábrica de BTC y losetas, las estrategias de prevención ante lluvias y vientos, el baño y habitación para el personal, el suministro necesario de energía y agua, los criterios de seguridad laboral. Dichos criterios son equivalentes para una vivienda mínima realizada por autoconstrucción y para una casa o edificio de gran superficie.

Las recomendaciones en este informe técnico se basan en el valor que se asigna al diálogo de saberes. Las experiencias estudiadas, permiten afirmar que la autoconstrucción asistida puntual o permanente en la obra, asegura un buen resultado final y la correspondiente apropiación por parte del usuario. Para el logro exitoso de una casa propia autoconstruida, totalmente o en parte, será entonces necesario el compromiso constante, sin prisa y sin pausa del autoconstructor, sumado al aporte

[36] Coordina arq. Rosario Etchebarne, actualmente docente referente de los Cursos de Bioconstrucción, en la Universidad del Trabajo del Uruguay.

[37] Coordina arq. Helena Gallardo, docente de Udelar.

técnico – académico, al pasaje de los componentes por las pruebas o ensayos necesarios y a la correspondiente capacitación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cevallos, P. (2002). Normas para diseño y construcción con Tierra. In: 1 Seminario Iberoamericano de Construção com Terra. Salvador, Bahia, Brasil.p.163–169.

Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk. S.; Vitoux, F. (1990). Construir con tierra. Tomo 1.

Etchebarne, R.; Piñeiro, G.; Beasley, A. (1997). Manual de construcción con adobe. Diseño y Construcción con Tierra. Salto, Uruguay: Duplifast Impresos

Gonzalo, G. (1998). Manual de arquitectura bioclimática. Tucumán, Argentina: Imprenta Arte Color Chamaco

Neves, C.; Faria, O. B.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. S.; Hoffmann, M. V. (2010). Seleção de solos e métodos de controle na construção com terra – práticas de campo. PROTERRA. Disponible en http://www.redproterra.org. Acceso en 1/7/2015.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los propietarios de las obras mencionadas y a los participantes en los Talleres de Capacitación.

AUTORES

Rosario Etchebarne, arquitecta. Integrante del Estudio de Arquitectura Tierra al Sur de Uruguay (www.tierraalsur.com). Desde 1983 hasta 2013 docente universitaria de la Facultad de Arquitectura Udelar. Actualmente docente encargada de la planificación de los Talleres de 160 horas, que imparte la UTU (Universidad del Trabajo del Uruguay) en bioconstrucción. Constructora de más de 40 casas de tierra. Integrante de la Red Iberoamericana PROTERRA desde su inicio en el año 2002. Integrante de Catedra Unesco.

Vicente Ruétalo, fotógrafo. Encargado de logística y producción de componentes de tierra en obras del Estudio Tierra al Sur, realizando 10 obras desde el año 2008 a la fecha.

9. TAPIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN PAUTE

Iván González Aguirre

Vicaría de Pastoral Oriental, Centro de Educación y Capacitación del Campesinado del Azuay – CECCA
ivanga2009@hotmail.com

Palabras claves: desastre, reconstrucción, tierra, vida sana, amenazas

Resumen

Paute es una zona asentada en suelos de roca antigua disgregada en forma de cascajo y areniscas, que junto a la arcilla le otorgan aptitud para trabajar tapiales y hablar el leguaje de la tierra, "del buen sombrero y buenos zapatos", como dice un viejo aforismo popular para referirse a una cubierta que evite los efectos dañinos de la lluvia y sobrecimiento capaces de resistir las estructuras con solvencia. En marzo de 1993, debido a la fuerza del invierno, una masa de tierra proveniente del cerro Tamuga se desprendió represando los ríos Cuenca y Jadán en el sector de La Josefina, ubicado a unos 20 kilómetros al noreste de la ciudad de Cuenca. El 1 de mayo, la represa cedió dejando pasar un enorme caudal de agua que destruyó sembríos, vías de comunicación y poblados rivereños. Meses antes el equipo del Centro de Educación y Capacitación del Campesinado del Azuay – CECCA, se estableció en Paute para apoyar el trabajo de la Vicaría de la Zona Oriental del Azuay. La reconstrucción de los efectos del desastre natural permitió el reencuentro con la tierra como material de construcción, dejando lecciones que sirven de base para esta ponencia. En Paute, la construcción con tapiales fue práctica común hasta la llegada de la modernidad en los años 60 del siglo pasado, cuando dejó de realizarse, pero viejos y diestros albañiles de la parcialidad de Marcoloma, conservaron sus destrezas para escoger la tierra, colocarla en capas ligeramente húmedas en las tapialeras previamente montadas, compactarlas con el rítmico golpe de los mazos y levantar bellas y acogedoras edificaciones. Ellos permitieron recoger la tradición y construir algunos edificios. Los beneficios de las construcciones con tierra son innegables, ella no está estandarizada, varía según los lugares, regula la humedad ambiental por su capacidad de absorción y expulsión, almacena calor balanceando el clima interno, mantiene seca la madera, etc. Pero, los efectos del fenómeno de La Josefina, unidos al feriado bancario de 1999, decretado por gobiernos controlados por banqueros, incrementaron la pobreza en el Ecuador, obligando a muchos ciudadanos a migrar fuera del país, provocando un choque de culturas que impactaron, también, en la arquitectura: La copia de modelos extraños sin el conocimiento de las condiciones que impulsaron su concepción llegó a Paute para sembrar los pueblos y campiñas con formas ajenas a la cultura local y a despreciar la tierra, como material de construcción, por considerarla sinónimo de pobreza.

1. INTRODUCCIÓN

La tragedia ya estaba anunciada: el Cojitambo[38] se partió en dos en épocas remotas, Fray Vicente Solano, en el siglo XIX, alertó sobre la caída del Tahual[39], sin embargo, desde los años ochenta del siglo pasado, las autoridades encargadas del control de la minería, otorgaron concesiones para extraer arena y grava de las faldas del cerro Tamuga [40] , ubicado en el sector de La Josefina al noreste de Cuenca, como consecuencia de lo cual, el 29 de marzo de 1993, se produjo un deslizamiento de aproximadamente 30 millones de metro cúbico de tierra del Cerro Tamuga, que provocó el represamiento de los ríos Cuenca y Jadán formando un lago con un volumen de cerca de 200 millones de metro cúbico de agua, a decir de los técnicos que lo estudiaron. El 1

[38] Cojitambo: Cerro ubicado a 10 km, al oeste de la ciudad de Azogues en el que se hallan vestigios arqueológicos de la cultura cañari.

[39] Tahual: Cañón abierto por el río Paute en su trayecto al Amazonas, ubicado a 14 km de la ciudad de Cuenca.

[40] Tamuga: Cerro ubicado a la salida del cañón del Tahual.

de mayo cedió la presa dando paso a un enorme caudal de agua que afectó gravemente al cantón Paute.

Los efectos del desastre, la organización de la población y la reconstrucción posterior, ante el abandono de la mayor parte de autoridades locales, tuvieron que ser asumidos por el equipo de la Vicaría Oriental del Azuay presidido por el padre Hernán Rodas, con apoyo de miembros del Centro de Educación y Capacitación del Campesinado del Azuay (CECCA) que, desde 1992 esta~~ba~~n presente en la zona. El trabajo fue desarrollado en la margen izquierda del río Paute, en el sector comprendido entre La Josefina y Amaluza.

Debido a que las vías destruidas obstaculizaron la provisión de insumos para la construcción, la tierra de los cerros y la piedra de las riveras de los ríos se presentaron como materiales adecuados para reponer las casas perdidas, pero una carga ideológica arraigada en el tiempo y fortalecida por fuerzas extrañas, lo impidió.

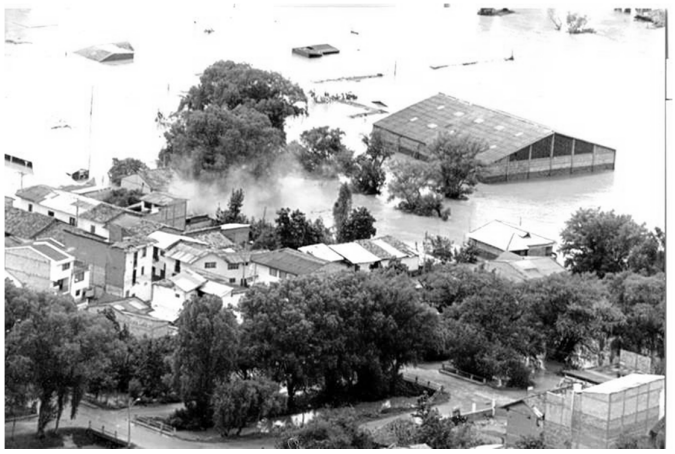


Figura 1. La ciudad de Paute el 1 de mayo de 1993

2. OBJETIVO

Destacar los beneficios de la construcción con tierra y los prejuicios sobre su uso estimulados por conceptos distorsionados de modernidad.

3. METODOLOGÍA ADOPTADA

En miles de años, la zona de Paute, se formó con una geología particular caracterizada por laderas resultantes de rocas disgregadas que devinieron en arcilla, arena, gravilla y grava, poco aptas para la agricultura en contraste con fértiles suelos bajos de origen aluvial donde se depositó el humus arrastrado desde las alturas.

El suelo de las laderas circundantes al centro poblado, por sus características, resultó apto para la fabricación de tapiales, por lo que, durante años, las construcciones rurales y urbanas fueron edificadas con esa técnica. En los años sesenta del siglo pasado decayó su uso dando paso al empleo del hormigón armado y los bloques de cemento.

La sustitución de los sistemas constructivos se incrementó debido a dos acontecimientos que afectaron a la población: El desastre de la Josefina y la aplicación de políticas acordadas con organismos internacionales que llevaron a una gran devaluación del sucre, la sustitución de la moneda nacional por el dólar, la quiebra de algunos bancos y el feriado bancario que a la final despojó de los ahorros a los depositantes del país y obligó a miles de personas a migrar al exterior en busca de trabajo, entre ellos numerosos pauteños.

El contacto con otras culturas impactó en la población migrante. Terminada de pagar la deuda contraída para el viaje, comenzaron a llegar dólares destinados a construir casas con patrones copiados de los sitios donde se asentaron. En Paute, laderas y poblados cambiaron su fisonomía.

Figura 2. La ciudad de Paute en la actualidad

Como forma de detener el deterioro de la vida causado por las nuevas construcciones, los integrantes de la Pastoral Oriental y el CECCA decidieron edificar con tapiales para demostrar sus cualidades, lográndose levantar algunos edificios.

Para la construcción se requerían obreros que conocieran el trabajo con tierra y tapialeras. Los albañiles que levantaron las casas de antaño, debido a que nadie empleaba sus servicios en ese campo, estaban retirados del trabajo. Las dificultades se salvaron gracias a un anciano oriundo de Marcoloma, un anejo de Paute, que aceptó el reto de trabajar y compartir sus conocimientos.

Ya sin uso, las antiguas tapialeras desaparecieron, por lo que fue necesario construir nuevas mediante paneles laterales elaborados con 3 tabloncillos de 1,20 m x 0,30 m, reforzados con marcos de 10 cm x 4 cm, para evitar pandeos y paneles de 0,40 m x 0,90 m, para los frontales, además, 4 travesaños de madera con ranuras para insertar cuñas destinadas a garantizar la rigidez y varillas de hierro con cabeza redondeada en un extremo y ranuras roscables en el otro para regular el armado del cajón.

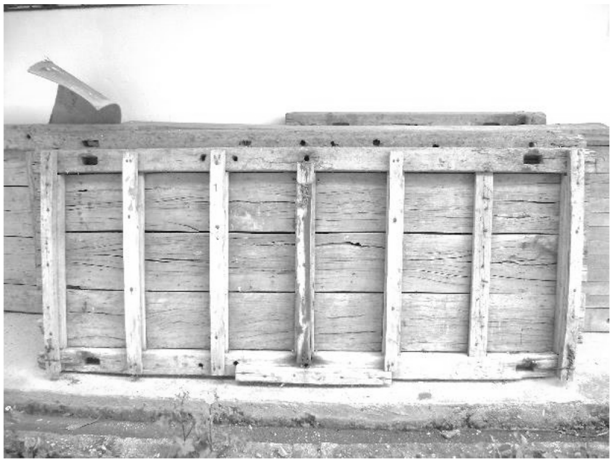


Figura 3. Tablero lateral de tapialera

Superadas las primeras dificultades fueron localizados en sitios donde había tierra que, sometida a ensayos de lavado, permitieron comprobar que, una vez humedecida y frotada entre las manos, dejaba sentir partículas que indicaban la presencia de arena y gravilla y los restos adheridos a ellas, la existencia de arcilla.

En el terreno destinado para emplazamiento de las edificaciones, a lo largo de los ejes de cimentación establecidos en los planos arquitectónicos, fueron cavadas zanjas de 70 cm x 80 cm, profundidad (que llegó a 1 m en algunos casos debido a las condiciones del suelo). En la base de la zanja, una vez nivelada, se colocó una capa de 5 cm, de cal viva para controlar la humedad que por capilaridad pudiera afectar los muros; sobre la capa de cal se superpusieron hiladas de piedra de río de hasta 20 cm, de diámetro, unidas con mortero de cemento y arena.

El cimiento se construyó hasta una altura que sobrepasó 45 cm, en promedio, la superficie del terreno para lograr un sobrecimiento destinado a evitar el contacto directo de los tapiales con el suelo. A esta altura se remató la mampostería de piedra de río, con una capa de mortero de cal y arena de 5 cm, de espesor para lograr horizontalidad, teniendo cuidado en dejar algunas piedras sobresalidas para adherencia de los tapiales.

El siguiente paso consistió en la colocación de las tapialeras tomando en cuenta algunas precauciones, entre otras: garantizar su rigidez, horizontalidad y verticalidad, trabajar con piezas que puedan ser transportadas por dos personas, garantizar los ajustes a fin de evitar distorsiones por el empuje del material compactado.

La tierra escogida para el trabajo, separada de materia orgánica y humus, no requería de aditivos ni curado, se la empleó en su forma natural humedeciéndola brevemente y vertiéndola en las tapialeras en capas de 15 cm, compactadas manualmente con pisones, de base cónica roma, hasta lograr la cohesión necesaria para evitar la presencia de cavidades.

Una vez llena la tapialera, la parte superior se remató en forma almohadillada mediante pisones planos, para garantizar la adherencia de los tapiales superiores. Concluido lo cual, la tapialera se desmontó y volvió a montar horizontalmente hasta completar los tapiales horizontales para iniciar la hilada superior respetando las trabas. Como precaución para evitar el uso de moldes especiales, en las esquinas y cada 3 m, en las paredes largas, se construyeron contrafuertes.

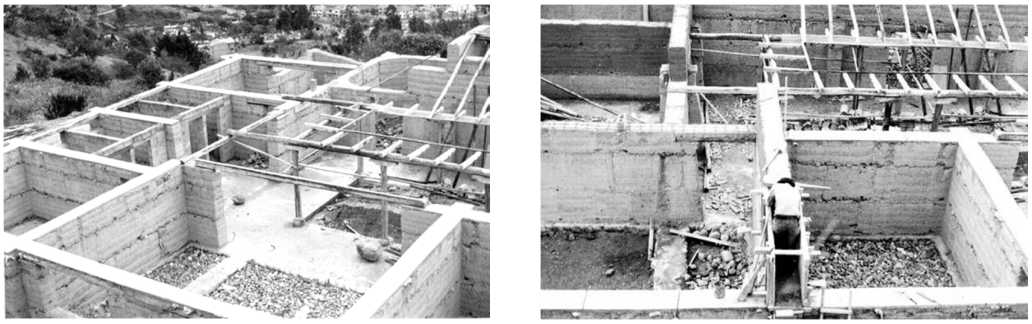


Figura 4. Muros de tapial en construcción

Como la tapialera llena permite una tapia de 0,80 m, de alto, tres hiladas fueron suficientes para alcanzar 2,40 m, de elevación, altura suficiente para rematar los muros e iniciar la construcción de las cubiertas, tendiendo una solera de madera a lo largo de los muros perimetrales, la cual quedó protegida contra insectos y hongos una vez que la tierra de los muros se secó. A la solera se sujetaron los elementos de la cubierta cuidando de dejar aleros de 1,20 m.

La unión entre las hiladas inferiores y superiores, debido a que el proceso de secado de los tapiales es diferente, resultaba propicia para producir separaciones, las cuales, con el

fin de evitar la presencia de hongos e insectos, se curaron con una capa de cal sobre la tapia inferior, antes de construir la superior, lo cual permitió la adherencia necesaria.

Los muros obtenidos estaban en condiciones de receptar, directamente, una lechada de cal y capas de pintura, pero, en este caso, por ser los edificios destinados al servicio público, se recubrieron con una mezcla de cemento y cal que se adhirió sin contratiempos con la tierra apisonada.

Figura 5. Construcciones de tapial en Paute

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Utilizando tapiales fueron construidos edificios para culto, capacitación, alojamiento, que ofrecen interiores con clima agradable, fresco en los días soleados y templado en la época fría, buena acústica en los salones para reuniones, humedad regulada, calor y energía almacenados, sentido de protección y seguridad, en definitiva, ambientes sanos y acogedores.

Los muros de tierra mostraron ser propicios para dar rienda suelta a la creatividad, lienzos en blanco esperando la intervención artística. Hornacinas de diversos tamaños y formas pudieron romper la monotonía de un corredor o una grada, figuras labradas, elementos de color pusieron su cuota de alegría.

El ritmo acompasado de los golpes de los mazos, presente en las estructuras, continuó vibrando convertido en melodías para los oídos que desde los espacios trasmiten paz a los espíritus.

La tierra no es un pobre material propio de indigentes sino un regalo para vivir mejor.

5. CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de sus bondades, las construcciones con tapiales tienen enemigos y detractores. Una carga ideológica acumulada en años, cimentada en malos recuerdos de épocas pasadas, pesa todavía en las mentes de los habitantes del campo y la ciudad.

La experiencia de vivir en “chozas”, todavía está fresca en la memoria colectiva, en esas edificaciones de tierra mal construidas donde las juntas entre los tapiales o adobes dejaban espacios para la proliferación de hongos e insectos, con pisos de tierra por los que se movían personas y animales, puertas y ventanas, logradas mediante estrechas perforaciones que no permitían la circulación del aire ni la entrada de los rayos del sol, eran propicias para la trasmisión de enfermedades y plagas que afectaban el bienestar y la salud de los ocupantes.

Al recuerdo se unió una conciencia generada por la supremacía del mercado y el consumismo adoptada por la población en los últimos años, que acabó con la solidaridad que alguna vez permitió el apoyo entre familiares, entre vecinos para levantar viviendas dignas.

Conciencia fortalecida por una situación difícil para los ecuatorianos. En 1999, los dueños de los bancos decretaron, a través de gobiernos afines, un feriado bancario que les significó gigantescas ganancias y una pobreza generalizada que obligó a miles de ecuatorianos a migrar a Estados Unidos, Italia, España, en busca de sustento.

La migración trajo consecuencias negativas para la arquitectura local, si bien es necesario reconocer la importancia de pobladores en contacto con otras realidades, también debe señalarse la influencia cultural que marcó el proceder de algunos de ellos.

La casa pasó a ser parte del status social, desatándose entre los familiares de los migrantes la competencia entre quienes construyen la mansión más grande con los materiales más caros, en sustitución de las viviendas tradicionales; saturando cerros y pueblos con malas copias de viviendas de las que existen en los sitios donde llegaron los migrantes.

Debía desaparecer todo lo antiguo para imponer construcciones y moldes de vida diferentes. Los materiales de construcción usados por padres y abuelos fueron vilipendiados, la solidaridad despreciada, el individualismo enaltecido, el consumo valorado.

Sin embargo, el fenómeno parece ser pasajero, la vida aislada en las casas “modernas” comienza a mostrar sus efectos: los materiales empleados sólo logran casa “enfermas”. No existe regulación de la temperatura, son frías en invierno y cálidas en verano. La humedad se toma los muros.

El individualismo, no genera riqueza, el consumismo no da satisfacciones duraderas, si bien el espacio de vida transcurrido en otros países deslumbró algunas mentes, la vida en Ecuador, en Paute, comienza a recobrar sus cauces en un período en el que valorar lo nuestro se vuelve vital.

Dentro de esta valoración se halla la arquitectura, la construcción con los materiales nobles que ofrece el planeta, volver a la tierra, a la vida sana, compartida, social, en la que tienen que incorporarse elementos de una modernidad adaptada a nuestra idiosincrasia, representa el futuro.

AUTOR

Iván Edmundo González Aguirre, maestría en Investigación Participativa para el Desarrollo Local, Universidad Complutense, 2004. Arquitecto, Universidad de Cuenca 1974. Restauración del museo de las madres Concepcionistas de Loja (2006), restauración de la torre de la iglesia de San Sebastián, Loja (2008), estudio La Realidad y Tradición de la Arquitectura de Tierra (2010), varias construcciones en tapial. Vínculos institucionales: Centro de Educación y Capacitación Campesina del Azuay – CECCA

10. ¿Y LA TRANSFERENCIA DE LAS BUENAS PRÁCTICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA?

Dulce María Guillén Valenzuela

Red Iberoamericana PROTERRA, ramdul@ibw.com.ni

Palabras claves: construcción con tierra, investigación, experiencia, trasferencia generacional

Resumen

La construcción con tierra sigue siendo una de las alternativas que mayoritariamente utiliza la población mundial para hacer sus viviendas, y hoy, cuando el planeta está llegando al límite de sostenibilidad por los daños que ha infringido el modelo hegemónico de "desarrollo", es pertinente mantener y aumentar su uso. Este propósito pasa necesariamente por la investigación, el estudio y la innovación, incluyendo su normalización, y se han obtenido muchos resultados en estos casi 65 años de trabajo alrededor de la arquitectura con tierra. Estos logros deben difundirse, insistiendo en romper el bloqueo que los gobiernos y entidades educativas han impuesto a este material. Las instituciones educativas de avanzada, las organizaciones y redes virtuales creadas por los profesionales y técnicos que visualizan que la construcción con tierra es una buena alternativa para el hábitat sostenible en el futuro, tienen el compromiso de tomar la tarea de la transferencia de conocimientos hacia la juventud profesional y técnica que no tiene acceso, en sus universidades o institutos, al estudio de la tierra como material de construcción, pues está desvalorizado y fuera del pensum por "su falta de utilidad". Si esto no se hace, tomará fuerza la emergente "euforia por la rápida capacitación" para construir con tierra, pudiendo participar cualquier persona que lo desee, a través de talleres o cursos donde se aprende a hacer una casa en una semana o en 15 días, llevándonos esto a las malas prácticas con la tierra que más bien desprestigian y ponen en peligro a las gentes que vivirán en esas edificaciones, si es que llegan a un final.

1. INTRODUCCIÓN

A pesar de la conservación de miles de obras edificadas con tierra a lo largo de la historia, de las que un 17% han sido declaradas patrimonio de la humanidad, y pese a que más de dos mil millones de personas en 150 países hacen uso de la tierra para construir sus casas, en la actualidad (CRAterre, 2002), ésta ha sido "casi olvidada por el progreso del siglo XX" (Bestraten; Hormías; Altemir, 2011) caracterizado por la globalización financiera, sobre todo por la incapacidad de mercadeo de la tierra como material de construcción, ya que no necesita manufacturarse, ni venderse, pues está en todas partes, es gratuita y fácil de trabajar.

La marginación de la tierra como material de construcción en la sociedad desarrollada de hoy día ha tomado fuerza a partir de los nuevos valores consumistas, que entre otras cosas definen que la casa ideal es la que se hace de cemento o de otros materiales innovadores, que requieren mucha energía para elaborarse, son de difícil reciclaje y hasta pueden incluir componentes tóxicos, rechazando este legado constructivo y creando mitos tales como que las casas de tierra son para los pobres, que son feas, que no duran, que no resisten los sismos, ni las lluvias y que además trasmiten el mal de Chagas.

La pérdida del conocimiento de estas técnicas, es también uno de los factores que más ha contribuido en su desvalorización, ya que su exclusión de los programas de estudio universitario y tecnológico ha creado un vacío en los y las profesionales y técnicos de la arquitectura, la ingeniería y la albañilería, que no llegan a conocerla; así mismo, es determinante la omisión de la mayoría de los gobiernos nacionales y locales que no la contemplan en los reglamentos de construcción, o peor aún, prohíben construir con tierra, dando paso a las malas prácticas que efectivamente la degradan, la hacen insegura, insalubre y muchas veces antiestética.

Como efecto final de la desvalorización de las edificaciones de tierra, está la pérdida del valor económico como bien inmueble, ya que la banca y otras instituciones no las reconocen como prenda para garantizar transacciones financieras o como un sistema constructivo a ser financiado.

2. LA BÚSQUEDA DE ALTERNATIVAS: LA INVESTIGACIÓN

Aunque el desarrollo del mundo está fundamentado en que un pequeño grupo de personas acumulen riquezas sin medida, a costa de llevar al planeta a los límites de su destrucción, poniendo en riesgo la supervivencia de la humanidad, miles de personas hacen esfuerzos por revertir estos daños y asegurar la vida en el futuro, buscando alternativas para existir de forma sostenible y amigable con la naturaleza.

Las mujeres y hombres que diseñan y construyen con tierra también han venido aportando en este esfuerzo desde los Siglos XVIII, XIX y XX. Uno de los primeros en estudiarla e innovarla fue el Arq. Francés François Cointeraux, a partir de 1786, llegando a tener una gran influencia en la arquitectura de la época en Inglaterra, Dinamarca, Suiza, Escandinavia, Italia, la península ibérica, Australia y Estados Unidos (Guillaud, 1997) tal como refiere Gatti (2011, p.18) en el Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra: arquitectura y crucción en tierra:

> Él es considerado el padre de la arquitectura de tierra moderna. El éxito temprano de (sus) trabajos … lo llevó a dedicar su vida entera al estudio y difusión de la arquitectura de tierra… desarrolló unas tipologías… que abarcan una gama completa de viviendas para los pobres y los ricos, tanto en entornos urbanos y rurales, que incluye casas de cuatro pisos.
>
> En 1788 fundó la escuela de arquitectura rural en París. Mediante la enseñanza y la publicación de medio centenar de obras… difunde sus experiencias y filosofías de tierra. Como resultado… influyó en una nueva forma de pensar sobre la arquitectura en Europa….

Pero es hasta en el siglo XX cuando la tierra como material de construcción resurge. En los inicios, en pleno empuje de la arquitectura moderna, influyentes arquitectos la retoman, aunque a veces de forma silenciosa y aislada, pero que son valiosas prácticas de recuperación de los saberes, de investigación, de mejoramiento, de modernización y de reconocimiento de la construcción con tierra.

Frank Lloyd Wright en Estados Unidos, entre 1921 y 1924, diseñó y construyó dos proyectos experimentales utilizando un sistema de mampostería llamado “bloque textil” hecho de tierra mezclada con cemento, en 1932 consideró el uso de la tierra apisonada en su propuesta de Broadacre city, y en 1942 aplicó estas ideas en el proyecto de Haciendas Cooperativas, diseñando al mismo tiempo la Casa de Cerámica con adobe y vigas de madera, que no llegó a ser realizada. Pero es en 1949 cuando se da un gran paso con los estudios de Antony Merril (1949), quien analiza la construcción moderna con tierra como una alternativa para resolver la escasez de vivienda durante la depresión y la postguerra, y los plasma en su libro “Casas de tierra apisonada y de suelo-cemento”.

Simultáneamente en Francia, Le Corbusier retoma la construcción con tierra y escribe el libro *Les Constructions Murondins*, sobre la construcción de tapial y bloque de tierra comprimida, diseñando y construyendo numerosas obras en tierra, enmarcadas en sus propuestas de optimizar el espacio y el costo de la obra hasta pasada la post guerra.

Paralelamente, en los años 30, en Egipto, el arquitecto Hassan Fathy utiliza en la arquitectura moderna los métodos de diseño, las habilidades constructivas y los materiales tradicionales de la arquitectura Nubia, que conoció a través de la vivencia comunitaria en la que intercambió conocimientos técnicos con saberes populares sobre la construcción con adobe, logrando enriquecer la construcción tradicional degradada por

la pobreza, las pautas necesarias para revalorizar el estilo tradicional y hacer viviendas populares en el desierto sanas y confortables climáticamente (Fathy, 1969).

Pero la atención hacia la arquitectura de tierra creció a partir de los años 70, a raíz del interés por recuperar el patrimonio de la humanidad en la UNESCO, muchas veces erigido en tierra, que dio origen al estudio técnico y científico en diferentes partes del mundo, tal como afirma Maldonado, Rivera y Vela (2006)

> Por las numerosas y complicadas campañas de restauración de monumentos de tierra que se han emprendido en las últimas décadas en Europa, en Sudamérica y en el Oriente Medio... la investigación se ha centrado en los problemas de la recuperación del saber perdido, la revalorización académica de la arquitectura de tierra y la experimentación con prototipos y complejos demostrativos.

Destacando los trabajos realizados en Francia en el laboratorio CRAterre de Grenoble, en Alemania en el Instituto de Investigación de construcciones experimentales (FEB), en Estados Unidos y en Australia.

Pero es a partir 1977 que se centra la atención en el estudio de la construcción popular con tierra, en sus diferentes técnicas, ya que los datos de vivienda de estos años demuestran que la mayoría de la población mundial en los países pobres solo tiene acceso a casas de tierra, tal como sigue diciendo Maldonado, Rivera y Vela (2006)

> En los países del llamado *Tercer Mundo* la situación es completamente distinta, ya que aquí la arquitectura de tierra se plantea como la única alternativa viable para la construcción de viviendas de bajo coste que puedan albergar a una población cada vez más desamparada...

Se inicia así un movimiento alrededor de la normalización y reglamentación de la construcción de viviendas con tierra, como esfuerzo conjunto de profesionales, universidades y gobiernos para lograr un mejor comportamiento de estas edificaciones, sobre todo para superar la debilidad que presentan ante sismos y lluvias, destacándose los primeros trabajos en Perú, en 1979, cuando surgió la primera Norma, siguiéndole casi inmediatamente India y Turquía; existiendo a la fecha, entre normas y reglamentos, más de 55 documentos en 17 países, en los cinco continentes, aunque en once países estas normas se refieren a la construcción con BTC, existiendo para construcción con tierra cruda solo las normas de Perú (Cid; Mazarrón; Cañas, 2011) y en 2013 las de El Salvador.

Es en estos primero años del siglo XXI que se han sumado muchas más personas, redes, organizaciones, asociaciones, universidades y escuelas técnicas para hacer investigación, propuestas y ensayos para mejorar, modernizar y normalizar la construcción con tierra, destacando en estos esfuerzos la Cátedra UNESCO vinculada por lo menos a universidades de 23 países[41], el Centro de Documentación de ICOMOS (UNESCO), la PUCP de Perú, el Centro de Investigación de Arquitectura Tradicional (CIAT) en Madrid, Dachverbandlehm y UNI-terra en Alemania, Asterre en Francia, Cedterra en Portugal, CRIATIC en Argentina, CIPTEV en México, el ICCET, la Escuela Nacional de Arquitectura de Grenoble y muchas otras universidades en todas partes del mundo. (Bestraten; Hormías; Altemir, 2010).

A esto se añade la nueva corriente de arquitectura de tierra de lujo, que conlleva también nuevas propuestas, tal como señala Maldonado, Rivera y Vela (2006)

[41] La denominación Cátedra UNESCO aplicada a un establecimiento educativo es un reconocimiento de excelencia que la UNESCO otorga a las Universidades, Centros y Organizaciones de educación superior que realizan una tarea de calidad en la aplicación de las finalidades de la UNESCO…. La Conferencia General de 1991 acordó iniciar el Programa de Cátedras UNESCO.

> … en los países ricos de la franja cálida que fueron las antiguas colonias europeas… se ha dado la curiosa situación de la aparición de una arquitectura moderna de tierra para ricos… (dónde) los clientes han generado un tipo de investigación práctica de alto nivel ...

Y dado que es vital, y posible con los adelantos cibernéticos de este nuevo siglo, que los resultados de las investigaciones y estudios se difundan y se compartan en pro de una mejor arquitectura de tierra, se han creado alrededor de ésta un sinnúmero de espacios con grupos y personas asociadas, virtual o físicamente, que se encuentran siempre o periódicamente para el intercambio y enriquecimiento de conocimientos en base a sus experiencias y descubrimientos, entre éstas se destacan: la Red PROTERRA, HABITERRA y CRIATIC de Argentina, la Asociación Terrachidia, red Unitwin Arquitecturas de tierra, culturas constructivas y desarrollo sostenible, Protierra, ARCOT y UNI-Terra de Chile, Construtierra y arqui-tierra de España, TerraBrasil en Brasil, Centro CIDART, FUNDASAL y muchísimas más.

3. DE LA INVESTIGACIÓN A LA PRÁCTICA

Como se ve, son muchos los resultados de la investigación y del estudio acumulado en estos años alrededor de la arquitectura con tierra, pero los esfuerzos por divulgar y transmitirlos todavía parecen ser una gota en el desierto, ya que son muy pocas las universidades e institutos tecnológicos que podrían hacer cambiar la visión de los futuros profesionales de la construcción con respecto a las técnicas con tierra, aun considerando a las incluidas en la catedra de la UNESCO y a otras muchas que han logrado introducir en el pensum, o a nivel de post grado y maestrías, temas relacionados con ésta.

De ahí que la mayor propuesta de capacitación para construir con tierra hoy recae en numerosas organizaciones privadas, ONG grandes y pequeñas, estudios de arquitectura o ingeniería y un incontable grupo de personas individuales, que imparten desde un taller de para ofrecer “la experiencia interior de acariciar la tierra” como material de construcción, a cursos de más de un día y hasta de varias semanas para aprender a hacer una casa de tierra.

4. DE LA EUFORIA DE LA CAPACITACIÓN RÁPIDA A LA MALA PRÁCTICA

Pero dada la falta de rigurosidad académica, el poco tiempo invertido y las expectativas que crean muchas de estas capacitaciones en los participantes, que llegan a creer que después de unos pocos días saldrán constructores, sobran los ejemplos de las malas prácticas realizadas por estos “egresados”, que en el peor de los casos han cobrado victimas mortales, y otras que desprestigian al material tierra, pues si bien aprendieron a hacer una mezcla, o a pegar adobes, o a levantar un murete de cob o de tapial, o una pared de bajareque o enzunchado, o aprendieron a repellar y a pintar con tierra -todas acciones necesarias en una construcción, pero no suficientes- hacen un mal trabajo, pues no tienen una idea completa de lo que es construir, desde la buena ubicación de la vivienda, a cómo se hace la cimentación según el tipo de suelo y las características sísmicas del lugar, o cómo se debe resolver la estructura de techo; pues los cursos son tan cortos, que los participantes no llegan ni a darse cuenta de que, si no lo hacen bien, en vez de una casa pueden construir una “tumba de tierra” para sus futuros habitantes.

La reflexión necesita ejemplos, y para esto se muestran dos casos de Nicaragua: una vivienda de cob de 200 m^2, en la finca El Encanto, Matagalpa, y la casa de adobe de dos pisos construida en el 2013 en la ciudad de Nagarote.

La primera obra se ejecutó por parte de un auto llamado *“*especialista en construcción natural*”* cuyo verdadero oficio era diseñador gráfico, pero que fue “graduado” como constructor en un taller de 15 días en California, Estados Unidos. Realizó la obra de Cob basándose en 5 dibujos esquemáticos y sin haber hecho estudio del suelo, planos, ni

cálculo estructural; falta que se agravó al tratarse de un terreno escarpado, con suelo suelto y quebradizo (tipo cascajo) y con alta pluviosidad (9 meses del año).

Se emplazó la vivienda en la ladera de un cerro de unos 35 m de alto, excavando una terraza de 10 m, a los que se sumaron 11 m de relleno con el material sacado del mismo cerro, dejándose mal compactada por la misma naturaleza de suelo, a lo que se sumó fallas en el muro de retención de la terraza creada para construir la casa, que se hizo con "súper adobes", con sacos cuya tela era degradable con la humedad y el sol y llenos del material del cerro, provocando el movimiento del relleno y en consecuencia graves fisuras en el piso, en los muebles de tierra y en las paredes. (Figuras 1 y 2).

En cuanto al diseño y proceso de construcción de las paredes de cob, no se cumplió con las normas mínimas, destacando la mala selección de la mezcla, pues todas presentaban múltiples grietas a pesar de haber sido resanadas varias veces, deduciéndose también que el procedimiento de dejar secar adecuadamente la capa inferior de tierra antes de colocar la nueva capa no se cumplió. Tampoco se respetó la relación espesor-altura de las paredes como muros de carga y no se obtuvo la sección necesaria para sostener el peso de la cubierta, ya que algunas partes son de apenas 30 centímetros en la base y tienen hasta 3 metros de alto, resultando muy esbeltas y débiles. (Figura 2).

Figuras 1 y 2. Fisuras por asentamiento del suelo. En las ventanas se observa el poco espesor de paredes y la grieta vertical por asentamiento del suelo.

Los elementos estructurales horizontales (vigas dintel) en ventanas, puertas y nichos, prácticamente no existen; sólo se colocaron tablas delgadas y ajustadas al hueco, provocando fallas en las paredes al borde de los vanos (figura 3) y para completar, el techo se hizo sin ningún conocimiento del arte, destacando la ausencia de viga solera, lo que deja sueltas las paredes y los elementos como columnas, largueros y clavadores, que fallaron en conjunto y pusieron en crisis a los delgados muros de carga por la ausencia de esta solera, pues el peso de techo no se podía distribuir uniformemente, agrietando las paredes donde se apoyaban las viga larguero (figura 4).

Figuras 3 y 4. Falta de dinteles. Falla en el empalme de la madera y grietas en los apoyos del larguero

Finalmente, después de 24 meses de estar construyendo esta casa y dado que aún sin terminarla empezó a presentar fallas estructurales graves, a desplomarse algunas paredes y a hundirse la cubierta de techo, se concluyó que la misma representaba un riesgo para las futuras usuarias, recomendándose la demolición total y por ende la pérdida de los 70 mil dólares invertidos. Siendo esto consecuencia de una capacitación en la que se crearon las expectativas de que los asistentes serían capaces de realizar una obra como ésta.

El segundo ejemplo, es una casa de adobe que se construyó por parte de una ONG en la ciudad de Nagarote, situada en la zona de alta sismicidad. La obra tenía el objetivo de servir de modelo de vivienda entre las comunidades pobres, y fue ejecutada por un arquitecto mexicano “experto” en adobe, tras haber recibido cursos de “Arquitectura Alternativa” en México.

En este caso, a pesar que se hicieron los planos necesarios, había una propuesta de diseño que evidentemente no atendía las normas de construcción con adobe, se propuso un edificio de dos pisos, la mitad de planta en doble altura, y aunque ésta era simétrica y con contrafuertes para aumentar el espesor de los muros en los puntos críticos, la relación espesor-altura de la pared no se cumplía ni por cerca, ya que se proponían paredes de 40 cm. con una altura máxima en el tímpano o mojinete de 8 metros, dando una relación 1 a 20, cuando lo más audaz indicado en las normas es de 1 a 12 (NTE E.080, 2000).

Este problema inicial de diseño se agravó una vez que llegó el “experto”, quien totalmente desinteresado en las condiciones sísmicas del sitio, y a pesar de que ya estaban hechas las fundaciones, ordenó eliminar los contrafuertes y la simetría, suprimiendo un espacio que cerraba la planta rectangular, debilitando aún más las paredes, la gran cantidad de ventanas y puertas propuesta y colocadas en forma continua y unas sobre otras (Figura 5), a lo que se sumó la insuficiente sección de los dinteles y del anillo intermedio colocado a la altura del entrepiso (Figura 6).

Figuras 5 y 6. Diseñada en 2 plantas, con 40 cm de espesor y múltiples vanos. Delgadas vigas dintel y anillo intermedio.

Recién concluida la obra ocurrieron sismos leves y un año más tarde, en abril del 2014, sismos hasta de 6.2 grados en la escala de Richter, que causaron, además del desprendimiento del revoque en las dos ocasiones, el surgimiento de grietas en las esquinas de las paredes a doble altura, surgiendo entonces la preocupación en los dueños, a los que ya se les había explicado desde un inicio la no aplicación de las normas mínimas en el proyecto. Por esta razón pidieron, ahora a profesionales nacionales, una propuesta de reforzamiento de las delgadas paredes, incorporándose llaves esquineras de madera en cada hilada de por medio, para evitar la separación de las mismas, pero la recomendación para asegurar la edificación ante un posible terremoto sigue siendo la demolición del segundo piso.

En esta experiencia solo se puede concluir que las malas prácticas del arquitecto “experto en adobe” se debieron, ante todo, a la “ausencia del sentido de responsabilidad por la vida de las personas que habitarían el edificio”, a ignorar de que la sismicidad de una zona determinará la forma de construir, y al desprecio por las normas aplicadas en Nicaragua, ya que él se consideraba sobradamente capacitado en la materia y no necesitaba analizar nada más que su propuesta, lo que al final tuvo un efecto contrario a los objetivos de la ONG que era promover el adobe. Lo que a la fecha se ha logrado es el desprestigio de éste y el desinterés de la población de Nagarote.

5. REFLEXIONES FINALES: LA ACCIÓN

En la mayoría de los casos, los esfuerzos de investigación y las propuestas de los estudiosos de la construcción con tierra son ignorados por los actores que en verdad pueden cambiar la visión y la realidad de ésta en cada país. Los gobiernos nacionales y locales pueden abrir una puerta hacia soluciones viables para enfrentar el déficit de viviendas y para reducir los daños que la industria constructiva moderna causa al planeta.

Pero más preocupante es que estos temas pasan inadvertidos para la mayoría de las universidades y escuelas técnicas, que en las carreras de arquitectura, ingeniería y construcción omiten el capítulo de la tierra. Así mismo el caso de las ONG, muchas dedicadas a la sostenibilidad pero que promueven proyectos de viviendas de materiales no ecológicos.

Hacer caso omiso de los logros alcanzados a la fecha en el tema de la construcción con tierra, ya sea para la conservación del patrimonio, para proveer la vivienda adecuada para las grandes mayorías que no la tienen, o para garantizar la buena construcción de grandes o exóticas obras públicas o privadas, es un error que compromete la sostenibilidad del planeta en el ámbito constructivo.

Es cierto que a pesar de que son muchos los estudiosos investigadores, diseñadores y constructores de los sistemas de tierra, son al mismo tiempo muy pocos en comparación con la necesidad, por tanto, es urgente plantearse como tarea prioritaria la transferencia de estos conocimientos por parte de los que trabajan en las universidades, en las redes técnicas, en las organizaciones o de forma individual, hacia las jóvenes generaciones de arquitectos, ingenieros, constructores y usuarios, pues estos conocimientos están quedando entre el pequeño grupo de “audaces y a veces extraños personajes” que trabajan incansablemente por hacer más seguras, adecuadas, accesibles y modernas las construcciones de tierra.

Desde el ámbito de trabajo de cada uno de los Proterros se debe accionar para que las nuevas generaciones aprendan sobre la construcción con tierra, de la historia, de la contemporaneidad, de la viabilidad ecológica, de la arquitectura y del comportamiento estructural de estas edificaciones, y de cómo adecuarlas a las condiciones geográficas, climáticas y sísmicas de cada sitio, conociendo obligatoriamente las normas aplicables al diseño y al procedimiento constructivo, para hacer bien una edificación de tierra.

En esto hay que centrar los esfuerzos ahora: lograr que en cada país donde hay un Proterro haya al menos una universidad y un tecnológico, en los que se incluyan el estudio serio y completo de la construcción con tierra y se ofrezca al menos un curso de post grado en estos temas; y, como también propuso el Prof. Arq. H. Guillaud desde el 2010 en su presentación en Cali: "Valores de las arquitecturas de tierra para un porvenir sostenible", se debe:

> Actuar para el futuro. Sensibilizar (a) las nuevas generaciones. Desarrollar y conectar las redes para agregar (sumar) las fuerzas y definir plan(es) de acciones regionales y/o internacionales.
>
> Constituir la base científica y técnica, desarrollar la investigación experimental y desarrollar la tecnología, hacer Investigación normativa. Crear centros especializados, locales, nacionales o regionales. (Hacer) Educación superior y capacitación profesional.
>
> Actuar con más Sinergia y Coordinación. Activar un «lobbying» internacional para… (el mayor) reconocimiento de la tierra como material del pasado, presente y futuro.

Si no se lo hace, se está dando a luz a la generación de los "expertos instantáneos de la construcción con tierra" que se gradúan en cursos o talleres de 1 día, 1 semana o 12 semanas, etc., aunque su experticia sea vendedor, sociólogo, diseñador gráfico, agricultor o ama de casa, por poner algunos ejemplos, sin tener idea de las normas para hacerlas seguras, de la sismicidad, pluviosidad o resistencia del suelo de un sitio y su relación con la edificación, y un sinfín de cosas más indispensables para construir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bestraten, S.; Hormías, E.; Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. En: Informes de la Construcción, v. 63, n. 532. Disponible en: http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/1248

Cid, J.; Mazarrón, F. R.; Cañas, I. (2010). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. En: Informes de la Construcción, v. 63, n. 532. Disponible en: http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewArticle/1262

CRAterre, revista Caes Magazine, n. 63, año 2002.

Fathy, Hassan (1969). Arquitectura para los pobres.

Gatti, F. (2012). Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra: arquitectura y construcción en tierra. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya

Guillaud, H. (1997). Cuadernos de la arquitectura en tierra. François Cointeraux Pionero de la construcción moderna en tapial. CRATerre-EAG, Monographie n°3, décembre 1997

Guillaud, H. (2010). Valores de las arquitecturas de tierra para un porvenir sostenible. Biocasa 2010, muestra de construcción Sostenible. Cali. Disponible en: http://www.camacolvalle.org.co/archivos/Biocasa_2010/11.%20Hubert%20Guillaud/ConferenciaGUILLAUDBiocasa2010Cali.pdf

Maldonado, L. R.; Rivera, D. G.; Vela, F. C. (2006) Cincuenta años de investigación en torno de la construcción con tierra. Estudios, ensayos e manuales publicados desde 1950. Boletín

CF+S>38/39: Arquitectura del siglo XXI: más allá de Kioto. Disponible en http://habitat.aq.upm.es/boletin/n38/nt02.html

Merril, Anthony F. (1949). Casas de tierra apisonada y suelo-cemento. Buenos Aires

Reglamento Nacional de Construcciones (2000). Norma Técnica de Edificación NTE E.080 Adobe. Perú

AUTORA

Dulce María Guillén Valenzuela**,** Arquitecta, UNI, Managua, 1995. Investigadora de la construcción con tierra en Nicaragua, diseñadora y constructora de adobe con métodos participativos (20 proyectos y más de 250 viviendas diseñados y construidos), capacitadora desde 1996, docente del curso de “Construcción con adobe” en la Escuela de Oficios de Mujeres en Condega desde 2012, Ex - docente universitaria, formuladora de planes de ordenamiento y desarrollo urbano participativos en 3 ciudades.

11. LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS COMO RESPUESTA A LAS DEBILIDADES Y APROVECHAMIENTO DE POTENCIALIDADES EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL DEL ADOBE

David Francisco Jara Avila[1]; Tatiana Elizabeth Rodas Aviles[2]; Víctor Marcelo Caldas Freire[3]

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Proyecto vlirCPM.

[1]davidjaraavila@hotmail.com; [2]tyrodasa@hotmail.com; [3]calditas_1_1@hotmail.com

Palabras clave: adobe, debilidades, innovaciones

Resumen

La falta de información técnica oficial detallada, la escases en la mano de obra, el desconocimiento de potencialidades del uso de materiales tradicionales para ofrecer una arquitectura de calidad en nuestro medio, han puesto en riesgo de desaparecer estos saberes ancestrales que nos permitirían garantizar la Conservación de estructuras en tierra. En el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca, el adobe es uno de los sistemas constructivos más usados en edificaciones consideradas de valor patrimonial; por lo tanto, conocer las formas de producción tradicional, las variantes interregionales, las funciones y propiedades de sus componentes, nos permitirán entender su comportamiento, potencialidades y debilidades desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental. De la misma manera, es importante identificar las experiencias constructivas innovadoras y de mejoramiento para analizar y comparar las características entre los sistemas tradicionales y los mejorados. De este modo, también se analizara en qué medida dichas innovaciones potencian o no las ventajas del sistema constructivo ancestral, y en qué medida solventan sus desventajas.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, muchas edificaciones de valor histórico y cultural están siendo demolidas, los sistemas constructivos en tierra han caído en desuso y han perdido prestigio frente a otros sistemas; es por esta razón que es necesario entender las causas de estas pérdidas.

En el presente documento se identifican y analizan las potencialidades y debilidades del sistema constructivo del adobe, desde el punto de vista de varios especialistas, no solamente desde el tema técnico arquitectónico sino también desde el campo económico, socio cultural y ambiental, para luego contrastarlas con experiencias en investigación relacionadas con innovaciones tecnológicas y normativas que buscan resolver las desventajas identificadas.

2 OBJETIVO

Identificar los problemas y cualidades que posee el sistema constructivo tradicional con adobe, las innovaciones tecnológicas y las normativas desarrolladas dentro de este contexto, para entender el rol de éstas frente a la solución y mitigación de dichos problemas.

3 METODOLOGÍA

Mediante la revisión bibliográfica de varios artículos, libros, normativas y publicaciones científicas, se ha determinado: en primer lugar características sobresalientes que hacen del adobe un material valedero y, a su vez, se han identificado varios factores que son un inconveniente en cuanto a la producción y a la utilización de este sistema. Por otro lado, con los avances y experiencias en cuanto a innovaciones tecnológicas, junto con las

normas de construcción desarrolladas en este ámbito, se podrán contrastar estos elementos para entender en qué medida se han resuelto los problemas de un sistema constructivo ancestral que sí bien ha funcionado durante el paso del tiempo y guarda una memoria tradicional, debería ser mantenido.

3.1 Potencialidades y debilidades del adobe

A continuación se explicará la influencia de las ventajas y limitaciones del adobe, que en algunos casos podrán ser resueltos con algunas innovaciones y mejoramientos mencionados posteriormente, dentro de los ámbitos técnico arquitectónico, socio cultural, económico y ambiental.

Figura 1. Campaña de mantenimiento de las viviendas de Susudel, proyecto vlirCPM

a) En el aspecto técnico arquitectónico

En cuanto a la producción del adobe *in situ*, existe un gran ahorro de energía, por ello es adecuado para una producción sostenible, además es asequible en el mismo entorno y es auto construible (Haesebrouk; Michiels, 2011). Diseñar y construir con adobe es práctico y sencillo, ya que por su forma se trabaja generalmente en base a módulos.

El adobe ofrece gran variedad de posibilidades constructivas por su gran plasticidad, es muy fácil cortar y darle contornos, es óptimo para realizar bóvedas, cúpulas y viviendas irregulares o circulares (Bardou, 1981), además de sus bondades en preservar la madera y otros materiales orgánicos (Minke, 1994).

También es un material incombustible, con un valor de ignición de F-180. Puede soportar el fuego durante 180 minutos sin arder (Siavichay, 2010), gracias la presencia de la tierra.

En cuanto a su construcción, en la función estructural agilita los trabajos y posibilita una mayor rapidez constructiva, ya que no será necesario contar con los tiempos de encofrados y desencofrados en columnas, vigas y encadenados; así mismo, una vez terminada la obra no hay mayor dificultad para insertar en las paredes los artefactos para instalación de servicios de agua, luz o comunicaciones. (Siavichay, 2010).

En cuanto a desventajas, se puede ver que no se desarrollaron muchas normas de construcción en adobe (Haesebrouk; Michiels, 2011). Existen también limitaciones estructurales en el adobe tradicional, (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012), sobre todo en su comportamiento sísmico. Esto se debe también al gran peso de su estructura. Por ello se recomienda construir hasta dos plantas para lograr un edificio liviano.

La tierra tiene también una fuerza de cohesión baja (Zami, 2008) y una baja resistencia a la humedad. Por esta razón el barro debe ser protegido contra la lluvia y las heladas, ya que es un material permeable. (Minke, 1994)

Finalmente, el espesor de los muros en adobe disminuye el espacio en los ambientes construidos. (Carangui, 2010)

b) En el aspecto socio cultural

Los sistemas térreos, si se construyen de manera apropiada y reciben mantenimiento necesario, satisfacen condiciones técnicas que pueden estar a la par o superar a cualquier sistema convencional, pero con la significativa ventaja de la preservación del medio natural y cultural desarrollado a través del tiempo.

En lo referente a la durabilidad y seguridad, las construcciones en adobe presentan una gran resistencia al tiempo, evidencia de esto son las edificaciones que poseen más de 80 años en la ciudad de Cuenca. (Siavichay, 2010)

Este sistema es, además, apropiado para la autoconstrucción, por lo que sus obras pueden ser ejecutadas por personas no especializadas. Basta con una persona experimentada controlando el proceso de construcción para obtener buenas prácticas y resultados. Por ello, también podemos decir que la construcción en tierra promueve un medio importante para crear empleo, preservando al mismo tiempo un saber tradicional. (Zami, 2008)

En cuanto a desventajas: el adobe no es un material de construcción estandarizado (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012), el sector privado y público no se ha interesado en invertir en este tipo de construcción, es menos aceptado por los profesionales. (Zami, 2008)

Adicionalmente, hay un pensamiento erróneo en creer que la construcción en tierra se asocia únicamente con construcciones de bajos recursos económicos. (Shittu, 2008)

c) En el aspecto económico

Este sistema no requiere de una gran cantidad de recursos económicos. Una pared apisonada, por ejemplo, es 40% más barata de construir que una pared estándar. En lo que respecta a su manejo, es uno de los más sencillos de todos los materiales conocidos para la elaboración de muros y su producción es simple. Según el estudio realizado por Haesenbrouk y Michiels, en 2011, en relación a la producción del adobe en la intervención de edificios antiguos del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca, un bloque de adobe in situ es hasta 3 veces más barato que el ladrillo. (Haesebrouk; Michiels, 2011)

Para la producción de este material existe una gran cantidad de materia prima en el entorno, su ejecución es exclusivamente a mano y con recursos locales, lo que permite, a su vez, eliminar gastos de transporte (Bardou, 1981). Estas técnicas elementales de producción requieren una inversión sumamente reducida en cuanto a equipo industrial y genera mayor empleo. (Haesebrouk; Michiels, 2011)

En cuanto a desventajas del adobe en el aspecto económico podemos decir que, al requerir de mucho tiempo de ejecución, este sistema supone más costos operativos, los cuales se compensan con los bajos costos de producción del material. (Haesebrouk; Michiels, 2011)

Este menor rendimiento de la mano de obra se debe a una mayor fatiga en realizar las actividades necesarias para levantar, por ejemplo, un metro cuadrado de muro de adobe, esto comparado con una pared de ladrillo o bloque. (Siavichay, 2010)

d) En el aspecto ambiental

El adobe tiene inercia térmica, lo cual le permite el almacenamiento del calor, y su transmisión del exterior hacia el interior, teniendo en cuenta el espesor de muros y la orientación. (Wrigth, 1981)

Las construcciones con este sistema tienen un impacto ambiental bajo, pues se necesita menor energía para producirlo y es 100% reciclable y reutilizable. Para preparar,

transportar y trabajar el barro en el sitio, se necesita solamente el 1% de la energía necesaria para fabricar hormigón armado. (Minke, 1994)

Además, la fabricación del adobe y los procesos de fabricación con este material tienen el potencial de reducir la producción de cerca de 100 toneladas de emisiones de CO_2 cada año. (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012)

La utilización de este material en la construcción representa una importante contribución a la eco-eficiencia de la industria de la construcción y, por lo tanto, a un desarrollo más sostenible (Pacheco-Torgal; Jalali, 2012). El adobe está compuesto principalmente por barro, que, además, absorbe contaminantes, regula la humedad ambiental y el clima interior. (Carangui, 2010)

Una desventaja o amenaza en el tema ambiental es que los recursos naturales al ser explotados en el caso de la extracción de la tierra en montañas para la realización del adobe, pueden irse saturando o agotando. Los productores, por lo general, tienen terrenos con la materia prima (tierra) apta para este trabajo, pero si no existe en abundancia, este producto pronto se tendrá que recurrir a más fuentes para la obtención.

3.2 Amenazas y deterioro del adobe

Las fisuras son un daño que el adobe sufre por acción de la contracción por secado de la arcilla, pero cuando son producidas por agentes externos o fallas mecánicas, pueden llegar a convertirse en grietas. Este tipo de afección la encontramos en varias formas: grietas de flexión, grietas y fallas de tímpano, grietas horizontales a mediana altura, grietas de corte en forma de X, grietas verticales en las esquinas, grietas diagonales en las esquinas, grietas en forma de aspas en las esquinas, grietas en aberturas, grietas entre muros perpendiculares, entre otras.

Es importante considerar las grietas dentro de los posibles daños y amenazas más graves que puede sufrir una edificación en tierra, si no se le da un mantenimiento adecuado, y que pueden ser provocadas por sismos, inundaciones y fenómenos naturales en general, a los que son altamente vulnerables este tipo de edificaciones. (Tolles; Kimbro; Ginell, 2002)

Figura 2. Grieta vertical en esquina superior de muro, Castilla, Arequipa, 2001. Crédito: D. Quiun

Otros problemas que pueden afectar la estabilidad de los muros de adobe son los asentamientos de la cimentación y, por otro lado, la humedad, misma que afecta la resistencia del adobe, reduciéndola progresivamente y mermando su capacidad estructural.

Entre los problemas y daños mencionados anteriormente se puede decir que la causa más relevante son los sismos.

Finalmente, en contextos donde los sismos y la construcción en tierra son una constante, es importante comprender las amenazas, el comportamiento de falla en el terreno y en

las edificaciones, y la influencia de las cubiertas y otros elementos en la resistencia del adobe frente a los esfuerzos sísmicos, cuya interacción hace más vulnerable al sistema. Éstas son las mayores preocupaciones de la investigación en cuanto a mejoras del adobe; por ello, su estudio se ha orientado, principalmente, a desarrollar sistemas de refuerzos antisísmicos y a mejorar la forma de producción, así como la composición de los bloques de adobe en cuanto al uso de aditivos y estabilizantes, para enfrentar a la humedad y los sismos que tanto mencionamos (Torrealva, 2003). Es por esto que a continuación se abordarán los temas de mejoramientos y refuerzos del sistema constructivo de adobe.

3.3 Innovaciones en el adobe

Luego de una búsqueda enfocada en contextos semejantes a la ciudad de Cuenca, se identificaron innovaciones en el adobe relacionadas, sobre todo, con el mejoramiento de la resistencia frente a movimientos sísmicos. Estas innovaciones dependen del tipo de edificio a intervenir y el tipo de intervención a realizarse sobre la edificación.

Según el tipo de edificación en obra nueva se han identificado varios tipos de mejoramientos internos, es decir, innovaciones que pueden ser implementadas al interior de los muros.

En edificaciones existentes, las intervenciones deben contemplar la preservación de bienes de valor histórico-cultural, y los sistemas de refuerzo serán respetuosos con todos los bienes.

Por otro lado, tomando en cuenta el criterio del tipo de intervención a realizarse, se han reconocido sistemas de refuerzos externos, aplicados superficialmente, y mejoramientos internos implementados al interior de los muros.

3.4 Refuerzos externos

Por un lado se han establecido aquellos basados en la aplicación de mallas envolventes al muro, de diferentes tipos de materiales naturales o industriales. Por otro lado, hay un tipo de mejoramientos externos basado en revestimientos reforzados con aditivos.

a) Refuerzos externos basados en el uso de mallas

En algunas ocasiones, el comportamiento sísmico de la mampostería de adobe se caracteriza por el fallo repentino de los muros, y el colapso se debe a su conducta frágil, puesto que carece de resistencia a los esfuerzos de tracción. A esto se suma las malas prácticas constructivas, que crean una deficiente unión entre el mortero y los bloques de los muros. (Torrealva, Vargas, Blondet, 2006)

Adicionalmente, la mampostería de adobe es masiva y pesada, generando altos niveles de fuerza sísmica (Blondet et al, 2007). Todo ello provoca en los muros:

- Separaciones en las uniones entre muros adyacentes.
- Aparición de grietas en las esquinas de muros y vanos.
- Desprendimientos de fragmentos de muro en forma de grandes bloques.
- Separación de la estructura de la cubierta.

La malla de refuerzo exterior, en varios ensayos de simulación sísmica en mesas inclinadas y vibratorias, aumentó la ductilidad y resistencia a la flexión de los muros y, en los casos de rotura de los mismos, el refuerzo mantuvo juntos los grandes bloques, evitando desplazamientos excesivos y aumentando la estabilidad (Tolles; Kimbro; Ginell, 2002).

Asimismo, los refuerzos verticales de la malla limitan las flexiones hacia afuera del plano, los desplazamientos de corte del mismo; además, retrasan la aparición de grietas y

mejoran el vínculo del muro a la cimentación, así como a la viga collar. Los refuerzos horizontales restringen los esfuerzos de corte entre los muros adyacentes, transmiten las fuerzas exteriores del plano a los muros de corte y detienen las fisuras verticales.

b) Revestimientos reforzados con aditivos

Existen refuerzos como las fibras naturales, el cemento y las mallas metálicas junto con el mortero de cemento para los revestimientos de muros. Por otro lado, estos revestimientos, además de proteger al muro de agentes como la humedad y las plagas, pueden aumentar la rigidez del mismo y la resistencia inicial a la cizalladura, limitando los desplazamientos laterales y los agrietamientos.

3.5 Mejoramientos internos

Éstos pueden incluir refuerzos horizontales y verticales embebidos entre los bloques y juntas de los muros o la inyección de material de relleno en las grietas de los mismos, e incluso el mejoramiento de los bloques y morteros que conforman la mampostería.

a) Mejoramiento en los bloques de adobe

Es importante la composición granulométrica, la cantidad y tipo de arcilla en la marga para la estabilidad del adobe, puesto que determinarán la fuerza aglutinante entre los componentes del bloque, así como la contracción por secado y consecuente aparición de fisuras.

Mientras tanto, las fibras en el bloque aumentan la fuerza de unión entre los componentes, distribuyendo la tensión por contracción de la arcilla, limitando así la aparición de fisuras (Haesebrouck; Michiels, 2011); ésto también dependerá de la longitud de dichas fibras. De otro lado, el porcentaje del contenido de las mismas dentro del bloque es crucial en la densidad y la resistencia del mortero, pues determinará la cantidad de puntos de contacto entre las fibras y los componentes del mismo.

b) Mejoramiento en los morteros para juntas

Las malas prácticas constructivas disminuyen la cohesión entre el mortero de las juntas y los bloques, generando desprendimientos durante movimientos sísmicos. Esto ocurre, por ejemplo, cuando existe un mal dimensionamiento y las juntas son muy anchas o muy delgadas. Con la investigación en este punto podemos mencionar que el uso del cemento y fibras naturales funcionan muy bien como refuerzos.

c) Mejoramiento mediante el uso de varillas centrales internas en los muros

Este tipo de refuerzo consiste en una armadura embebida al interior y entre las juntas de los muros, formando una malla de elementos verticales y horizontales, otorgándole mayor capacidad de resistencia a deformaciones, retrasando la aparición de grietas y disminuyendo desplazamientos de corte durante movimientos sísmicos.

3.6 Experiencias de innovación del sistema constructivo del adobe

Los sistemas que a continuación se presentan, han probado su resistencia y comportamiento frente a simulaciones sísmicas en laboratorios, y en algunos casos, incluso, han sido probados en edificaciones reales, soportando esfuerzos sísmicos reales, por lo que se deberían tomar como ejemplo para la práctica e introducirlos en el sistema de construcción con adobe.

a) Refuerzo mediante el uso de mallas metálicas

Un estudio realizado en la Universidad Nacional de San Juan, en Argentina (Albarracín et al, 2014), diseñó un sistema de refuerzo sísmico basado en una malla metálica electro soldada y un revoque de mortero de cemento. Se consideró este revoque de revestimiento para preservar mejor la malla metálica y el revoque mismo. Las mallas de

ambas caras de cada muro se vincularon entre sí mediante pasadores de alambre que atravesaron los muros.

Se construyeron dos modelos, uno sin refuerzo como evidencia basal, y otro reforzado. En ensayos sobre una mesa vibratoria, se vio una mayor resistencia sísmica en el modelo reforzado, pues sus muros, a diferencia del modelo base, no se agrietaron. Más bien, fracasó la unión entre la mampostería y la cimentación. Sin embargo, este tipo de revestimiento presenta dificultades al eliminar la humedad absorbida por los muros en climas de altas precipitaciones, deteriorándolos en el tiempo (Albarracín et al, 2014), problema que podría ser contrarrestado con el diseño e implementación de drenajes o elementos que ayuden a la expulsión de humedad. Este tipo de técnica también se podría utilizar en construcciones existentes.

b) Refuerzo mediante inyección de barro líquido y el uso de mallas de cuerdas

En un estudio realizado en la Pontificia Universidad Católica de Perú (Blondet et al, 2014), mediante simulación sísmica, se indujo agrietamiento en un modelo a escala, usando sus valores de falla como base del ensayo. Se inyectó barro líquido en las grietas y, una vez seco, se reforzaron ambas caras de los muros con mallas de cuerdas de fibras sintéticas. Las cuerdas verticales fueron ancladas a la viga collar y a la primera hilada del muro, luego se tensaron mediante templadores. Las mallas de ambas caras del muro se vincularon entre sí mediante cuerdas a manera de pasadores que atravesaron los muros.

En este ensayo, el refuerzo mejoró el comportamiento sísmico del modelo, preservando su estabilidad, evitando el colapso y controlando los desplazamientos excesivos. Se recuperó, además, gran parte de la resistencia a esfuerzos de corte y rigidez originales.

La técnica de inyección de barro líquido puede ser aplicada en obra preexistente, si se evidencian grietas o fisuras profundas post obra; del mismo modo puede ser utilizado para obra nueva en el caso de que, al montar el material, sufra alguna alteración o ruptura. Las mallas de cuerda pueden ser utilizadas igual para obras preexistentes que para obra nueva.

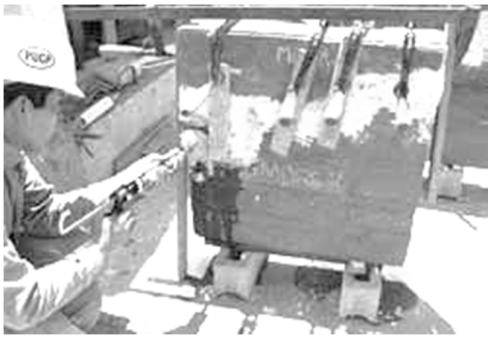


Figura 3. Inyección de barro líquido en grietas (Blondet et al, 2007)

c) Refuerzo mediante recubrimiento parcial con malla metálica y mortero de cemento

La Pontificia Universidad Católica de Perú (PUCP) desarrolló un sistema basado en mallas electro soldadas aplicadas verticalmente en las esquinas y horizontalmente en la parte superior de los muros, a manera de columnas y vigas sobre ambas caras del muro y revestidas luego con mortero de cemento. (Torrealva; Vargas; Blondet, 2006)

Varias casas construidas bajo este sistema resistieron el terremoto de 2003 al sur del Perú; sin embargo, los resultados de ensayos realizados en laboratorio sobre modelos con refuerzo y sin él, determinaron que el sistema no evita el colapso parcial y la inestabilidad en sismos fuertes, pues las bandas son más rígidas que los muros y absorben gran parte de las fuerzas sísmicas hasta llegar a su límite elástico y se produce la ruptura. Este tipo de refuerzo puede ser aplicado en obra nueva o existente.

d) Refuerzo mediante el uso de mallas poliméricas

La PUCP y el Getty en conjunto, desarrollaron un estudio para probar las mallas naturales e industriales (Torrealva; Vargas; Blondet, 2006). Se construyó un modelo reforzado con una malla natural formada por cañas de bambú como refuerzo vertical y cuerdas de fibra vegetal como refuerzo horizontal. Las mallas de ambas caras del muro se conectaron entre sí mediante cabuya. El segundo modelo fue reforzado con mallas de polímero en ambas caras del muro, vinculadas mediante hilo plástico. Ambos modelos fueron revestidos con barro.

Se determinó que ambos tipos de refuerzo funcionan cuando el muro se agrieta, limitando el desplazamiento de las fracciones en que éste se divide e impidiendo su colapso durante un sismo. Con ello podríamos decir que este refuerzo puede ser aplicado, tanto para construcciones preexistentes como para obra nueva.

e) Mejoramientos internos en los muros de adobe, mediante caña de bambú

La PUCP diseñó un sistema basado en la colocación de caña de bambú verticalmente al interior del muro, a una distancia de una vez y medio el grosor del mismo (Torrealva; Vargas; Blondet, 2006). Estas cañas se cruzaban y ataban con cañas horizontales colocadas cada cuatro hiladas. Pruebas de simulación sísmica sobre modelos con refuerzo y modelos sin éste, mostraron que el sistema, junto al uso de una viga collar, incrementa la deformación de las paredes, evita la separación de los muros y el colapso de la edificación.

Dado que se aplica al interior de los muros, este tipo de técnica es aplicada solamente en obra nueva.

Figura 4. Malla natural mediante caña y cuerdas de fibra vegetal, (Blondet et al, 2007)

Figura 5. Mejoramiento interno mediante caña de bambú (Blondet et al, 2007)

f) Sistemas desarrollados por el Getty Seismic Adobe Project (GSAP)

Este proyecto desarrolló una serie de adecuaciones y sistemas (Tolles; Kimbro; Ginell, 2002):

- Sistemas de cables horizontales en la parte superior e inferior del muro y tirantes verticales a intervalos regulares. Dichos cables y tirantes en ambas caras de los muros se conectan entre sí mediante pasadores que atraviesan los muros. Este tipo de intervención puede ser aplicado a obras existentes u obras nuevas.
- Varillas verticales al interior de los muros, sea en las esquinas o a lo largo de éstos. Este tipo de técnica está diseñada para intervenciones en obra nueva.
- Diafragmas parciales de madera, anclados mediante un cable horizontal perimetral a los muros, pues en el adobe las cargas se concentran en las uniones y el esfuerzo cortante en el mismo es bajo. Este tipo de intervención es aplicable tanto para obra nueva como para edificaciones existentes.
- Sistemas de anclaje de los muros a las vigas de collar mediante cables perimetrales externos para evitar volcamientos. Es aplicable especialmente para obra existente que requiere mejoramiento.

Simulaciones sísmicas en modelos a escala, determinaron que los modelos sin estos refuerzos colapsaron y, una vez reforzados, no volvieron a colapsar. (Tolles; Kimbro; Ginell, 2002)

g) Reforzamiento del mortero para adobe mediante fibras de yute

Shariful e Iwashita (2006) estudiaron el refuerzo del mortero mediante las fibras de yute. En base a muestras de adobe en edificios antiguos, se identificó su granulometría y se diseñó un mortero similar. Con este nuevo mortero se elaboraron probetas, agregando diferentes tipos de fibra a cada una: yute, paja y cáñamo. Luego se desarrollaron pruebas de esfuerzos uniaxiales. Se concluyó que el mortero reforzado con yute obtuvo un mejor comportamiento dúctil y una mayor dureza, y que un contenido del 2% de éste, en una longitud de fibra de 1 cm a 2 cm eran ideales para mejorar la resistencia del mortero.

Luego, en ensayos con probetas tipo sándwich, se probaron diferentes tipos de morteros para juntas. La falla durante los ensayos en todas las muestras se produjo precisamente en la junta, y se determinó una mayor fuerza de compresión en un contenido de 2% en yute, tanto en el mortero como en los bloques.

h) Sistemas de preservación del adobe en áreas lluviosas

La PUCP y la Universidad de California desarrollaron un estudio para alternativas en la protección de edificaciones en adobe ubicadas en áreas lluviosas, mediante estabilizantes naturales y sintéticos, formando parte de los morteros de revestimiento: extracto de hoja de tuna, variedades de cactus, hojas y tallo de plátano, vainas de algarrobo y asfalto. Los resultados mostraron a la tuna como el mejor estabilizante natural, dado su tiempo de remojo. Los estabilizantes y aditivos (fibras y arena) junto a un buen acabado como el pulido mediante piedra, pueden evitar las fisuras y la degradación producto de la humedad en los muros.

3.7 Análisis de la normativa de las construcciones en tierra frente a las debilidades e innovaciones del sistema constructivo de adobe

Muchas de las mejoras tecnológicas desarrolladas en el adobe se han ratificado en regulaciones, con el objetivo de estandarizar sus procesos constructivos. Por ello, se indagaron las normativas de aquellos países con realidades cercanas a la región, (continente americano) como la norma NMAC 14.7.4 (2009) y ASTM E2392 (2010), la NTE E 0.80 de Perú (2006) y su proyecto de actualización (Ministerio…, 2013), la norma de El Salvador RTS 91.02.01:14 (2014), la norma chilena NCh 3332 (2013) y la

propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales en Colombia (Ruiz; López; Rivera, 2012).

Tabla 1. Normas y Reglamentos seleccionados con sus contenidos. Clasificación de normativas de construcción en tierra según el enfoque.

País	Norma / Reglamento	Selección de suelos	Requisito de producto	Fabricación	Construcción	Diseño	Sismicidad	Valoración patrimonial
USA	NMAC 14.7.4	x	x		x			
	ASTM E2392/E2392M –10	x		x	x		x	
Perú	NTE E 0.80	x	x	x	x	x	x	
	Proyecto de Actualización de la Norma Peruana E.080	x	x	x	x	x	x	x
El Salvador	RTS 91.02.01:14	x	x		x	x	x	
Chile	NCh 3332						x	x
Colombia	Propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales						x	x

Como ya se ha señalado, dentro de las innovaciones descritas en este documento, la principal problemática se relaciona con los temas: sísmico, humedad y erosión del adobe. En este contexto se identificaron adecuaciones como el uso de refuerzos horizontales y verticales formando mallas, mismos que han sido ratificados, tanto en la norma peruana NTE E.080 (2006) y su proyecto de actualización (Ministerio…, 2013), como en la RTS 91.02.01:14 de El Salvador (2014), dentro de las cuales se recomienda el empleo de refuerzos como: carrizo (varas de castilla), madera en rollizos, ramas trenzadas de fibra vegetal y sogas de cabuya.

El mismo proyecto de actualización de la norma NTE E.080 (2006), ratifica también los refuerzos externos como las mallas poliméricas y las mallas metálicas electro soldadas.

Por otra parte, y en relación al mejoramiento de los morteros de tierra frente a las acciones mecánicas y ambientales, la norma MNAC 14.7.4 de USA (2009) hace alusión al uso de refuerzos como cal, arena y cemento. De igual forma, la norma NTE E.080 (2006) permite la utilización de aditivos como paja y aglomerantes como cal, cemento, asfalto, yeso y bosta.

En cuanto a resolver problemas de humedad y erosión, la normativa de Perú, pese a que no sugiere innovaciones, brinda recomendaciones en cuanto a recubrimientos, aleros, veredas perimetrales, cimientos y drenajes (NTE E.080, 2000).

Finalmente, y dentro de este mismo contexto, se pueden identificar varias normativas con enfoques diferentes, como es el caso de la norma NCh 3332 de Chile (2013) y la propuesta de normativa para la rehabilitación sísmica de edificaciones patrimoniales en Colombia (Ruiz; López; Rivera, 2012), que se orientan, además del tema sísmico, al tema de la conservación de patrimonio edificado, y la norma ASTM E2392 de USA (2010) que se vincula al tema de la sustentabilidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los principales problemas del sistema en adobe se relacionan con temas de resistencia sísmica y resistencia frente a humedad. Las innovaciones descritas en este documento, evidencian principalmente una preocupación dentro de la investigación por los temas técnico-constructivos enfocados en el comportamiento sísmico de las estructuras en adobe, así como en la conducta del mortero de tierra frente a las acciones mecánicas y humedad.

Sin embargo, no se puede olvidar que en cada una de las experiencias innovadoras citadas se deben considerar aspectos como: el carácter auto construible, la asequibilidad de recursos tecnológicos y humanos dentro del mismo entorno, el ahorro de energía e impacto ambiental en la producción de dichas innovaciones y factores económicos como asequibilidad. En cuanto a este último factor (económico) es importante mencionar que se debería indagar en el tema de costos de innovaciones y mejoramientos, para ver en qué medida son factibles y útiles al momento de realizar una intervención.

Las normas de construcción con tierra existentes, por su parte, han buscado dar respuesta a necesidades técnico-constructivas, al mejoramiento de su comportamiento sísmico, así como a regulaciones en aspectos de sostenibilidad. Quizá queda aún por desarrollar y difundir en muchos países, incluido Ecuador, regulaciones de construcción con tierra, y en aquellos donde ya se cuenta con una norma, desarrollarla al punto donde se integre todos los enfoques de la construcción en tierra, tal es el caso de la Norma E.080 de Perú.

5. CONCLUSIONES

Para cualquier estudio enfocado en la innovación de un sistema constructivo tradicional en tierra, se necesita conocer primero el comportamiento del material frente a factores como acciones mecánicas y humedad, para luego determinar potencialidades, debilidades, daños, amenazas y vulnerabilidades. Las innovaciones deberán abordar la problemática desde una visión sostenible. Sin duda, los sistemas mejorados con materiales naturales permiten un mayor ahorro de energía y de costos de producción frente a los materiales industriales, sin embargo, todo esto dependerá de la disponibilidad e impacto ambiental del material dentro del mismo entorno. La nueva solución al sistema debe ser de elaboración muy sencilla. Por otra parte, en las adecuaciones con materiales industriales se deben discutir los términos: reciclable, reutilizable, consumo de energía, producción de desperdicios, emisión de contaminantes en la producción, etc. Adicionalmente, cualquier innovación sustentada en recursos locales, tanto tecnológicos como humanos (conocimientos y capacidades), puede estimular la inserción de sectores productivo – culturales, y al mismo tiempo ser pertinentes con la preservación de un patrimonio cultural material e inmaterial. Finalmente, cabe decir que no se han publicado regulaciones de construcción con tierra en toda la región, y que muchas de las normas de construcción publicadas en algunos de estos países, en lugar de incluir a los grandes grupos de usuarios de este tipo de arquitectura, excluyen y/o contraindican a las construcciones con tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albarracín, O.; Saldivar, M.; Garino, L.; Navarta, G. (2014). Reforzamiento de estructuras de adobe con mallas metálicas. In: Arquitectura de Tierra: Patrimonio y Sustentabilidad en Regiones Sísmicas, Correia, M.; Neves, C.; Núñez, D., San Salvador, El Salvador.

ASTM International (2010). ASTM E2392/E2392M – Standard guide for design of earthen wall building systems. Disponible en http://www.builtinbliss.com/wp-content/uploads/2013/01/ASTM_E2392-10_Earthen_Walls.pdf. Acceso en 19/16/15.

Bardou, Patrick (1981). Arquitecturas de adobe. Barcelona: Editorial Gustavo Gili,

Blondet, M.; Vargas, J.; Sosa, C.; Soto, J. (2014). Refuerzo Sísmico de Construcciones mediante la inyección de barro líquido y Mallas de Cuerdas. In: Arquitectura de Tierra: Patrimonio y Sustentabilidad en Regiones Sísmicas, Correia, M.; Neves, C.; Núñez, D., San Salvador, El Salvador.

Blondet, M.; Villa, G.; Brzev, S.; Rubiños, Á. (2007). Earthquake – resistant construction of adobe buildings: a tutorial, 60(5), 901–910. Disponible en http://doi.org/10.1227/01.NEU.0000255422.86054.51. Acceso en 08/06/2015.

Carangui, Silvana. (2010). Estudio de los sistemas constructivos tradicionales en madera. Disertada (Facultad de Arquitectura). Universidad de Cuenca – UC. Cuenca.

Haesebrouck, L.; Michiels, T. (2011). Improving durability of adobe: A case study for Cuenca. Disertado (Master in de ingenieurswetenschappen). Katholieke Universiteit Leuven – K.U.Leuven. Leuven.

Instituto Nacional de Normalización de Chile (2013). NCh 3332 – Estructuras – Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda – Requisitos del proyecto estructural. INN. Disponible en http://admin.ryv.cl/upload/imagenes-editor/files/NCh03332-2013.pdf. Acceso en 04/06/2015.

Ministerios de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú, Viceministerios de Construcción y Saneamiento de Perú, Dirección Nacional de Construcción de Perú. (2013). Proyecto de actualización de la norma E.080 Adobe, Construcción Con Tierra. Disponible en http://www.vivienda.gob.pe/dnc/proyecto-actualizacion-norma-e080-adobe.pdf. Acceso en 26/04/205.

Minke, Gernot (1994). Manual de construcción en tierra. Kassel: Editorial Nordan Comunidad, Alemania.

New Mexico Administrative Code (2009). NMAC 14.7.4 – Housing and Construction. Building Codes General. 2009 New Mexico Earthen Building Materials Code. Disponible en http://164.64.110.239/nmac/parts/title14/14.007.0004.htm. Acceso en 04/06/15.

Norma técnica de edificación NTE E.080 Adobe (2006). Disponible en http://www.construccion.org.pe/normas/rne2011/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_080.pdf. Acceso en 24/04/2015.

Organismo Salvadoreño de Reglamentación Técnica (2014). Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 91.02.01:14. Urbanismo y construcción en lo relativo al uso del sistema constructivo de adobe para viviendas de un nivel. Disponible en http://www.inmetro.gov.br/barreirastecnicas/pontofocal/..%5Cpontofocal%5Ctextos%5Cregulamentos%5CSLV_172.pdf. Acceso en 04/06/2015.

Pacheco-Torgal, F.; Jalali, S. (2012). Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction. Construction and Building Materials, 29, 512–519.

Ruiz, Daniel Valencia; López, Cecilia Pérez; Rivera, Juan Carlos (2012). Propuesta de normativa para la rehabilitación símica de edificaciones patrimoniales en Colombia. Disponible en http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/viewFile/8767/7018. Acceso en 04/06/2015.

Shariful, M.; Iwashita, K. (2006). Seismic response of fiber-reinforced and stabilized adobe structures. In: Proceedings of the Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium. Hardy, M.; Cancino, C.; Ostergren, G., Los Ángeles, United States.

Shittu, T. (2008). Earth construction in Nigeria. Challenges and prospects. In: 5th International conference on building with earth, Weimar, Germany, LEHM.

Siavichay, Diego (2010). Adobe en la construcción. Propuesta de mejoramiento de las características técnicas del adobe para la aplicación en viviendas unifamiliares emplazadas en el área periurbana de la ciudad de Cuenca. Disertada (Facultad de Arquitectura). Universidad de Cuenca – UC. Cuenca.

Tolles, E. L.; Kimbro, E. E.; Ginell, W. S. (2002). Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe. GCI Scientific Program Report. Los Angeles. p. 69–71, 89–99.

Torrealva, D.; Vargas, J.; Blondet, M. (2006). Earthquake Resistant Design Criteria and Testing of Adobe Buildings at Pontificia Universidad Católica del Perú, In: Getty Seismic Adobe Project 2006 Colloquium, Hardy, M.; Cancino, C.; Ostergren, G., Los Ángeles, United States.

Torrealva, Daniel Dávila (2003). Serie cuadernos de adobe – caracterización de daños en construcciones de adobe. Pontifica Universidad Católica del Perú Departamento de Ingeniería. Sección Ingeniería Civil. Disponible en http://www.gerdipac.com.pe/Segun%20PUCP%20Caracterizacion_danos.pdf. Acceso en 15/06/2015.

Wrigth, David (1981). Arquitecturas de adobe. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

Zami, M. (2008). Using earth as a building material for sustainable low cost housing in Zimbabwe. The Built and Human Environment Review. p. 1, 40–55.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación y colaboración de la Arq. Gabriela García, quien con buena voluntad aportó con sus conocimientos a la elaboración de este documento científico.

AUTORES

David Francisco Jara Avila, arquitecto graduado en la Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, con mención en restauración y conservación de monumentos, investigador de tiempo completo en el proyecto vlirCPM de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Tatiana Elizabeth Rodas Aviles, arquitecta graduada en la Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, con mención en restauración y conservación de monumentos, investigadora de tiempo completo en el proyecto vlirCPM de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Víctor Marcelo Caldas Freire, estudiante de la Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, investigador de medio tiempo en el proyecto vlirCPM de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

12. ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA. VALORIZACIÓN CONTEMPORÁNEA DE UN SABER HACER ANCESTRAL Y LOCAL

Anne Lemarquis[1]; Amanda Rivera Vidal[2]

Escuela de Construcción en Tierra ECoT, Chile
[1]anne.lemarquis.tierra.arq@gmail.com; [2]amandariverav@gmail.com

Palabras clave: Educación, patrimonio inmaterial, experimentación, pedagogía de la práctica

Resumen

América latina. La tierra como material universal y eterno está presente en una inmensidad de culturas constructivas, y se ha ido forjando con una inmensidad de particularidades locales. En Chile, la principal particularidad es sus rasgos sísmicos. La enseñanza de los movimientos de la tierra ha hecho adaptarse y transformar a las culturas constructivas extranjeras en locales. A su vez, el patrimonio inmaterial en tierra está vivo en Chile, donde, además, el patrimonio material en tierra es la base de la identidad chilena; pero éste, actualmente se encuentra escondido y generalmente ignorado. La transmisión de los conocimientos vivos en los constructores tradicionales es urgente, y a la vez está ausente de las iniciativas educativas formales. Es en este contexto que se crea la Escuela de Construcción en Tierra ECoT, para valorizar los saberes tradicionales y traspasar este "saber hacer", a través de una reinterpretación contemporánea; con métodos pedagógicos simples y concretos, principalmente a través de la intuición y la pedagogía de la manipulación. En Chile, una diversidad de situación ha hecho avanzar a las construcciones de tierra. Hoy se pueden observar una inmensidad de proyectos tanto de intervenciones patrimoniales como contemporáneas en tierra.

INTRODUCCIÓN

El patrimonio inmaterial en tierra está vivo en Chile, los constructores tradicionales en tierra aún se encuentran, pero están hoy en peligro de extinción.

El patrimonio material en tierra expresado en grandes monumentos y en construcciones sencillas, son la base de la identidad chilena, pero actualmente se encuentra escondido y generalmente ignorado.

Es necesario ponerlo en valor y aportar a su visualización, tanto para mantener el patrimonio como para crear nuevas construcciones.

Contexto de la construcción en tierra

La tierra es un material de construcción ancestral disponible y accesible para la humanidad. Los humanos adquirieron muy temprano la capacidad de transformar la materia tierra en un material de construcción.

La variedad de las tierras disponibles en el mundo ha hecho nacer una diversidad de técnicas constructivas; y ha dado vida y forma a territorios, con estrategias constructivas locales y con conocimientos lentamente madurados.

En el siglo XXI, momento marcado por los productos y la vida desechables, la tierra asume aún más su valor de eterno, gracias a su cualidad única de reversibilidad. Se puede construir, reparar, modificar una construcción con la misma tierra, simplemente mezclándola de nuevo con agua. ¿Porque no hacer lo más simple?

La tierra y otros materiales naturales son de una increíble vigencia: La tierra es ecológica, económica, abundante y diversa. Existe hoy el deber de valorizarla, dando continuidad a estas prácticas esenciales de las identidades locales.

Cultura constructiva

La cultura constructiva es el conjunto de saberes vivos que porta una comunidad sobre la construcción.

La cultura constructiva está permanente en evolución, es un saber que se reinventa, que integra nuevos parámetros en su transformación, que se adapta, que ha sabido aprender de la naturaleza y va mejorando cada vez.

El desafío actual consiste en reinterpretar el habitar de la tierra hacia un hábitat contemporáneo. La cultura constructiva en tierra está viva en los que construyen y transmiten conocimientos sobre la construcción en tierra.

Se entiende que los saberes construidos colectivamente y transmitidos generacionalmente identifican a una comunidad y conectan afectivamente con su territorio. Desde allí se comprende la noción de patrimonio como un concepto vivo, sentido por sus habitantes y sostenido por la tradición oral, que puede convertirse en la herramienta para re habitar y re construir las localidades de manera sustentable.

Desde siempre, las culturas constructivas en tierra han encontrado las soluciones más ingeniosas a las necesidades de un buen cobijo, de una temperatura adecuada, buscando los espesores de los muros para cada clima.

CHILE EN TIERRA

Chile es un país que se encuentra en el borde del Océano Pacífico cayéndose de las alturas de la Cordillera de los Andes, separado del resto del continente americano por el agua, las montañas, el gran desierto de Atacama y los enormes campos de hielo en el sur.

Es, al mismo tiempo, un país con diversos climas, diversos paisajes y diversas culturas. Los pueblos originarios chilenos, que van desde los aymaras, quechuas y atacameños por el norte, hasta los selk'man y yámanas por el sur; han construido diversidades culturales en el territorio.

La cultura de la construcción en tierra ha existido en Chile desde sus primeros habitantes, y esto se demuestra con hallazgos arqueológicos de construcciones de adobe, principalmente en el norte grande del país (figura 1).

Figura 1- Ruinas de Tulor cercanas a San Pedro de Atacama en el Norte de Chile.

Crédito: Cristian Muñoz

Pero, a la vez, el principal patrimonio en tierra existente en la zona más poblada del país (la zona central), que es el resultado de una cultura constructiva mestiza. De la relación y mezcla de las culturas constructivas nativas y de la introducción de una "nueva" cultura constructiva traída desde la península ibérica con los conquistadores españoles.

Cultura sísmica en tierra

La enseñanza de "la prueba y el error" de la construcción española en territorio, hoy chileno, desarrolló esta nueva cultura constructiva "mestiza". La cultura constructiva española fue reinterpretada en la colonia, adaptándose a la realidad sísmica de las tierras de Chile.

La fuerza de la tierra, la frecuencia e intensidad de los movimientos telúricos en Chile (que cuenta con los registros más altos con el terremoto del año 1960 magnitud de 9,5 M_W), hicieron adaptarse "a la fuerza" la cultura constructiva introducida; creando estrategias integrales en las construcciones de tierra, principalmente de adobe.

Esta cultura constructiva sísmica ha sido probada en muchos terremotos a través de la historia, y más recientemente con el terremoto 8,8 del año 2010 (figura 2).

Figura 2- Zona central de Chanco marzo del 2010, a un par de semanas del terremoto 8.8 con epicentro a pocos kilómetros[42]. Crédito: Cristian Muñoz

La estrategia de integralidad en la concepción y construcción de las edificaciones de tierra es lo principal, la preocupación de este criterio durante su construcción, pero también durante su concepción y en las posibles modificaciones posteriores, son determinantes para la correcta respuesta ante el momento de solicitación sísmica.

Durante la observación de los criterios utilizados en diferentes culturas sísmicas en el mundo, se han constatado criterios similares para dispersión del esfuerzo sísmico en los muros de adobe, principalmente a través de dispositivos horizontales (figura 3) que

[42] Se retrata la evidencia del sistema constructivo de adobe. Se distingue alerta de "no habitar" pintada por los bomberos, lo que no retrata su real estado de estabilidad.

dispersarían las fuerzas a través de la construcción, evitando esfuerzos puntuales que destruyan las construcciones. El conocimiento acumulado durante los años, junto a una gran capacidad de resiliencia de los habitantes y constructores tradicionales de Chile ha formado una riquísima cultura constructiva sísmica local; logrando mejorar en cada episodio las debilidades constructivas, reforzando la cultura.

Figura 3- Iglesia de Ovalle, zona central de Chile[43]. Crédito: Cristian Muñoz

También, como respuesta a la necesidad de sismo-resistencia de las construcciones chilenas, hemos constatado sistemas mixtos como el "adobillo" o el "adobe en pandereta", que, en conjunto con las construcciones de adobe, representa las principales respuestas sísmicas. (Figura 4)

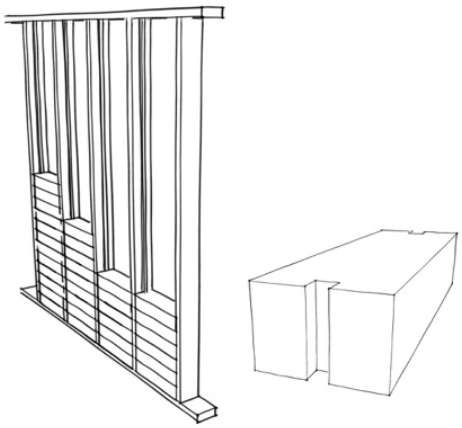


Figura 4- Esquema del sistema constructivo del adobillo con un bloque especial que se traba a la estructura de madera portante. Extraído del video educativo "El adobe".

[43] Construcción con escalerillas de madera que actúan como dispositivos sísmicos en los muros de albañilería de adobe que dispersan la energía en el momento sísmico, disminuyendo su altura. Estas escalerillas son continuas en toda la planta de la construcción y se evidencia al coincidir con las aberturas de puertas y ventanas.

En Chile, los análisis de daños a las construcciones de tierra, después de los terremotos de gran intensidad, son la mejor herramienta para conocer las estrategias de las culturas constructivas y su estado actual. Éstos muestran claramente las razones de los daños, que son principalmente la consecuencia de la falta de conocimiento sobre la estructuración de las construcciones de tierra, por lo tanto, su ausente mantención e incorrecta modificación (aberturas y extensiones estructuralmente inapropiadas).

Cultura constructiva local

La arquitectura ha hablado de su contexto desde siempre. En Chile, cada forma y material tradicional son extraídos del mismo lugar, y hablan de sus características y condiciones. En el norte con “totora”, “torta de barro”; en el centro con teja de arcilla y “enquinchado”; en el sur con tejuelas de madera. El patrimonio material en tierra, expresado en grandes monumentos y en construcciones sencillas, son la base de la identidad chilena, llenan las ciudades desde Arica a la Patagonia, aunque hoy se encuentren escondidas detrás de estucos de cemento y de la ignorancia general. Cada lugar tiene sus propias técnicas, su propia forma de construir. Las construcciones de adobe, “adobón”, tapial, “adobillo”, “pandereta de adobe” (figura 5), “quincha”, “tabique cobquecurano” (figura 6), son algunas de las muchas manifestaciones de esa diversidad constructiva y cultural que existe en el territorio.

Figura 5- Maqueta a escala real de técnica constructiva del “adobe en pandereta”[44].

[44] Esta técnica consiste en la ejecución de una tabiquería de pies derechos entre las corridas verticales de adobes, generalmente cada 60 cm, ya que los adobes más habituales medían 60 cm x 30 cm x 10 cm. Esta técnica era utilizada de forma tradicional en la construcción de adobe como tabiquería secundaria, con los

Crédito: Matías Valenzuela

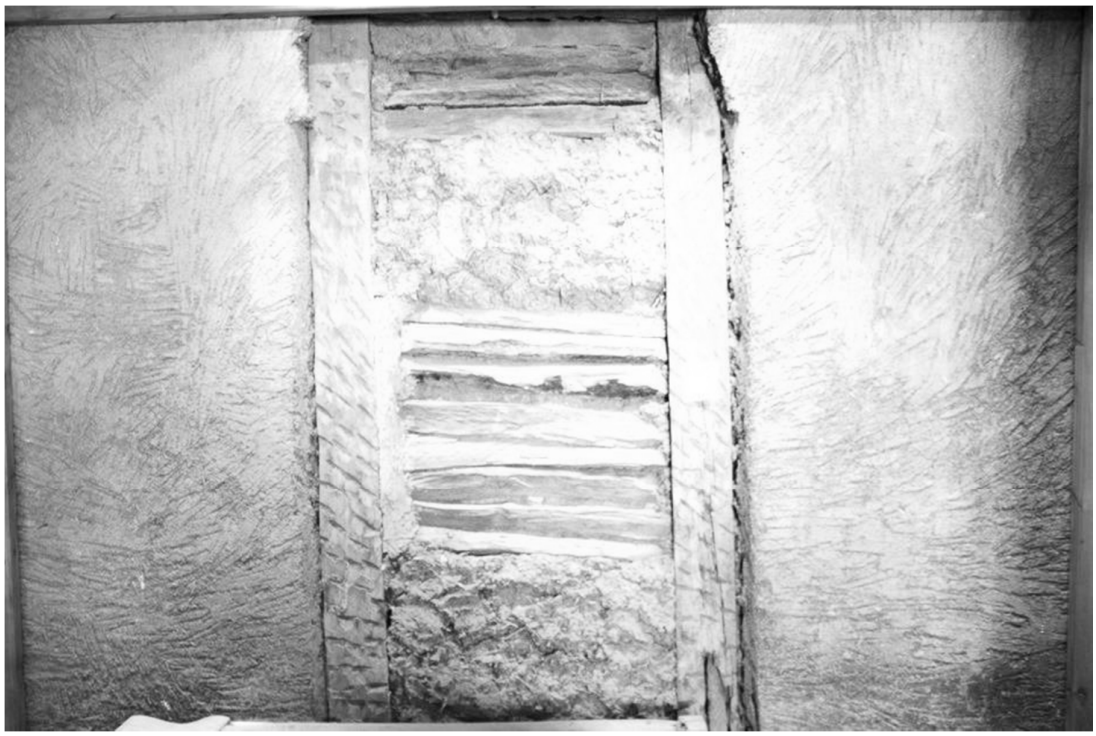


Figura 6- Tabique Cobquecurano[45]. Crédito: Amanda Rivera

La enseñanza de la tierra

El patrimonio inmaterial está expresado en todos los saberes vivos de los constructores en tierra. Ellos existen aún en Chile, aunque dispersos, y están hoy en peligro de extinción.

En muchas otras latitudes se ha perdido los saberes vivos de la construcción, y sólo ha sido mucho años más tarde que la valorización de ese saber hacer ha llegado. En Chile hoy, existe la posibilidad de valorar a quienes portan y han heredado de sus ancestros un saber hacer sabio, fruto de la experiencia y del saber empírico, de la experiencia de construir con tierra en un territorio sísmico. Es hoy que, junto a estos “maestros” locales, se puede transmitir los gestos y lógicas de la construcción; la experiencia en la obra de tierra, que es la base del arte de construir.

La tarea de los profesionales chilenos dedicados a la construcción en tierra es poner en valor el patrimonio material e inmaterial, y visibilizarlo, tanto para mantener el patrimonio como para modificarlo, adecuándolo a los tiempos actuales a través de intervenciones o construcciones contemporáneas.

Lamentablemente, estas técnicas no tendrán futuro si no se comprende su lógica constructiva y sus materiales; lo que no se hace si los saberes sobre las construcciones tradicionales siguen ausentes de las formaciones profesionales y técnicas.

---

mismos adobes. Maqueta realizada en el curso 100% Tierra de la Escuela de Construcción en Tierra ECoT en enero 2014.

[45] Sistema constructivo tradicional de la localidad de Cobquecura ubicado al norte de la región del Bío Bío en la zona central de Chile. Consiste en una tabiquería de pilares con un ahuecamiento donde se ensamblan maderas horizontales que luego son revestidas con grandes cargas de mortero de tierra.

Es por eso que el traspaso de conocimientos de la construcción en tierra, lo que no se enseña en las aulas, se hace hoy urgente.

LA ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA

En este contexto nace la Escuela de Construcción en Tierra (ECoT), como una iniciativa independiente. La ECoT tiene como principal motivación generar el traspasso, desde los antiguos constructores a las futuras generaciones, y vincularlo a tecnologías y técnicas de construcción contemporáneas.

Busca promover y poner en valor, tanto el patrimonio inmaterial a través de los saberes constructivos, como el patrimonio material a través de la construcción en tierra.

La ECoT, como institución, busca darle una continuidad a las culturas constructivas locales, diversas y dispersas de Chile, en conjunto con otras instituciones.

La práctica para llevar a cabo es la realización y promoción de encuentros de saberes en diferentes localidades del país. El primer ejemplo fue realizado en Corinto (figura 7), en la región del Maule, donde se ha valorizado el conocimiento y experiencia en la construcción en tierra de los antiguos constructores, quienes son capaces de evaluar acertadamente el estado constructivo de las antiguas construcciones de adobe y las razones de su mantención y deterioro.

Figura 7- Encuentro Tierras de Corinto, realizado junto a Fundación Jofré en la Región del Maule, en la conmemoración de un año del terremoto 8.8 del 2010. Crédito: Cristian Muñoz

Hoy se fomenta la organización de diversos otros encuentros de saberes, para poner en valor a los constructores tradicionales, primero en sus comunidades y luego en todo el país.

Al oficio de “maestro” en construcción en tierra le falta todavía reconocimiento. Los antiguos constructores son la base para construir el patrimonio material por venir y del que se debe aprender.

Figura 8- Capacitación a equipos de constructores a cargo de la reconstrucción en las localidades de Santa Cruz, región del Maule, Chile. Crédito: Cristian Muñoz

Formación de una institución para la promoción de la construcción en tierra

La ECoT empezó con la realización de cursos a “maestros” y constructores encargados de reconstruir viviendas de tierra luego del terremoto del 2010 en Santa Cruz (figura 8); también se sensibilizó y educó a los habitantes de las construcciones de tierra de la misma localidad, discutiendo las ventajas y desventajas de habitar casas de tierra, llegando a definir entre todos el modo adecuado de mantener la casa y no dañarla al intervenir.

Luego se adentró en cursos a profesionales ligados a la construcción y a la arquitectura, así como a personas que quisieran trabajar en sus propias viviendas. Se realizaron también cursos en diversas universidades, promoviendo el conocimiento de diversas técnicas de tierra dentro de la academia.

Figura 9- Curso de construcción en adobe, otoño de 2014. Desde la experimentación a la construcción.

El objetivo profundo de la ECoT es sumamente social, defiende el acceso masivo a los conocimientos prácticos de la construcción en tierra, con la visión de autogestión de las comunidades y su capacidad a opinar sobre las intervenciones que se hagan en su localidad, tanto a su patrimonio como a nuevas construcciones.

La ECoT formalizó su institucionalidad a comienzos del año 2014, ampliado su equipo a 10 personas que se dedican a la construcción en tierra desde la construcción, la ingeniera, la pedagogía y la arquitectura. Esto ha permitido una mayor extensión geográfica y ha mutualizado los conocimientos en construcción, en pedagogía, en diseño y en arte.

Método Pedagógico

Los métodos de transmisión sobre la construcción en tierra utilizado por los docentes de la ECoT, vienen principalmente de la enseñanza del Laboratorio CRAterre-ENSAG en Francia, donde las fundadoras han sido formadas. Esta escuela, junto con la propuesta experimental y contemporánea de comprender este material universal, brindado por el proyecto amàco, son pilares de la experimentación en la pedagogía.

Figura 10- Taller “juego de adobe” para los estudiantes de Stuttgart y Mainz (Alemania) abierto al gran público y visitado por niños. Festival Grains d’Isère organizado por el laboratorio CRAterre-ENSAG y AMàco en Francia. Mayo 2015. Crédito: amàco

El propósito de la ECoT es la enseñanza de la construcción en tierra en general. La particularidad reside en el desarrollo de un método pedagógico específico que consiste en realizar cuestionamientos sin dar una respuesta absoluta, sino realizar una búsqueda mutua de las respuestas; ya que ha sido esa la forma en que se ha construido la sabiduría constructiva en tierra en el mundo, y más aún, en la cultura sísmica chilena. La propuesta es acercarse a los conocimientos de forma intuitiva y lúdica, lo que permite a las personas integrar la información generada por sí misma, asegurando una apropiación de los conocimientos de forma intuitiva y lúdica, ya que se trabaja desde el (re)descubrimiento de la materia a través de actividades que llamen a una sensibilidad casi infantil, una mezcla entre ciencia y juego. Actividades que a primera vista parecen

sólo juegos (construcción de castillos de arena o tacto de elementos con los ojos tapados), pero lo que buscan es despojarse de los prejuicios hacia la materia y el redescubrimiento de las cualidades de los materiales y de la indagación, inclusive, en nuevas posibilidades con ellos. Al final de la realización de experticias lúdicas, que son generalmente el inicio de cursos de mayor profundización, se realiza una reflexión colectiva y se comienza con los contenidos científicos de la materia y técnicos de la construcción.

Se considera que no se pueden entregar contenidos sobre la construcción en tierra sin la etapa de desprendimiento de los prejuicios impuestos en nuestras formaciones y en la sociedad, por lo que las actividades de iniciación son determinantes para el buen desarrollo de las actividades pedagógicas posteriores.

Las capacitaciones tienen un enfoque práctico de transmisión. Están fundadas en la pedagogía de la manipulación. Para comprender la tierra y la construcción con ella, se debe tocar la tierra; el tacto tiene una manera propia de comprender la materia. Los talleres son prácticos, y el aprendizaje en terreno se usa como estrategia para fomentar intervenciones adecuadas y nutrir la creatividad en la construcción.

Expresar la materialidad de las construcciones es de suma importancia. Permite dar reflejo del contexto geológico y geográfico local, y dar valor a la habilidad de los “maestros” de la construcción, posicionar su labor en el campo del arte de construir con tierra.

Experiencias pedagógicas

La ECoT desarrolla diferentes formas de expresar el método pedagógico planteado anteriormente, donde la experiencia práctica tiene un rol central.

Es en este contexto que se ha realizado un esfuerzo por multiplicar los cursos realizados en obras reales, donde quienes aprenden a construir comprenden inmediatamente la dimensión de la construcción en tierra, lo que incluye el peso, el tiempo, entre otros.

Capacitar en la misma obra, permite entregar herramientas reales, solucionando posibles problemas y comprendiendo la lógica constructiva de forma inmediata. Esto facilita luego la abstracción para la creación de nuevas soluciones constructivas.

Figura11- Curso en obra casa de Ana Taulis. Comunidad Ecológica de Peñalolén, Santiago de Chile. Julio 2013. Crédito: Amanda Rivera

MULTIPLICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN TIERRA EN CHILE

Gracias al conjunto de iniciativas para promover las arquitecturas en tierra, desde diversas instituciones e iniciativas chilenas, se hace notar la multiplicación de interesados y la realización concreta, en Chile, de la construcción en tierra. Cada año más y más restauraciones y construcciones en tierra se desarrollan.

La experiencia con el patrimonio

Los terremotos son siempre, para el contexto chileno, una inmensa oportunidad de leer las construcciones en tierra, y son a la vez la oportunidad de trabajar las construcciones en tierra dañadas o no. Ha sido principalmente después de los terremotos de los años 2005, 2007 y 2010 que importantes políticas nacionales se han desarrollado para el cuidado, restauración, reforzamiento y/o mantención del patrimonio construido en tierra. Esto incluye la nueva norma chilena para la intervención de edificios patrimoniales en tierra.

Es en este contexto que, tanto el patrimonio monumental como el patrimonio humilde de las construcciones tradicionales, han sido puestos en valor a través de renovaciones respetuosas que valorizan el saber constructivo expresado en el mismo patrimonio material.

Ejemplos como la renovación de la zona central del Pueblo de Vichuquén (figura 12) toman importancia en la valorización de un saber hacer tradicional.

Figura 12- Proceso de reparación de viviendas en la localidad de Vichuquén, zona típica patrimonial de la región del Maule. Crédito: Cristian Muñoz

A su vez, intervenciones monumentales como la completa restauración de la Iglesia de San Pedro de Atacama, ha incluido en su ejecución la puesta en valor de los oficios tradicionales, trabajando en conjunto con los sabios maestros locales y traspasando estos conocimientos a las futuras generaciones de maestros, también locales.

La arquitectura contemporánea

La arquitectura contemporánea en tierra en Chile ha tenido un inmenso desarrollo desde hace varios años, comenzando su re interpretación de las técnicas tradicionales con la invención de la “quincha metálica” de Marcelo Cortés, que tecnifica la técnica tradicional de tierra y madera introduciendo la armadura metálica

Figura 13- Centro de Ecología Aplicada. Obra del arquitecto Marcelo Cortés en Santiago de Chile. Crédito: Andrés Cruz

Hoy son más y más los arquitectos y constructores que optan por la tierra para construir, creando interesantes intervenciones de diferentes dimensiones que expresan una cultura constructiva en plena evolución.

Figura 14- Pabellón Vitivinícola del arquitecto Patricio Merino. Cauquenes, región del Maule. Crédito: Anne Lemarquis

AUTORES

Anne Lemarquis, arquitecta DSA CRATerre ENSAG. Empezó la construcción en tierra con carpinteros en Francia. En paralelo a la actividad de arquitecta, diseño y gestión de obra, desarrolla su camino con el material y la materia tierra en varios ámbitos: difusión, teoría y un acento a la práctica concreta. Currículo completo en http://www.annelemarquis.cl

Amanda Rivera, arquitecta especializada en construcción en tierra en el Laboratorio CRAterre-ENSAG. Desde el año 2009 trabaja en arquitectura y construcción en tierra (construcción, arquitectura, difusión, educación). Co-autor del video educativo “EL ADOBE”. Co fundadora de la Escuela de Construcción en Tierra ECoT. Jefe de proyecto América Latina para TERRA Award. Actualmente colabora con el arq. Marcelo Cortés. Más información en http://www.amandarivera.cl

13. LAS ETNOTECNIAS Y EL USO DE LA TIERRA

Arturo López González

Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Chiapas, México. abajareque@yahoo.com

Palabras claves: Etnotecnias, adobe sismo-resistente, bajareque, autoconstrucción asistida

Resumen

La falsa modernidad y la obstinación de los medios de comunicación respecto a los nuevos y mejores materiales de construcción, han generado que legados ancestrales se hayan ido perdiendo, relegando e incluso menospreciando hasta por los propios pueblos donde se llevaban a cabo prácticas constructivas tradicionales. Sin embargo, se han desarrollado propuestas basadas en sistemas constructivos tradicionales empleados por estos pueblos étnicos. A través de una revisión bibliográfica y de campo, se han encontrado diversos sistemas constructivos entre los que destacan aquellos donde prevalece el uso de la tierra como insumo básico, tales como el bajareque y el adobe. En México, estos sistemas eran conocidos desde la época pre-hispánica, teniendo con el adobe ejemplos representativos en las pirámides de Cholula, en Puebla; y la de Teotihuacán, en México; y con el bajareque, las casas que construían los Mayas; ambos sistemas han demostrado, a través de la historia, su eficiencia y fortaleza ante los embates de la naturaleza. Este trabajo es producto de una serie de análisis donde se muestran procesos y experiencias desarrolladas con un alto impacto en las políticas gubernamentales e instituciones encargadas de desarrollar programas habitacionales y espacios educativos, reduciendo considerablemente costos de construcción. Se ha atendido demandas sociales añejas de la población de bajos ingresos económicos, sobre todo de la población rural, con estas "nuevas" propuestas del bajareque mejorado y adobe sismo-resistente (S-R). Se pretende no solo el rescate de estas técnicas constructivas que se encuentran "en peligro de extinción"; sino, coadyuvar en la atención de demandas de espacios en la vivienda y aulas rurales; asimismo, reducir el impacto negativo al medio ambiente mediante la minimización del uso de materiales industrializados, lo que ha permitido bajar los niveles de CO_2 emitidos a la atmósfera y disminuido en aproximadamente un 60% del costo energético empleado en la extracción, proceso de producción y transporte de estos materiales industrializados.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la factura de la naturaleza ha cobrado parte de su deuda con la humanidad; se ha vuelto cotidiano cómo la fuerte contaminación emanada al medio ambiente ha generado constantes cambios climáticos, que a su vez, han generado una serie de desastres naturales, impactando negativa e irreversiblemente en la biósfera, en la infraestructura y el equipamiento existentes.

La industria de la construcción representa el 10% del Producto Bruto Mundial; asimismo, es una de las principales consumidoras de recursos y energéticos, absorbiendo entre el 40% y 50% de la energía mundial; por lo mismo, se considera una de las principales responsables de la generación de gases que causan el efecto invernadero y la emisión de desechos sólidos. (Arce; Calves, 2011)

Como consecuencia de los problemas ambientales y la crisis energética que se vive en el día a día, se puede mencionar el calentamiento global, que es un mal que está presente desde fines del siglo XIX, cuando los científicos comenzaron a observar que la temperatura del planeta iba incrementándose, y desde entonces, este incremento, en lugar de verse reducido, se acelera cada vez más.

Como se ha señalado, la industria de la construcción consume la mitad de los recursos mundiales, lo que la convierte en una de las actividades menos sostenibles del planeta. La vida gira en torno a una gran variedad de construcciones ya que se vive en casas, se trabaja en oficinas, se viaja en carreteras y se relaciona en cafeterías, restaurantes y comercios, entre otros. Es decir, los seres humanos dependen de las edificaciones para

que les brinde cobijo, bienestar y seguridad. Por ello es que se deben de tomar acciones para que estas edificaciones no causen más daño a la biósfera. Y, aunque la arquitectura por sí sola no puede resolver los problemas medioambientales, sí puede contribuir significativamente en aliviarla, reduciendo el consumo de materiales industrializados y, por consecuencia, la reducción del consumo energético, la emisión de CO_2 y el desechamiento de residuos sólidos; generando así hábitats humanos más sostenibles.

Se tiene conocimiento de variadas técnicas constructivas tradicionales, en las cuales se confirma el uso de la tierra en sus diferentes presentaciones, en combinación con otros materiales naturales de la región como la madera, la cañamaiz, la piedra, entre otros; así como de la participación activa de sus moradores con la mano de obra; técnicas conocidas como el adobe y el bajareque. Además de que estas técnicas se enmarcan como una tecnología apropiada y apropiable; construcciones empíricas desarrolladas por los propios pobladores, heredadas de generación tras generación.

Sin lugar a dudas, estas técnicas sugieren revisarse para ser retomadas y ser propuestas en respuesta a problemas sociales, económicos y medio-ambientales con que se enfrenta la sociedad actual; principalmente en la falta de espacios habitables que cubran mínimamente las necesidades de habitabilidad de las familias de escasos recursos económicos de las zonas rurales y ruburbanas.

Es pues, tanto para los arquitectos e ingenieros, como para aquellos que se encuentran inmersos en el desarrollo de los proyectos y la edificación de espacios habitables, más que un compromiso, una responsabilidad que deben de asumir de manera seria, responsable y amable con el medio ambiente, tratando de romper paradigmas, transformando los modelos convencionales de construcción, minimizando el uso de materiales industrializados, regresando la mirada hacia atrás, procurando el rescate de las etnotecnias con alto valor histórico y cultural y que, a través de la historia, han demostrado su eficiencia y fortaleza ante los embates de la naturaleza.

2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Chiapas, ubicado al sur de la República Mexicana, presenta grandes contrastes, puesto que se trata de una entidad rica en recursos naturales y culturales, pero a la vez, está considerado como uno de los Estados con más familias en situación de pobreza en México; mientras que a nivel nacional se tiene 45,5%, en Chiapas se tiene 76,2%, siendo la entidad federativa del país con mayor índice, según el Consejo Nacional de Evaluación de las Políticas de Desarrollo Social. (CONEVAL, 2014)

Chiapas, desde tiempos remotos ha sido el asiento de culturas tan antiguas como la de los Mayas; actualmente no ha dejado de serlo, puesto que se asientan, en total, 12 diferentes etnias en diversos puntos de este Estado. Estos grupos indígenas, independientemente de saber que algunos de éstos provienen, por cuestiones circunstanciales, del vecino país de Guatemala, no dejan de manifestarse mediante sus tradiciones y costumbres como un grupo de etnias que tienen su origen y raíz en la cultura Maya. No sólo se aprecia desde su organización social, sino en su lengua, su medicina tradicional basada en plantas naturales, su comida, su producción, su vestido y, sobre todo, su sistema constructivo empleado para edificar sus casas a través de la ayuda mutua. La arquitectura desarrollada por cada una de estas etnias responde a las variaciones climáticas de su medio, a los recursos naturales de la localidad y a su experiencia en las labores constructivas.

Basados en su contexto social y natural inmediato, se presentaban las variantes constructivas que iban generando una identidad propia de su pueblo y su cultura; creando soluciones funcionales y formales condicionadas siempre, no sólo por sus usos y costumbres, sino por el medio natural que los rodeaba.

Los doce grupos étnicos que figuran en Chiapas representan 27,2% de la población total del Estado, es decir, lo integran un total de 1.141.109 habitantes, y éstos son: Tzeltales, Tzotziles, Choles, Zoques, Tojolabales, Lacandones, Mames, Chujes, Cackchikeles, Jacaltecos, Mochós y Kanjobales (INEGI, 2010). Los Tzeltales son el mayor grupo étnico de Chiapas, con poco más de 36% de la población; los primeros 4 grupos étnicos mencionados suman 98,5% de todas las etnias. La vivienda tradicional, mayoritariamente de estos grupos poblacionales, es de un sólo cuarto de planta cuadrada, con una sola puerta y sin ventanas. Las paredes se construyen de lodo endurecido con armazón de otate (bajareque), techo alto de palma, zacate o tabletas de madera, el techo es de cuatro aguas y termina en un remate abierto, por donde sale el humo del fogón y el piso es de tierra apisonada. Normalmente las casas tienen un tapanco al que se le da diversos usos, especialmente para almacenar los excedentes de la cosecha que se consumen a lo largo del año y algunas herramientas de trabajo y utensilios de cocina.

Con el objeto de distinguir y entender las características que conforman la arquitectura y tecnología usada en la construcción de viviendas populares, es necesario realizar una revisión del perfil tipológico que presenta actualmente la arquitectura tradicional, cuyos principales motores de transformación han sido la adecuación al medio ambiente y la adecuación al entorno cultural, social y económico. (Alcántara, 2005)

Algunos ejemplos de este tipo de construcciones se ve en las casas de adobes, además de las de bajareque, unidas con barro y desplantados sobre cimientos de piedra; el acabado puede ser enjarrado con lodo o barro fino y pintado a la cal o bien dejarse aparente; el sistema de muros de carga, básicamente de adobe, es empleado en cualquier tipo de partido arquitectónico: casa redonda, casa de corredor o casa de patio, y se asocia fundamentalmente a cubiertas de teja de barro.

En las “Relaciones de Yucatán”, de Fray Diego de Landa, refiriéndose al bajareque, se hace una descripción de las casas mayas que están construidas con madera y palos puntiagudos, cubiertas con paja o palma. Se dice que a los antiguos mayas les gustaba vivir en alto, como se puede apreciar en la mayor parte de las antiguas casas. En otros pasajes se menciona que a los muros de bambú se agregaba barro revuelto con hierba, obteniendo una estructura más duradera conocida como bajareque. Este tipo de vivienda tradicional tiene como antecedentes ser de origen prehispánico, y que es, además, el prototipo de vivienda Maya más antiguo del Continente. Otros autores señalan que era la vivienda que comúnmente empleaban los zoques (Villa, 1990).

Definen al bajareque como el embarro o enjarre, haciéndolo notar que en la costa del pacífico de la República Mexicana se le llamaba bajareque, en la huasteca enjarre, en regiones del Golfo de México embarro y en Yucatán *pack lum* (en maya); además, considera que sus exponentes más importantes se encuentran en Chiapas, Guerrero, Oaxaca, la Zona de la Huasteca y la península de Yucatán. Este procedimiento ha sido el resultado simultáneo de largos años de ensayos realizados por los aborígenes, estudiando las posibilidades de los materiales que la región les ofrecía y aplicándolos a la construcción de sus viviendas, con el fin de obtener los mejores resultados en contra de las inclemencias del medio ambiente (Moya, 1988).

El bajareque consiste en una hilera de horcones hincados en el suelo que forman la pared y entre estos se coloca un entramado de varas entretejidas que después se rellenan por uno o ambos lados con un aplanado de barro o lodo, mezclado con zacate o paja para darle mayor consistencia. El bajareque no es exclusivo de México, es conocido en países como Guatemala, El Salvador, Honduras, Perú, Colombia, Brasil, Francia, Dinamarca, Yugoslavia y algunos países del continente africano, entre otros.

2.1. Adobe

La palabra actual que se emplea para designar el adobe proviene del término árabe *attoba, al-toba, al-tub*, que significa: "ladrillo de barro crudo". Su uso en la construcción

se difundió primero a Egipto y al lejano Oriente, pasando después a Europa a través de Grecia y Roma.

El adobe es uno de los materiales de construcción más antiguo y de uso más difundido. El uso de unidades de barro secadas al sol data desde 8000 A.C. (Houben, Guillard, 1994, citado por Blondet; Villa; Brzev, 2003). El uso de adobe es muy común en algunas de las regiones más propensas a desastres del mundo. En general, este tipo de construcción ha sido empleada principalmente por la población rural de bajo ingreso económico.

Existen evidencias en la República Mexicana que en la época prehispánica este material ya era empleado en la construcción de los grandes templos y pirámides precolombinos; ejemplos claros se observan con las obras que perduran para su estudio y regocijo; como la pirámide de Cholula, en Puebla, con una base de 350 m, su forma es única en Mesoamérica; la pirámide de Cholula superó por su volumen, no por su altura, a la pirámide egipcia de Keops. Otro ejemplo es la Pirámide del Sol, en Teotihuacán, entre 50 y 200 d. C. a base de adobe recubierto con piedra volcánica. (López, 2006)

2.2. Bajareque

El bajareque es una técnica constructiva empleada por los Mayas hace más de 3.500 años, principalmente para edificar sus viviendas. Se asentaron en gran parte del territorio chiapaneco, así como otros estados del sureste de la República Mexicana y Centroamérica (Valverde, 2000). Esta técnica también es conocida en diferentes países de Latinoamérica, Europa y África. El nombre de bajareque es conocido en gran parte de México; en Colombia se le conoce como bahareque; en Perú, como quincha; en Brasil, *pau a pique*; en Francia como *torchis*; y en lengua Maya se denomina *kolóojché*.

3. DESARROLLO DE LAS PROPUESTAS

3.1. Adobe sismo-resistente (S-R)

Basados en las consecuencias que sufren las construcciones de adobe, principalmente ante los movimientos telúricos, los cuales se reflejan en pérdidas y daños en la vida de los seres humanos, así como en la destrucción y daños al contexto natural y edificado, se pretende evitar estas pérdidas de vidas provocadas por el colapso de las construcciones y/o por efectos secundarios, así como reducir los daños y pérdidas del objeto construido.

Se adopta y adapta la propuesta desarrollada en el Perú sobre el adobe sismo-resistente (Minke, 2001), la cual ha demostrado sus bondades y ventajas ante los efectos sísmicos, tal como lo han comprobado con las pruebas llevadas a cabo en sus laboratorios, partiendo de los resultados de ensayos con modelos a escala natural en un simulador de sismos; demostrando que los elementos de refuerzos vertical y horizontal, combinados con la viga collar previenen las fisuras o fracturas en las esquinas de los muros, manteniendo la integridad estructural y su consecuente prevención de daños a sus habitantes (Blondet; Villa; Brzev, 2003).

Retomando los estudios, trabajos, y recomendaciones del CENAPRED (Centro Nacional para la Prevención de Desastres), en México se trata de mejorar el sistema del adobe sismo-resistente, de acuerdo al proceso constructivo de los elementos que a continuación se describe (figura 1).

A) Cimentación firme y segura a base de mampostería de piedra de la región sobre terreno estable, junteado o asentado con mortero cemento-arena, incluyendo su sobrecimiento para protección de los efectos del agua al muro de adobe.

B) Anclaje del refuerzo a la cimentación mediante la colocación de una varilla corrugada de 3/8” a cada 82 cm., ahogada a la mampostería de la cimentación, y sobresaliendo 40 cm., el cual se introduce al bambú *guadua* de aproximadamente 2” de diámetro.

C) Refuerzo vertical y horizontal a base de bambú *guadua*, a cada 82 cm en el sentido vertical, y a cada 4 hiladas en el sentido horizontal; el primero se fijará a la varilla corrugada de 3/8” mediante la “inyección” de mortero cemento-arena al bambú, logrando con esto que la varilla quede ahogada dentro del mismo. Así también, en cada cruce del entramado de bambú, se fijarán entre ellos con pijas roscables de 3” de largo. Previamente el adobe se elabora con el orificio central de 21/2” de diámetro o medios círculos en cada extremo según sea el caso de su ubicación.

D) Contrafuertes en los cruces de muros, dependiendo de la longitud de cada uno, a base del mismo material y prolongación de los refuerzos horizontales de bambú *guadua*; asimismo, los muros expuestos a la lluvia se protegen con malla gallinera y repello con mortero cemento-cal-arena.

Figura 1- Proceso constructivo del adobe sismo-resistente (S-R)

E) Cadena perimetral de 10 cm x 30 cm (viga collar) de concreto armado con varillas de 3/8” y anilletas de alambrón de 1/4”; esta cadena se ancla al muro reforzado mediante el enganche de varillas de 3/8” a la cadena y ahogada con mortero cemento-arena a los refuerzos verticales de bambú.

F) Fijación y anclaje de estructura de cubierta a base de bambú *guadua* de 3” de diámetro en paquete de dos para lograr una mayor sección en su sentido vertical o vigas de madera de pino tratadas con ACC (arsenato de cobre y cromo); este anclaje se obtiene mediante el ahogamiento de varillas roscadas de 3/8” a la cadena perimetral de concreto armado, la cual traspasará los bambúes o vigas de la estructura para su posterior fijación con tuercas; logrando una cubierta semi-rígida.

G) Cubierta ligera AN-3 con estructura de bambú *guadua angustifolia* o viga de madera, recibe un artesonado de madera a base de tablas fijado a la estructura con pijas roscables de 2 ½” de largo; sobre el artesonado se tiende un fieltro asfáltico fijado con

grapas o se impermeabiliza, luego se coloca la cubierta final a base de teja artesanal de barro o fibrocemento. De esta forma se concluye el proceso constructivo más relevante del adobe sismo-resistente quedando terminada la edificación como se muestra en las figuras 2a y 2b.

Figura 2a- Diversas obras concluidas con el sistema de adobe sismo-resistente (continúa)

Figura 2b- Diversas obras concluidas con el sistema de adobe sismo-resistente

3.2. Bajareque mejorado

En esta propuesta se revaloraron los aspectos de identidad y cultura; considerando el valor histórico y cultural que representa para muchas poblaciones del mundo entero. Es una propuesta que se enmarca como una tecnología apropiada y apropiable por el uso de materiales naturales de la región y el empleo de mano de obra local no especializada. Prevalece este tipo de construcciones con los pobladores, particularmente de aquellos de origen rural, debido a que sigue siendo utilizado por ellos mismos mediante la transferencia generacional de la técnica.

Sin embargo, al adoptarla se estaba consciente de las desventajas técnicas que esta propuesta presentaba ante los constantes embates de la naturaleza; por lo que se propuso mejoras en cada uno de los elementos constructivos que conforman la técnica; que permitiera presentar, primeramente, otra imagen de la vivienda, diferente a la que comúnmente los pobladores conocían del bajareque tradicional, surgiendo así la propuesta del “bajareque mejorado”.

Además del aspecto formal y espacial de la nueva propuesta, se tenía que cuidar el aspecto de la seguridad estructural y la prolongación de la vida útil de la construcción. Así también, con relación a la vivienda progresiva; se tenía que prever un crecimiento progresivo-racional que permitiera a los futuros habitadores-autoconstructores tener una base con la cual pudieran partir y generar nuevos espacios habitables; realizando cualquier ampliación a su vivienda que desearan de manera gradual.

A diferencia del adobe, esta técnica no ha presentado, históricamente, una desventaja ante los movimientos telúricos, no así ante otros elementos naturales como los fuertes vientos, lluvias, tormentas e inundaciones; entre otros. Siendo entonces una estructura, desde sus orígenes, flexible y con cierta resistencia a sismos, situación por la que únicamente se le prestó mayor atención a los sistemas de uniones, traslapes y anclajes; además de las mejoras a todo el sistema para evitar daños causados por la humedad, la flora y fauna nociva (figuras 3a y 3b).

Figura 3a- Desarrollo del proceso constructivo del bajareque mejorado (continúa)

Figura 3b- Desarrollo del proceso constructivo del bajareque mejorado

La propuesta consiste en un sistema modular conformado por una repetición de múltiplos y submúltiplos (Coppola, 1977) de 1,50 x 1,50 metros, principalmente por dos factores: el primero, se refiere al proyecto arquitectónico, ya que la repetición de estos módulos permite generar espacios habitables con dimensionamiento confortable para diversas actividades; el segundo, a las medidas comerciales de los materiales que se encuentran en la región, es decir, madera de pino, la cual se comercializa en medidas de 2,50 y 3,00 metros de largo, entre otras, por lo que se consideró la medida de 3,00 metros, permitiendo rigidizar y estabilizar la estructura al contemplar apoyos verticales a cada 1,50 metros y los largueros de la estructura de la cubierta a cada 0,75 metros.

Los recursos naturales, materia prima básica para esta construcción, son aquellos que se encuentran en la región: tierra, madera (polines, barrotes y reglas), paja o “juncia”, así como materiales de desecho que se proponen reutilizar: aceite quemado, corcholatas, bolsas de nylon y cañamaíz; éste último se considera así, ya que es un material que, después de la cosecha del maíz, el campesino lo ‘troncha’ y queda tirado en el terreno para alimento del ganado, y en muy contadas ocasiones es utilizado para el ensetado de corrales.

Se recomienda utilizar en la madera tratada un retardante contra incendio, tal como se señala en las normas mexicanas para la construcción con madera (NMX-C-307), para garantizar la integridad física de sus moradores, en caso de un incendio que los

ocupantes tengan media hora de disponibilidad antes de cualquier desastre mayor causado por el mismo. Debido a las bondades que presenta el construir con esta técnica, se han desarrollado edificaciones de otros géneros arquitectónicos, como por ejemplo: cabañas, aulas, cafeterías, oficinas, casas de salud, capillas, entre otros (figuras 4a y 4b).

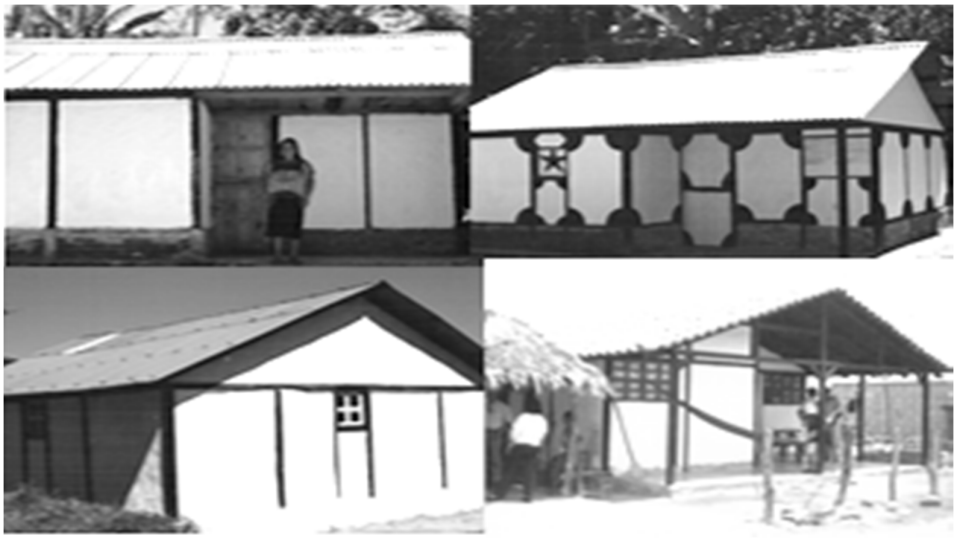


Figura 4a – Diversas obras concluidas con el sistema de bajareque mejorado

Figura 4b – Diversas obras concluidas con el sistema de bajareque mejorado

4. IMPACTO AMBIENTAL

Se han desarrollado estudios a diversas edificaciones, tanto de tipo convencional, como tradicional; para ambos casos se han tomado en consideración los principales materiales empleados en las partes que conforman la construcción como la cimentación, estructura, muros, techos y pisos, incluyendo las puertas y las ventanas; sin considerar los materiales empleados en las instalaciones. De esta forma se ha retomado lo relacionado a la “huella ecológica de los materiales”, trabajo desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña, España; para establecer los impactos medioambientales

tomando en cuenta la energía requerida para la extracción, producción y transporte de los materiales así como la emisión de CO_2 medido en kg (Argüello; Cuchí, 2008).

Derivado de lo anterior, se desarrollaron dos estudios, en ambos casos se tomaron las mismas muestras, es decir, una casa de 36 m^2 de construcción, pero con diferente técnica constructiva: una es de tipo convencional (cimientos de concreto armado, muros de block cemento-arena y cubierta de concreto armado), y la otra es la que empleó el sistema constructivo del bajareque mejorado. Los resultados se aprecian en las tablas 1 y 2.

Tabla 1 – Impactos ambientales asociados a la producción de los materiales de construcción usados por sistema constructivo en cimientos y muros (Argüello; Cuchí, 2008)

Material	**bajareque mejorado**		**tabique[46] de hormigón confinado con hormigón armado**	
	Costo energético (kWh)	Emisión CO_2 (kg)	Costo energético (kWh)	Emisión CO_2 (kg)
Acero	757,22	219,26	3.506,39	1.015,30
Agua	6,01	0,69	79,08	9,07
Árido	794,04	235,58	975,42	289,39
Asfaltos	0,00	0,00	0,00	0,00
Cal	95,47	32,18	381,88	128,73
Cemento	310,32	109,59	5,931,49	2.094,78
Cerámica	982,88	276,34	0,00	0,00
Diesel	56,98	0,88	9,97	0,15
Fibras naturales	0,79	0,74	0,00	0,00
Pinturas	0,00	0,00	41,51	22,16
Madera	755,32	84,61	268,52	30,08
Resinas	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	3,759,04	959,88	11.194,27	3.589,66

Tabla 2 – Impactos ambientales asociados a la producción de los materiales de construcción usados por sistema constructivo en techumbre[47] (Argüello; Cuchí, 2008)

Material	**bajareque (teja de barro común y madera)**		**losa de hormigón armado colada *in situ***	
	Costo energético (kWh)	Emisión CO_2 (kg)	Costo energético (kWh)	Emisión CO_2 (kg)
Acero	34,11	9,88	1.829,98	529,88
Agua	0,79	0,09	21,13	2,30
Árido	12,89	3,82	230,01	68,24
Asfaltos	723,28	384,50	0,00	0,00
Cal	33,80	11,39	0,00	0,00
Cemento	39,10	13,81	1.679,46	593,12
Cerámica	1.923,74	540,86	0,00	0,00
Diesel	1,43	0,02	28,49	0,44
Madera	687,79	77,05	697,22	78,10
Resinas	0,00	0,00	1.361,01	726,17
TOTAL	3.456,94	1.041,42	5,846,21	1.998,26

[46] Se refiere a la pieza sólida elaborada con cemento y arena, generalmente para construir los muros

[47] Se refiere al elemento constructivo que cubre y remata la parte superior de la vivienda, es decir, la cubierta, el techo, la losa, etc.

Como se muestra en estas tablas, este comparativo del impacto medioambiental, que se genera entre las dos técnicas constructivas, comprueba que, con el uso del bajareque mejorado, para el proceso de extracción, producción y transporte de materiales, se genera un costo energético de 7.215,98 kWh y una emisión de CO_2 de 2.001,13 kg; mientras que con el sistema convencional se tiene un impacto de 17.040,48 kWh en el primero y 5.587,92 kg en el segundo.

Esto significa que, al emplear la técnica constructiva del bajareque mejorado, se tiene el siguiente ahorro ambiental: 58% de costo energético y 65% de emisión de bióxido de carbono; este costo energético que se ahorra representa 9.824,50 kWh, y a decir por la CFE (Comisión Federal de Electricidad) que la media estatal –refiriéndose al estado de Chiapas- para tarifas domésticas es de 75 kWh/mes, quiere decir entonces que el ahorro energético, generado por la minimización de uso de materiales industrializados, en una vivienda de 36 m^2 de bajareque mejorado, nos alcanzaría para dotar de servicio de energía eléctrica a una vivienda de interés social hasta por 10 años y 9 meses.

Por otro lado, la tarifa de CFE por estos 75 kW/mes es de 0,825 pesos por cada kilowats (tarifa CFE diciembre-2014), lo que significa un desembolso mensual para estas familias de 61 pesos con 90 centavos. Esto representa también un ahorro económico durante estos 10 años y 9 meses, por la cantidad de 7 mil 985 pesos con 10 centavos.

5. CONCLUSIONES

Regresar la memoria a quienes la han perdido, y transmitirla a quienes le es desconocido, es pretendido mediante el rescate y revaloración de técnicas constructivas históricas y ancestrales llevadas a cabo por diversas etnias culturales, las que a su vez, se proponen mejoras que garantizan una mayor vida útil, estabilidad estructural y formal de las construcciones. Con estos sistemas se han generado espacios habitables adecuados a las diversas actividades a desarrollar dentro de los mismos. Sin lugar a dudas, y sin un afán de buscar un divorcio con los materiales industrializados, ya que es recomendable su combinación en pequeños porcentajes; esto significa que, en la medida que se minimice o se racione el empleo de estos materiales -también racionar el de los materiales naturales- se contribuirá al cuidado del medio ambiente y se comenzará a obtener ahorros energéticos, desde el proceso de selección, definición y uso de materiales y sistemas de construcción en las edificaciones.

Este tipo de proyectos y propuestas constructivas están orientadas a atender el problema de espacios habitables en las viviendas y espacios educativos, por citar algunos ejemplos; de las familias asentadas en el medio rural y ruburbano; por lo tanto, se trata de sensibilizar y que regresen la mirada hacia atrás de todos aquellos sectores: sociales, empresariales, de profesionistas, educativos, funcionarios y políticos inmersos en la construcción de diversos géneros arquitectónicos de aliviar el grave deterioro que se le está provocando al medio ambiente y contribuir a dejar un mejor ambiente en pro de la calidad de vida de las actuales generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, Armando (2005). Adecuación al medio ambiente de la arquitectura del siglo XVIII en la antigua provincia de Colima. UNAM-México. Tesis Doctoral

Arce, Bertha; Calves, Silvio (2011). Sustentabilidad en la construcción de viviendas en Cuba. En: Revista OIDLES, Vol. 5, No. 10,

Argüello, Teresa; Cuchí, Albert (2008). Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10x10 con Techo-Chiapas del CYTED. En: Informes de la Construcción, Vol. 60, 509, 25-34

Blondet, Marcial; Villa, Gladys; Brzev, Svetlana (2003). Construcciones con adobe resistentes a los terremotos: tutor. Edit. Marjorie Greene; EERI.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2012-2014), consultado en abril 2015. Disponible en: www.coneval.gob.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2014.aspx

Coppola, Paola (1997). Análisis y diseño de los espacios que habitamos. Edit. Árbol, México D.F.

INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda

López, Arturo (2006). Vivienda progresiva con técnicas tradicionales una respuesta al sector de ingresos bajos. Fracc. Yuquis, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Tesis de Maestría.

Minke, Gernot (2001). Manual de construcción en tierra. Montevideo: edit. Nordan Comunidad.

Moya, Víctor (1988). La vivienda indígena en México y del Mundo. México: UNAM, Coordinación de Humanidades, 3ª edición.

Valverde, María del Carmen (2000). Los Mayas. México: edit. Tercer Milenio

Villa, Alfonso (1990). Los Zoques de Chiapas. INI-CONACULTA, México

AUTOR

Arturo López González, Maestro en Arquitectura, Premio Nacional de Vivienda, excoordinador Centro Universitario de Estudios por una Vivienda Apropiable (CUEVA), exdirector Técnico Instituto de Vivienda de Chiapas, 1er. lugar “Concurso Estatal de Tecnologías para Vivienda en Chiapas, Medalla de plata “1ª. Bienal Arquitectura Chiapaneca”, reconocimiento Colegio de Arquitectos Chiapanecos en materia de Vivienda.

14. ABANDONO Y DETERIORO EN LAS CASAS DE ADOBE EN MALINALTENANGO, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

Aarón David Piña Martínez

Posgrado en Estudios Mesoamericanos, FFyL-IIFL UNAM, ngata_hll@hotmail.com

Palabras clave: Adobe, abandono, deterioro, sociedad

Resumen

La comunidad de Malinaltenango se ubica en el municipio de Ixtapan de la Sal, al suroeste del Estado de México, México. La población tiene menos de 1000 habitantes registrados (882 según Censo de Población y Vivienda 2010 [48] del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI]); muchos de ellos han emigrado para encontrar una mejor economía familiar. Por la migración y el poco desarrollo económico del lugar, se tienen muchas casas en abandono y deterioro, parcial o total. El asentamiento cuenta con 344 viviendas (según datos del INEGI), con la mayor concentración en el centro, incluidas las construidas con adobe. A raíz de la migración, se han presentado factores que afectan la conservación de las construcciones, por un lado, el abandono permite el crecimiento de maleza por el nulo mantenimiento, esto es visible en muchas de las casas, con casos en los que se han caído partes de ellas, y otros en los que sólo queda el arranque de los muros. Por el otro lado, la creencia popular concerniente a la debilidad del adobe respecto al concreto, ha hecho que muchas se hayan derrumbado intencionalmente, con el fin de construir una nueva a base de ladrillo o bloque de hormigón y concreto. Incluso hay casos en los que se construye con estos nuevos materiales mezclados con la construcción de adobe. Mediante entrevistas se recabó información referente a los datos históricos y físicos de los inmuebles, con el fin de realizar mapas de distribución espacial. Esta investigación tiene por objetivo acercarse a la población para conocer las razones por las que se está perdiendo el patrimonio de adobe, pues algunas de las viviendas son centenarias y es importante proponer a los propietarios una manera eficiente y de bajo costo para conservarlas.

INTRODUCCIÓN

La comunidad de Malinaltenango se encuentra geográficamente en una planicie circundada por la unión de dos barrancas, por esta característica, en la actualidad sólo existe una carretera al norte que funciona como entrada y salida al asentamiento (figura 1). Históricamente el lugar tuvo ocupación prehispánica, en sus campos de cultivo se encuentra cerámica arqueológica en bajas concentraciones, y en una de las cuevas, en la ladera de una de las barrancas, es posible encontrar pinturas rupestres.

Su baja densidad poblacional y el bajo desarrollo económico hacen imposible un mantenimiento constante en las casas de adobe, pues el ingreso familiar sólo permite, y en ocasiones ni permite, concentrarse en las necesidades básicas. La agricultura es la mayor actividad económica dentro de la comunidad, además de la preparación del dulce de pepita[49] en los meses de septiembre y octubre para su venta en las festividades de Día de Muertos.

Esta es la primera parte de una investigación mayor, en la que se llevó a cabo el registro y cuantificación de las casas de adobe, su condición física y mantenimiento. El siguiente paso se dará en la planeación de un proyecto de mantenimiento en las viviendas, en el que se buscará el apoyo municipal para su desarrollo. Se decidió iniciar la investigación

[48] Último censo realizado a nivel nacional por el instituto, la información se encuentra en la página oficial del INEGI: www.inegi.org.mx

[49] Preparación a base de agua, azúcar y semilla de calabaza con que se elaboran figuras fitomorfas y zoomorfas. Para más detalles se puede ver el video de IxtapanTV: *Ixtapan de la Sal Dulce Pepita comunidad Malinaltenango*. Disponible en la liga https://www.youtube.com/watch?v=0_DGbie3kys

cerca de un mes después de iniciada la temporada de lluvias (segunda semana de junio), que es cuando el adobe ya se ha enfrentado parcialmente a los problemas que más lo afecta.

MALINALTENANGO, IXTAPAN DE LA SAL, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

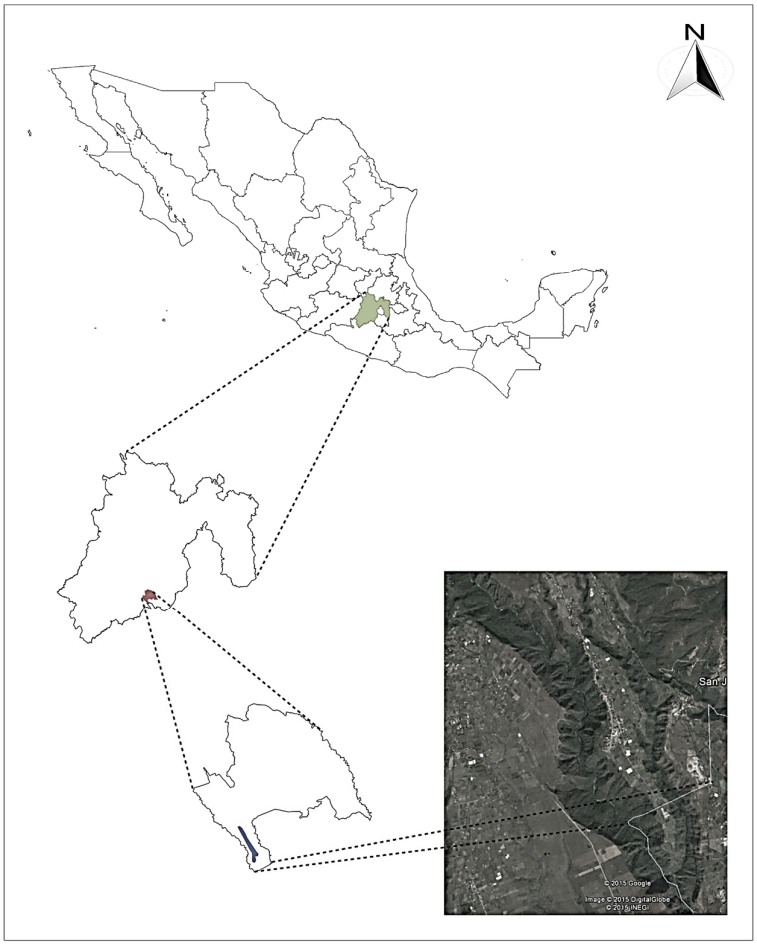


Figura 1. Ubicación geográfica de Malinaltenango. En verde el Estado de México, en rojo el municipio de Ixtapan de la Sal y en azul el asentamiento de Malinaltenango. Imágenes de los límites territoriales obtenidas de mapa digital de México del INEGI. Imagen satelital obtenida de *Google Earth*.

OBJETIVO

El objetivo de esta investigación es registrar, ubicar y cuantificar las viviendas de adobe en la comunidad de Malinaltenango, así como las problemáticas a las que se enfrenta la estabilidad de las casas, tanto las climáticas-bióticas como las social-económicas.

METODOLOGÍA DE REGISTRO

En el Censo de 2010 del INEGI se registraron 344 viviendas, de éstas sólo 214 (62,21%) están habitadas. Del total, sólo 149 (43,31%) aún tiene presencia o están construidas con adobe, de ellas 34 (22,82% respecto a las 149 de adobe) están deshabitadas. Para obtener la información de las casas de adobe se realizó un recorrido a lo largo de las calles del asentamiento para reconocer y registrar los inmuebles para su marcado espacial a partir de imágenes satelitales de *Google Earth*.

Una vez marcado el inmueble, se realizó una entrevista a los habitantes con una grabadora digital marca Sony modelo ICD-PX333D, a partir de dos aspectos: la historia de la casa y la relación con ellos; y los problemas de conservación y mantenimiento en las construcciones de adobe. Al finalizar la entrevista se realizó el registro fotográfico de la fachada, detalle de los problemas estructurales en muros y tejado; si los habitantes estaban de acuerdo se tomaron fotos del interior de las viviendas, este registro se hizo con una cámara semiprofesional FUJIFILM FinePix S2980 con lente f=5,0-90,0 mm de zoom óptico de 18x y de 14 mega pixeles. En el caso de las casas deshabitadas y en las que no se encontró a los habitantes, sólo se hizo un registro y evaluación visual externa.

Con la ubicación en la imagen satelital se obtuvieron las coordenadas geográficas (decimales) directamente de *Google Earth*. Esta información se incluyó en una tabla de Excel (Microsoft Office 2010)[50] donde se concentró la información extraída de las entrevistas, con las categorías de tipo de casa (si en su mayoría es de adobe o de otro material), edad del inmueble (en su mayoría aproximado a partir de los recuerdos de los habitantes), forma de apropiación (si la construyeron, la compraron o la heredaron), condición física (desde el análisis visual), mantenimiento (con qué frecuencia se le da mantenimiento y con qué materiales), tipo de muro y su condición, tipo de acabado y su condición, tipo de techo y su condición, existencia de terrado y su condición, los problemas de conservación, entre otros. Toda la información se trabajó finalmente en el software libre Mapa Digital para Escritorio del INEGI[51] (figura 2).

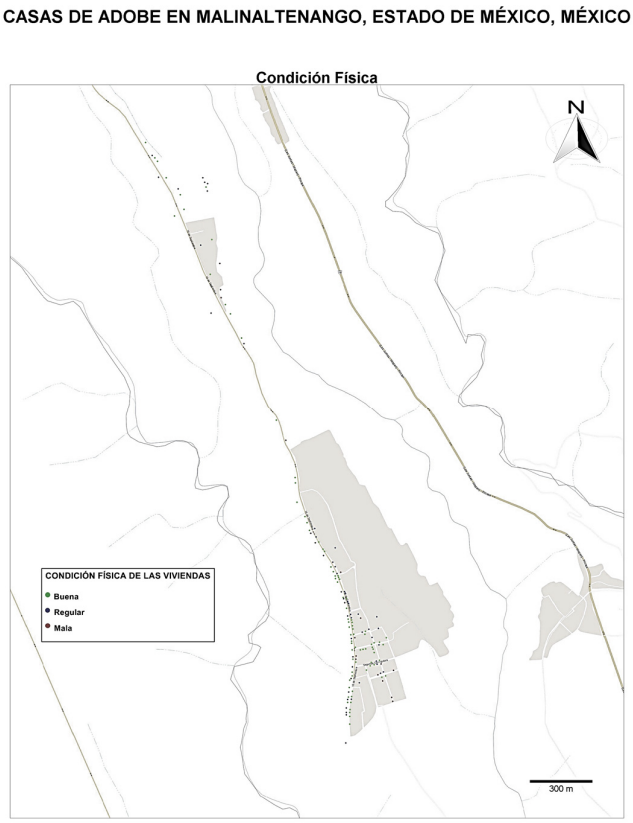


Figura 2. Distribución de las casas de adobe y su condición física.

[50] Archivo Excel con los detalles de cada registro se encuentra descargable en la liga http://1drv.ms/1Nhf1F6

[51] Figuras de distribución de cada una de las categorías se encuentra descargables en la liga: http://1drv.ms/1N7m4j1

RESULTADOS CUANTITATIVOS

A partir de la cuantificación de las variables en cada categoría, se obtuvieron los siguientes resultados:

De las 149 casas, cinco (3,36%) están construidas con muros de bloques de hormigón y sólo un pequeño porcentaje es de adobe; las 144 (96,64%) restantes están principalmente construidas con adobe. Si se tiene en cuenta que se registran 344 viviendas en la comunidad, entonces 200 de ellas se construyeron con materiales de construcción como el bloque de hormigón y ladrillo. Lo que no está claro es cuántas casas fueron de adobe y se demolieron para construir unas nuevas con otros materiales.

113 casas (75,82%) tienen una ocupación permanente, 34 (22,82%) están deshabitadas, una tiene una ocupación temporal (0,67%), y, aunque no es vivienda, el templo (0,67%) tiene un muro perimetral construido principalmente por adobes. Dado que en total hay 126 (respecto al total de 344) casas deshabitadas en Malinaltenango, las 34 de adobe representan sólo el 26,98%, según las entrevistas esta situación se da porque las personas que migran para obtener un nivel económico mejor construyen sus casas con materiales modernos, pero al residir fuera la comunidad, tienen en abandono los inmuebles.

Sólo de 12 casas (8,05%) se tiene referencia exacta de su edad, divididas en: una (0,67%) casa de 26 años, tres (2,01%) de 30 años, dos (1,34%) de 59 años, una (0,67%) de 65 años, una (0,67%) de 74 años, una (0,67%) de 90 años y tres (2,01%) de 120 años. De 41 (27,52%) viviendas los habitantes tienen una idea de la edad aproximada, cuatro (2,68%) tiene más de 30 años, una (0,67%) más de 40 años, seis (4,03%) más de 50 años, cinco (3.36%) más de 60 años, cuatro (2,68%) más de 70 años, seis (4,03%) más de 80 años, siete (4,70%) más de 90 años, cinco (3,36%) más de 100 años y tres (2,01%) con más de 120 años. Finalmente, no se obtuvieron datos de 96 viviendas (64,43%), 34 por no estar habitadas y las 62 restantes por no recibir información de los habitantes, sea porque no lo sabían o por no dar la entrevista. Según la distribución espacial, la mayoría de estas casas se encuentran en el centro de la población, al igual que las que tienen más de 100 años, así que se muchas de las viviendas sin información se podrían contemplar con edad de más de 100 años.

Sólo se obtuvo información de 53 (35,57%), de las 149 casas, respecto a la manera en la que los habitantes actuales se apropiaron de la vivienda, de los 96 (64,43%) casos restantes no se obtuvo información dado que se trató de inmuebles abandonados, rentados o no se concedió la entrevista. En el caso de las 53 casas mencionadas, en 18 (12,08%) los habitantes actuales las construyeron, 26 (17,45%) llegaron a habitarlas al comprar los terrenos y los nueve restantes (6,04%) las adquirieron por herencia de familiares directos.

Si bien no se realizó la entrevista, ni se tuvo el acceso al interior de todas las viviendas, se analizaron las fachadas y los tejados para determinar la condición física de los inmuebles. De las 149 casas, 82 (55,03%) presentan buena condición, 47 (31,47%) una condición regular y 20 (13,42%) están en malas condiciones (figura 3).

Figura 3. Variante en la condición física de las viviendas de Malinaltenango. a) Buena condición, b) Condición regular y c) Mala condición.

En cuanto al periodo de mantenimiento, sólo se obtuvo información de 54 viviendas (36,24%): a 23 (15,44%) se les da de manera regular, a 26 (17,45%) irregular y a cinco (3,36%) no se les ha dado desde su adquisición. En los 95 casos restantes (63,76%), se carece de información por las mismas razones mencionadas en categorías anteriores. Del tipo de mantenimiento que se les da a las viviendas, en 85 casos (57,05%) se ha realizado con resanes de mezcla de arena, cal y cemento, en seis (4,03%) se efectuó con rejoneado[52] y de las 58 casas restantes (38,93%) no se obtuvo información.

En el análisis visual de las condiciones físicas se observaron cuatro aspectos principales: tipo de muro y su condición; tipo de acabado de superficie y su condición; tipo de techo y su condición; y la existencia de terrado y su condición.

En cuanto al muro, se registraron cuatro tipos construidos en las 149 viviendas: 99 casas (66.44%) con muros sólo de adobe, 37 con muros de adobe y bloque de hormigón (24,83%), cinco de piedra con adobe (3,36%) y ocho con adobe, bloque de hormigón y ladrillo (5,37%). La condición de los muros es buena en 116 de los casos (77,85%), 12 regular (8,05%) y 21 (14,09%) tienen mala condición (figura 4).

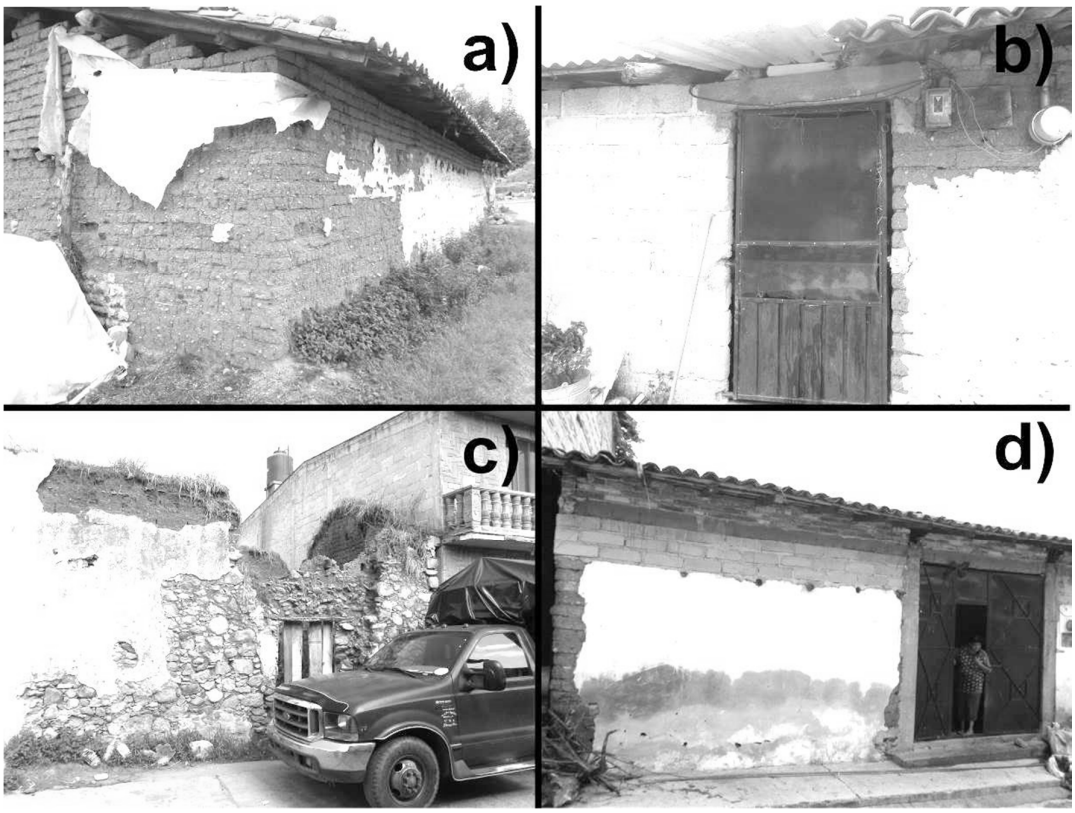


Figura 4. Tipos de muro en las viviendas de adobe de Malinaltenango. a) Muro de adobe; b) Muro de adobe-bloque de hormigón; c) Muro de adobe-piedra; y d) Muro de adobe-bloque de hormigón-ladrillo.

En el registro del acabado de superficie se tiene cinco variables: la mayoría está con mezcla de arena, cal y cemento con 127 viviendas (85,23%), la mezcla anterior con lodo en un caso (0,67%) o con el adobe al natural también con un caso (0,67%), pintura sobre el adobe en una vivienda (0,67%) o con el adobe al natural en 19 casas (12,75%). La condición del acabado de superficie en 73 casos es buena (48,99%), 49 con acabado regular (32,89%), 10 en mala condición (6,71%) y en 17 (11,41%) no se tiene

[52] Proceso en el que se pica el adobe y sobre éste se aplica la mezcla de arena, cal y cemento, en la que se incrustan fragmentos de teja o piedras pequeñas.

información clara, pues si bien en el exterior se observaba de buena calidad en el interior no se pudo corroborar.

En el caso del techo se registraron las siguientes variables: tejas con morillos de madera con 118 casos (79,19%), uno de tejas con estructura de metal (0,67%), tres de tejas con estructura mixta de madera y metal (2,01%), cinco de techo de lámina de asbesto sobre morillos de madera (3,36%), dos con techo de lámina de asbesto sobre estructura de metal (1,34%), cinco de techo colado (3,36%) y 15 casas sin techo (10,07%). La calidad es buena en 83 de las viviendas (55,70%), 35 son de condición regular (23,49%), 16 están en malas condiciones (10,74%) y en los 15 casos restantes (10,07%) no se tuvo información suficiente para clasificarlos (figura 5).

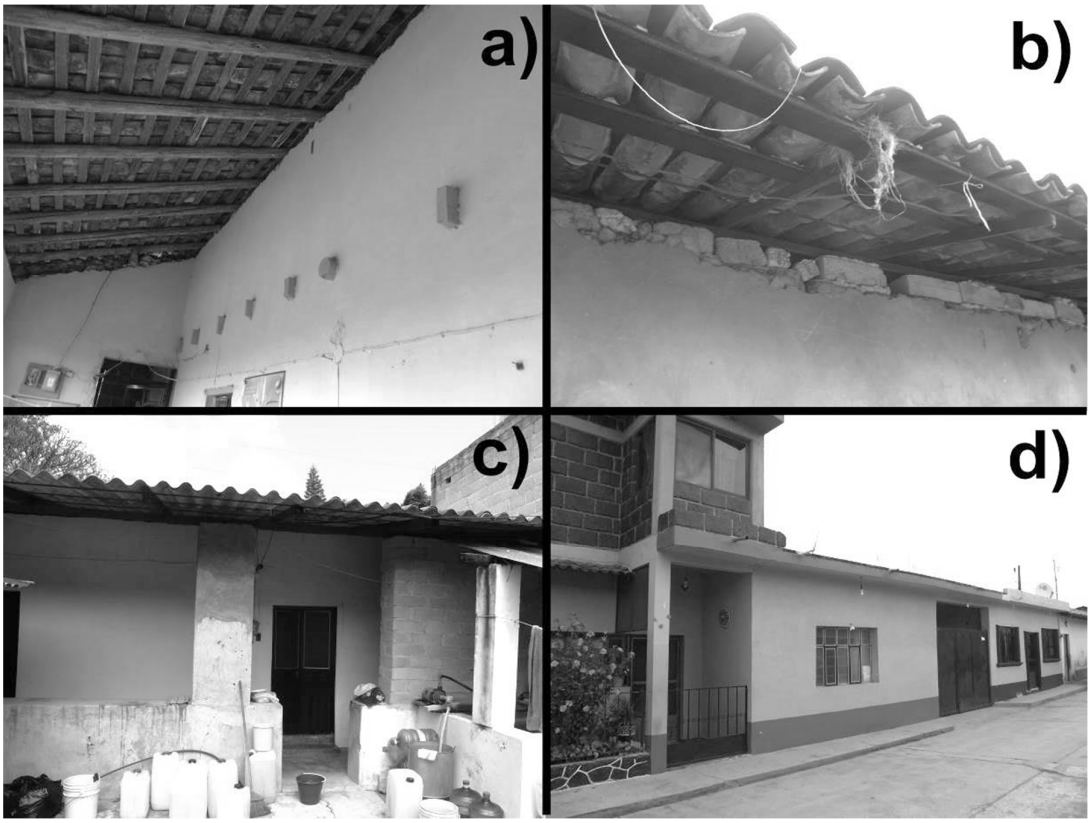


Figura 5. Tipos de techos en las viviendas de adobe de Malinaltenango. a) Tejas con morillos de madera; b) Tejas con estructura mixta de madera y metal; c) Techo de lámina de asbesto sobre estructura de metal; y d) Techo colado.

Finalmente, se contempló como elemento estructural la existencia de terrado y su condición física: 33 (22,15%) de las casas tienen terrado, 51 (34,15%) no lo tienen y en 65 (43,62%) no fue posible identificarlo. 16 (10,74%) están en buenas condiciones, siete (4,70%) en condiciones regulares, seis (4,03%) en malas condiciones y en el resto de los casos no fue posible conocer la condición.

Para los problemas que afectan la estabilidad de las viviendas de adobe, se tomaron en cuenta los factores ocasionados por agentes climáticos: humedad en 145 (97,32%) casas, escurrimiento en 79 (53,02%) y afecciones por viento en 33 (22,15%) casos. También se agregaron los problemas bióticos: 21 (14,09%) casas se ven afectada por la flora y 14 (9,40%) presentan afectación por la fauna. Por último, se observaron problemas estructurales: cinco (3,36%) son afectadas por cuarteaduras y cinco (3,36%) tienen derrumbes (figura 6). Cabe mencionar que una sola vivienda puede presentar varios problemas.

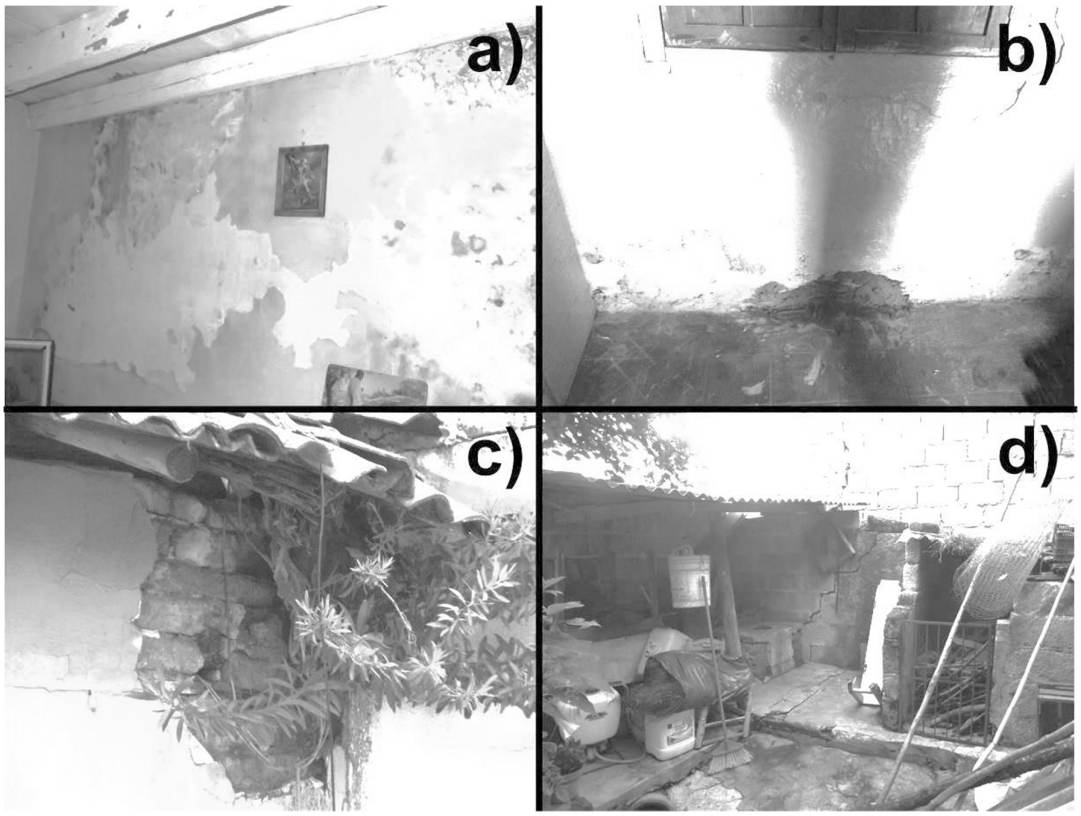


Figura 6. Tipos de problemas en las viviendas de adobe de Malinaltenango. a) Humedad y escurrimiento en muro; b) Agujeros de ratón tapados con cemento; c) Planta que creció en casa abandonada; y d) Cuarteadura en muro de bloques de hormigón, provocada por la cercanía a la barranca oeste.

INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

Como se mencionó, el INEGI registró 344 viviendas en 2010 y sólo 214 están habitadas, las 130 casas deshabitadas representan más de 1/3 del total, sin contemplar que muchas otras están arrendadas, prestadas o están al cuidado de algún poblador, lo que indica que la cantidad de viviendas que carecen de mantenimiento es mayor.

En el centro de la comunidad se concentran ciertas características: si bien la edad de las casas, en la mayoría de los casos es relativa, está claro que las de mayor edad se encuentran en este espacio; y, aparentemente también ahí es donde las casas presentan mejor aspecto, por lo menos en el exterior; en muchas de ellas, en las que se pudo acceder, los problemas estructurales se magnifican, y más cuando los habitantes no son los dueños, ya que el mantenimiento no es su responsabilidad.

Las viviendas en las que aún viven los dueños originales están en el rango de 26 a 80 años, en las que han llegado a vivir o se han heredado el rango es de 50 a más de 120 años, de ahí que el mantenimiento de las casas no se haga con materiales locales, bajo el supuesto de que el remedio para reparar las casas ha quedado en el pasado y la solución actual se basa en reparar las afectaciones con los mismos materiales utilizados en el mantenimiento que se da a casas de bloque de hormigón o ladrillo, esto causa una incompatibilidad entre los materiales, lo que deja una solución momentánea.

El problema económico en el que está inmersa la comunidad no permite el mantenimiento regular en la gran mayoría de las viviendas, de ahí que los habitantes argumenten que la solución a los problemas en muros y techos se da sólo cuando llega un incentivo en la venta de cosechas o cuando de nuevas construcciones sobra el

material y se los obsequian. En el análisis visual se observó que el muro este de las viviendas es el más afectado por la lluvia, por lo menos en las casas aisladas, y en las que tienen vecino adosado no sufren tanto de este problema. Las dificultades en el techo se presentan principalmente en los que están construidos con morillos de madera, afectados por polillas, termitas y abejorros, además de la humedad que reblandece las estructuras.

El acabado en los muros regularmente está compuesto por una mezcla de arena, cal y cemento, a pesar de que los habitantes se dan cuenta del mal funcionamiento mecánico entre este material y el adobe, reflejado en el desprendimiento por humedad y el sonido hueco al golpear la superficie. A pesar de que hay una casa en la que se tiene una sección con aplanado original de lodo y paja (con más de 100 años), el uso de la mezcla se utiliza sin contemplar otra posibilidad.

CONSIDERACIONES FINALES

La mayoría de las casas se encuentra con al menos un problema, las proporciones de afectación dependen del tiempo que ha pasado ésta sin atenderse, que puede ir desde un día hasta varias décadas. Se observó que los periodos prolongados de mantenimiento están ligados a los problemas económicos de la región, así como los materiales incompatibles usados para corregir las afectaciones, que son producto del desconocimiento del correcto mantenimiento en las construcciones de adobe.

Las casas con mayor edad y sujetas a mantenimiento más constante se encuentran en el centro de la comunidad, paradójicamente es también en esta área donde hay más casas abandonadas y deterioradas.

Como se menciona al principio del texto, este es el inicio de una investigación que busca llamar la atención de las problemáticas en la preservación de las viviendas de adobe en la comunidad de Malinaltenango, con el fin de promover un proyecto al gobierno municipal de Ixtapan de la Sal, para que se involucre en la conservación del patrimonio histórico de sus comunidades rurales. Dado que no se trata de un caso único, se pretende que esta comunidad sea el precedente de un programa que se expanda al municipio, a la región y hasta donde sea posible.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a la comunidad de Malinaltenango por su disposición en las entrevistas, así como su permiso para realizar el registro fotográfico de las viviendas, también a la arqueóloga Martha Leticia Hernández García por su colaboración en la recolección de datos e interacción con los habitantes.

AUTOR

Aarón David Piña Martínez, arqueólogo por el CUT UAEMex, maestro en Estudios Mesoamericanos por la FFyL-IIFL-UNAM, actualmente estudiante de doctorado en Estudios Mesoamericanos de la FFyL-IIFL-UNAM; desde 2009 colaborador del proyecto arqueológico Exploraciones en el Centro de Veracruz a cargo de Annick Daneels del IIA-UNAM.

15. CASA DE TIERRA SOSTENIBLE

Raúl Adolfo Sandoval Tejada, Juan Pablo Sandoval Calderón

Casa de Tierra Bolivia; casadetierrabolivia@gmail.com

Palabras clave: Adobe, bóveda autosustentada, inercia térmica, materiales locales, mano de obra

Resumen

En el Altiplano boliviano es duro vivir con poco oxígeno, tierra árida y grandes variaciones de temperatura entre día y noche, alta insolación (de 240 días de sol/año) y fuertes vientos. Existe déficit de viviendas, ausencia de madera y materiales de construcción; asimismo, la deficiente calidad de vivienda genera altos índices de mortalidad, poca conciencia sobre vivienda fomentadora de salud, y desconocimiento de un concepto de vivienda adecuado, ecológico y sostenible. Con el objetivo de mejorar las condiciones de vida de las familias, especialmente de menores recursos, se estudió la arquitectura de Nubia y se rescató formas históricas constructivas del Altiplano, desarrollando el concepto *Lak'a Uta* (casa de tierra, en aymará). Consiste en una bóveda catenaria autosustentada de adobe, que mediante una técnica sencilla de construir y sin grandes inversiones de dinero, posibilita levantar una casa usando exclusivamente materiales de tierra. Masa en muros y cubierta actúan como un cuerpo expuesto al sol; la tierra, por su baja inercia térmica calienta lentamente durante el día, restituyendo calor al interior durante la noche; fenómeno mejorado con la aplicación de un sistema de calefacción solar pasiva, muro *trombé*. Utiliza y recupera materiales locales, económicos y ecológicos; da valor agregado a la tierra, convirtiéndola en material de construcción; utiliza intensivamente mano de obra; cubierta y muros tienen efecto natural de aislamiento; resistente al fuego y viento; balance térmico dentro de rangos del confort ambiental; no contamina el medio ambiente. Por ello son sostenibles con relación al medio ambiente, más sanas y económicas que las viviendas tradicionales y mejoran las condiciones de vida. Como resultado existen en Bolivia, aproximadamente, 15 mil m² de construcción registrados. El concepto es considerado pionero del desarrollo sostenible, fue nominado y registrado como Proyecto Oficial de la Exposición Mundial Hannover 2000, con otros 486 proyectos del mundo, cuyo tema fue desarrollo sostenible.

1. INTRODUCCIÓN

El presente artículo proporciona recomendaciones generales que deben ser observadas durante el diseño, construcción y control de obras *Lak'a Uta* (casa de tierra en aymará); para conseguir y garantizar la seguridad, durabilidad, economía y calidad de éstas.

Las recomendaciones y procesos constructivos fueron desarrollados sobre la base de la experiencia obtenida desde 1990 a la fecha, los que fueron apoyados por investigaciones, análisis y bibliografía internacional.

1.1 Problemática

Uno de los principales problemas que afecta a la humanidad es la escasez de viviendas adecuadas. En la Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre asentamientos humanos y HABITAT II (1996, p.36) "se ha establecido un Plan de Acción Mundial con recomendaciones de políticas para alcanzar avances en el orden social, ambiental y económico".

"Se estima que alrededor del 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra. Aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural y por lo menos el 20% de la población urbana y urbano marginal, viven en casas de tierra" (Houben; Guillard, 1994); sin embargo, no se puede negar que como material de construcción, actualmente sufre un proceso de deterioro cultural y tecnológico, donde actualmente el uso del material de tierra en la construcción se ve restringido por la insuficiencia de conocimientos técnicos, normas; además de prejuicios derivados del desconocimiento del material.

En el altiplano boliviano existe déficit de vivienda, ausencia de materiales de construcción e inexistencia de políticas estatales concretas de crédito de vivienda para la población rural pobre; asimismo, es duro vivir con poco oxígeno, tierra árida y grandes variaciones de temperatura entre día y noche, alta insolación (de 240 días de sol por año) y fuertes vientos.

La baja calidad y carencia de vivienda se manifiestan en una disminución de la calidad de vida, desarrollo individual y colectivo, altos índices de enfermedad y mortalidad infantil, poca conciencia sobre la vivienda fomentadora de salud y falta de conocimientos acerca de un concepto de vivienda adecuada y sostenible.

1.2 Antecedentes

La construcción con tierra en la región andina tiene raíces ancestrales y adquiere fuerte tradición durante el desarrollo de las culturas prehispánicas.

Bolivia, con su variado territorio, es escenario del desarrollo histórico de la construcción con tierra como expresión vernácula en sus viviendas y otras edificaciones; estas tradiciones y técnicas constructivas fueron multiplicándose y actualmente forman parte del patrimonio de la arquitectura de tierra en el altiplano boliviano.

La cultura de los pueblos del altiplano boliviano está históricamente ligada al uso de la tierra en la construcción, utilizando este material a través de técnicas constructivas apropiadas al clima y forma de vida de cada lugar, en cuya expresión se incorpora cubiertas de este material.

La tierra como material de construcción subsiste y tiene vigencia, pues no otra cosa significa que gran parte de la población mundial, especialmente en América Latina, se construye con adobes, tapiales y técnicas mixtas de tierra; produciendo, desde las más modestas viviendas, hasta los más grandes monumentos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Principal

Mejorar las condiciones de vida, especialmente de las familias de menores recursos del altiplano, a través de la continuidad del desarrollo científico y tecnológico del uso de la tierra como material de construcción, logrando la reivindicación cultural de este material y su inserción armoniosa en el medio ambiente.

2.2 Objetivos específicos

a) Desarrollar una reglamentación técnica y normas de calidad para el uso apropiado del material tierra en la construcción.

b) Promover la educación y capacitación de profesionales, técnicos y albañiles en el diseño y construcción con tierra, permitiendo superar el proceso de deterioro tecnológico que sufre este material.

c) Propiciar la participación de diferentes grupos meta, permitiendo acelerar el proceso de revalorización técnica y sensibilización de la sociedad con este material.

3. METODOLOGÍA ADOPTADA

Por lo expuesto, se ha estudiado la arquitectura de Nubia, que tiene sus orígenes hace más de 6 mil años y se ha rescatado las formas históricas de construcción en el altiplano, desarrollando el concepto de construcción *Lak'a Uta*.

Figura 1. Chullpa Precolombina, Culli Culli, cantón Lahuachaca, provincia Aroma, La Paz, Bolivia

El concepto surge en el altiplano boliviano a partir de 1990, en la localidad de Lahuachaca, Provincia Aroma - La Paz, mediante el Proyecto Piloto Experimental *Lak'a Uta*, ejecutado gracias a la visión del arquitecto danés Lars Jakobsen.

3.1 Concepto *Lak'a Uta*

Consiste en una bóveda catenaria autosustentada de adobe, que mediante una técnica sencilla de construir y sin grandes inversiones de dinero, posibilita levantar una casa usando exclusivamente materiales de tierra.

La masa en muros y cubierta actúan como un cuerpo expuesto al sol; en el que la tierra, por su baja inercia térmica, almacena energía lentamente durante el día y la restituye durante la noche; este fenómeno es mejorado con la aplicación de un sistema de calefacción solar pasiva - muro *trombé*, que se construye adosado al lado de la casa, orientado al sol.

El comportamiento de las construcciones está directamente relacionado: en primer lugar, con la calidad de los adobes que se utilizan; en segundo lugar, con un diseño y criterio estructural adecuado; y en tercer lugar, con el proceso constructivo.

El sistema estructural está constituido por componentes de tierra (muros y cubiertas) que componen una unidad portante, formando una masa estructural que trabaja exclusivamente a compresión; el cual, correctamente ejecutado, se constituye en una unidad monolítica, donde el volumen y peso propio de la masa construida, más las cargas no permanentes que actúan sobre la construcción, se transmiten uniformemente desde la cubierta a los muros y cimientos, debiéndose repartir sobre una superficie que esté en una directa relación con el volumen y peso de la masa construida; de esta manera no hay posibilidades de colapso.

3.2 Parámetros constructivos y componentes de una *Lak'a Uta*

Las limitaciones estructurales y constructivas constituyen los parámetros más significativos que condicionan el diseño arquitectónico, debiéndose conceptuarlo con un criterio estructural-constructivo.

El emplazamiento geográfico está condicionado a regiones o zonas tectónicamente estables, donde la ocurrencia de sismos es despreciable o nula.

En base a la experiencia, se pueden enumerar las siguientes recomendaciones generales:

a) Las cubiertas condicionan parcialmente la morfología, admitiendo variabilidad formal en conjuntos espaciales.

b) Las condicionantes del diseño son la simetría en las luces de la cubierta, colocación de vanos en los ejes de los muros transversales a la cubierta y circulaciones.

c) La luz de las bóvedas está limitada por la resistencia de los adobes, sin embargo, se puede cubrir grandes luces construyendo arcos paralelos o incrementando la sección de los adobes de la cubierta.

d) Posibilita tipologías compactas y dispersas, requiriendo espacios de articulación.

e) Todos los elementos permiten la coordinación modular.

f) Para que la estructura se soporte adecuadamente ante solicitaciones, el diseño en planta y volumen deberá buscar la simetría.

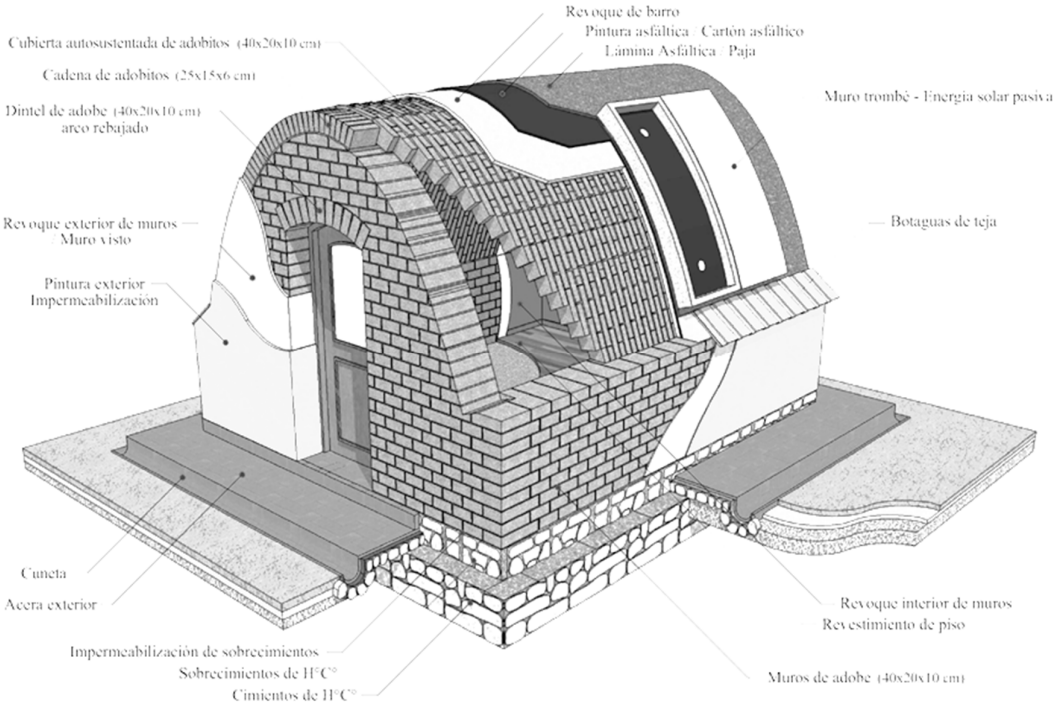


Figura 2. Componentes de una construcción *Lak'a Uta*

3.3 Elaboración de adobes y adobitos

Las dimensiones finales de adobes, guardan relación con las medidas de los elementos constructivos a los que están destinados (muros, tabiques, arcos, bóvedas, cúpulas, etc.).

Tradicionalmente en el Altiplano, las dimensiones establecidas por la práctica constructiva son:

a) Adobes para muros – 40 cm × 20 cm × 10 cm

b) Adobitos para cubiertas – 25 cm × 15 cm × 6 cm

Sin embargo, las medidas del material se acomodan a las dimensiones locales; asimismo, se trabajan con medidas alternativas que respondan a criterios de coordinación modular.

Existe amplia bibliografía sobre pruebas de campo para la elaboración de adobes, que se realizan para conocer las características de las tierras y dar las recomendaciones necesarias para su uso en la construcción; las principales son:

a) Sedimentación: Conocer la composición de la tierra.

b) Bolillo: Establecer el grado de humedad del barro y su composición.

c) Tablilla: Estimar la plasticidad del barro.

Los resultados de las pruebas de campo son informativos y referenciales respecto a la calidad del material a utilizar. En caso de que se requiera información precisa sobre las características físicas y mecánicas del material, se recomienda realizar ensayos de laboratorio.

3.4 Cimientos

El cimiento descansa directamente sobre la capa de terreno resistente. Los materiales se establecen en la respuesta de la fundación a las solicitaciones, su capacidad para admitir deformaciones y soportar la presencia de agua subterránea o de infiltración.

En general son ejecutados en hormigón ciclópeo, que incrementan la solidez de los cimientos o de piedra unida con mortero de barro, cuando la calidad del suelo lo permite.

3.5 Sobrecimientos

Son los muros intermedios entre cimientos y muros que, de acuerdo con el detalle de las funciones que cumple, debe estar construido con un material resistente al agua y tener buena rigidez para distribuir las cargas de los muros en el cimiento.

3.6 Impermeabilización

Es la protección que se coloca sobre el sobrecimiento y evita que la humedad suba a los muros por capilaridad. Se utilizan materiales impermeables como polietileno, cartón asfáltico, alquitrán diluido o aceite sucio.

3.7 Muros

Constituidas por paredes portantes de adobe tradicional unidas con mortero de barro, que, además de delimitar el espacio interior, soportan la cubierta.

El mortero de unión debe ser del mismo material que el de los muros, para obtener la debida adherencia y homogeneidad. Asimismo, no debe contener gravillas ni paja y debe ser cernido. La fisuración del mortero que se produce en el proceso de secado, debe ser la mínima posible, en especial si la tierra del mortero es de alto contenido de arcilla.

Se construyen diversos espesores de muros, definidos por la coordinación modular y diseño estructural.

Previamente a proceder a su ejecución, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones generales:

a) Las juntas horizontales y verticales son de mortero de barro, de 1 cm a 2 cm de espesor en muros de adobe. El exceso o irregularidad de espesor del mortero debilita al muro, evita una coordinación modular adecuada y produce pérdidas de material por cortes.

b) El volumen de mortero recomendado es de 20% del volumen del muro.

c) Los muros deben construirse máximo hasta 1 m de altura por día, para evitar que su peso aplaste las juntas antes de que se sequen.

3.8 Bóveda catenaria

Conceptualmente, es una sucesión de arcos dispuestos lado a lado, constituyendo una estructura que cierra superiormente un espacio y es siempre tridimensional.

De las diferentes técnicas de construir bóvedas, el concepto *Lak'a Uta* desarrolla las bóvedas autosustentadas que no requieren cimbras en su ejecución; se ha trabajado en bóvedas con luces de entre tres y seis metros.

Las bóvedas de materiales térreos se componen de elementos constructivos de menor tamaño (adobitos) que el espacio que cubren, por lo que gravitan sobre el espacio, y para sostenerse transmiten su peso y las cargas de uno a otro elemento hasta sus apoyos.

Soportan exclusivamente esfuerzos de compresión, por lo que la forma catenaria es la apropiada, ya que evita fatigas de tracción y transmite la compresión uniformemente a los apoyos continuos o concentrados sobre apoyos aislados.

Cualquier tipo de carga que solicita a la bóveda, produce una línea de presiones que necesariamente debe ser concordante con la directriz del arco y que debe estar inmersa en el tercio central de la cubierta y de la sección portante del muro.

a) Relación flecha/luz

La relación flecha/luz que garantiza la estabilidad de la bóveda es del 60%.

Flechas menores a 50% de la luz inducen esfuerzos, que originan que la inclinación de las reacciones tenga un ángulo muy bajo, generando solicitaciones horizontales que los muros no pueden soportar.

Flechas mayores a 75% de la luz, originan reacciones horizontales pequeñas, pero la longitud de la curva directriz crece innecesariamente, produciendo peso propio muy alto.

b) Diseño de la bóveda catenaria

El diagrama de una catenaria (una cadena suspendida en sus extremos) simula a un arco sostenido por su propio peso, pudiendo determinarse mediante cálculos matemáticos, gráficos o simulación.

El diseño de la curva catenaria por simulación consiste en colgar sobre un muro auxiliar una cadena, referida a la luz y flecha, que se determinan anticipadamente.

Se la ejecuta trazando una recta a nivel sobre el muro auxiliar, marcando en éste mediante clavos la distancia de la luz de la bóveda; a la mitad de la distancia, se marca hacia abajo con plomada la longitud de la flecha (60% de la luz); se sujeta una cadena en uno de los extremos que marcan la luz de la bóveda y se regula el otro extremo hasta que la cadena coincida en su parte inferior con el punto medio marcado; el perímetro de la cadena constituye la curva directriz de la bóveda; posteriormente se divide y marca la distancia de la luz de la bóveda en mitades iguales hasta obtener distancias entre 15 cm ó 20 cm; finalmente, de los puntos marcados sobre esa distancia se obtienen, con plomada, las intersecciones con la cadena, anotando las medidas obtenidas.

Figura 3. Diseño de curva catenaria, Lahuachaca, Bolivia (Crédito: Jakobsen, 1990)

c) Muro catenario

Es el muro en el que se sustenta el inicio del proceso de construcción de la cubierta, es ejecutado en sentido transversal a la bóveda, sirve para cerrar un espacio y es necesario para la estabilidad y rigidez de la bóveda.

Para su ejecución se construye los muros aproximadamente con las dimensiones obtenidas durante el diseño de la bóveda; en el que se marcan cada 15 cm ó 20 cm, y en el mismo orden hacia arriba, las distancias obtenidas en la simulación; posteriormente se unen los puntos obtenidos, logrando, de esta manera, la forma exacta de la catenaria en los muros; con ésta se procede a tallar y rellenar el muro obteniendo la curva de la cubierta.

d) Cadena

Se ejecuta sobre el perímetro exterior de los muros catenarios; para su ejecución se requieren adobitos de 25 cm × 15 cm × 6 cm, sobre la que se apoyarán los bordes de la bóveda autosustentada en todo su perímetro.

e) Bóveda catenaria

Una vez concluida la cadena, se procede a construir la bóveda autosustentada, que consiste en ejecutar hiladas inclinadas de adobitos, con una relación entre base y altura de uno a tres. Esta inclinación permite que las primeras hiladas incompletas se apoyen en la intersección entre muro catenario y cadena, para de esta forma mantener estabilidad; una vez que se consigan hiladas completas, éstas se descargan como arcos verticalmente hacia los apoyos laterales.

Debe ejecutarse simultáneamente en ambos muros catenarios, para cerrar la cubierta en la parte central; por día es conveniente avanzar hasta un metro por sector, para evitar asentamientos de la bóveda por aplastamiento de las juntas frescas.

Para su ejecución se clavan lienzas longitudinales entre ambos muros catenarios, aproximadamente cada 50 cm; las que sirven de guías y permiten construir la bóveda sin deformaciones; el primer adobito inclinado es la base de cada hilada y debe ser tallado en su base de manera que se asiente en el muro longitudinal; los primeros adobitos de cada hilada deben alternar entre una y media pieza, para lograr una traba correcta.

Los adobitos se asientan con mortero en la cara en la que presenta los rebajes; cada hilada que se ejecuta alcanza mayor altura hasta unirse en la cúspide, y a partir de allí, todas las hiladas deben concluirse totalmente antes de pasar a la siguiente; usando las lienzas como guías, manteniendo la inclinación y una correcta traba se continúan las siguientes hiladas.

Figura 4. Ejecución bóveda catenaria, Lahuachaca, Bolivia (Crédito: Paz, 1990)

Se ejecutan hiladas simultáneamente en ambos sentidos, hasta que los arranques de las últimas se encuentren aproximadamente a un adobito de distancia; en este espacio se empieza a cerrar la bóveda montando hiladas horizontales con la forma catenaria, hasta la altura en que se pueda apoyar una nueva hilada inclinada a cada lado y quede espacio para un nuevo adobito horizontal; continuar con este procedimiento en ambos lados, hasta cerrar la bóveda en la parte superior.

En el caso de intersecciones de bóvedas que tienen la misma luz, las hiladas se ejecutan simultáneamente en ambos cañones, hasta que se encuentren en la intersección de la crucería, lugar donde se concentran las cargas. La crucería se ejecuta con las primeras piezas en sentido horizontal, que se alternan en cada bóveda y se van endentando con las hiladas inclinadas de la bóveda; este procedimiento se continúa hasta cerrar la crucería de las bóvedas.

En construcciones de dos pisos, se debe ejecutar una cadena perimetral, preferiblemente de hormigón armado arriostrada en el entrepiso, la que absorbe las líneas de presiones de la cubierta; transfiriéndolas a los muros verticales de la planta baja.

3.9 Revoque e impermeabilización exterior de la bóveda

Existen diversas alternativas de revoque e impermeabilización de cubiertas, entre las cuales se puede mencionar las siguientes:

a) Tradicional con tierra, que consiste en aplicar dos capas de revoque con mortero de barro y paja cortada, elaborado con tierra local cernida; sin embargo, estos revoques presentan erosión y demandan un mantenimiento periódico, comúnmente anual.

b) Mejorado con tierra, que consiste en aplicación de tres capas de mortero de barro, utilizando tierra arcillosa, paja y bosta de burro; se recomienda incorporar jugo de penca en caso de que exista localmente.

c) Revoque e impermeabilización con adobitos, que consiste en montar con mortero de barro; una segunda capa de adobitos a 45º, con las caras de mayor área asentadas sobre la bóveda; sobre la que se aplican dos capas de revoque con mortero de barro e impermeabilizantes naturales.

d) Revoque e impermeabilización con paja, que consiste en aplicar franjas de entortado de paja y barro, dispuestas en la dirección de la pendiente.

e) Revoque e impermeabilización con láminas asfálticas, que consiste en aplicar láminas asfálticas suministradas en rollos, asentadas longitudinalmente a la cubierta.

En todos los casos, si en el proceso se presentan lluvias o heladas, se recomienda cubrir la cubierta para evitar que el revoque e impermeabilización sea deteriorado.

3.10 Revoque interior y exterior

Los revoques exteriores en muros tienen la función de evitar su erosión, protegerlos de la acción de la lluvia, impedir que la humedad los deteriore y optimizar el aislamiento térmico.

Se recomienda ejecutarlo con materiales de tierra y deben ser aplicados sobre muros secos y estables. Utilizan el mismo tipo de tierra del muro, sólo que deben contener menor porcentaje de arcilla, por lo tanto, contener más arena, con lo que se evita su fisuración. Los impermeabilizantes naturales otorgan al revoque mayor impermeabilidad e incrementan su resistencia a deterioros.

Las pinturas que se han trabajado con buenos resultados sobre muros con materiales de tierra son las siguientes: de cal, de ocres naturales, de penca y látex.

3.11 Cúpulas

Para la construcción de cúpulas autosustentadas, se utilizan adobitos de 25 cm × 15 cm × 6 cm con mortero de barro; principalmente se ejecutan sobre plantas cuadradas y son de dos tipos:

a) La cúpula sobre trompas descansa sobre triángulos esféricos que se encuentran en medio de la arista superior de los muros, desde esa altura hasta su conclusión; se la ejecuta con hiladas circulares que van formando anillos de presión. Durante su ejecución se debe tomar la previsión de ejecutar simultáneamente las crucerías con puertas y/o ventanas.
b) La cúpula sobre pechinas está circunscrita en la base de la cúpula; la transición de la planta cuadrada a la base circular se hace por medio de triángulos esféricos que se encuentran en medio de la arista superior de los muros. Su diámetro es igual a la diagonal del espacio cuadrado que se cubre.

Se ejecutan con compás móvil excéntrico que genera el arco directriz requerido por la cúpula, que demanda un incremento de 20% respecto a la mitad de la diagonal de la planta en cúpulas sobre pechinas y 25% del radio en cúpulas sobre trompas; destinados a neutralizar fuerzas horizontales generadas y acomoda la posición e inclinación de cada pieza.

Tanto en cúpulas sobre trompas, como sobre pechinas, se debe cortar la primera y última pieza de cada hilada para que quede perfectamente encajada y recta, además de obtener la curva perfecta. Se concluye cada hilada circular que forma un anillo de presión, antes de pasar a la siguiente; hasta concluir su ejecución.

En general, las cúpulas sólo resisten su peso propio, más eventuales sobrecargas accidentales, que comparadas con su peso propio, son de pequeña magnitud.

Su comportamiento frente a las solicitaciones de origen sísmico es bueno; lo crítico no está en la cúpula, sino en los muros que la sostienen, que resultan frágiles frente a las solicitaciones horizontales.

La distribución de cargas en las cúpulas no es perfectamente uniforme, varían desde su máximo valor en los arranques a cero en la cúspide; por lo tanto, la directriz apropiada es generada por el eje excéntrico.

3.12 Posibles fallas estructurales

Las posibles fallas estructurales en las construcciones de tierra, son resultado de causas que poco tienen que ver con la calidad del material. Usualmente los problemas que se presentan están vinculados al sitio de la construcción, fallas constructivas, deficiencias del diseño y falta de mantenimiento, que se manifiestan con la presencia de fisuras y grietas.

Las fisuras generalmente denotan fallas locales, generalmente son de pequeña magnitud, están espaciadas en forma irregular, tienen direcciones arbitrarias (con más frecuencia vertical) y pueden atribuirse a:

a) Defectos en la calidad de materiales.

b) Utilización de adobes no totalmente secos.

c) Aplicación de cargas en forma prematura, antes de que haya secado el mortero.

Las grietas denotan fallas de comportamiento de la estructura, que indican que la capacidad del material para resistir los esfuerzos ha sido superada y están referidos a:

a) Excesiva compresión y presencia de cargas concentradas, produciendo punzonamiento.

b) Solicitaciones anormales debido a vanos de puertas y ventanas mal dispuestos.

c) Falla de ejecución en dinteles, bóvedas, arcos, etc.

d) Asentamientos irregulares por mal comportamiento de las fundaciones.

Las fallas mencionadas, también pueden deberse a:

a) Fallas de diseño, referidas a espesores deficientes, presencia de excentricidades en la aplicación de cargas, inadecuados arriostramientos con otros muros o ausencia de éstos, trabas mal dispuestas, muros con altura excesiva, muros con muchas aperturas, deficiencia de arriostramientos horizontales, ausencia de impermeabilización contra capilaridad, ausencia de juntas entre partes de la construcción cuando existe marcadas diferencias de cargas.

b) Fallas de construcción, referidas a mala calidad de materiales, deficiencia del mortero de unión entre adobes, error de verticalidad, mal alineamiento, falta de alineamiento entre muro superior e inferior, error en anclaje de marcos de puertas y ventanas, adelgazamiento de muros para albergar instalaciones, deterioro de revoques producido por agua.

3.13 Climatización

El adobe y el aire tienen similar calor específico, pero el adobe tiene una alta densidad, lo que implica mayor capacidad térmica de almacenamiento, constituyéndose en un material térmico apropiado; asimismo, tiene una conductibilidad térmica más baja, por lo que toma más tiempo en calentarse o enfriarse; aspecto fundamental para climatizar una construcción.

a) Energía solar pasiva

De las diferentes posibilidades y técnicas de uso de la radiación solar pasiva para climatizar el interior de una *Lak'a Uta*, se utiliza el concepto sol-masa-espacio; en la que la radiación solar es captada por una pared exterior cuya masa se carga de energía.

La masa de la bóveda y los muros hace el papel de un cuerpo expuesto al sol, en el que la masa térmica constituye el sistema de captación-almacenamiento-restitución de la energía solar; materializado con el muro *trombé*.

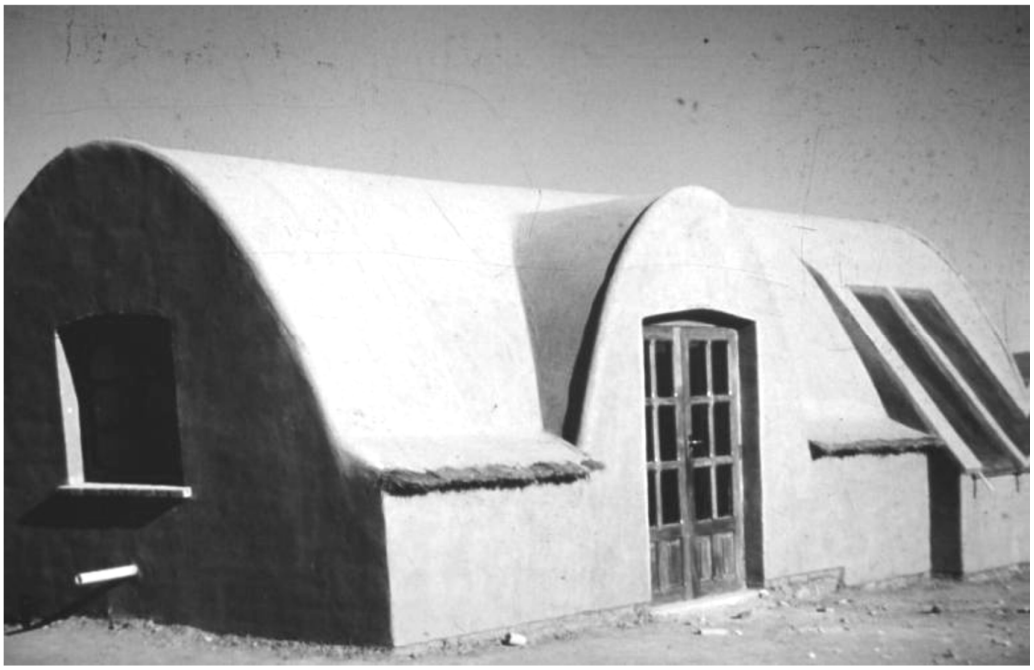


Figura 5. Vivienda rural de autoconstrucción con muro *trombé*, Lahuachaca, Bolivia (Crédito: Jakobsen, 1994)

La captación se la realiza construyendo el muro t*rombé* adosado a la bóveda orientada al sol y referida a la latitud y declinación del sol; está constituido por una placa transparente montada sobre un muro pintado de negro, con un espacio de separación que genera la circulación de aire caliente. El almacenamiento se produce a lo largo del día en el conjunto de elementos macizos. Cuando el sol desaparece, el muro hace el papel de regulador térmico, restituyendo el calor acumulado durante el día hacia el interior durante la noche.

Se logra un equilibrio térmico en el interior, con tiempo de restitución de la energía de 12 horas con muros de 30 cm de ancho. En su funcionamiento se logra una autonomía que cubre un periodo de tres días, en el cual, cuando no existe radiación solar, la temperatura interior disminuye de 1ºC a 2ºC por día.

4. RESULTADOS

Por lo expuesto, las construcciones *Lak'a Uta*:

a) Son sostenibles con relación al medio ambiente.

b) Son más sanas y económicas que las viviendas tradicionales del Altiplano.

c) Mejoran las condiciones de vida de las familias que las habitan.

d) Dan valor agregado a la tierra, convirtiéndola en material de construcción.

e) Permiten construir una edificación totalmente con materiales de tierra, en la que no se requiere utilizar madera ni calamina.

f) Utilizan materiales locales de bajo costo y ecológicos.

g) Tienen un efecto natural de aislamiento y bajos niveles de transmisión de sonidos; constituyéndose en un casco hermético.

h) Son una respuesta apropiada en zonas que presentan fuertes vientos.

i) Son fáciles de construir utilizando herramientas sencillas.

j) Mantienen una temperatura constante durante día y noche; pues, su balance térmico está dentro los márgenes del confort ambiental, tanto en temperatura ambiente (17ºC a 25ºC), humedad relativa (30% a 70%) y movimiento del aire (0,10 m/seg a 0,25 m/seg).

k) No requieren cimbras en la ejecución de la cubierta autosustentada.

l) No pueden vivir insectos que portan enfermedades como la vinchuca debido a la superficie interior de la bóveda, que es lisa.

m) Utilizan intensivamente la mano de obra.

n) Son resistentes al fuego y al viento.

o) Durante su ejecución el consumo energético es mínimo.

p) Se aplican a todo tipo de diseños.

Como resultado, en Bolivia se tienen registrados aproximadamente 15.000 m² de construcción.

5. CONCLUSIONES

El uso de la tierra en la construcción con reglamentación técnica y normas de calidad, contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de las familias que las habitan y de las condiciones financieras para su construcción.

La participación de la comunidad en las construcciones de tierra, permitirá acelerar el proceso de revalorización técnica y de sensibilización de la sociedad con este material.

La educación y capacitación de profesionales, técnicos y albañiles en el diseño y construcción con tierra, permitirá superar el proceso de deterioro tecnológico que sufre.

El concepto es considerado pionero del desarrollo sostenible, y fue nominado y registrado como Proyecto Oficial de la Exposición Mundial Hannover 2000, con otros 486 proyectos del mundo; cuyo tema fue Desarrollo Sostenible.

Figura 6. Vivienda urbana, La Paz, Bolivia

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Houben, H.; Guillard, H. (1994). Earth construction – A comprehensive guide. London: ITDG Publishing.

Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre los Asentamientos Humanos. Estambul (Turquía), 1996. Programa Hábitat II. Disponible en http://habitat.aq.upm.es/aghab/aproghab.html. Acceso en 20/5/2011.

AUTORES

Raúl Adolfo Sandoval Tejada, arquitecto; director de Casa de Tierra Bolivia, director del Proyecto de Asentamientos Humanos en Bolivia (DANIDA), representante en Bolivia del Servicio Danés Internacional de Asentamientos Humanos (DIB), contraparte técnica boliviana del Proyecto Piloto Experimental Lak'a Uta (CEPRODES-DIB), director de la Red de Asentamientos Humanos en Bolivia (RAHS).

Juan Pablo Sandoval Calderón, arquitecto junior; investigador de arquitectura en tierra de la Red de Asentamientos Humanos en Bolivia (RAHS), co-autor de la "Especificaciones técnicas Lak'a Uta" inédita, coordinador de investigación Casa de Tierra Bolivia, director de obra construcciones Lak'a Uta Casa de Tierra Bolivia.

TEMÁTICA 1
Materiales y cultura constructiva

TEMÁTICA 2
Conservación preventiva y curativa

TEMÁTICA 3
Contemporaneidad y producción

TEMÁTICA 4
Desarrollo social y comunidad

1. Aprendendo com os mestres japoneses o *Tsuchikabe*: Técnica de taipa japonesa no Brasil

Akemi Hijioka[1]; Bianca Joaquim[2]; Akemi Ino[3]

Instituto de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de São Paulo – campus São Carlos, São Paulo, Brasil,

[1]ahijiok@uol.com.br; [2]bijoaquim@gmail.com; [3]inoakemi@sc.usp.br

Palavras-chave: técnica japonesa, taipa de mão, prática como aprendizado

Resumo

Este artigo tem por objetivo apresentar o workshop que foi realizado em 2013 pelo Grupo Habis, dentro do Programa de Cultura e Extensão do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. O curso tinha como finalidade trazer ao Brasil o conhecimento milenar da cultura construtiva japonesa que se utiliza da terra. Como material construtivo a terra no Brasil foi intensamente utilizado no período colonial, mas foi ao longo do tempo sendo substituídos por tijolos e outros materiais. As técnicas construtivas foram mantidas sem grandes mudanças durante séculos e consideradas primitivas, frequentemente associadas à ideia de pobreza e precariedade. Por outro lado, no Japão, ferramentas e técnicas tiveram grandes avanços, resultando em vasto repertório, atendendo não somente questões técnicas, mas alcançando status de apreciação estética; consolidado na cultura como seguro, saudável e sofisticado. O uso da técnica do *tsuchikabe* que literalmente significa parede de terra pode ser vista no Brasil, nas casas dos imigrantes japoneses construídas no inicio do século, entretanto seus dados até hoje não haviam sido estudados. O *tsuchikabe* realizado no Brasil foi misturado à cultura local, com influência cabocla e quilombola e, esta forma híbrida, diversa e criativa que surgiu naquele período, possibilitou a construção de cerca de 500 habitações. A intenção do curso foi apresentar parte do conhecimento milenar japonês, e para tanto, um mestre *sakan* foi convidado do Japão. Para entender o conhecimento que vão muito além da teoria, mas construídos através dos gestos, significados e valores transmitidos por gerações a prática foi enfatizada. Buscou-se assim, compreender *tsuchikabe* não como produto, mas como processo. Foi importante experimentar o passo a passo das etapas envolvidas no "fazer", pois nela está contida a compreensão das interações de conhecimento, e que os gestos podem revelar as conexões do passado para novas ações.

1. INTRODUÇÃO

A constatação de diferenças existentes entre a taipa japonesa (*tsuchikabe*) e a taipa de mão executada pelos imigrantes no Brasil, observada durante a pesquisa de doutorado de Hijioka, motivou o Grupo de Pesquisa Habis a elaborar um projeto que viabilizasse a vinda de mestres japoneses para um curso de difusão na Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC/USP). Através de uma parceria entre a Fundação Japão e a Comissão de Cultura e Extensão do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da USP São Carlos, foi possível realizar o curso de difusão, o qual possibilitou a vinda de dois professores japoneses – sendo um deles mestre do ofício *sakan* (denominação, em japonês, do ofício do construtor de paredes). O curso foi realizado durante os meses de Julho e Agosto de 2013 e foi dividido em dois módulos de uma semana, havendo um intervalo de uma semana entre cada módulo. As questões administrativas e burocráticas foram encaminhadas em novembro de 2012 e os materiais necessários para a oficina começaram a ser viabilizados em abril de 2013 – uma vez que a terra deveria ser preparada com no mínimo três meses de antecedência. O curso elaborado de modo a possibilitar aos participantes a compreensão e apreensão da técnica japonesa, bem como apresentar informações referentes a “como”, “onde” e “por quem” essa técnica tem sido utilizada no Japão. Dentre os participantes estavam arquitetos, engenheiros, professores universitários e estudantes de graduação e de pós-graduação dos cursos de arquitetura, química e engenharias.

2.TAIPA DE MÃO E *TSUCHIKABE*

A taipa de mão no Brasil foi uma técnica construtiva largamente utilizada durante o período colonial (séculos XVI a XIX), uma vez que a população indígena utilizava, em geral, madeira e palha para a construção de suas ocas. A construção com terra tem origem ibérica e foi introduzida no Brasil pelos portugueses. No entanto, a taipa de mão passa a ser menos utilizada na medida em que novos materiais construtivos foram surgindo, como tijolos, cimento e ferro. Assim, o uso da taipa de mão foi restringindo-se às pessoas de baixa renda, geralmente localizadas em áreas rurais, onde o acesso aos materiais industrializados era (e ainda é) bastante dificultado. Porém, existem ainda muitas construções em taipa de mão que estão preservadas, sobretudo em cidades históricas ou em fazendas, as quais são remanescentes do período colonial e que mantêm sua integridade até os dias de hoje.

A doença de Chagas foi muito associada às casas de taipa, o que contribuiu para a disseminação de uma imagem negativa da técnica. No entanto, este problema tem origem na ausência de cuidados para resolver alguns problemas técnicos, como o solapamento da base da parede e o surgimento de trincas e fissura nas interfaces. Atualmente, no Brasil, pode-se afirmar que o uso dessa técnica construtiva, em detrimento aos materiais industrializados, ainda é muito raro.

No Japão, a *tsuchikabe* inclui as diversas variantes da técnica de construção de parede, *shinkabe, ookabe*, as quais são usadas principalmente em residências. Na primeira, a estrutura periférica (pilares e vigas) permanece à mostra; já na segunda, essa estrutura fica oculta, ou seja, pilares e vigas são incorporados à parede.

No curso de difusão, a modalidade experimentada foi o *shinkabe*. Tanto a técnica brasileira quanto a japonesa consiste em um sistema de vedação com aplicação do barro[1] preparado sobre uma ossatura. Porém, ainda que compartilhem do mesmo princípio, existe uma diferença nítida entre essas duas técnicas, principalmente quanto ao resultado final. Essa diferença deve-se ao fato de que o processo construtivo japonês apresenta extremo apuro técnico, variedade de materiais e ferramentas. Já a técnica brasileira é bastante rudimentar e há séculos não tem apresentado aprimoramentos.

3. ASSIM SE FAZ *TSUCHIKABE*

Figura 1: Sequencia da montagem do entramado e aplicação do barro Fonte: tsuchikabe network

3.1 Armação da malha estruturante

[1] A utilização do termo barro distingue se da terra, por apresentar maior plasticidade.

Esta etapa consiste na montagem da ossatura em que será aplicado o barro e ocorre em três etapas: inicialmente, colocam-se sarrafos nos sentidos verticais e horizontais, de modo a compor módulos menores que 90 cm. Estes sarrafos, denominados *nuki*, são engastados nas extremidades da estrutura periférica. Em seguida, é realizada a fixação das peças de bambu horizontais e verticais, denominadas *mawatashidake*. Assim, tem-se um quadriculado com distância de cerca de 30 cm entre as peças de bambu, as quais distam aproximadamente 6 cm das bordas – as peças de bambu também têm suas pontas inseridas na estrutura periférica. Por fim, os feixes de bambu são atados, formando-se assim uma malha com vazados de aproximadamente 3 cm (tanto na vertical como na horizontal).

3.2 Aplicação da primeira camada de terra

O barro preparado é aplicado, primeiramente, sobre uma das faces da malha estruturante. A aplicação é feita pressionando o barro de modo que o material saia pelo outro lado do vão da malha, formando um engaste. Nesta etapa, é importante tomar cuidado com a aplicação do barro nas bordas do painel. Recomenda-se pressionar o barro sobre a estrutura até que se consiga uma boa fixação, uma vez que nesta região da malha o barro tende a ceder, devido ao peso próprio.

3.3. *Uragaeshi*

Nesta etapa, alisa-se o verso do painel, regularizando as saliências deixadas na sequência anterior. Deve-se tomar cuidado para que a espessura do barro seja uniformizada, uma vez que esta quantidade de material vazado será incorporada à primeira camada de barro neste lado do painel.

3.4. *Nukifuse* e *tirimawari*

Refere-se ao procedimento necessário para tratamento da interface com a madeira, tanto na região das bordas quanto na região dos sarrafos. Se o barro aplicado apresenta espessuras diferentes sobre o bambu e sobre os sarrafos, implicará o surgimento de fissuras distintas, provocadas pela retração do material. Por isso, o tratamento necessário nessas regiões corresponde ao acréscimo de fibras, de forma a minimizar estes danos. Sobre os sarrafos, acrescentam-se fibras, de forma ordenada. Já nas bordas são acrescentadas telas de linho ou fibras vegetais, de modo a criar um reforço para minimizar as trincas.

3.5. *Muranaoshi* e *nakanuri*

O termo *muranaoshi* significa “consertar o desigual”. Esta etapa tem por objetivo a regularização da superfície deixada pelo tratamento anterior. O preenchimento deve ser feito com o barro utilizado na primeira camada.

Já o termo *nakanuri* significa “aplicação da camada do meio” (ou da camada interna). Com o barro apropriado para a segunda camada, a superfície é uniformizada aplicando-se o barro a uma espessura de cerca de 2 mm. Este barro possui fibras de menor comprimento, é mais arenoso e sua granulometria é mais fina. A areia, embora diminua a resistência do barro, ajuda a minimizar o surgimento de fissuras, além de preparar a superfície para a última etapa do acabamento.

3.6. *Uwanuri*

A expressão *uwanuri* significa “aplicação de camada de cima”. Esta etapa refere-se à camada de finalização e apresenta uma grande variedade de materiais e técnicas. Para a execução de uma parede tradicional, é comum serem adotados os passos descritos acima, respeitando-se um padrão técnico que orienta essa prática construtiva, salvo algumas variações. O processo de preparo do barro desta camada é a etapa que mais apresenta

características regionais. É também a etapa que evidencia o apuro técnico do *sakan*. O acabamento pode ser feito à base de cal, areia e terra com diferentes cores, misturadas a aglomerantes diversos, como goma à base de algas e resinas à base de vegetais.

4. PROPOSTA DO WORKSHOP

A partir do panorama histórico do *tsuchikabe* no Japão, os participantes puderam compreender a evolução da técnica, suas funções e as especificidades dos materiais e das ferramentas utilizados. Soluções adotadas para interface, proteção contra intempéries e outras questões intrínsecas à construção com terra crua foram abordadas em sala de aula e na prática. Dentro do universo do ofício do *sakan*, assim como outros diversos ofícios tradicionais, há um consenso de que a apropriação desses saberes requer anos de prática. Seu conhecimento não é ensinado, mas desenvolvido na relação entre mestre e aprendiz.

O grande desafio do curso foi transmitir estes saberes de forma didática. De fato, não se apropria em um único curso este vasto repertório construtivo. Porém, o aprendizado com foco na prática foi o meio encontrado para permitir aos participantes uma maior aproximação com o universo do *tsuchikabe*. O workshop foi dividido em dois módulos, com duração de uma semana cada. O intervalo de uma semana entre os módulos foi necessário para a secagem da terra da primeira camada.

O primeiro módulo, com duração de cinco dias, abordou o processo de preparação dos materiais, a aplicação da primeira camada de barro, até o uragaeshi. Durante o intervalo entre os módulos, pesquisadores e professores realizaram uma pesquisa no Vale do Ribeira, onde se encontram as casas dos imigrantes japoneses, construídas com a técnica adaptada do *tsuchikabe*. O segundo módulo, também com duração de cinco dias, abordou a preparação da terra utilizada para segunda camada até a aplicação do nakanuri.

5. O GRUPO E O TRABALHO

Os 30 inscritos foram divididos em cinco equipes de seis pessoas, de forma a revezar os procedimentos de preparação dos materiais. Foram organizadas seis frentes de trabalho, quais sejam:

a) corte e abertura dos bambus em feixes;

b) remoção dos nós e das bordas dos bambus, contagem e amarração dos feixes;

c) peneiramento da terra;

d) corte da palha;

e) amassamento do barro com adição de palha;

f) ajuste final do barro.

A existência de seis processos para cinco grupos foi importante, já que o tempo de atuação em cada frente era diferente. Desta forma, a frente excedente minimizou o tempo ocioso provocado pela espera.

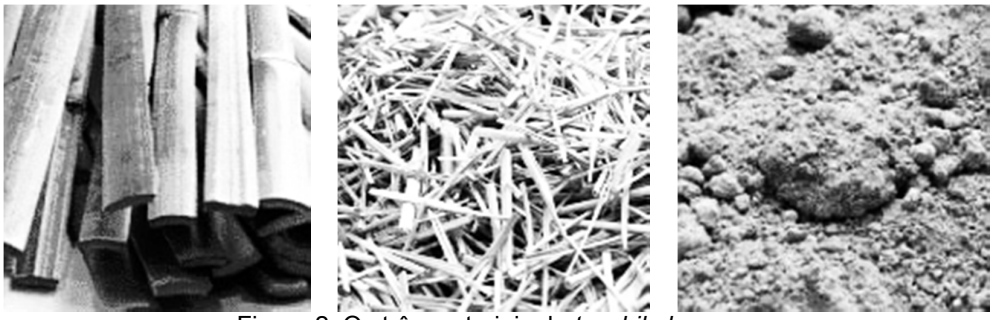


Figura 2: Os três materiais do *tsuchikabe*

5.1 Bambu

O corte transversal do bambu foi feito com serra de mão. As medidas do corte foram tiradas do painel e transferidas para um guia. Uma vez cortadas na medida, os bambus foram cortados em seis partes e divididos em feixes. Essa operação foi realizada com uma ferramenta em ferro fundido, denominada *takewariki*, que significa partidor de bambu. Ela é posicionada no centro do bambu e golpeada de forma a abrir a extremidade. A partir dessa abertura, a ferramenta percorre o eixo longitudinal do material, mantendo-se a uniformidade da medida para todos os feixes. Em seguida, os nós e as quinas dos bambus foram removidos com facões; posteriormente, o material foi contado e amarrado de acordo com a quantidade necessária para cada painel.

5.2 Palha

O corte da palha de trigo foi realizado de forma manual, com uso de facões. Foi adicionada à primeira camada de terra uma porção em comprimento de cerca de cinco centímetros. Para a segunda camada, foi adicionada outra porção (triturada com o auxilio de um liquidificador). A função da palha é evitar ou minimizar as trincas provocadas pela retração do barro durante sua secagem. No Japão, é comum utilizar a palha de arroz. No Brasil, nas casas dos imigrantes japoneses, verificou-se a utilização do sapê, (*Imperata brasiliensis*), uma espécie de capim que nasce em solos pobres, também utilizado na cobertura de casas mais simples da zona rural.

5.3 Terra

A terra foi extraída do próprio campus da USP, peneirada e recebeu adição de água por dois dias. Em seguida, a palha foi sendo acrescentada e misturada ao longo de três meses. No Japão, o preparo da terra é feita com meses, e até anos de antecedência e tem relação com processos bioquímicos que ocorrem no barro. O processo de decomposição da palha, provocado pela ação dos micro-organismos, mantém suas fibras. A lignina é liberada na terra, na planta tem a função de proporcionar impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos no tecido vegetal. A celulose, que é uma fibra insolúvel, mantém-se no barro, criando uma estrutura no seu interior. No caso, esses fenômenos foram observados pela alteração da cor da terra (de um tom avermelhado para um tom marrom acinzentado) e pela elevação da temperatura do barro, causada pela fermentação. Houve ainda a alteração na textura, tornando-se mais viscosa. Estas duas últimas características foram identificadas ao pisotear o barro. Após três meses, o material soltava-se com mais facilidade dos pés. A palha foi adicionada ao longo da preparação, sempre pisoteando e hidratando para homogeneizar a mistura. No workshop, seguiu-se a recomendação do mestre japonês e foi utilizado cerca de 20 kg de palha por m^3 de terra. Muitas variáveis atuam no processo e as mesmas proporções podem resultar em diferentes misturas. Isso pôde ser verificado comparando-se esse processo com uma experiência anterior, realizada para a restauração do Casarão do Chá (Hijioka; Maia; Corba, 2012). Analisando-se as diferenças ocorridas entre as duas misturas, as possíveis causas foram: uso de água de poço e uso de água tratada, e a diferença da época do início

da preparação; uma ocorreu na primavera e outra no outono. Na primeira experiência, as alterações ocorreram de forma intensa; a água sem cloro e a alta temperatura do verão podem ter favorecido o processo de fermentação. O que não ocorreu na segunda experiência, onde foram utilizadas a água tratada com cloro e o período de descanso da terra ocorreu no inverno, resultando em reações biológicas e químicas de menor intensidade.

5.4 Ajustes finais do barro

Antes da aplicação do barro na parede, houve o ajuste orientado pelo mestre japonês. Uma argamassadeira foi utilizada para a mistura final. Porém, não há um padrão ou norma como há no preparo de argamassas comuns e concreto. Inicialmente, foram adicionados 10 baldes (com capacidade de 18 L) de terra amassada, 4 baldes de palha e 6 baldes de areia. (figura 3) O ponto ideal da mistura foi definido pela experiência do mestre; Com uma porção no *koteita* (uma desempenadeira de madeira de cerca de 30 cm x 40 cm) mistura, faz movimentos de cortar e amassar com a colher de pedreiro e, por fim, carrega todo o volume sobre a colher de pedreiro e a inclina de forma a permitir que ela escorregue de volta para a desempenadeira. A partir destes gestos o mestre verifica o ponto ideal: o som provocado pelo atrito entre o barro e a colher de metal nos diversos movimentos, o tempo que leva para se soltar, a textura e trabalhabilidade no amassar e juntar. Verifica se a palha ficou vertical em sua superfície, bem como a forma resultante da caída e diz: “Um balde de palha e dois de areia...”.

Figura 3: Ajuste da terra da primeira camada. Credito: Ceneviva, 2013

Um dos primeiros gestos do mestre ao chegar ao canteiro experimental foi meter a mão na baia onde a terra estava sendo preparada e cheirar, depois abrir e fechar a mão vendo sua textura. Pode-se constatar que esta leitura é mais sensorial do que técnica. Os diversos sentidos apurados em décadas de experiência são os indicadores. A tradução científica desta leitura tem sido realizada em laboratórios, buscando-se parametrizar futuras replicações. Neste sentido, Correia (2012) fala da importância da abordagem empírica associada a bases científicas como meio de preservar e transmitir estes saberes. “Es necesario integrar la arquitectura en tierra con las demás áreas y facilitar las didácticas y modos pedagógicos, teóricos y prácticos así como la experimentación como concepto fundamental de la adquisición del conocimiento”

6. MÃO NA MASSA

O procedimento adotado para o trabalho nos painéis foi “demonstração seguida de prática”. A explicação simultânea à ação também foi um importante diferencial. O mestre executava em seu painel explicando os detalhes de cada passo. Em seguida, os grupos executavam em seus respectivos painéis. Foram preparados sete painéis, sendo dois para demonstração e cinco destinados aos grupos.

6.1 Armação do entramado

A colocação da trama estruturante foi feita a partir de abertura de furos nas bordas do painel, dentro dos quais foram inseridas as peças de bambu (figura 4) O furo possui profundidade de 1 cm, onde o feixe de bambu é inserido. Sua ponta recebe o corte chanfrado para facilitar o trabalho. Os melhores bambus dos feixes foram escolhidos para a trama estruturante, sobre as quais os demais bambus são atados. As 12 peças utilizadas para essa função eram cerca de 3 cm mais compridas que as demais, pelo fato de engastarem nas cavidades da estrutura periférica. Os pontos de cruzamento com o sarrafo foram pregados para dar firmeza ao conjunto.

Figura 4: Abertura dos furos para *mawatashidake* feita pelo mestre. Crédito: Ceneviva, 2013

6.2 Montagem da trama

A trama foi executada atando os feixes de bambu, distantes cerca de 3 cm um do outro. Na horizontal, os bambus são dispostos de cima para baixo; na vertical, varia de acordo com a preferência. Antes de iniciar essa etapa, foi feita a verificação do total de feixes para separar as peças deformadas. Essas peças foram aproveitadas intercalando-as ao longo do painel, em intervalos regulares. As peças deformadas recebiam um corte inclinado de não mais de dois terços, para endireitá-las; já as peças muito finas eram colocadas em pares, evitando disparidades de medidas. As demais peças eram posicionadas alternando a base e a ponta. Pôde se observar neste procedimento que houve o aproveitamento máximo das peças, e ao mesmo tempo uniformidade na estrutura do conjunto.

Os feixes foram atados com corda de sisal, no modo *chidori ami*, que é um tipo de laçada paralela que proporciona maior firmeza. O termo *ami* significa tecer, que dá a ideia de um trabalho mais elaborado, em contraste com a ossatura robusta e rústica da taipa de mão praticada no Brasil. Os possíveis tipos de nós, de emenda das cordas, amarrações de início e de finalização, foram demonstrados e praticados. A malha serve de ossatura, sobre a qual o barro é aplicado; os cuidados para manter a planicidade e coesão do conjunto são constantes (figura 5).

Figura 5: Atando os feixes de bambu no painel. Crédito: Ceneviva, 2013

6.3 Aplicação do barro (primeira camada)

A aplicação foi feita a partir da borda, seguindo a ordem da escrita do ideograma "口" (*kuti*); inicia-se com a vertical esquerda, de cima para baixo; horizontal superior, da esquerda para a direita; vertical direita, de cima para baixo e, finalmente, horizontal inferior, da esquerda para direita. A pressão da aplicação deve ser o suficiente para que o barro saia pelo lado oposto, sem cair. Esta porção forma uma espécie de fuste e é aplainada cuidadosamente após a desidratação parcial. O lado oposto segue a mesma sequência de aplicação da primeira, mas o volume de barro utilizado é menor (pois parte da aplicação anterior avançou para o outro lado).

6.4 Tratamento de interface

Após o intervalo de uma semana, os painéis já apresentavam pequenas fissuras. Quando elas se apresentam uniformemente em toda a superfície, indicam que a aplicação ocorreu corretamente. Os pontos críticos se encontram sobre os sarrafos de travamento, onde a espessura do barro é menor. Também nas bordas, onde ocorre a interface com a estrutura de madeira. Toda a extensão sobre o sarrafo foi tratada, adicionando fibras cortadas em 20 cm no sentido perpendicular, de forma a prolongar por cerca de 5 cm de cada lado além da largura do sarrafo. No Japão, é comum o uso de tecido de linho ou fibras da palha de arroz; no workshop foi utilizada a fibra de sisal, extraídas da corda utilizada para amarração. A aplicação foi feita adicionando-se primeiro uma camada de barro e, sobre ela, a fibra (em uma distância de cerca de 3 cm), alisando cuidadosamente de forma a incorporá-la no barro. O movimento horizontal, do centro para as bordas, deve ser sempre paralelo, de modo a manter as fibras sempre retas.

7. FERRAMENTAS

Além do partidor de bambu, das ferramentas trazidas pelo mestre destaca-se o *kote*, que corresponde à colher de pedreiro usada no Brasil. Os participantes tiveram a oportunidade de utilizar ambas e constatar as diferenças na prática. A colher de pedreiro no Brasil tem o cabo posicionado na extremidade. Já o kote tem o cabo posicionado na parte central da placa. Essa pequena diferença reflete no rendimento, na qualidade do trabalho e no desgaste do trabalhador. Ao aplicar o barro no painel, o movimento exercido pela primeira exige grande esforço no pulso, formando uma espécie de alavanca. Com a colher japonesa, a força aplicada é transmitida diretamente pelo centro do punho (isto faz com que o esforço nas articulações seja menor e a precisão dos movimentos maior).

No Japão, é comum um bom profissional ter umas centenas delas. No curso, foram apresentados cerca de 30 tipos principais, das quais cerca de 10 delas foram utilizadas de

acordo com as etapas executadas. A variedade do *kote* é grande, segundo Nishiyama (2007), são mais de mil tipos. As especificidades de cada etapa da construção do *tsuchikabe* tiveram sua correspondência com *kote* que varia em forma, tamanho, espessura e flexibilidade. A fabricação das ferramentas teve sua evolução mais significativa no final do período edo e inicio do meiji (Yamada, 2007). Esta época corresponde ao fim do sistema feudal. O fim da classe do samurai, assim como o desuso da espada, permitiu que parte da especialidade do ferreiro, dedicada à espada, fosse transferida para a fabricação do kote. A ferramenta é considerada como a extensão da mão do *sakan*; desta forma, a costumização de acordo com a empunhadura de cada profissional, seus gestos e técnicas, foram responsáveis pelo grande número existentes na atualidade.

8. ALÉM DA TÉCNICA

Foi possível observar no mestre, durante a demonstração das aplicações do barro nos painéis, a eficiência de seus movimentos. Sua ação diante do painel era de gestos mínimos e eficientes: sem se sujar, sem desperdício de materiais e com excelente resultado. O curso também foi pontuado com relatos de suas experiências profissionais e sua postura com relação ao ofício. Isto proporcionou reflexões a respeito do conhecimento integral, intelectual e manual desse tipo de profiossional. Isto é, o pensar (criar) e fazer são indissociáveis para o *sakan*. A atitude do mestre no canteiro, participando intensamente para um bom funcionamento do trabalho como um todo foi marcante. À medida que o curso avançava, pôde-se perceber uma mudança na postura dos participantes. Grupos inicialmente isolados passaram a agir proativamente, abastecendo os demais com materiais, atentando para limpeza do canteiro e manutenção das ferramentas. A experiência do curso mostrou também que o *tsuchikabe* não é uma receita pronta e replicável, feita de terra, areia, palha e boas ferramentas. É, na verdade, resultado de saberes e fazeres acumulados ao longo de mais de um milênio, envolvendo constante diálogo entre homem, material e meio.

Figura 6: Demonstração de aplicação da camada final e fixação da trama de bambu.
Credito: Yoneda, 2013

9. ENTRE O JAPÃO E O BRASIL

A aplicação da técnica japonesa no Brasil foi intensamente utilizada no início da imigração japonesa no país, principalmente na região do Vale do Ribeira, ao sul do estado de São Paulo.

A concentração do uso do *tsuchikabe* que ocorreu na região deve-se ao assentamento de uma comunidade formada por empresas japonesas (Handa, 1987). O estudo destas casas é tema da tese em curso e as análises parciais mostram que houve a manutenção da técnica com substituição total dos materiais da ossatura por materiais encontrados na região. Alguns exemplares analisados até o momento mostram que, diferentemente da taipa de mão brasileira, cujas paredes possuem de 10 cm a 15 cm de espessura, as paredes das casas dos imigrantes japoneses têm entre 5 cm a 7 cm de espessura. Baldus e Willems (1941), em pesquisa antropológica sobre o desenvolvimento cultural dos japoneses no Vale do Ribeira, ressaltam a qualidade das construções, mesmo nas famílias menos abastadas. Hoje, estas casas podem ser vistas como o ponto de ligação entre culturas tão distintas e mostram que foi viável a adaptação da técnica milenar, de clima temperado, em terras tropicais. No contexto de imigrantes pioneiros em meio à mata virgem, construir suas casas significava suprir as exigências básicas da vida. Os imigrantes eram agricultores, entre os quais alguns com conhecimento de carpintaria e *sakan.* Ainda que sob a orientação deles, as próprias famílias formavam a força de trabalho na construção de suas moradias. As casas refletem os ajustes e adaptações inevitáveis às novas condições do meio natural, de materiais locais e de vida. Não houve, entretanto, o abandono da cultura japonesa, propriamente dita, mas um equilíbrio cuidadosamente dosado para preservar os modos de vida que lhes eram essenciais (Daigo, 1981). Essa persistência em manter sua cultura foi essencial para que surgisse uma nova cultura construtiva, baseada repertório técnico do oriente e efetivada com materiais locais.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos dados a respeito do *tsuchikabe* têm sido formulados no Japão à luz da ciência, sobretudo nas últimas duas décadas, o que permite a aproximação do conhecimento que até então era transmitido oralmente e na prática. Compreender essa técnica enquanto processo é fundamental para futuras ações, seja no restauro do patrimônio ou em novas construções. A produção desses conhecimentos envolve muitos saberes próprios da ação e, sob esta ótica, o curso enfatizou a questão prática. As amostras de terra produzidas no workshop, juntamente com as terras coletadas das casas dos imigrantes foram submetidos à análise no laboratório de geotecnia da Universidade Federal da Bahia[2]. As informações sobre a caracterização dos solos, sua composição granulométrica, limites de plasticidade, liquidez e outros dados complementaram o trabalho de sistematização. Segue atualmente a investigação sobre as dinâmicas do construir, os agentes e os processos operados na construção das casas dos imigrantes japoneses. Destacar a riqueza contida nestas edificações pode colaborar com melhores práticas de preservação da arquitetura com terra, além de contribuir para construções atuais alinhadas com questões ambientais e de sustentabilidade. Neste sentido, a disseminação do conhecimento pode evoluir para reverter o conceito negativo que ainda persiste sobre construção com terra no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baldus, Herbert; Williams, Emilio (1941). Casas e túmulos de japoneses no Vale do Ribeira de Iguape. In: Revista do Arquivo Municipal. São Paulo: Departamento da Cultura

[2] Sob orientação do Prof. Mario Mendonça de Oliveira, criador do NTPR (Núcleo de Tecnologia do Patrimonio e Restauração)

Correia, Mariana (2012). Reflexões e recomendações da XI Conferencia Internacional sobre el Estudio y Conservación del Patrimonio Arquitectónico de Tierra, Terra 2012 e XII SIACOT Seminário Iberoamericano de construção com terra. Lima, Peru, de 22 a 27 Abril de 2012.

Daigo, Masao (1981). 南半球のザジャパニーズ　ブラジルにおける日本人の適応　(Minami hankyuu no Za Japaniizu) (Adaptação dos japoneses ao hemisfério sul do Brasil). Tokyo: Bungeishunju.

Handa, Tomoo (1987). O imigrante japonês no Brasil: Historia de sua vida no Brasil. São Paulo. Ed. TAQ

Hijioka, A., Maia, R.; Corba, M. (2012) La Casona del Té. Restauración y rescate de la técnica de construcción en bahareque japonês. Artigo apresentado no XII SIACOT, Conferencia Internacional sobre el estúdio y conservación del patrimônio arquitetônico de Tierra, Lima, Peru 2012.

Nishiyama, Marcelo (2007). Bulletin of Takenaka Carpentry Tools Museum No.18. Kobe.

Yamada, Kouichi (2007). 日本の鏝　鏝はいきている (nihon no kote – kote ha ikiteiru) Tokyo: Inax booklet.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação Japão (JFSP), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nivel Superior (CAPES), pelo financiamento da pesquisa e bolsa. À Tajima Guijutsu Daigakou pela doação das ferramentas que possibilitaram este aprendizado e ao Mestre Sakan e Professor Kinzo Nakao pelos ensinamentos.

AUTORES

Akemi Hijioka, doutoranda em tecnologia pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo pela USP – São Carlos; com especialidade em construções dos imigrantes de origem japonesa no Brasil. Pesquisadora do Grupo Habis – Habitação e Sustentabilidade, mestre em urbanismo pela PUC-Campinas, arquiteta, professora do Instituto Federal São Paulo – Campus Registro. Currículo completo em http://lattes.cnpq.br/6483931563378439

Bianca Joaquim, mestranda em tecnologia pelo Instituto de Arquitetura e Urbanismo pela USP – São Carlos; com especialidade em construções com terra no Brasil. Pesquisadora do Grupo Habis – Habitação e Sustentabilidade. Currículo completo em http://lattes.cnpq.br/7100003184009744

Akemi Ino, Professora doutora (Livre Docente) da USP no Instituto de Arquitetura e Urbanismo, é coordenadora do Grupo HABIS (habitação e sustentabilidade). Com especialidade em Tecnologia em habitação social, processo participativo e desenvolvimento social. Currículo completo em http://lattes.cnpq.br/1346680801367111

2. TALLERES DE ARQUITECTURA DE TIERRA PARA NIÑOS EN BARICHARA, COLOMBIA

Natalia Rey Cuellar

Terrícolas, arquitectura de tierra para niños y niñas, Colombia. www.terricolasarquitectura.com nataliareyc@gmail.com

Palabras clave: Arquitectura para niños, arquitectura vernácula, Barichara, primera infancia

Resumen

La experiencia de los talleres de arquitectura de tierra para niños sugiere que al involucrar a los miembros más jóvenes de un grupo, se promueven una sostenibilidad y una mayor efectividad a las estrategias de valoración y preservación de la cultura constructiva, a través de reconocer en los niños de su capacidad de participación activa dentro de la construcción del entorno, de estimular los espacios de encuentro de los niños con su entorno social y de apoyar un desarrollo integral para los pequeños. Esto es especialmente relevante en un entorno como el de Barichara, Colombia, cuyo patrimonio construido en tierra enfrenta varios riesgos ante un crecimiento urbano bastante acelerado.

INTRODUCCIÓN

Los talleres de arquitectura de tierra para niños que se realizan desde 2013 en Barichara, Colombia, surgen a partir del interés por explorar la participación de los niños dentro de las estrategias de valoración y preservación de la cultura constructiva de tierra de este lugar.

A través de la comparación entre los tres diferentes escenarios en los que se han realizado los talleres, y analizando el impacto que tiene en el entorno construido la reciente aceleración de los procesos de urbanización, es posible identificar en el presente artículo, tres aspectos que demuestran la importancia de generar espacios de participación para los niños. El primer aspecto se refiere a las características de los elementos que definen la participación activa de los niños en la construcción de su entorno. El segundo es el impacto que generan estas acciones dentro del entorno social más próximo a los niños que participan de los talleres. Y el tercero es la influencia que tienen estos procesos en el desarrollo integral de los pequeños.

Como resultado se observa que es necesario fortalecer proyectos que promuevan la participación de los niños para que las estrategias de valoración y preservación de una cultura constructiva sean sostenibles y eficaces.

ANTECEDENTES

El proyecto se enmarca dentro de dos ejes principales: la investigación previa realizada por la autora (Rey Cuellar, 2013), que indaga sobre los aspectos sociales y humanos en el uso de la arquitectura vernácula, y la experiencia de la Escuela de Arquitectura y Diseño para Niños de la Universidad de los Andes en Colombia.

En primer lugar, la investigación mencionada concluía que al identificar los agentes y procesos sociales que intervienen en la arquitectura vernácula, era posible descubrir cuáles son las problemáticas que el entorno contemporáneo les presenta y cómo desde estrategias de apropiación y preservación de los saberes vernáculos esas problemáticas pueden ser mitigadas.

El segundo eje lo define la propuesta conceptual del proyecto de investigación Arquitectura como Educación, de la Universidad de los Andes. Este, a través de la propuesta Escuela de Arquitectura y Diseño para Niños, sugiere que la arquitectura tiene el potencial de ser utilizada como herramienta pedagógica puesto que propone un aprendizaje sensible e

inteligente de costumbres o hábitos de comportamiento a sus habitantes. Esto tiene que ver directamente con la condición de ser ciudadano, es decir con la posibilidad de participación activa dentro de la definición de su entorno (Manrique, 2010).

Estos dos ejes sirvieron de base para proponer los Talleres de arquitectura de tierra para niños y así indagar sobre la participación de los niños como agentes dentro de un proceso lúdico y pedagógico entorno a estos saberes vernáculos propios del lugar.

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

Barichara es un municipio del departamento de Santander, localizado en la zona nororiental de Colombia, donde las técnicas de construcción con tierra se mantienen en uso desde hace más de 300 años. La mayor parte del área urbana es hecha en tapia pisada y bahareque. Sus calles y cercas en piedra, las tejas y pisos de barro cocido, las paredes blancas por la cal y las puertas de madera en su mayoría verdes o azules, completan la serie de elementos que caracterizan la imagen de este lugar.

Otra de sus características es el arraigo que tienen los pobladores hacia los oficios tradicionales. En este municipio el tejido en fique y en algodón, la talla en piedra, la alfarería, la siembra y elaboración de tabaco, entre otros, hacen parte de un legado cultural que aparte de ser motivo de identidad y orgullo para la gente, es también una fuente de ingresos económicos suficientes para que estos oficios sean rentables para quienes los llevan a cabo.

Sin embargo, actualmente Barichara experimenta un acelerado crecimiento que pone en riesgo la sostenibilidad de la cultura constructiva del lugar. Esto debido a que en los últimos cinco años se han expedido el mismo número de licencias que de construcciones existentes, las cuales habían tomado 300 años en desarrollarse. Adicionalmente el Ministerio de Cultura hace más de dos años ha debido expedir el Plan Especial de Manejo sobre el cual se pueda definir las regulaciones sobre construcción, pero debido a su incumplimiento, en la actualidad las licencias de construcción están siendo otorgadas por fuera de un marco legal vigente. Y por su parte, la Secretaría de Patrimonio que debe avalar los nuevos proyectos, ha tenido poca o nula acción dentro de la revisión de nuevas obras.

Este crecimiento acelerado ha provocado un cambio en las dinámicas tradicionales de construcción. Por ejemplo, ha hecho que constructores expertos en oficios tradicionales se vean desplazados por jóvenes de otros pueblos con más experiencia en el trabajo con concreto y bloque de ladrillo. Ha fortalecido un fenómeno que algunos habitantes llaman el “fenómeno fachada Barichara”, el cual consiste en construir las casas sin tener en cuenta morfologías o tipologías, y pintarle la fachada de blanco poniendo puertas y ventanas de madera. Y ha hecho que se reduzca el valor de algunas labores como la elaboración de cercas en piedra, situación que afecta directamente la vida de quienes construyen el patrimonio arquitectónico.

Ante esta situación han surgido esfuerzos independientes que logren definir y apoyar estrategias de preservación y valoración del patrimonio, en un esfuerzo por mantener viva la cultura constructiva del lugar. Ejemplos de estos son la conformación de la veeduría del agua que incluye la revisión de las acciones que se hagan desde la secretaría de planeación, proyectos educativos como los de la Escuela Aquileo Parra en asocio con el Bio parque Móncora que promueve una sensibilización y apropiación del entorno natural y ambiental de Barichara y proyectos artísticos como los de la corporación Ojo de Agua encargada de documentar el patrimonio intangible desde la voz de los niños, solo por mencionar algunos.

MEMORIA DESCRIPTIVA

Los Talleres de Arquitectura de Tierra para Niños surgen con la intención de crear un espacio de aprendizaje estructurado, retador y generador de múltiples experiencias, basado en las técnicas tradicionales del lugar. Están dirigidos inicialmente para los niños de una zona que, como muchas otras zonas rurales en el país, carece de espacios o actividades culturales y lúdicas para los niños.

Se reconoce un potencial pedagógico en el entorno construido ya que los elementos que lo componen sirven como herramientas de juego y enseñanza. Además son elementos que se reconocen fácilmente dentro de la cotidianidad del niño, facilitando la apropiación de estos por parte de los pequeños.

También se analiza este entorno como resultado de un fenómeno cultural, y de esta forma se identifican quienes son las personas que lo integran y la importancia que cada miembro tiene dentro de los procesos que le dan vida a este fenómeno. Así, los oficios y los artesanos son naturalmente los principales maestros, y los niños, como se observa en la figura 1, apropian estos conocimientos a través del juego, la maquinaria que se usa en obra y el contacto directo con el material.

Figura 1. Niños explorando la elaboración de bloques de tierra comprimida con una Cinva RAM

Talleres realizados

Los Talleres de Arquitectura en Tierra para Niños se vienen realizando desde diciembre de 2013 en el Municipio de Barichara. Hasta el día de hoy los talleres se han desarrollado en tres escenarios distintos, lo cual ha permitido obtener un análisis comparativo: (a) Taller Vacacional en la Ludoteca del Municipio; (b) Taller para Niños y Niñas Menores de seis años, apoyado por el Ministerio de Cultura de Colombia; (c) Taller Terrícolas, una iniciativa particular que se encuentra aún vigente.

a) El Taller Vacacional se llevó a cabo en la Ludoteca, una institución local que atiende niños en edad primaria del área urbana del municipio con recursos públicos. 21niños entre los cuatro y diez años participaron de tres sesiones de trabajo.

b) El Taller para Niños y Niñas Menores de seis años fue un proyecto que recibió el apoyo del Ministerio de Cultura de Colombia y se desarrolló en un área rural del

Municipio en asocio con una fundación de carácter privado. Inició con un grupo de veinte niños y finalizó con treinta y dos, los cuales participaron de siete sesiones de trabajo.

c) Terrícolas, Arquitectura de Tierra para Niños y Niñas, es una iniciativa que surge por parte de los talleristas de la anterior experiencia y animado por el apoyo de los padres que pedían que el espacio continuara. Mensualmente se realiza un taller en un espacio público al que asisten en promedio quince niños de todas las edades, principalmente del área urbana, aunque también se han realizado tres sesiones en un área rural para que más niños puedan asistir.

Metodología

Los talleres se realizan en sesiones de tres horas, tiempo que involucra juego, desarrollo del tema del día y un momento para tomar algunos alimentos. Los temas desarrollados han estado enmarcados en dos áreas principales: nociones básicas de arquitectura y la exploración de las técnicas de construcción con tierra típicas de Barichara. Teniendo en cuenta las más de 20 sesiones realizadas, los talleres han tenido una asistencia de aproximadamente 100 niños.

A lo largo de los talleres, se han explorado los siguientes temas: Recorriendo Barichara; Fundando nuestro pueblo; Pinturas con tierra; Yo en el espacio; Reconociendo los elementos del entorno inmediato; Adobes: medida, escala y proporción; Bahareque: de los elementos sueltos a una superficie armada; Tapia pisada: creando soluciones a partir de lo que hay.

Hallazgos

Participación activa de los niños en la construcción del entorno

Reconociendo que los territorios son el lugar primordial de la experiencia de niños y que la cultura es un escenario determinante de las maneras de ser y de expresarse de las personas, como lo propone la estrategia De Cero a Siempre, un propósito de los talleres ha sido llegar a descubrir la cultura constructiva de Barichara desde la voz de los niños a partir de reconocerlos como poseedores de un conocimiento. Al hacerlo, se ha hecho manifiesto el rol activo de los niños dentro de la creación del espacio construido, y se ha fortalecido la confianza en ellos mismos para que reconozcan el valor de las tradiciones que poseen. Una estrategia clave ha sido la de identificar los recursos inmediatos con los que cuenta para construir, y también los recursos propios, los de su personalidad, que le puedan permitir crear físicamente lo que imaginan. De esta forma los niños crecen con la capacidad de imaginar el mundo desde un rol activo y se reconocen como ciudadanos e interlocutores válidos y legítimos.

Los talleres se han propuesto como un espacio donde los niños reconozcan que tienen cosas por contar o sugerir y que sus opiniones cuentan en el desarrollo de los talleres. Al escucharlos se ha generado conocimiento acerca de nuevas actividades para realizar e incluso los niños se han sentado a compartir la memoria que traen sobre sus ancestros y las formas de construcción tradicionales del lugar. Esto permite identificar la forma en que los niños apropian esta memoria y le dan un nuevo significado, identificando cómo la transmisión de la memoria histórica es una actividad del diario vivir que permite que los niños adopten su hábitat y formen su idea de mundo ya que el patrimonio es un componente con el que los niños se relacionan desde el inicio de sus vidas.

Las actividades de los talleres promueven también la toma de decisiones acerca de la organización del trabajo, de los equipos, de la selección de los materiales y de los tiempos en se toman los refrigerios y se finaliza la sesión. También promueve acciones concretas a través de la construcción de estructuras de carácter permanente como el Museo Textil de Guane, lo cual se ilustra en la figura 2. A través de esto se ha podido observar que son

bastante activos en el ejercicio de su participación, y que se sienten cada vez más empoderados para expresarse, al mismo tiempo que se han apropiado de lo explorado en el taller y han extendido su experiencia a su entorno más cercano, como se explica más adelante.

Figura 2. Niños construyendo un muro en bahareque para el Museo Textil de Guane

Influencia en el entorno social de los niños

Estos talleres han permitido un espacio de participación a los miembros del entorno social más próximo a los niños. A través de las actividades ha surgido un acompañamiento por parte de las madres, un espacio de participación en la crianza para los padres, se han estimulado nuevas dinámicas de juego con los hermanos, se ha retomado la transmisión del conocimiento de los abuelos y mayores, y se ha extendido la experiencia a los colegios. Estas situaciones impactan positivamente la vida de los pequeños al permitir que los miembros más cercanos a los niños tengan un espacio de participación activa dentro de su formación y desarrollo.

Respecto a las madres, los talleres sugirieron un espacio para compartir entre ellas y sus hijos más pequeños actividades lúdicas y pedagógicas que aportaban nuevas herramientas de juego a sus dinámicas habituales. Al mismo tiempo, cuando las actividades se enfocaron particularmente en los niños, las madres tuvieron un espacio para compartir entre ellas y esto provocó la formación de un grupo que se reunía con la intención de capacitarse en los oficios tradicionales, siendo ellas mismas quienes hacían de mentoras compartiendo sus conocimientos unas con otras. En otra ocasión surgió también la propuesta de desarrollar una actividad de arquitectura en tierra para niños pero esta vez definido y liderado por una de las madres. Esto permitía observar que al proponer una actividad dirigida a los niños, surge de inmediato la oportunidad de trabajar también con las madres.

Sobre los padres, los talleres demostraron ser un espacio atractivo, especialmente para quienes trabajan en el sector de la construcción. Este es uno de los sectores laborales más fuertes en Barichara en el cual los trabajadores tienen largas jornadas de trabajo que los limita de estar más presentes en la crianza de sus hijos. Sin embargo, existe una dinámica entre ellos y es la de llevar a los niños a las obras para que aprendan sus oficios. Los talleres han permitido que esta dinámica se refuerce en un entorno más seguro, y el

ejercicio se basa en los conocimientos previos de los padres al estar trabajando el tema cotidiano para ellos de la construcción con tierra (figura 3).

Figura 3. Padres y niños compartiendo conocimientos sobre tapia pisada

Otro aspecto importante ha sido la extensión de las experiencias de los talleres a los hermanos y vecinos de los niños participantes. Los talleres han introducido nuevas dinámicas de aprendizaje a través de juegos, herramientas y materiales distintos a los habituales que pueden repetirse en casa con materiales a los que se tienen muy fácil acceso, por ejemplo la tierra, piedras, palos y agua. Se ha visto que esto no tiene distinción de edad y que es una dinámica que surge de forma espontánea y casi inmediata.

Los abuelos y mayores de la familia también han resultado involucrados con la experiencia de los talleres. Estos han provocado que los niños se dirijan a ellos indagando sobre sus conocimientos acerca de los oficios tradicionales y sobre las historias acerca de lo que sucedía antes en el lugar. Además se ha reflexionado sobre el valor que tienen estas personas dentro del desarrollo de Barichara y se les ha dado un lugar de valor en actividades como la ceremonia de graduación que tuvieron los niños en la cual recibían el diploma de las manos de artesanos tradicionales del lugar, como un símbolo de la transmisión del conocimiento (figura 4).

Figura 4. Niño de cinco años recibiendo el diploma de las manos de dos artesanos tradicionales

Un último aspecto que ha sido posible observar, es que los niños han apropiado el conocimiento y han llevado la experiencia a los colegios incorporándolo dentro de las

actividades curriculares. Un caso específico fue el de un grupo de niños que después de asistir a un taller, propuso en su colegio incluir el tema "casas del mundo hechas en tierra" como parte del proyecto que desarrollan durante la primera mitad del año escolar.

Desarrollo emocional, físico y cognitivo de los niños

Los talleres han permitido identificar que a través del trabajo realizado entorno a las técnicas tradicionales de construcción con tierra, surgen acciones que influyen directamente en el desarrollo emocional, cognitivo y físico de los niños.

A nivel emocional, los niños enfrentan el desafío de desarrollar su capacidad de relacionarse con los otros y regular sus propios actos. El juego cooperativo entre pares ocupa un papel relevante en este camino porque la interacción con otros niños de la misma edad y la adopción de múltiples roles favorece la definición de su personalidad, el crecimiento de su autoestima, el fortalecimiento de sus valores, y la formación de un criterio propio (Corporación…, 2009). Para esto, los juegos y actividades entorno a la construcción con tierra ofrecen un contexto de integración, situaciones estructuradas con reglas claras, desafíos y resolución de conflictos que estimula el desarrollo emocional de los niños.

Por otra parte, usar la arquitectura como elemento pedagógico, convierte el entorno inmediato en una herramienta educativa a la que se puede acceder de forma cotidiana; esto permite que los niños comprendan y fortalezcan la noción de espacialidad de forma constante. Los niños van construyendo esta noción a través de la exploración de su espacio propio (localizarse a sí mismo) y del espacio más próximo (localizarse a si mismo dentro de un espacio). El propósito con los talleres es "hacer vivir" el espacio, enseñando a distinguir las posiciones, distancias y la estimulación de las sensaciones corporales a través de la exploración de diversas calidades espaciales, y "hacer percibir" el espacio a través de la observación, ejemplo de esto son las caminatas de reconocimiento, ilustradas en la figura 5.

Figura 5. Reconociendo los elementos del entorno construido de Barichara

Para finalizar, los materiales y herramientas que involucran las técnicas de construcción con tierra, se usan como una herramienta lúdica. Estas estimulan el desarrollo de la motricidad fina y gruesa de los niños ya que les permite experimentar con diversas texturas como la del agua, la tierra, las piedras y la madera, y de ejecutar mecanismos no convencionales para ellos como la Cinva Ram, los pisones del tapial y las adoberas,

comprendiendo a través de la experiencia su funcionamiento como se observa en la figura 6. Esto es importante debido a que el desarrollo de la motricidad influye de manera directa en el desarrollo integral de los niños y es uno de los aspectos de mayor importancia dentro del esquema educativo del país.

Adicionalmente, se observó que el nivel de atención que prestaban los niños al trabajar con la tierra como material lúdico se elevaba en comparación a cuando realizaban otras actividades: estuvieron concentrados y participando activamente por un lapso mayor a una hora y media en promedio, situación que difiere de la opinión de padres y maestros quienes manifestaban que los niños normalmente tienen un periodo de atención y concentración de entre 20 a 30 minutos.

Figura 6. Niña de dos años elaborando una tapia pisada a escala.

ANALISIS CRÍTICO

El llevar a cabo talleres de arquitectura de tierra para niños en un entorno como Barichara no pretende resolver la totalidad de problemáticas que enfrenta el patrimonio cultural construido del lugar, pero a través de la experiencia de los talleres se puede establecer que estas actividades logran involucrar a los miembros más jóvenes de forma activa y extender la experiencia de apropiación del patrimonio a otros miembros que conforman esta cultura constructiva.

El hecho de involucrar a los miembros más jóvenes de esta cultura constructiva dentro de las estrategias de preservación y valoración del patrimonio, sugiere una inversión que a largo plazo logra resultados más efectivos y sostenibles; los estudios del premio Nobel de economía, James Heckman, han demostrado que para obtener resultados más efectivos y tener a futuro mejores rendimientos de las inversiones que se hagan, es necesario invertir en la educación y desarrollo integral (social y cognitivo) de los niños desde la edad más temprana que se pueda. Es decir que se obtiene más resultados en una sociedad cuando los proyectos educativos se realizan durante en los primeros años de vida de las personas, que cuando se hacen en su edad adulta. Trasladando esta reflexión al entorno de Barichara, se podría decir que a futuro es más rentable y efectivo desarrollar estrategias de preservación y valoración del patrimonio con los niños, si se quiere seguir manteniendo vivas las tradiciones constructivas del lugar.

Si bien es cierto que actualmente en este entorno muchas de estas acciones son necesarias llevarlas a cabo con los miembros de la comunidad en todas las edades, la experiencia sugiere que al mismo tiempo que se adelanten estas acciones con los adultos, también hay espacio para realizarlas con los más jóvenes, pero es necesario indicar que hoy hace falta establecer estrategias de trabajo que amplíen su campo de acción.

CONSIDERACIONES FINALES

Realizar actividades como los Talleres de Arquitectura en Tierra para Niños en un entorno donde la tierra define su cultura constructiva, permite reconocer en los niños su capacidad de participación activa dentro de la construcción del entorno, estimular los espacios de encuentro de los niños con su entorno social y apoyar un desarrollo integral de los niños. Esto resulta de gran importancia para la cultura constructiva ya que involucra directamente a sus miembros más jóvenes en las estrategias de valoración y preservación que se adelanten, promoviendo así una sostenibilidad de estas estrategias en el tiempo y una mayor efectividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corporación niñez y conocimiento (2009). Desarrollo infantil y competencias en la PRIMERA INFANCIA. En: Colección Revolución Educativa: Colombia Aprende, Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia. Disponible en http://www.mineducacion.gov.co/primerainfancia

Estrategia de cero a siempre. Disponible en: http://www.deceroasiempre.gov.co

Heckman, J. La inversión en el desarrollo durante la primera infancia: Reduce déficits y fortalece la economía. Disponible en http://heckmanequation.org. Acceso en 13/06/2015

Manrique, A. (2010). La educación arquitectónica de los ciudadanos. Disponible en http://children.arquitectura.uniandes.edu.co/enlaces.html. Acceso en 26/05/2015

Rey Cuellar, N. (2013). Social and human aspects in the use of vernacular knowledge. En Correia, Carlos, Rocha (Org.) Vernacular heritage and earthen architecture; contributions for sustainable development, Vila Nova de Cerveira: Taylor and Francis Group. p. 861-865.

AUTOR

Natalia Rey Cuellar, maestra en regeneración arquitectónica y desarrollo de la universidad Oxford Brookes, Inglaterra; arquitecta egresada de la Universidad de los Andes, Colombia. Participó en el proyecto de digitalización de la Paul Oliver Vernacular Architecture Library y en la Escuela de Arquitectura y Diseño para Niños de la Universidad de los Andes.

3. TECNOLOGÍA DE TIERRA Y EXPRESIÓN ARQUITECTÓNICA. Poblados de Tucumán, Argentina

Mirta Eufemia Sosa; Stella Maris Latina

Centro Regional de Investigaciones de Tierra Cruda (CRIATiC);
Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU) - Universidad Nacional de Tucumán (UNT)

criaticfaunt@gmail.com

Palabras claves: arquitectura tierra, identidad, permanencia, cambios

Resumen

La región del Noroeste Argentino es reconocida por su historia, valores culturales, paisaje natural y la arquitectura de tierra de sus poblados; características que llegaron a definir su identidad. Como consecuencia de ello, es que el Centro Regional de Investigaciones de Arquitectura de Tierra Cruda (CRIATiC) viene desarrollando investigaciones desde hace varios años en la región. En el marco de éstas, surge la observación de cómo los cambios en las actividades económico-sociales de sus pobladores se manifiestan en la fisonomía de la arquitectura del lugar. Para esta presentación se considera como estudio de caso, los poblados de Tafí del Valle y Amaicha del Valle, ambos centros de atracción turística, con características propias y distantes 109 km y 161 km de la ciudad capital de Tucumán. Se plantea como objetivos: a) Identificar ejemplos de construcción con tecnología de tierra en los cascos fundacionales de los poblados en estudio; b) Diferenciar características de permanencia y cambios entre la arquitectura de tierra tradicional y la actual, evidentes, especialmente, en las fachadas de los cascos fundacionales. Para lograrlos se realizan trabajos de campo organizados en itinerarios de relevamientos gráficos, fotográficos y posterior fichaje técnico de las construcciones de cada poblado. Para los registros de estudio, se toma en cuenta la arquitectura actual en donde se evidencian características de cambios con relación a la arquitectura tradicional. Como marco temporal, se considera el crecimiento de estos poblados en los últimos 50 años. Con este estudio se pretende llegar -a partir de la documentación de los registros de construcciones de tierra en estos poblados- a la elaboración de recomendaciones de intervención (remodelaciones y obra nueva), para su uso como material de consulta y asesoramiento que permitan mantener los rasgos identitarios de estos poblados.

1. ANTECEDENTES

En la región de los Valles Calchaquíes de la provincia de Tucumán, la tradicional construcción con adobe identificó a la arquitectura de sus poblados y caseríos. De las comunidades dispersas en su territorio, las más reconocidas por su densidad de población y desarrollo son Tafí del Valle y Amaicha de Valle.

Tafí del Valle y Amaicha de Valle fueron habitados por cultura agro ceramistas desde hace más de 300 a.C. Con la llegada del español al territorio, sus vidas cambiaron acorde a la estructura de desarrollo económico regional planteado por la corona de España. Los centros de población en sus etapas primarias del período colonial fueron un simple caserío, en donde “las paredes eran por lo regular de adobe o de tapia, los techos de paja o palma, según la región”... “se ensayaba una cornisa de barro, unas rejas de palos torneados, se embaldozaba, se blanqueaban las paredes”. (Groussac, 1987, p. 63).

La arquitectura pública y doméstica del período colonial, fue el resultado de la conjunción de los modelos europeos con los materiales y saber técnico de los propios españoles y de los nativos de este suelo. La mano de obra para las construcciones como para todas las actividades manuales recaía en los indios encomendados.

Del Valle de Tafí, se sabe que para el año 1617, fue entregado por merced real a Melian de Leguizamo y Guevara. En 1718 es comprado por los Jesuitas, a los que perteneció hasta su expulsión en 1767. En años posteriores, el valle de Tafí es fraccionado y rematado por la Junta Municipal de Temporalidades en varias secciones territoriales y adquiridas por familias terratenientes, que por herencias y ventas, conformaron para fines del siglo XIX y

comienzos del XX, 6 estancias: Las Carreras, Estancia El Mollar, Estancia La Banda, Estancia Los Cuartos, Estancia El Churqui y Estancia Las Tacanas (Rivas, 2000).

En la última década del siglo XIX es creada por ley la Villa de Tafí para la cual "la propietaria de la estancia Las Tacanas enajena parcelas próximas al casco de la misma" (Reyes Gajardo, 1966). Este primer loteo constituyó el centro del actual poblado, que se encuentra precisamente en el lugar donde se cruzan los antiguos caminos que conducían a las diferentes estancias y lo comunicaban con las poblaciones vecinas. Hoy, al municipio de Tafí de Valle se accede por la Avenida Critto que bordea la Estancia Los Cuartos y remata en la calle peatonal Las Farolas y la Plaza Estévez. Se conecta con la calle Los Cardones, una de las rutas de acceso a la Estancia El Churqui y con la avenida Pte Perón que enlaza el centro comercial de Tafí con la Estancia El Churqui, La Banda y Las Carreras. La manzana comprendida por la calle Las Farolas, Belgrano, Los Cardones y Don Goyo, constituye el casco antiguo de Tafí del Valle.

Amaicha nació como Pueblo de Indios, obtuvo el reconocimiento de “Comunidad Indígena”, a través de la Cédula Real en abril de 1716, pero por más de dos siglos y medio se sucedieron pleitos y conflictos por la posesión de estas tierra, en 1890 es protocolizada y considerada legalmente por el gobierno provincial, pero es en 1998 cuando la comunidad logra la escrituración de 52.000 ha y el reconocimiento institucional del territorio (Isla, 2002). Sólo unos pocos vecinos ostentan el título de propiedad de sus tierras, al pertenecer a la Comunidad, sólo se puede obtener un título de posesión pero no de propiedad.

Históricamente, hacia fines del siglo XIX (1884) el actual poblado de Amaicha del Valle es fundado a raíz de la donación efectuada por la Comunidad de Amaicha del Valle, de la cantidad de 14 manzanas (Reyes Gajardo, 1966, p.43) como la mayoría de los pueblos, a partir de la plaza central, hoy plaza San Martin, alrededor de la cual se situaron los principales edificios públicos: la iglesia San Ramón de Nonato (1888), la Escuela N° 10 (1898), el edificio de la Caja Popular, el destacamento policial, la Comuna y las viviendas de vecinos destacados y terratenientes.

2. UBICACIÓN

2.1. Contexto geográfico

La provincia de Tucumán se encuentra en la región del Noroeste de la Argentina (NOA). Los poblados de Tafí del Valle y Amaicha del Valle se localizan al noroeste de esta provincia en el departamento de Tafí del Valle, formando parte del territorio de los Valles Calchaquíes, amplia extensión geográfica e histórica que abarca además cinco departamentos de la provincia de Salta y un departamento de la provincia de Catamarca.

El departamento de Tafí del Valle, con una densidad de población de cinco a diez habitantes por km^2, se diferencia por sus características climáticas en dos sub-áreas, una que limita con Catamarca y Salta, reconocida como la micro-región de los Valles Áridos y en la que se sitúan los poblados de Colalao del Valle y Amaicha del Valle y la otra, al sur, es el Valle de Tafí, en el que se localizan los poblados de Tafí del Valle y El Mollar. Esta microregión, a 110 km de la ciudad de San Miguel de Tucumán -capital de la provincia- es la puerta de entrada desde el sur a los Valles Calchaquíes.

Tafí del Valle está en un valle fértil, húmedo, con precipitaciones que no superan los 400 mm anuales en la parte llana del valle. Se encuentra a 2100 msnm. Su clima es de estepa con lluvias en el verano y seco en el invierno. La temperatura promedio anual es inferior a 18°C, en verano, cálido moderado, se registran temperaturas medias entre 18°C y 22°C; en invierno, frío y seco, varían de cuatro a diez grados Celsius. Se registran heladas y nevadas entre los meses de mayo y septiembre. Los vientos de mayor frecuencia son el Sur, que produce el descenso de temperatura y el Norte, que a causa de su temperatura puede o no ser portador de humedad; es característico durante el invierno el viento zonda,

que provoca ascenso de temperatura y descenso de humedad (Torres Bruchman, 1977). Cuenta con una población de 3.403 habitantes (INDEC, 2010).

Amaicha del Valle, se encuentra a 14 km de la Ruta Nacional 40[3] y 52 km al norte de Tafí del Valle. A 2.200 msnm posee un microclima considerado como uno de los mejores del mundo: veranos moderados, con temperaturas medias que oscilan entre 20ºC y 26ºC, y máximas medias que superan los 30ºC solo en su extensión E–O, e inviernos fríos y secos, con temperaturas medias que rondan los 8ºC y valores mínimos que rara vez llegan a 0ºC. (Negrete, 2000). Según la clasificación bioclimática para la República Argentina (Norma IRAM 11.603) se sitúa en la Zona IIIa: templada cálida, con una radiación solar intensa y una amplitud térmica superior a los 16ºC. Los vientos cálidos y secos vienen del norte, los fríos y húmedos desde el sureste. Cuenta con una población de 1.327 hab. (INDEC 2010).

Ambas localidades están ubicadas en Zona sísmica 2, que corresponde a peligrosidad moderada.

2.2. Contexto histórico

En el siglo XVII y XVIII, las casas y la iglesia, que eran las primeras construcciones en los centros poblados, eran de muros de adobe, techo de paja y piso de tierra. Y si bien en el siglo XVII en las ciudades se comienza a utilizar el ladrillo macizo, en los poblados rurales las construcciones mantenían la tecnología de tierra y la mano de obra indígena.

La expresión arquitectónica se manifestó con volúmenes simples y macizos, con pocas aberturas y superficies sin demasiada ornamentación en sus fachadas, que mostraban no sólo la simplicidad de la vida del hombre rural, sino también la disponibilidad de sus recursos: la tierra y la piedra para la construcción de muros, según el sitio de emplazamiento; la madera -en las dimensiones que las especies del lugar permitía- y la caña, para la estructura del techo.

En la segunda mitad del siglo XIX, un nuevo estilo arquitectónico comienza a ser adoptado en nuestras ciudades, el italianizante que fusiona la antigua arquitectura colonial con estilos clásicos. Para fines de ese siglo y principio del XX surge en los poblados rurales, donde sólo se manifestó en la composición de la fachada. Las nuevas construcciones de esta época, van a mantener algunos componentes de la arquitectura colonial, los locales a galerías y patios interiores, el arco en las aberturas más importantes. Los muros resueltos con adobe o ladrillo, aumentan su altura al incorporar balaustradas y cornisas, que ocultan el techo. La fachada se organiza en módulos que son definidos por el ritmo de pilastras, zócalos y balaustrada, que se acentúan por la disposición de las aberturas de desarrollo vertical. El agua de lluvia es evacuada a través gárgolas de chapa, algunas con forma de animales.

En el siglo XX, a partir de la segunda mitad de los años ’40 con la apertura de la RP 307 que comunica directamente al departamento de Tafí del Valle con resto de la provincia de Tucumán desde el sur, se pueden identificar dos cambios principales que van a influir en el futuro de la región y afectar la vida del poblador de los valles: la reactivación económica de la agricultura y el arranque y el desarrollo del turismo. En las últimas décadas, el territorio ha experimentado un importante crecimiento del turismo local, nacional e internacional, motivado por la búsqueda de la identidad en los lugares en donde aún se preserva la historia y las tradiciones y un cambio de actitud, que se genera el resurgimiento del uso de la tierra a nivel mundial, en países en donde se valora este material de construcción sus ventajas ambientales, sostenible y de bajo costo, sumando a ello la

[3]La ruta nacional 40, atraviesa en un recorrido de 5.224 km a lo largo de la Cordillera de los Andes, el territorio de la República Argentina, desde Cabo Vírgenes, provincia de Santa Cruz hasta la ciudad de La Quiaca, en la provincia de Jujuy. En la provincia de Tucumán, la ruta atraviesa las comunidades de Quilmes, El Bañado y Colalao del Valle.

incorporación de mejoras tecnológicas tanto en el material como en sus técnicas de ejecución. (Latina, 2003)

El crecimiento de la población estacional que viene y se instala en Tafí del Valle y en Amaicha del Valle, construye reconociendo las bondades tecnológicas y ambientales de la construcción con tierra, pero en muchos casos sin tener el conveniente conocimiento de las propiedades del material y de los criterios constructivos-estructurales para edificar. Pero genera, por otro lado, el loteo y compra de terrenos por parte de foráneos, que promueven el aumento y especulación del precio de la tierra (Sosa, 2008).

Ambos poblados presentan semejanzas como es su emplazamiento sobre la RP 307 y el origen étnico de sus pobladores autóctonos, pero también desigualdades como consecuencia de variables como la falta de mantenimiento el tramo de la ruta desde Tafí a Amaicha, su economía productiva y la conformación de la población después de la colonización española.

Observar las causas y movilidad de los cambios del lenguaje arquitectónico en estos poblados, con semejanzas y diferencias, es lo que nos ha llevado a realizar el estudio y análisis de la transformación que está experimentado la arquitectura de tierra, que era propia en el Valle de Calchaquíes de Tucumán.

3. MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1. Estrategia Metodológica

A fin de identificar permanencias y cambios en la expresión de la arquitectura de tierra, se decide orientar la exploración al estudio de las fachadas del casco fundacional de dos de los poblados del departamento de Tafí del Valle: el municipio de Tafí del Valle[4] y la comuna de Amaicha del Valle[5].

Se parte de dos variables:

Variable1. Se consideran los períodos históricos

a) Desde período fundacional hasta la década del ´70 del siglo XX.

b) Desde la década del ´70 hasta el presente partir del siglo XXI.

Variable 2. Se consideran las características constructivas de las fachadas. Se registra y analiza principalmente:

a) Muro: sobrecimiento / dimensiones / proporciones de llenos y vacíos / dinteles

b) Carpintería

c) Terminaciones: revoques / color / decoración

Se plantea una investigación de carácter descriptivo y analítico. Para realizar el relevamiento de datos se recurre a croquis, fotos y mediciones que permiten el armado de fichas diseñadas para tal fin. El objetivo es comparar las características constructivas que presentan las fachadas, sean en un mismo edificio o en nuevas construcciones, en el espacio temporal -arriba indicado-y frente a los cambios económico-sociales experimentados por la población local.

[4]Según la Ley Orgánica de Tucumán N° 5529, Art. 2, para que un centro de población sea municipio debe tener una población permanente de 5.000 habitantes dentro de una superficie no mayor de 250 hectáreas y esté formado por propiedades privadas cuyo número no baje de 300.

[5] Según la Ley Orgánica de Tucumán Nº 7350, las comunidades con más de quinientos (500) habitantes, y en tanto no alcancen la categoría de Municipios, serán administradas por un organismo denominado Comuna Rural.

3.2. Descripción constructivo-arquitectónica

Indagando en ambos poblados, se concluye que no hay registro de que las construcciones que persisten en el casco antiguo son las originales. Sí se puede aseverar que hay viviendas que presentan una antigüedad de más de 90 años, lo que permite adoptarlas como patrón referencial para analizar las construcciones aledañas, que guardan similitudes con la expresión arquitectónica del conjunto.

En la arquitectura de hasta mediados del siglo pasado, se construye sobre la línea municipal y con un nivel de altura uniforme en toda la manzana, es el caso de Tafí del Valle y de casi todo el poblado de Amaicha del Valle (Figura 1).

Figura 1. Av. Belgrano, Tafí del Valle - Calle San Martin, Amaicha del Valle

3.2.1. Tafí del Valle

a) Desde período fundacional hasta la década del ´70 del siglo XX

El área/manzana delimitada por las calles Las Farolas, Belgrano, Los Palenques y Don Goyo, presenta las construcciones más antiguas del poblado.

Los cuatro lados que conforman la manzana tienen un perfil constructivo casi continuo, la altura de los muros de fachada varía de 4,5 m a 5 m.

En las fachadas, el sobrecimiento se resuelve con muro doble de piedra relleno de tierra de 0,50 m a 0,60 m sobre el que se asienta el muro portante de adobe, cuyo espesor varía de 0,40 m a 0,60 m; en algunas construcciones lo que aparenta ser el sobrecimiento es un zócalo. La altura es variable, pero es característico en este poblado que llegue casi hasta el nivel de antepecho.

Los muros con una preponderancia de llenos sobre vacíos, presentan superficies revocadas y lisas, característico de las construcciones del período colonial, a diferencia de los muros con pilastras, basamento y molduras del período italianizante. Estos elementos decorativos están realizados con adobes de menor tamaño.

Los dinteles se resuelven con tablas de madera que ocupan todo el espesor del muro; algunos van revocados otros quedan a la vista. En las fachadas italianizantes siempre los dinteles van revocados.

En la arquitectura colonial las dimensiones de las aberturas son reducidas, las ventanas de forma cuadrada de hasta 0,80 m x 0,80 m y las puertas que apenas llegan a los 2,00 m de altura. En la arquitectura de influencia italianizante las ventanas son rectangulares y presentan una mayor superficie mayor. Las carpinterías están resueltas totalmente en madera de algarrobo; las puertas tipo tablero presentan dos hojas de abrir, combinadas, mitad madera y mitad vidrio, con postigos ciegos; las ventanas tienen las mismas características.

Un 10% de las fachadas mantienen el revoque de barro original, el resto se revoca con mortero de cal y arena, al efectuarse el mantenimiento. Las superficies están pintadas con pinturas látex; tradicionalmente se utilizaba pintura a la cal con pigmentos a base a arcilla. Los colores usados son claros, predominando el blanco y claro. En las fachadas italianizantes se resaltan los elementos decorativos con otros colores. (Figura 2)

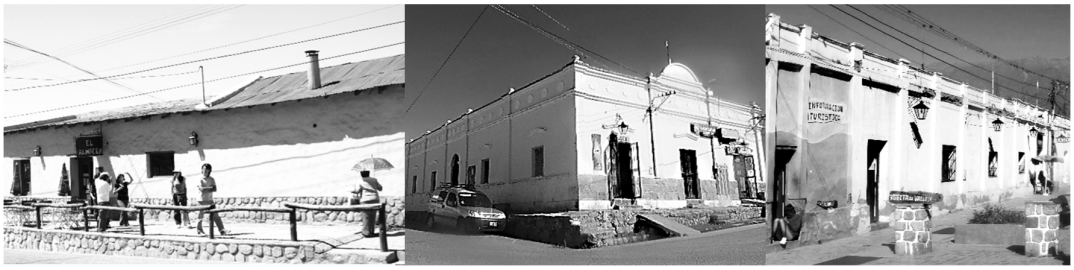


Figura 2. Fachadas del casco fundacional

b) Desde la década del ´70 hasta el presente

A partir de la apertura de la Ruta Provincial 307 (RP), el departamento de Tafí del Valle deja de estar aislado, se produce una paulatina comunicación, intercambio y desarrollo económico. Las nuevas actividades que resultan del turismo, la migración y el asentamiento creciente de citadinos que construyen con materiales manufacturados, provocan cambios no sólo en la fisonomía de las calles principales sino también en los modos de vida de sus pobladores. En el antiguo casco, las modificaciones no se producen por construcción de obras nuevas, sino por remodelación y ampliaciones de las existentes al cambiar de función.

La villa de Tafí crece, el centro comercial se expande con locales, bares, restaurantes y hoteles, que se ubican sobre las vías de acceso y de comunicación a las que fueran las Estancia El Churqui, La Banda y Las Carreras. Actualmente es el lugar turístico más visitado de la provincia. Los fines de semana y períodos de vacaciones la población se cuadriplica.

El perfil constructivo pierde la continuidad por diferencia de alturas provocadas por remodelaciones. Las nuevas construcciones se alejan de la línea municipal al incorporar jardines y garaje. Disminuye la altura o se eleva al incorporar la planta alta, sea para función residencial o comercial. Las nuevas construcciones son de mampostería de 0,20 m de espesor, de adobe, de ladrillo o bloque de hormigón, asentados con morteros industrializados y confinados en una estructura de columnas y vigas de hormigón armado. Los adobes al ser utilizados sólo como cerramiento son de menor tamaño.

En el 80 % de los casos el sobrecimiento no existe, pero sí se observa un zócalo exterior por la necesidad de proteger el muro del agua de lluvia.

Los vanos son de mayores dimensiones, la carpintería de madera o metal y paños de vidrio que ocupan más de 80% de la superficie.

Los revoques son de mortero de cemento, cal y arena realizados *in situ* o morteros industrializados. La pintura utilizada es látex con diferentes colores: claros y oscuros.

Figura 3. Las nuevas fachadas de Tafí del Valle

3.2.2. Amaicha del Valle

a) Desde período fundacional hasta la década del ´70 del siglo XX

En las cuadras que rodean a la plaza principal se observa que todas las fachadas están sobre la línea municipal con una continuidad en altura a lo largo de toda la manzana. En una misma fachada se observan elementos tipológicos coloniales e italianizantes generando una indefinición de estilos.

Algunas viviendas tienen muros de 0,30 m a 0,45 m de espesor y una altura que va desde los 3,50 m a los 4,00 m superficies lisas sin molduras, en muchos casos sólo tiene la puerta de acceso a la vivienda como única abertura hacia el exterior. El 90% de las construcciones presentan una cornisa de hiladas avanzada de ladrillo o teja cerámica. El sobrecimiento o zócalo es de poca altura y en el 70% está resuelto en piedra.

Otras viviendas tienen muros altos, de 4,50 m a 5,00 m de altura, sobrecimiento recubierto con revoque, que se eleva hasta los 0,70 – 0,80 m sobre el nivel del piso terminado y desde allí nacen las pilastras que enmarcan los módulos de pared donde se centran las aberturas.

Figura 4. Fachadas entorno a la Plaza principal de Amaicha del Valle

Las fachadas no tienen un estilo definido, se cree que esta ambigüedad, se deba a que el año 1977, un decreto provincial, obliga a revocar las fachadas de todas las construcciones. La medida denota el desconocimiento de los modos de vida y del saber cultural de la comunidad, que para cumplir con la orden modifican las fachadas de influencia italianizante sacando molduras, pilastras y bajando la altura de los muros (Sosa et al, 2007).

Las escasas aberturas de los muros están resueltas con carpintería de madera maciza, ventanas pequeñas y cuadradas menores a 0,80 m x 0,80 m de dos hojas de abrir y vidrio repartido con postigos ciegos que se abren hacia el interior. Cuando las ventanas son

rectangulares las dimensiones son mayores. Las puertas son tipo tablero, generalmente de algarrobo, macizas y de 2,00 m de altura. La carpintería está con esmalte sintético de colores oscuros en contraposición a los muros, siempre, de colores claros.

Al ser viviendas entre medianeras dentro del tejido urbano el desagüe de los techos es hacia atrás de la vivienda y del terreno, lugar donde se encuentran los patios.

b) Desde la década del ´70 hasta el presente

La primera impresión que se tiene al llegar a Amaicha del Valle es que se trata de un poblado rural. Esto se debe a la poca cantidad de pobladores, a la migración de los jóvenes a los grandes centros y a que los terrenos pertenecen a la comunidad indígena, motivo por el cual no hay loteos que dificultan la instalación de foráneos al lugar con su modernidad.

Sin embargo, a principios del siglo XXI se modifica su fisonomía y aparece, aunque en menor escala que en Tafí del Valle, el cambio en las fachadas. Los muros se hacen más bajos, de 3,00 m de altura, con una mezcla de materiales: estructura de hormigón armado, mamposterías de bloques de hormigón, de ladrillos huecos y macizos y también de adobes en un espesor de 0,20 m. Aparecen construcciones de dos plantas.

No todas las fachadas están sobre la línea municipal, algunas están retranqueadas con un jardín hacia el frente que luego se utiliza como comedores al aire libre durante la época de turismo.

El sobrecimiento prácticamente no existe; las aberturas son de gran tamaño, en el 60% de los casos las ventanas son de madera y vidrio repartido de 2,40 m x 2,00 m, y las puertas siguen siendo de madera maciza pero de tamaño reducido a 1,00 m x 2,00 m. No se pintan, quedan con la veta de la madera a la vista.

Los revoques con morteros de barro están totalmente desterrados de las fachadas y de la construcción en general; en su lugar se usan morteros industrializados -mezclas pre elaboradas- o morteros de cemento, cal y arena preparados en el lugar, tanto para asiento de los mampuestos como para revoques.

Las molduras y cornisas desaparecen totalmente.

Figura 6. Fachadas actuales en Amaicha del Valle

4. ANÁLISIS CRÍTICO

Por lo expresado en párrafos anteriores se puede decir que si bien Tafí del Valle y Amaicha del Valle son poblados rurales, el primero es municipio y el segundo es comuna; diferencia dada por el desarrollo y la cantidad de población.

En las últimas décadas se han asentado mayor número de habitantes en Tafí del Valle que en Amaicha del Valle; son de otras latitudes, nacionales y extranjeros de mediano a elevado poder adquisitivo, que deciden afincarse allí por la belleza de su paisaje y de su clima, entre otras cosas. Esta diversidad de residentes trae aparejados cambios, tanto en lo que se refiere a la vida de la villa como a los modelos arquitectónicos y a los materiales y técnicas industrializadas.

Los cambios producidos -en las comunidades- con el advenimiento de nuevos mercados productivos, la globalización de la información y el asentamiento de habitantes provenientes de centros urbanos ponen de manifiesto e incorpora nuevos valores, necesidades y significados que se evidencian en el modo de vida y en la nueva arquitectura que se construye. Cuando la comunicación y la accesibilidad se ven restringidas y la comunidad se ve excluida de esto, los cambios se minimizan, es la situación que define la actual realidad de Amaicha del Valle.

Por un lado, se observa al poblador local que construye con lo que tiene y conoce -mampostería de adobe- combinado con materiales, técnicas modernas y estilos arquitectónicos que desconoce; y por otro lado, el inmigrante, que trae un bagaje de conocimientos y de conciencia ambiental que lo hace optar por el tipo de construcciones y materiales que el local dejó de lado. Esto genera un constante cambio en las fachadas del casco principal y en el pueblo en general.

En el caso de Amaicha del Valle y como consecuencia de la marginación que sufre por parte del estado y por el sistema de propiedad comunitaria, este cambio no es tan acelerado y de allí la permanencia de gran parte de las fachadas del siglo pasado en el casco fundacional. Esta situación pone freno a los intereses turístico-inmobiliarios y propicia el arraigo a las culturas tradicionales: tecnológicas, rituales, gastronómicas, artesanas, entre otras.

CONCLUSIONES

Los valores culturales y patrimoniales -junto a la belleza natural de sus paisajes- confieren a los poblados del NOA una identidad particular que los hacen un lugar predilecto para el turismo nacional e internacional. Tafí del Valle y Amaicha de Valle, no están exentos de este fenómeno. Sin embargo, por todo lo expuesto en este trabajo, se advierte la pérdida paulatina de esos valores identitarios.

Por tal motivo, se concluye que es urgente y necesario que:

a) Las autoridades de la región regulen el crecimiento urbano y constructivo, como así también las actividades comerciales y turísticas con ordenanzas y normativas a escala local y regional para evitar que este problema se reproduzca en otros centros poblados de los Valles Calchaquíes.

b) La población en general tome conciencia de los beneficios de la construcción con tierra desde el punto de vista de la sostenibilidad para que no se abandone la técnica constructiva.

c) La universidad y los centros de investigación que se dedican al estudio del tema, se comprometan a difundir los avances obtenidos en sus investigaciones, a asesorar a profesionales y técnicos de organismos públicos y privados y a capacitar a empleados de comunas rurales y jóvenes en edad escolar en técnicas constructivas tradicionales y mejoradas donde se use la tierra como material de construcción principal o secundario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Groussac, Paul. (1981). Ensayo histórico sobre el Tucumán. Tucumán: Ediciones Fundación Banco Comercial del Norte. Colección Historia.

Instituto Nacional de Encuestas y Censos. (INDEC). Disponible en http://www.censo2010.indec.gov.ar/preliminares/cuadro_tucuman.asp

Instituto Argentino de Normalización (1981). IRAM 11.603 – Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bio-ambiental de la República Argentina. Buenos Aires: IRAM

Isla, A. (2002). Los usos políticos de la identidad. Indigenismo y Estado. Buenos Aires: Editorial de las Ciencias.

Latina, S. M. (2003). Construcciones en tierra: una alternativa contemporánea con un viejo material. Publicaciones LEME Serie: Arquitectura de tierra.

Ley N° 5.529 Régimen Orgánico de las Municipalidades. Disponible enhttp://www.mininterior.gov.ar/municipios/archivos_regimen/Ley_Organica_Tucuman.pdf

Ley Nº 7350 Título I: Comunas Rurales. Capítulo I: Definición y Creación. Disponible enhttp://rig.tucuman.gov.ar:8001/boletin/docs/Ley%20N%207350.pdf

Negrete, J. (2000). Análisis bioclimático de la microregión del Valle Calchaquí. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucumán.

Reyes Gayardo, C. (1966). Motivos culturales del Valle de Tafí y de Amaicha. Tucumán: Editorial Violetto S.R.L.

Rivas, A.I. (2000). Problemas de tenencia de la tierra en los valles del borde andino: El caso del Valle de Tafí. Breves contribuciones del IEG Nº 12. Facultad de Filosofía y Letras UNT. Disponible en
https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fecaths1.s3.amazonaws.com%2Fproblematicaterritorialrural%2F1026860810.Unidad%2520I-Texto%25209-Tenencia%2520de%2520la%2520Tierra%2520en%2520Taf%C3%AD%2520del%2520Valle.doc

Sosa, M. (2008). El impacto de la globalización en la arquitectura de tierra. VII SIACOT y TERRABRASIL 2008. PROTERRA, Rede TerraBrasil. Anais… San Luis Maranhão, Brasil. CD-ROM

Sosa, M. et al (2007). Degradación de las superficies de muros de adobes por acción del intemperismo. Parte II. Adobe USA. NNM Cand Adobe Association of the Southwest, El Rito, New Mexico.

Torres Bruchman. E. (1977). El clima de Tafí del Valle y sus posibilidades agropecuarias. Biblioteca de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.

AUTORES

Mirta Eufemia Sosa: Doctorando FAU-UNT, Master DPEA-CRATerre - Francia, Arquitecta, Profesora Adjunta Cátedra Construcciones I, Arquitectura de Tierra Cruda y Práctica Profesional Asistida (Modalidad de Extensión) de la FAU-UNT. Directora de Proyectos de Investigación CIUNT – Integrante de proyectos de ANPCyT. Co-conducción del CRIATIC-FAU-UNT. Miembro PROTERRA, ISCEAH-ICOMOS y de APTI. E-mail: mirta_sosa@hotmail.com.

Stella Maris Latina**:** Arquitecta – Profesora Adjunta Cátedra Construcciones I, Arquitectura de Tierra Cruda y Práctica Profesional Asistida (Modalidad Práctica de Extensión) de la FAU – UNT - Co-conducción del CRIATiC-FAU-UNT; Directora de Proyectos de Investigación CIUNT. Integrante proyectos de ANPCyT. Miembro PROTERRA. E-mail: smlatina05@gmail.com

4. EXPERIENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS CON MATERIALES Y TECNOLOGÍAS REGIONALES

Juan Arturo Pereyra[1]; Mabel Fabrega[2]; Liliana Beatriz Vega[3]; María Pía Castilla[4]

Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat - Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño - Universidad Nacional de San Juan – Argentina - e-mail: irpha@faud.unsj.edu.ar

[1]arturoar2003@yahoo.com; [2]fernandezfabrega@gmail.com; [3]lvega@faud.unsj.edu.ar

Palabras clave: construcción vivienda, materiales, tecnologías regionales, rural, sismo, clima

Resumen

Actualmente las tecnologías regionales que emplean materiales naturales como el adobe, la tapia o la quincha, se están utilizando con mayor frecuencia en mérito a sus múltiples beneficios de sustentabilidad ambiental como menores costos, salubridad, propiedades de aislamiento termo acústicas, regulación de la humedad del aire, resistencia al fuego. A ello se le agrega la alta probabilidad de autoconstrucción por su facilidad de ejecución formando parte de las tecnologías alternativas o apropiadas de baja complejidad tecnológica. La desventaja de poca resistencia sísmica se mejora notablemente empleando técnicas apropiadas que refuerzan su estabilidad. La construcción tradicional en las zonas rurales de la Provincia de San Juan, Argentina, es llevada a cabo por pobladores que poseen el conocimiento trasmitido de generaciones anteriores, hecho que provoca una pérdida paulatina de detalles constructivos por la falta de supervisión, produciendo construcciones con mayores deficiencias que disminuyen su resistencia al sismo y su respuesta adecuada al clima. El objetivo de esta ponencia es trasmitir la experiencia de la construcción de un modelo de vivienda utilizando materiales y tecnologías regionales en el Departamento Iglesia, San Juan, con la participación de un equipo integrado por investigadores, alumnos de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan, pobladores del lugar y técnicos del Municipio, resultando una demostración práctica para que la comunidad incorpore conocimientos de técnicas apropiadas para construir su propia vivienda con los materiales del lugar. Se sigue una metodología tendiente a elaborar pautas de diseño considerando los resultados de los proyectos de investigación que el equipo ha realizado, el conocimiento adquirido en la búsqueda bibliográfica y la experiencia de los investigadores. Se diseña un modelo de vivienda teniendo en cuenta las pautas establecidas anteriormente, respondiendo a los modos de vida de los usuarios, a los condicionantes del clima y al empleo de materiales y sistemas constructivos propios del lugar, aportando a un mejor comportamiento bioclimático y sísmico. Actualmente se está construyendo el modelo de vivienda en un terreno cedido por el Municipio de Iglesia, encontrándose en la etapa de sobrecimiento.

1 INTRODUCCIÓN

El estudio de las técnicas de construcción con tierra es un tema que ha desarrollado este equipo de trabajo en diversos proyectos de investigación cuyos aportes fundamentales se aplican en esta oportunidad, en el diseño de prototipo de vivienda de adobe y el inicio de su construcción. Esta experiencia se plantea como un modelo de vivienda fácilmente reproducible y con la posibilidad de ejecutarse por autoconstrucción.

Se ha llegado a la conclusión que la construcción tradicional de adobe y quincha en las zonas rurales de la provincia es llevada a cabo por pobladores que poseen el conocimiento trasmitido de generaciones anteriores, hecho que provoca una pérdida paulatina de detalles constructivos por la falta de supervisión, que determinan construcciones que presentan deficiencias cada vez mayores las cuales disminuyen su resistencia al sismo y su respuesta al clima. Estos aspectos son muy importantes porque la Provincia de San Juan se encuentra situada en zona sísmica y el clima se caracteriza por veranos muy cálidos e inviernos muy fríos.

Actualmente, en la provincia, hay una importante escasez de viviendas en zonas rurales, donde existe una gran franja de población que no puede acceder a una vivienda de ladrillo

u otros materiales industrializados por sus altos costos. Por esta razón construyen con tierra sus hogares porque no tienen otra alternativa debido a que los programas de vivienda no contemplan las características de las labores rurales predominantemente agrícolas que determinan la radicación de la población en la propia plantación y como consecuencia, la dispersión de las viviendas. Los planes oficiales consisten solo en conjuntos de viviendas situados caprichosamente, que repiten un diseño arquitectónico propio de zonas urbanas, que no responden a los modos de vida referidos al uso de la vivienda y de su entorno circundante, característico de la familia rural.

Por lo expuesto, el equipo de investigadores tiene la certeza de que es necesario promover estudios sobre este tema, especialmente aquellos que propongan soluciones habitacionales seguras, de bajo costo y fácil ejecución, adaptadas al clima y a los modos de vida del poblador de las zonas rurales de la provincia de San Juan.

Un correcto diseño arquitectónico que responda a las pautas establecidas, la fácil comprensión de la documentación técnica, la capacitación y supervisión de los trabajos en la construcción de un modelo de vivienda con tecnologías regionales y materiales del lugar, constituyen una propuesta viable para que el poblador rural pueda acceder a una vivienda digna.

Se selecciona para realizar la experiencia el Departamento Iglesia por solicitud del Municipio que cede un terreno para su realización.

2 LOCALIZACION GEOGRÁFICA

El Departamento Iglesia se encuentra al norte de la provincia de San Juan, a 170 km de la ciudad capital de la provincia. Su territorio está surcado de norte a sur por la Cordillera Frontal al oeste y la Precordillera al este, delimitando un valle intermontano longitudinal a lo largo del cual se localizan pequeños oasis donde se asienta la población.

El clima es árido, con grandes variaciones térmicas entre el día y la noche y con lluvias irregulares e insuficientes. La temperatura media anual oscila alrededor de los 20°C siendo la máxima media mensual de 32°C en enero y de 1°C en julio.

El viento dominante proviene del sur, intermitente durante todo el año, es fresco en verano y helado en invierno. En los meses de junio a septiembre aparece el denominado viento Zonda, que luego de dejar en las altas cumbres de la cordillera la humedad que trae del Pacífico desciende con fuertes ráfagas y provoca descenso de la humedad ambiente.

Los poblados son pequeños y antiguos, producto del proceso histórico de ocupación y conformación del territorio. Presentan características generales similares debido a que han surgido espontáneamente a lo largo de las principales vías de comunicación.

La arquitectura vernácula característica es de tierra, con particularidades regionales puestas de manifiesto tanto en el uso de materiales locales como en su adaptación al clima. Perdura significativamente en la tradición local porque posee un alto nivel de autenticidad debido a que mantiene características arquitectónicas propias.

3 ANÁLISIS DE LAS VIVIENDAS SELECCIONADAS

A través de un exhaustivo trabajo de campo se realizaron diversos recorridos por los poblados iglesianos para el reconocimiento y posterior selección de las viviendas a estudiar, por considerarlas apropiadas para su estudio por su respuesta al medio.

Se analizaron las construcciones elegidas desde un enfoque cuantitativo y cualitativo teniendo en cuenta aspectos funcionales, morfológicos, tecnológicos, estado de conservación, antigüedad, modos de vida de los usuarios y actividad productiva que desarrollan. Se detectaron las patologías constructivas para estudiar las posibles causas de las lesiones o desequilibrios producidos por factores como el sismo, la humedad y la

calidad del suelo. Se consideró la respuesta de los materiales y sistemas constructivos al sismo y al clima de la región.

3.1 Análisis morfológico y funcional

Las actividades domésticas se realizan en la vivienda y en su entorno inmediato. Siempre que las condiciones climáticas lo permiten se vive en el exterior, principalmente en la galería que constituye el nexo habitual entre el interior y el exterior.

La mayoría de las viviendas se desarrollan en esquemas en forma de L, U o lineal (chorizo), con galería orientada al norte. La pendiente de los techos es escasa, alrededor del 5%, y las alturas exteriores varían entre los 2,40 m y 3,00 m.

Generalmente las viviendas son compactas, de poca altura, planta rectangular, simétrica y con terminaciones austeras.

Las ventanas de pequeñas dimensiones, se sitúan hacia el sur, este y norte y las puertas preferentemente hacia esta última orientación para asegurar una buena ventilación norte-sur. Al oeste solo excepcionalmente alguna abertura. Las puertas y ventanas se colocan en correspondencia, en el centro del ambiente.

El tratamiento exterior de los muros es totalmente liso, salvo en algunos casos en los que se observa la presencia de zócalos.

El comedor se integra con la zona de estar y cuando la superficie disponible lo permite se destina casi exclusivamente a recibir visitas. Cuando se emplea gas como combustible, la cocina está integrada con el comedor, caso contrario, se localiza en un ambiente propio o con el fogón en el exterior.

Los espacios destinados a dormir no responden a ningún esquema característico y su agrupación o dispersión responden más a la posibilidad de asegurar un buen asoleamiento y una correcta ventilación, que a la vinculación con los otros sectores de la vivienda. Cuando están próximos generalmente se comunican entre sí.

La galería facilita la conexión de la vivienda con su entorno y favorece la transición desde el interior al exterior. En verano cuando el clima lo permite, se constituye en un espacio de usos múltiples donde se desarrollan las actividades cotidianas de la familia.

3.2 Análisis tecnológico

Los sistemas constructivos que se destacan para la construcción de muros son el adobe y las tapias, que aún perduran en edificaciones antiguas. En los techos el sistema más utilizado es el de rollizos de álamo con tableado o varillones de álamo.

El sistema estructural que se emplea en las construcciones de adobe presenta dificultades de vinculación entre el cimiento y el techo con los muros transversales y longitudinales debido al espesor de éstos y la pobre adherencia del material.

Otra característica importante que debe considerarse en el diseño es el reducido rango del comportamiento elástico que provoca que las deformaciones no se recuperen totalmente y los esfuerzos que se requieren para deformarlos, son poco intensos.

Las deficiencias se relacionan directamente con la ausencia de un proyecto de la vivienda en general y del sistema estructural en particular y de la supervisión técnica. En las viviendas construidas por autoconstrucción utilizando la técnica tradicional heredada de sus antepasados se observan errores similares.

Las patologías constructivas más comunes son:

- El agrietamiento vertical en las esquinas provocando la separación de muros en dos direcciones ortogonales, por falta de adherencia.

- Falta de elementos de vinculación en los vanos de puertas y ventanas, produciendo fisuras en las esquinas.
- Colapso de voladizos por falta de anclajes.
- Agrietamiento diagonal en los muros por falta de elementos transversales proveedores de ductilidad.
- Agrietamiento longitudinal en los muros por falta de adherencia entre los mampuestos.
- Falta de conexión entre los cimientos y los elementos del techo respecto de los muros en ambas direcciones, en interior y exterior, manifestándose en grietas longitudinales entre ellos, desde la primera y última hilada.
- Fisuras diagonales por asentamientos diferenciales por peso.
- Humedades por falta de protección de la intemperie degradando el material con pérdida de resistencia de los muros.
- Cubiertas pesadas que producen empujes laterales, que se manifiestan con fisuras en los muros por flexión.
- Falta de mantenimiento y protección que redunda en una pérdida generalizada de resistencia a todo esfuerzo incluso el propio peso.

3.3 Estado de conservación

El estado de conservación de las viviendas denota falta de mantenimiento y deterioro progresivo causado por lluvias, humedad proveniente del cimiento, agrietamiento por asentamientos y movimientos sísmicos.

4 PAUTAS DE DISEÑO PARA UN MODELO DE VIVIENDA

Se definieron las pautas de diseño teniendo en cuenta los aspectos estudiados anteriormente, referidos a modos de vida del poblador rural, respuestas tecnológicas de las viviendas al sismo y al clima como también a las patologías que se detectaron en el estudio de las viviendas relevadas.

4.1 Pautas tecnológicas

Se propuso la construcción con adobe porque es la más utilizada y conocida por los lugareños y se adaptó a las condiciones climáticas por su gran inercia térmica.

- Procurar plantas simétricas con distribución balanceada de muros.
- Cimiento y sobrecimiento de hormigón ciclópeo, con profundidad mínima 0,40m o el que resulte en función de la tensión admisible del terreno de fundación. Sobrecimiento con alto mínimo de 0,20m.
- Los muros de ancho mínimo 0,40m, sean o no portantes, con contrafuerte si están aislados, reforzados con materiales estables y compatibles con el adobe como la caña, que mejoran notablemente la estabilidad de los muros.
- Refuerzos verticales anclados convenientemente en el cimiento y en la viga superior de hormigón armado y unidos a los refuerzos horizontales.
- Altura máxima de los muros 8e, siendo **e** el espesor del muro.
- Longitud máxima de los muros 10e.

- Abertura de puertas y ventanas no mayor de 1,20m de ancho, emplazadas preferentemente en el centro del muro.
- Los vanos de puertas y ventanas alejados por lo menos 1,20m de las esquinas o situados en el centro del muro.
- Uso adecuado de contrafuertes para mejorar la estabilidad de los muros. Éstos pueden colocarse en los encuentros exteriores de los muros (longitud saliente mínima igual al espesor del muro), en el centro de un muro largo o en coincidencia de un vano de puerta o ventana.
- Viga de encadenado superior de hormigón armado con ancho igual al del muro y 15 cm de altura, con 4 barras de acero de 0,008 m y estribos de acero 0,0042 m separados 0,20 m, que vincule la totalidad de los muros.
- Estructura del techo vinculada adecuadamente a la viga superior de encadenado
- Techos livianos, generalmente de rollizos de álamo con tableado o varillones de álamo, cubierta de barro (espesor 0,07 m) y aislación hidrófuga.

4.2 Pautas morfológicas y funcionales

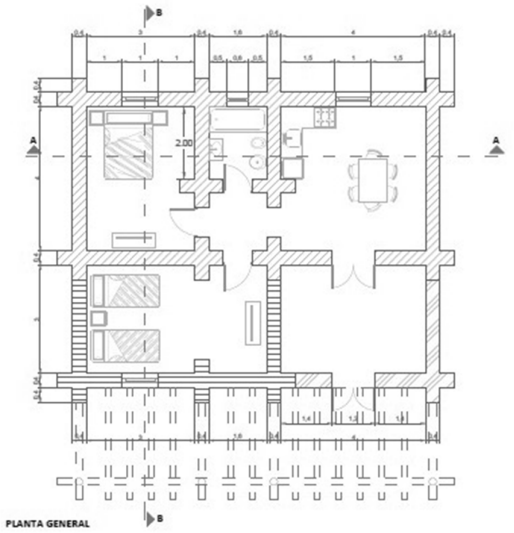
Se tuvieron en cuenta los modos de vida del poblador rural, sus aspiraciones y costumbres.

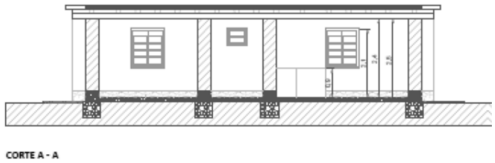
- Tipo: vivienda compacta que favorece la respuesta al sismo
- Orientación de la galería al norte para permitir el mejor soleamiento en el invierno y protección solar en el verano
- Galería como expansión del estar-comedor y para favorecer la transición entre el exterior y el interior de la vivienda.
- Estar-comedor como espacio organizador donde se pasa la mayor parte del tiempo en el invierno, debido a lo riguroso, del clima que no permite hacer uso de la galería.
- Cocina y el baño agrupados para evitar tramos largos de cañerías a fin de reducir el costo de las instalaciones.
- Dormitorios colocados en forma lineal directamente conectados con el área social.

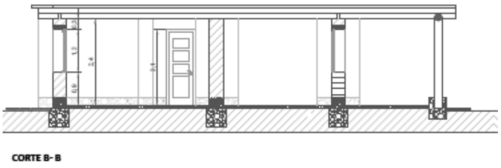
5 DISEÑO DEL MODELO DE VIVIENDA

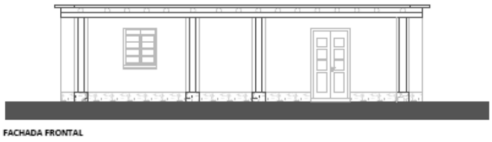
Se respetó en lo posible, los aspectos formales y funcionales propios de las construcciones del lugar centrándose en los aportes que contribuyan a generar una vivienda confortable, estéticamente agradable, con buen acondicionamiento térmico tanto en verano como en invierno. Además se propusieron correcciones y mejoras en las técnicas constructivas tradicionales de adobe, que permitan una favorable respuesta al sismo.

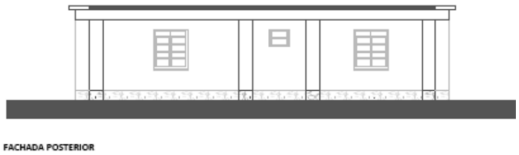
5.1 Planos generales del prototipo











6 EXPERIENCIA DE CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE VIVIENDA

Con la participación de alumnos de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo, técnicos de la Municipalidad de Iglesia y pobladores del Departamento se comenzó a construir un prototipo de vivienda en un terreno cedido por el municipio con la intención que sirva como modelo para la autoconstrucción.

Se buscó transferir los resultados de las investigaciones realizadas referidos a la construcción que emplea materiales y tecnologías regionales respetando las recomendaciones generales fijadas por los organismos internacionales y nacionales para la construcción con tierra.

Se trató de utilizar técnicas centenarias para lograr la texturas y terminaciones, buscando una imagen similar a la arquitectura actual de los poblados iglesianos, que además, garantice su duración, así como establecer pautas (desde la adecuación del diseño estructural-tecnológico), que contribuyan a lograr edificios más adaptados a las condiciones sísmicas ambientales locales, durante su vida útil .

Previo al comienzo de la construcción se dictó, en el Departamento Iglesia, un Curso Teórico y Práctico para la capacitación de todos los participantes en la experiencia.

Se elaboró documentación técnica de las distintas etapas constructivas. Se confeccionaron manuales y láminas didácticas de fácil comprensión, para ejecutar correctamente todas las tareas.

Se dirigieron y supervisaron las tareas, observando la destreza de los pobladores en la aplicación de la técnica, corrigiendo errores e intercambiando conocimientos y habilidades que forman parte de su valioso acervo cultural.

6.1 Trabajos realizados

Elección y preparación del terreno. Se seleccionó un terreno con buena capacidad portante y se realizó la limpieza y nivelación.

Elaboración de adobes: Se escogió tierra del lugar que contenga arcilla, sin grava, ripio o granos mayores de 0,005 m, con proporción aproximada de un 25% de arcilla y un 75% de arena. Se mezcló la tierra con agua, añadiéndole paja o cualquier otra fibra natural, para evitar que se agriete al secar, amasando hasta obtener una pasta consistente y homogénea. Se dejó reposar durante cuatro o cinco días, removiendo cada día e incorporándole el agua necesaria. Se rellenó un molde cuadrado de 0,40 m por 0,10 m de alto e inmediatamente se levantó para que los adobes recién fabricados sequen al aire por los cuatro costados. Cuando los adobes se secaron se les despegó del suelo y se apilaron.

Replanteo: Con la necesaria supervisión técnica se realizaron las mediciones necesarias. Todas las acciones se llevaron a cabo conforme a la documentación técnica.

Excavación de zanjas: Esta excavación alcanzó 0, 50 m de profundidad en terreno firme y un ancho de 0,55 m.

Hormigonado de cimiento: Con las dimensiones indicadas en los planos, el relleno de cimientos se ejecutó con hormigón de 180kg. de cemento por m3 con ripio común (1:10), al que se le agregó un 30% de piedra bola limpia, de diámetro máximo 0.12m, comprobando que las piedras estuvieran totalmente recubiertas de hormigón, sin contacto entre las mismas.

Encofrados para sobrecimiento: Con madera de álamo del lugar, los alumnos confeccionaron los encofrados.

Relleno de sobrecimiento: El hormigón de sobrecimiento se ejecutó con ripio y piedra bola de la misma excavación de cimientos y se le agregó arena gruesa para alcanzar las proporciones óptimas del hormigón ciclópeo.

Figura 1. Elaboración de adobes

Figura 2. Replanteo de la obra

Figura 3. Excavación de zanjas

Figura 4. Hormigonado cimiento

Figura 5. Armado de encofrado

Figura 6. Hormigonado sobrecimiento

7 CONCLUSIÓN

El esfuerzo de ese trabajo está dirigido a construir una vivienda que reúna las experiencias alcanzadas en construcción con tierra en un modelo didáctico fácilmente repetible, manifestándose como un ejemplo a seguir por los pobladores rurales para alcanzar su propia vivienda. Se detectó que en las zonas rurales se construye de manera espontánea sin ningún tipo de control. Paulatinamente manifiestan un incremento en las deficiencias constructivas, evidenciando mayor riesgo de colapso ante un sismo.

A la riqueza del saber del usuario rural, adaptado a la naturaleza, se incorporaron nuevos materiales y elementos de bajo costo, técnicas de fácil ejecución que permitieron optimizar el comportamiento bioclimático de la vivienda y mejoraron el comportamiento sismorresistente, la duración de la obra y facilitaron el mantenimiento

El propósito es trasmitir nuestros saberes para que los pobladores se reapropien de sus conocimientos técnicos-constructivos e incorporen nuevos para construir con sus manos y en familia su vivienda. Deben comprender que pueden crear un hogar adecuado a sus costumbres, modos de vida, confortable y estéticamente agradable.

AUTORES

Juan Arturo Pereyra. Arquitecto. Docente Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño - UNSJ. Director de Proyectos de Investigación y de Extensión referidos a tecnologías apropiadas en zonas rurales árido sísmicas. Docente en las Cátedras de Construcción con Tierra, de Diseño Bioclimático y de Instalaciones II de la Carrera de Arquitectura y Urbanismo.

Mabel Fábrega. Licenciada en Ciencias de la Comunicación. Especialista en Docencia Universitaria. Docente Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño – UNSJ. Codirectora de Proyectos de Investigación y de Extensión. Estudios referidos a procesos de comunicación en públicos de zonas rurales.Docente en las Cátedras de Psicología de la Comunicación y de Gestión Empresarial y Mercadotecnia de la Carrera Diseño Gráfico.

Liliana B. Vega. Arquitecta. Investigador en el Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat de la Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño – UNSJ. Integrante de equipos de Proyectos de Investigación y de Extensión referidas a tecnologías apropiadas en zonas rurales árido sísmicas.

María Pía Castilla. Arquitecta. Profesor JTP en la cátedra Construcción con tierra Juan Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. Adscripta al proyecto de Investigación Diseño de modelos de viviendas con materiales y tecnologías regionales para zonas rurales de la provincia de San– UNSJ.

5. LA EXPERIENCIA DE CAPACITACIÓN DE UNA COMUNIDAD ANDINA EN CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE CON ADOBE

Marcial Blondet[1], Malena Serrano[2], Álvaro Rubiños[3], Elin Mattsson[4]

[1]Departamento de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú – mblondet@pucp.edu.pe

Pontificia Universidad Católica del Perú - [2]malena.serrano@pucp.edu.pe; [3]arubinos@pucp.edu.pe

[4]Uppsala Universitet (Suecia) - elinmariamattsson@hotmail.com

Palabras clave: Adobe, construcción sismorresistente, transferencia tecnológica.

Resumen

En el Perú, alrededor de 30% de las viviendas están construidas con tierra, las que albergan a más de 9 millones de personas. Las viviendas de adobe son de bajo costo y bastante confortables, pero son muy vulnerables ante el efecto destructivo de los sismos. En la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) se han desarrollado diversas técnicas de refuerzo sísmico en las últimas décadas. Sin embargo, ninguna de éstas ha sido adoptada masivamente por las personas a quienes van dirigidas, debido principalmente a su alto costo y a la falta de difusión. Este proyecto busca contribuir a mitigar el inaceptable riesgo sísmico de muchas poblaciones rurales mediante el desarrollo de herramientas de transferencia tecnológica y capacitación en construcción sismorresistente con adobe. Se eligió como población piloto al distrito de Pullo (Ayacucho), ubicado en una zona altamente sísmica de la sierra peruana, donde más del 80% de los pobladores viven en casas de adobe y más del 60% en condiciones de pobreza o pobreza extrema. Se trabajó con los pobladores para que tomen conciencia de la vulnerabilidad de sus viviendas de adobe no reforzado y se continuará trabajando para que aprendan la técnica de refuerzo con mallas de cuerdas de nylon en forma práctica. Los materiales y herramientas de comunicación y capacitación desarrollados ayudan a incrementar la conciencia sísmica de la población y despiertan su interés en la construcción sismorresistente con adobe.

1. INTRODUCCIÓN

Las viviendas de adobe son muy comunes en las áreas sísmicas alrededor del mundo pese a su pobre desempeño sísmico (figura 1). Cuando ocurre un sismo, las pesadas paredes de tierra no son capaces de resistir las fuerzas de inercia que se generan, la edificación se daña gravemente y puede llegar a colapsar, con las consecuentes pérdidas humanas y económicas (Blondet; Rubiños, 2014). Sin embargo, el adobe es el único material de construcción accesible para muchas familias debido a su bajo costo, especialmente en áreas rurales donde los materiales de construcción industrializados son poco comunes y las viviendas son autoconstruidas. Por lo general, las familias construyen sus propias viviendas en colaboración con otros miembros de la comunidad, sin asistencia técnica y carecen de criterios de diseño estructural. En consecuencia, la mayoría de comunidades rurales localizadas en áreas sísmicas, como en los Andes peruanos, viven en condiciones de riesgo sísmico inaceptables. Es urgente difundir y capacitar a la población, en la aplicación de técnicas de refuerzo simples, económicas y eficaces para proteger a sus viviendas de adobe de los dañinos efectos de un sismo.

Figura 1. Vivienda colapsada en el distrito cusqueño de Paruro (Perú, 2014)

2. LA MALLA DE CUERDAS: UNA SOLUCIÓN TÉCNICA SIMPLE Y DE BAJO COSTO

En 2013, un programa experimental de la PUCP presentó un modelo a escala de vivienda de adobe, previamente dañado, reparado con inyecciones de barro y reforzado con una malla externa de cuerdas de nylon tensadas con templadores de metal. El comportamiento estructural del modelo reparado durante una secuencia de simulaciones sísmicas unidireccionales de intensidad creciente se consideró muy bueno. La malla de refuerzo externa ayudó a mantener su integridad y estabilidad estructural, además de prevenir el colapso de los muros al mantener unidas las porciones separadas durante el movimiento (Blondet et al, 2013).

El procedimiento para reforzar el módulo de ensayo fue sencillo y consistió en recubrir las paredes con una malla de cuerdas horizontales y verticales que fueron tensadas con ayuda de templadores de metal (Blondet et al, 2014). Sin embargo, debido a que los templadores utilizados en el proyecto son relativamente caros, se propone el uso de un nudo pequeño y fácil de implementar como una alternativa de bajo costo para tensar las cuerdas. El nudo propuesto es una combinación de nudos básicos encontrados en manuales internacionales (MacLachlan, 2009). El proceso de amarre es simple y se muestra en la figura 2: se empieza por amarrar un nudo ocho, *figure of eight knot* o *noeud en huit* en el extremo de la cuerda, a través del cual se pasa su otro extremo, se jala hasta obtener la tensión deseada y se amarra dos veces con un nudo de medio enganche, *half hitch o demi-clé*.

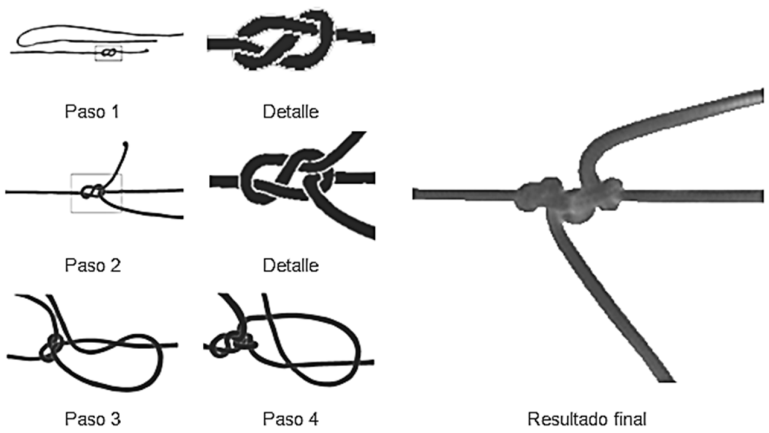


Figura 2. Proceso de amarre del nudo propuesto

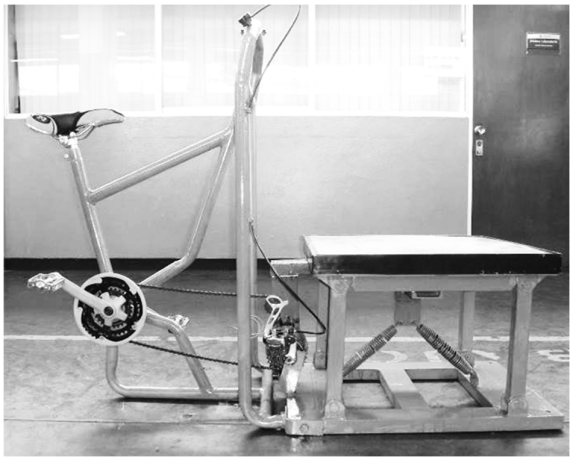
Los investigadores de la PUCP y de otras instituciones han desarrollado diversas técnicas de reforzamiento sísmico con la finalidad de mejorar el comportamiento estructural de las viviendas de adobe localizadas en áreas sísmicas (Blondet; Aguilar, 2007). Sin embargo, la construcción espontánea de viviendas de adobe sismorresistentes en áreas rurales sigue siendo nula, debido principalmente al alto costo y a la falta de difusión de los materiales de refuerzo propuestos. La malla de cuerdas tiene gran potencial para ser usada como material de refuerzo sísmico en viviendas autoconstruidas ya que es mucho más barata y accesible que los refuerzos previamente estudiados. Se requiere, entonces, un enfoque interdisciplinario y herramientas de comunicación y capacitación especialmente diseñadas para la difusión de la construcción sismorresistente con adobe en las poblaciones rurales.

3. HERRAMIENTAS PARA LA TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

Una de las razones por las que la gente alrededor del mundo continúa viviendo en alto riesgo sísmico es la falta de "conciencia sísmica" en la construcción de sus hogares. Las construcciones de tierra son altamente vulnerables a los terremotos y necesitan de refuerzos sísmicos para evitar el colapso. Sin embargo, en la mayoría de países, sólo las personas involucradas en el mundo académico poseen este conocimiento. Comunidades enteras que viven en construcciones de tierra, ignoran la alta vulnerabilidad de sus viviendas construidas con las técnicas tradicionales, es decir, sin refuerzo sísmico. Es por ello que en este proyecto se han desarrollado las siguientes herramientas:

3.1. La mesa vibratoria portátil como herramienta de comunicación

La PUCP ha desarrollado una mesa vibratoria portátil con la finalidad de mostrar a las comunidades rurales la importancia de incluir el refuerzo sísmico en sus viviendas (figura 3). Esta herramienta se lleva a la comunidad y permite a los pobladores observar las diferencias entre el desempeño de un modelo no reforzado y otro reforzado. El primero, que representa a las casas de adobe no reforzadas, colapsa durante la simulación sísmica, mientras que el segundo se mantiene en pie y presenta daños leves o reparables.



Plataforma: 600 mm x 600 mm
Frecuencia de vibración: 1 – 3 Hertz
Desplazamiento horizontal: 50 mm
Desplazamiento vertical: 15 mm
Peso máximo del modelo: 80 kg
Energía: Generada por el hombre
Sistema mecánico: Similar a una bicicleta
Forma ergonómica
Fácil de dar mantenimiento
Fácil de usar y silenciosa

Figura 3. Mesa vibratoria portátil desarrollada en la PUCP

Durante el desarrollo de la metodología de capacitación, la plataforma de la mesa vibratoria portátil fue ampliada de 600 mm x 600 mm a 1300 mm x 600 mm. Esto permitió que dos modelos a escala (con y sin refuerzo) pudieran ensayarse en paralelo y así incrementar el impacto visual de las demostraciones en el campo. Los modelos a escala tienen una base de 400 mm x 240 mm y una altura de 210 mm. Las unidades de adobe utilizadas son de 40 mm x 40 mm x 10 mm y las medias unidades son de 40 mm x 20 mm x 10 mm. El modelo que representa una vivienda de adobe tradicional tiene dinteles en la puerta y las ventanas pero no tiene una viga collar que amarre los muros. El modelo que representa una vivienda de adobe reforzada tiene dinteles en la puerta y las ventanas, una viga collar

y las paredes están envueltas con hilos que representan las mallas de cuerdas. La construcción de ambos modelos toma un día en total entre dos personas. Estas demostraciones representan de manera simple la efectividad del refuerzo sísmico: los hilos previenen el colapso del modelo a escala reducida al igual que la malla de cuerdas previene el colapso de las viviendas de adobe a escala natural.

3.2. El manual de construcción como herramienta educacional

El manual de construcción es un documento técnico que detalla toda la información existente en construcción sismorresistente con adobe, utilizando la malla de cuerdas como refuerzo sísmico. Para su redacción, se reunió la información existente sobre la experiencia de campo de las múltiples instituciones que trabajaron en el proceso de reconstrucción de las zonas afectadas de Pisco en el 2007.

El documento final está dirigido a los pobladores de áreas rurales donde la construcción informal con adobe es predominante y la asistencia técnica es poco accesible. El manual describe con detalle la construcción de una casa de adobe reforzada con malla de cuerdas y cada parte del proceso constructivo está explicado con lenguaje simple e ilustraciones paso a paso. La figura 4 muestra algunas ilustraciones del manual

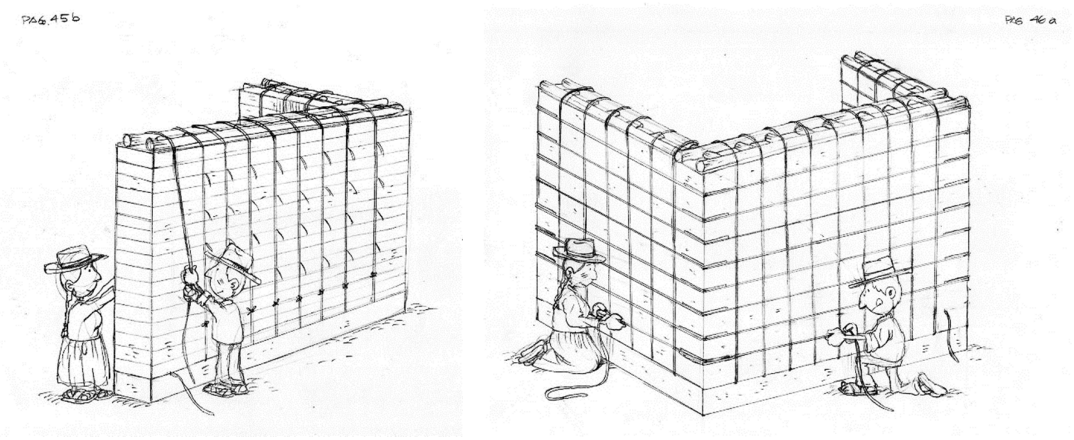


Figura 4. Ilustraciones en elaboración para el nuevo manual de construcción

Los aspectos más importantes del manual son los siguientes:

- El manual es fácil de comprender, similar a manuales previos como "Construcción y mantenimiento de casas de albañilería confinada" (Blondet; Tarque; Mosqueira, 2005) o "Manual de construcción de adobe reforzado con geomallas" (Blondet et al, 2010). En conjunto, con estos tres manuales que describen el proceso paso a paso, las familias peruanas de bajos ingresos pueden mejorar su calidad de vida al construir viviendas sismorresistentes. Todos los documentos mencionados muestran detalladamente las partes de una vivienda sismorresistente, el proceso constructivo y los planos de construcción.
- El personaje principal es "José", un hombre con características físicas similares a las de los habitantes de los Andes del Perú, que usa el adobe como material de construcción. Esto permite una mayor identificación con la población que se desea capacitar, lo cual propicia un mejor entendimiento de la técnica de construcción e incrementa la probabilidad de aceptación.
- “María”, la esposa del personaje principal, es una participante activa en el proceso de construcción. Las mujeres juegan un papel crucial e importante, pues son el apoyo motivacional que alienta a completar la construcción del hogar.

El manual de construcción incluye planos para tres prototipos de viviendas que pueden ser construidas de acuerdo a las posibilidades económicas de la familia. La primera opción es una casa de dos habitaciones con un área total de 29 m^2, la segunda opción una casa de tres habitaciones con un área total de 42 m^2, y la última una casa de cuatro habitaciones y un área de 54 m^2. Los planos de construcción fueron una contribución de Care Perú (Blondet et al, 2008).

Además, este manual contiene la información completa necesaria para construir una casa de adobe reforzada con malla de cuerdas: condiciones de riesgo, ubicación de la vivienda, selección de materiales, elaboración de unidades de adobe, cimentación, reforzamiento de muros y techo. Es un documento que sirve de guía tanto para la autoconstrucción como para maestros de obra y técnicos de construcción.

4. UN PROYECTO DE CAPACITACIÓN EN LOS ANDES PERUANOS

La PUCP ha desarrollado un proyecto de capacitación basado en la experiencia adquirida durante un pequeño programa de reconstrucción desarrollado por la PUCP y CARE-PERÚ (ONG de desarrollo) a raíz del sismo de Pisco en agosto de 2007 (Blondet et al, 2008). El proyecto tiene un enfoque interdisciplinario que involucra a profesionales de ingeniería, psicología, antropología, historia y comunicación, en un intento de lograr la aceptación de la malla de cuerdas entre los pobladores de una comunidad andina.

De acuerdo al enfoque de desarrollo humano descrito por Sen (2000), en una sociedad desarrollada las personas tienen la libertad de elegir la manera en que desean vivir. La libertad tiene diversas dimensiones: libertad política, facilidades económicas, oportunidades sociales, garantías de transparencia y seguridad. Muchos países deciden dedicarse a mejorar la dimensión económica esperando alcanzar el desarrollo y una consecuente mejoría en las otras dimensiones. En muchos casos esto no ocurre, pues un incremento en el PIB no se refleja en la mejora de calidad de vida de la mayor parte de la población. Sin embargo, es posible incrementar el nivel de desarrollo de una sociedad al dedicar esfuerzos a mejorar la calidad de otras dimensiones, incluso con una menor inversión. Por ejemplo, unos modestos esfuerzos orientados a una mejor salud, educación y seguridad pueden generar oportunidades para una mejor vida para la población.

El proyecto de capacitación PUCP tiene una idea central: las personas que viven en casas de adobe inadecuadas no deberían simplemente recibir ayuda externa. Por el contrario, deberían ser agentes de su propio desarrollo y adquirir habilidades para construir sus propias viviendas de forma sismorresistente. Es por ello que este proyecto gira en torno a la capacitación de los pobladores y no únicamente de la construcción de viviendas como donativo.

El proyecto de capacitación PUCP ha sido planteado por etapas, para así incrementar las probabilidades de aceptación y apropiación de la técnica de malla de cuerdas.

- La primera etapa, de sensibilización, incluye demostraciones en campo utilizando la mesa vibratoria portátil y modelos a escala. Se desea que la población tome conciencia de la alta vulnerabilidad sísmica de sus viviendas de adobe no reforzado y, al mismo tiempo introducir la posibilidad de construir viviendas de adobe sismorresistentes.
- La segunda etapa consiste en la entrega y utilización del manual de construcción con adobe reforzado con malla de cuerdas. Se desea que la población aprenda la técnica de reforzamiento de manera práctica y tenga un documento de referencia que pueda servir de guía en futuras construcciones. Para afianzar este aprendizaje se planea reforzar una edificación existente con la colaboración de toda la comunidad.
- La tercera y última etapa plantea el seguimiento y monitoreo de la comunidad andina, a fin de evaluar de manera crítica el éxito del proyecto y proponer mejoras en futuros proyectos de capacitación.

4.1. La comunidad andina de Pullo

En agosto 2014, un movimiento sísmico de 6.6 grados en la escala de Richter tuvo lugar en la región de Ayacucho de los Andes peruanos. El distrito de Pullo, mostrado en la figura 5, fue uno de los muchos lugares afectados por este evento. Los reportes iniciales indicaron que el 25% de los daños se concentró en este distrito: 150 heridos, 30 viviendas inhabitables y otras 150 afectadas (INDECI, 2014). Pullo es una región de alto riesgo sísmico, donde se espera que pronto tengan lugar nuevos sismos. De ahí la urgencia de capacitar a sus pobladores en la construcción de viviendas de adobe sismorresistente.

Figura 5. El distrito de Pullo

En noviembre 2014, se realizó la primera visita a esta comunidad andina. Se armó un equipo interdisciplinario, conformado por dos ingenieros civiles, un historiador, una psicóloga y una antropóloga, que realizó el viaje de Lima a Pullo en 17 horas. El equipo de trabajo evaluó el daño estructural de las viviendas, los efectos psicológicos del sismo en la población e identificó los actores principales dentro de la comunidad (Cribilleros et al, 2014).

Si bien Pullo está ubicado en una región de alta sismicidad, alrededor del 80% de las viviendas del distrito están hechas de adobe y han sido construidas sin ninguna asesoría técnica. Su construcción se realiza a través del proceso andino tradicional con barro de la región: La tierra “duerme” por un par de días y luego se mezcla con paja cortada; la mezcla se coloca en moldes de madera, se la desmolda y se la seca a la intemperie; más adelante se utiliza el mismo barro como mortero para unir los adobes y como recubrimiento de las paredes. Además de tener un efecto estético, el recubrimiento protege a las unidades de adobe de las fuertes lluvias propias de la región y de su efecto erosivo. En promedio, las viviendas tienen más de 50 años de antigüedad y no reciben mantenimiento por parte de sus propietarios. Todas estas condiciones, más la sismicidad de los Andes peruanos, hacen que en Pullo, las viviendas sean altamente vulnerables a los sismos.

Los pobladores de Pullo tienen un conocimiento empírico del pobre comportamiento sísmico de las viviendas de adobe no reforzado. Sin embargo, sus bajos recursos hacen que para muchas familias éstas sean la única opción viable. Más aún, la baja conciencia sísmica de la población evita que los propietarios inviertan en reforzar sus viviendas. De ahí que el daño observado responde a la falta de criterios de diseño sismorresistente durante el proceso constructivo (ausencia de viga collar y juntas de mortero de gran espesor) (Cribilleros et al, 2014).

Es por dicha razón que los pobladores deben ser capacitados en construcción con adobe sismorresistente, para así evitar futuras pérdidas humanas y económicas. A través del

proyecto de capacitación PUCP, ellos aprenderán la importancia del refuerzo sísmico, adquirirán las habilidades necesarias para mejorar su proceso constructivo y serán entrenados de forma práctica en el uso de la malla de cuerdas como refuerzo sísmico. En caso de ser aceptado, el uso de la técnica de reforzamiento permitirá mitigar el alto riesgo sísmico en que viven muchas familias del distrito.

4.2. Sensibilización de la población

En mayo de 2015, se inició, en el distrito de Pullo, la primera etapa del proyecto de capacitación en construcción sismorresistente con adobe reforzado con cuerdas. Un nuevo equipo interdisciplinario conformado por tres ingenieros civiles, una psicóloga y una comunicadora, viajó a esta comunidad. Se llevó la mesa vibratoria portátil PUCP y se realizó un taller de sensibilización con la participación de los pobladores (hombres y mujeres adultos, ancianos y niños).

Para incrementar el interés de la población en el taller de sensibilización se realizaron entrevistas e invitaciones individuales sin discriminación de ningún tipo y se convocó a personas de toda edad y género. Además se realizaron entrevistas grupales con los principales actores de la comunidad, para así comprometerlos en la difusión del taller. La asistencia fue voluntaria y no hubo ningún tipo de condicionamiento o incentivo monetario.

El taller de sensibilización consistió en la presentación de los objetivos del proyecto, acompañada de videos motivacionales intercalados con preguntas a los asistentes. Se mostró un video del sismo de Huaraz (Perú, 1970), seguido de la pregunta: "¿Alguna vez se han sentido así?". De manera similar se presentó un video motivacional sobre la construcción con adobe sismorresistente (Blondet et al, 2008) y videos de los ensayos en el Laboratorio de Estructuras de la PUCP, siempre enfatizando la pregunta: "¿Creen que la construcción con adobe pueda ser sismorresistente?". Para finalizar el taller se invitó a todos los participantes a que vieran la demostración con la mesa vibratoria portátil.

El desempeño de los modelos ensayados con la mesa vibratoria portátil ejemplificó de manera adecuada, el comportamiento que las viviendas de adobe reforzadas y no reforzadas tienen durante un sismo (figura 6). La población identificó sus viviendas con el modelo a escala no reforzado y admitió la importancia del refuerzo sísmico (hilos de colores) en el modelo a escala reforzado. Esta demostración incrementó su confianza en el refuerzo sísmico e incrementó su interés en los siguientes talleres de capacitación ofrecidos.

Figura 6. Demostración con la mesa vibratoria portátil PUCP

4.3. Capacitación de la población

En septiembre de 2015, se iniciará en el distrito de Pullo, la segunda etapa del proyecto de capacitación en construcción sismorresistente con adobe reforzado con cuerdas. Se llevarán a cabo un mínimo de cinco sesiones teórico-prácticas, que combinarán recursos audiovisuales con ejercicios prácticos para facilitar el aprendizaje de la técnica de reforzamiento por parte de los pobladores. Al finalizar, se darán certificados de capacitación a los participantes que asistan a todas las sesiones del taller.

Para incrementar el interés de la población por las sesiones de capacitación, se ha realizado una pequeña campaña de difusión que incluye la colocación de afiches en lugares estratégicos de la comunidad; llamadas telefónicas periódicas recordando la fecha y horarios de las sesiones de taller a los actores principales de la comunidad; y anuncios con el megáfono local. Además, el equipo de trabajo ha realizado viajes a la comunidad para coordinar y difundir el taller de capacitación.

La primera sesión de capacitación está diseñada para introducir de manera general la técnica de reforzamiento con malla de cuerdas. Se explicarán las características de una vivienda sismorresistente y los pobladores podrán observar dichas características en un modelo a escala reducida, que será puesto a prueba en la mesa vibratoria portátil PUCP. Se entregarán copias del manual de construcción, donde los pobladores observarán el proceso de amarre del nudo propuesto, y porciones de driza para que practiquen. Por último, los participantes tendrán la oportunidad de practicar la colocación de las cuerdas horizontales y verticales en un muro interior del local comunal de la comisión de regantes de la comunidad.

Las siguientes sesiones de capacitación estarán orientadas al aprendizaje práctico de la construcción sismorresistente con adobe, mientras se realiza la reparación y reforzamiento del local comunal de regantes. Cada sesión girará en torno a un tema específico: la reparación de fisuras y grietas; la importancia y colocación de la viga collar; la colocación de la malla de cuerdas y su recubrimiento para su protección. Los trabajos de reparación y reforzamiento serán llevados a cabo por los participantes del taller y la asociación de regantes de Pullo.

Por último, la sesión final de capacitación estará dedicada a afianzar el conocimiento adquirido. Se realizará una comparación fotográfica del local comunal antes y después de la reparación y reforzamiento, y se enfatizará la importancia del reforzamiento sísmico. Se clausurará el taller de capacitación con la inauguración el local comunal reforzado de la comisión de regantes.

5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El taller de sensibilización tuvo como base el uso de la mesa vibratoria portátil, lo cual generó un ambiente lúdico y divertido que permitió motivar a la población y establecer un vínculo de confianza. Al comenzar el taller, durante la presentación de videos motivacionales, se realizó la pregunta: "¿Creen que la construcción con adobe pueda ser sismorresistente?", y la población respondió unánimemente: "No". Al finalizar el ensayo dinámico se hizo nuevamente la misma pregunta y la respuesta, esta vez, fue unánimemente positiva. Posteriormente, al finalizar el taller, más del 70% de los participantes adultos registró sus datos (nombre completo, cédula de identidad y firma) como suscripción formal a las futuras sesiones de capacitación. Se concluye que llevar esta herramienta a la comunidad permitió incrementar el interés de la población en el proyecto de capacitación, así como incrementar la conciencia sísmica de los participantes.

La aceptación de la técnica de reforzamiento por parte de los pobladores de Pullo es uno de los principales objetivos de este proyecto y será medida con el número de casas reparadas y el de las que se construyan utilizando la malla de cuerdas como refuerzo sísmico. Lamentablemente, después de concluir la etapa de sensibilización aún no es posible evaluar dicho indicador, pues los pobladores de Pullo deben completar las sesiones de capacitación antes de poder construir o reforzar sus viviendas. Sin embargo,

se espera que de tener éxito el proyecto, las herramientas y metodologías desarrolladas podrán ser distribuidas y utilizadas en otras comunidades donde predomine la construcción con adobe. De esta manera se logrará que más familias puedan tener acceso a viviendas de adobe sismorresistentes.

6. COMENTARIOS FINALES

La construcción con adobe de manera tradicional (sin refuerzo sísmico) debería evitarse en áreas sísmicas. Sin embargo, es una realidad problemática que debe solucionarse con urgencia. Las investigaciones realizadas en la PUCP y otras instituciones demostraron que la construcción sismorresistente con adobe sí es posible. ¿Entonces, porqué es tan difícil convencer a la población de que utilice técnicas de reforzamiento en sus viviendas? La respuesta radica en la baja conciencia sísmica de la población, que considera muy alto el costo del reforzamiento o, peor aún, ignora su existencia.

El taller de sensibilización incrementó la conciencia sísmica de la población y se espera que este fomente la apropiación de la técnica de reforzamiento por parte de los pobladores de Pullo. Es decir, que la malla de cuerdas sea incluida en el proceso de construcción tradicional de la comunidad. Por ello se sugiere incluir una etapa previa de sensibilización para futuros proyectos y programas avocados a la transferencia tecnológica en comunidades rurales.

El trabajo no ha sido sencillo y aún no ha finalizado. Sin embargo, los involucrados en este proyecto son optimistas y creen que sus esfuerzos ayudarán a mejorar las condiciones de vida de decenas de familias en el poblado de Pullo. Se espera que este proyecto sirva de ejemplo para programas de construcción similares en las áreas más pobres del Perú y otros países andinos, especialmente allí donde el riesgo sísmico sea inaceptable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blondet, M.; Tarque, N.; Mosqueira, M. (2005). Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería para la Costa del Perú. PUCP, SENCICO, EERI.

Blondet, M.; Aguilar, R. (2007). Seismic protection of earthen buildings. International Conference on Earthquake Engineering. 20-22 de Agosto, Lima, Perú.

Blondet, M.; Vargas, J.; Patron, P.; Stanojevich, M.; Rubiños, A. (2008). A human development approach for the construction of safe and healthy adobe houses in seismic areas. 14th World Conference on Earthquake Engineering. 12-17 de Octubre, Beijing, China.

Blondet, M.; Vargas, J.; Torrealva, D.; Rubiños, A. (2010). Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras. PUCP.

Blondet, M.; Vargas, J.; Sosa, C.; Soto, J. (2013). Seismic simulation tests to validate a dual technique for repairing adobe historical buildings damaged by earthquakes. International Conference Kerpic´13 New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage. 11-14 de Septiembre, Istanbul Ayden University, Turquía.

Blondet, M.; Rubiños, A. (2014). Communication tools for the construction of safe and decent earthen houses in seismic areas. Annual conference of the Human Development & Capability Association. 2-5 de Septiembre, Atenas, Grecia.

Blondet, M.; Vargas, J.; Sosa, C.;Soto, J. (2014). Using mud Injection and an external rope mesh to reinforce historical earthen buildings located in seismic areas. 9th International Conference on Structural Analysis of Historical Constructions. 14-17 de Octubre, Ciudad de México, México.

Cribilleros, D.; Espinoza, J.; Gutiérrez, G.; Noa, A.; Serrano, M.; Rubiños, A. (2014). Diagnóstico situacional del Distrito de Pullo (Parinacochas, Ayacucho). Reporte interno PUCP. Lima, Peru.

Instituto Nacional de Defensa Civil (2014). Movimiento sísmico en el Departamento de Ayacucho. Reporte de Emergencia Nº 592 – 26/08/2014/COEN-INDECI/13:00. Lima, Peru.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). Censos Nacionales X de Población y V de Vivienda – Resultados definitivos.
http://iinei.inei.gob.pe/iinei/RedatamCpv2007.asp?id=ResultadosCensales?ori=C

MacLachlan G. (2009). Le petite livre de les noeuds. Italie. First Editions.

Sen A. (2000). Development as freedom. New York, USA. Anchor books (Random House).

AUTORES

Marcial Blondet, doctor en ingeniería sismorresistente, maestro en ingeniería, ingeniero civil; profesor principal y director del Programa de Doctorado en la Pontificia Universidad Católica del Perú; especialista en ingeniería sísmica y dinámica de estructuras; interesado en el estudio de sistemas de protección sísmica de edificaciones, refuerzo de bajo costo para viviendas de mampostería de ladrillo y de adobe, y protección sísmica de monumentos históricos de tierra.

Malena Serrano, ingeniera civil, candidata a maestra en ingeniería civil y asistente de investigación en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Álvaro Rubiños, ingeniero civil, candidato a maestro en ingeniería sísmica y manejo de desastres en el University College London, miembro fundador de la compañía de diseño estructural peruana "RVS ENGINEERING".

Elin Mattsson, ingeniera de las construcciones, asistente de investigación temporal en la Pontificia Universidad Católica del Perú, ingeniera en jefe de la compañía de construcción sueca "SH BYGG, STEN OCH ANLÄGGNING".

6. A TERRA NA CONFECÇÃO DE TINTAS QUE, ATRAVÉS DAS CORES, PROMOVE INTEGRAÇÃO E MUDANÇAS NA UNIVERSIDADE

Gustavo Fardin Broglio[1]; Murilo Roberto Arthuso[2]; Narah Cristina Israel dos Santos[3]

Arquitetura e Urbanismo, PUC Minas , Campus Poços de Caldas

[1]gustavobroglio.au@gmail.com; [2]muriloarthuso@live.com; [3]narah.cristina@yahoo.com

Palavras-chave: terra, integração, tintas, transformação, espaços

Resumo

A comunicação apresenta uma experiência que envolveu alunos e professores do curso de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais – campus de Poços de Caldas, Minas Gerais no Brasil, com a parceria das crianças da Escola Infantil Criativa Idade e de idosos vinculados aos projetos de extensão dos cursos de Fisioterapia e Psicologia da mesma universidade. Foi iniciada com o aprendizado seguido da confecção de tintas à base de terra para realização do projeto para a pintura de uma escada, de uma rampa e uma calçada localizadas no campus. O trabalho teve como objetivo promover a integração de diferentes idades na produção de tintas de baixo impacto ambiental, além da intervenção de espaços, e suscitou mudanças, provocando o surgimento de opiniões sobre o resultado e a qualidade dos espaços. A transformação dos locais foi notória e aceita por todos, uma vez que se tornaram mais agradáveis. Ao mesmo tempo, o aspecto visual do concreto dos pavimentos foi alterado com a aplicação de cores com tons naturais ao conjunto. Contudo, após a realização das intervenções, surgiram possibilidades de pintura de outros locais da universidade evidenciando que a estratégia da utilização das tintas à base de terra pode promover a contínua integração de gerações, além da transformação dos espaços do campus que se tornam mais humanos e acolhedores.

INTRODUÇÃO

Em tempos em que a sustentabilidade se torna algo tão recorrente no cotidiano da sociedade, a necessidade de técnicas e de materiais naturais, que podem ser utilizados de forma convencional e com menores impactos ao meio ambiente, torna-se de extrema importância.

Decorrente dessa necessidade foi criado o projeto “A criança e a construção com a terra”, uma continuação dos trabalhos realizados anteriormente no projeto Recriança.

O projeto, que acontece na PUC Minas, campus Poços de Caldas há cerca de quatro anos, tem como propósito a confecção de tintas à base de terra e busca alternativas para o emprego desses materiais, seja em pinturas murais ou em pisos. A orientação é realizada por uma professora do curso de Arquitetura e Urbanismo que envolve a participação de alunos voluntários do mesmo curso, assim como de crianças da escola Criativa Idade e idosos do Lar dos Vicentinos da cidade.

No primeiro ano de sua criação, o projeto envolveu apenas crianças do extinto projeto Recriança, da Prefeitura de Poços de Caldas, quando foram realizadas intervenções em duas unidades do Recriança próximas à PUC.

Em sua quarta edição, no ano de 2015, o projeto vem atuando em duas vertentes: uma desenvolvida junto ao Galpão das Artes, entidade privada que atende crianças e adolescentes no período de contra fluxo escolar e a outra dentro do próprio campus da universidade. Seu objetivo é a confecção de tintas a base de terra e posteriormente sua aplicação nos mais diversos locais, pretendendo transformar espaços da universidade. Outro objetivo é o de, com a utilização da terra com suas cores e texturas, despertar nas crianças ou idosos envolvidos a conscientização ambiental e por fim a educação ambiental, tão necessária diante do estágio de degradação que se encontra o planeta.

A orientação ocorre sob a responsabilidade do curso de Arquitetura e Urbanismo, envolvendo alunos voluntários do mesmo. As atividades são realizadas todas as semanas, tanto no campus da universidade, quanto na Escola Criativa Idade, ou em áreas selecionadas para receber “as transformações”.

Além da confecção de tintas, este projeto também tem como objetivo a integração das diversas faixas etárias e troca de experiências, que começa com o envolvimento com crianças, passa pelos estudantes de nível superior até chegar aos idosos. Desta forma, diferentes gerações vêm se unindo em prol de um bem comum: a transformação de espaços com o emprego das tintas à base de terra. Como destaca Antonucci (2007, apud França et al, 2010, p.521)

> a maneira como o indivíduo constrói e interpreta as situações nas relações sociais produzem um efeito na sua saúde e bem-estar. As pessoas que vivenciam aspectos positivos nas relações de apoio intergeracional sentem-se mais positivas em relação a si próprias e ao seu mundo, suportando melhor a doença, o stress e quaisquer outros tipos de situações ou dificuldades.

Figura 1. Momento da produção das tintas com criança, alunos e professores envolvidos. (Créditos: Camila Parron, 2014)

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

A primeira etapa foi a sensibilização seguida da confecção das tintas de acordo com as orientações contidas na cartilha “Cores da Terra” da Universidade Federal de Viçosa-MG, local onde o estudo começou a ser disseminado a partir de 2007.

A composição da tinta usada na PUC Minas é aquela que tem como base três materiais: terra, água e cola. Argilas e siltes da terra, que são as fontes de pigmentos para as tintas, são destorroados para facilitar o processo de peneiramento. Estes componentes dão consistência cremosa ao material, facilitando a sua aplicação. A água é usada para misturar as partículas da terra de uma forma homogeneizada, visando também uma maior facilidade na hora da aplicação. A cola reúne as partículas da terra entre si para formar uma camada na superfície do local onde a tinta será aplicada, material que também ajuda na cremosidade da tinta facilitando a sua aplicação. De acordo com Carvalho et al (2009, p 4-7)

> o uso de pigmentos naturais para a produção de tintas data da pré-história, com as pinturas rupestres. Naquela época, os pigmentos eram de origem natural como os solos, que já eram utilizados. Com o tempo as técnicas foram aperfeiçoadas e mesmo assim, os pigmentos minerais permaneceram. No Brasil, edifícios históricos como os de Ouro Preto, em Minas Gerais foram pintados à base de silicatos e cal, misturados com pigmentos minerais. O que

caracterizava as primeiras tintas era a produção artesanal, sustentada por inúmeras técnicas.

O preparo da tinta utilizada foi feito na proporção de 2:2:1, que são duas partes de terra, duas partes de cola do tipo PVA e uma parte de água. A pigmentação foi feita com o corante pó-xadrez. A confecção realizou-se com a participação dos alunos da escola de educação infantil Criativa Idade e acadêmicos do Curso de Arquitetura e Urbanismo em uma oficina ministrada pelas professoras do mesmo. Todo o preparo se deu de forma manual.

Figura 2. Momentos do envolvimento entre acadêmicos do curso de Arquitetura, crianças e idosos na pintura da escada. (Créditos: Camila Parron e Departamento de Comunicação. PUC Minas Poços de Caldas, 2014)

Após o preparo das tintas, a próxima etapa foi a intervenção na escada da universidade. Esta primeira intervenção no campus, partiu da solicitação de usuários dessa escada que a transpõem quase que diariamente, seja para chegar na Clínica de Fisioterapia, seja para acessar o prédio II da Universidade.

Houve no início da segunda oficina um *brainstorm* evocando ideias entre os presentes, fossem crianças, idosos ou alunos dos cursos de Arquitetura e Urbanismo, Publicidade e Propaganda, para definir o tema da pintura. A príncipio surgiu a sugestão de que os espelhos da escada poderiam ser pintados como se cada um fosse a lombada de um livro, pelo fato de a escada estar situada próxima à biblioteca da universidade. Porém, depois de conversas entre os idealizadores do projeto e os participantes, por se tratar da primeira intervenção na universidade com o emprego das tintas de terra, decidiu-se pelos antigos temas rupestres, pintados nas cavernas, em que as tintas na maioria das vezes, também era a terra.

De início a pintura seria somente desenvolvida por professores e acadêmicos do curso de Arquitetura e Urbanismo, mas, ao ver toda a mobilização e o resultado que estava gerando o trabalho, demais acadêmicos dos cursos de Direito, Fisioterapia, Publicidade e

Propaganda juntaram-se ao multirão da pintura, além das crianças e idosos que participaram da manufatura da tinta.

Conforme apontam Blauth e Possa (2012, p.149.) “por outro lado, as obras, ao serem apresentadas no espaço público, geram um diálogo a partir do local, isto é, quando a obra está inserida plenamente em um determinado ambiente”. Mais adiante, as mesmas autoras reforçam (p.151): “a arte hoje transformou suas formas de intervir no espaço urbano, ampliando, também, as discussões sobre a presença das manifestações artísticas oriundas nos espaços urbanos, situados na marginalidade inicialmente, e que hoje já possuem ou conquistam o reconhecimento”.

Devido à repercussão e mudança do visual local, foi solicitado pela coordenação do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade ao grupo envolvido no projeto a segunda parte da intervenção no campus: a pintura da rampa que liga o prédio I ao prédio II e Biblioteca do campus. Esta foi uma intervenção em uma escala maior, onde não seriam pintados apenas os espelhos de uma escada: dessa vez seria pintada uma rampa com cerca de 85 metros de extensão, com intenso fluxo de pessoas.

Figura 3. Resultado final, demonstrando como a escada era antes e como ficou depois da intervenção. (Créditos: F.Florentino e Departamento de Comunicação. PUC Minas Poços de Caldas, 2014)

Assim, para a terceira oficina foi produzida pelos envolvidos uma quantidade maior de tinta, com maior variedade de cores. Quase como consequência, mais voluntários se interessaram em participar, sensibilizados pela transformação desencadeada pela recém-pintada escada. Estudantes de Arquitetura e Urbanismo, orientados por uma professora, discutiram o tema e decidiram optar pelo uso de linhas orgânicas com temática mais livre. Cada acadêmico foi instigado a utilizar seu lado criativo e estampar a sua própria proposta com o emprego das tintas de terra, tendo como desafio estabelecer uma relação harmônica daquilo que estava fazendo com aquilo que seus “vizinhos” de pintura executavam. Mais uma vez o resultado foi surpreendente, transformando um simples piso de concreto em algo de aspecto artístico. As tintas utilizadas nesta etapa foram preparadas da mesma forma que na intervenção anterior. Aliás, porções de tintas remanescentes da primeira oficina que tinham sido guardadas foram novamente empregadas. Foram produzidos para a primeira oficina tintas com três tonalidades de solos distintos, que empregaram 20 quilos de cola branca. Depois dessa produção é que a tinta foi "tonalizada" a partir de pigmentos do tipo pó-xadrez originando uma gama bastante diversa de cores.

Figura 4. Segunda intervenção: pintura da rampa de acesso ao prédio II e biblioteca.
(Créditos: Ana Paula Ribeiro, 2014)

A partir da realização desta atividade decidiu-se mediante a um debate entre docentes idealizadores do projeto e alunos do Curso de Arquitetura buscar uma matriz de identificação para o mesmo, ou seja, elaborar um desenho que percorresse de forma sutil por todos os caminhos que sejam objetos dessas intervenções, gerando um sentido de unidade entre os mesmos, a fim de possibilitar uma continuidade de desenho.

Utilizando a arte também como educação, a princípio, foram investigadas as obras de artistas brasileiros que trabalharam ou trabalham com grafismos, seja em azulejaria, seja em pintura. Artistas como Cândido Portinari (1903-1962), Lygia Clark (1920-1988), Athos Bulcão (1918-2008), Beatriz Milhazes (1960-) e Adriana Varejão (1964-), entre outros, a fim de que a unidade dessa nova intervenção pudesse ser originada pelas próprias manifestações da arte moderna e contemporânea brasileira. Assim, nessa nova intervenção, a pintura mural ganharia elementos da Arte-Educação. Coforme aponta Toledo (2012, p.3)

> faz-se necessário repensar os conceitos de educação, buscar novas práticas pedagógicas e conhecer outros espaços educativos que contemplem visões, não de reprodução da situação vigente, mas de transformação da realidade por educadores e educandos envolvidos no delicado processo de aprendizagem. O espaço ainda recente – da educação não-formal pauta-se, de modo geral, pela preocupação com populações excluídas e por uma pedagogia que privilegia o viés da cultura e da arte. Dialogar com tal universo poderá propiciar uma visão mais ampla do ato educacional, engendrar a utilização de práticas pedagógicas diferenciadas, bem como um saudável diálogo com outras instâncias de educação, especialmente a própria escola.

Baseando-se nessa estratégia, foi iniciada recentemente, no final do primeiro semestre de 2015, outra oficina de pintura a partir dessa nova metodologia construída para a idealização do tema que estará presente em diversos dos caminhos do campus da PUC-Minas.

Após extensa pesquisa, foi encontrado um artigo, *The Noigandres Poets and Concrete Art* (Os Poetas Noigandres e a Arte Concretista), escrito por Claus Clüver (2007), da Universidade de Indiana, dos Estados Unidos da América que faz alusão à poesia e a arte concretista brasileira. Vários dos artistas anteriormente citados estavam entre aqueles que Clüver destacou no seu texto. Assim, optou-se pelas três obras apresentadas na figura 5, pelo fato de entenderem que as mesmas poderiam estabelecer um elo de identidade para as próximas intervenções, uma vez que são vários caminhos possíveis por todo o campus.

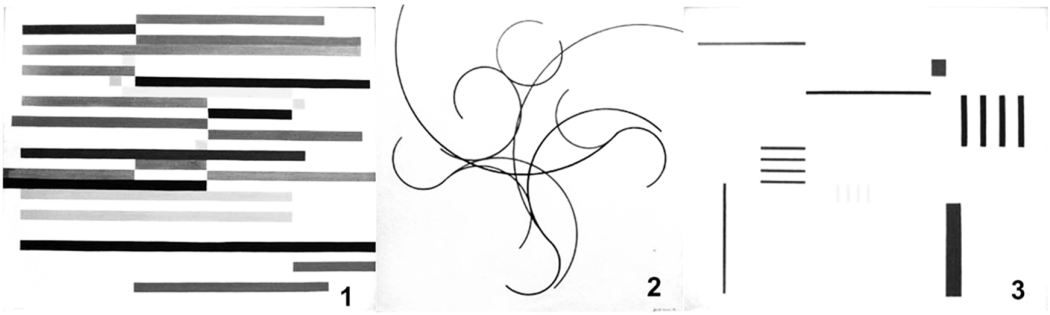


Figura 5. Obras escolhidas para a composição do projeto gráfico da intervenção em curso: 1. Movimento, 1951, de Waldemarr Cordeiro (1952-1973); 2. Variação em curvas, 1956, de Judith Lauand; 3. Concreção, 1953, de Luiz Sacilotto (1942-2003). (Cluver, 2007).

Seguindo os direcionamentos dessa proposta, discutiu-se com o docente responsável pela disciplina de Identidade Visual do curso uma paleta de tons de cores que poderia estar presente como matriz principal para as próximas intervenções. Tal paleta foi definida em função das tonalidades de solo disponíveis para a produção das tintas.

Figura 6. Paleta base utilizada para desenvolver as cores da nova etapa da intervenção.

Essa nova proposta tem como objetivo fazer intervenções que tenham elementos marcantes predominantes. Tais elementos serão, justamente, as obras dos artistas eleitos a partir de Clüver (2007) revisitadas a partir das cores apresentadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

É interessante observar que, mesmo depois de anos de encerramento do projeto, as pinturas murais permanecem “cuidadas ou respeitadas”, como pode se observar na figura abaixo:

Figura 7. Murais pintado no início do projeto na Escola Criativa Idade e Lar Criança Feliz

Percebeu-se que, nos locais onde aconteceu cada uma das intervenções, as comunidades envolvidas criam uma relação de pertencimento, zelando pela manutenção de cada um desses espaços.

Percebeu-se o quanto as crianças se envolveram e demonstraram-se entretidas em tal atividade. Imaginava-se já iniciar a pintura da escada nessa primeira oficina, porém, o preparo com o envolvimento das crianças consumiu mais tempo que o previsto. Mas o

resultado foi bastante satisfatório e as mesmas solicitaram que fosse repetido este mutirão outras vezes. De acordo com Oliveira (2004), sob o aspecto emocional, adequar-se à natureza, propicia aceitar sua própria natureza. O mexer dos galhos, o deslocamento das nuvens, a água, o vento, o nascer ou o pôr do sol, a chuva, as aves, enfim, tudo faz com que os sentidos se agucem, tudo chama à observação e à atenção, principalmente das crianças, que sempre são atraídas pelo movimento.

A equipe envolvida no projeto não tinha no início ideia da dimensão que a atividade tomaria dentro do campus da PUC-Minas, Poços de Caldas. Imaginava-se, como ocorrera em semestres anteriores, que o projeto "A criança e a construção com terra: murais urbanos e outras histórias" fossem realizadas intervenções com a intenção de melhorar a qualidade dos espaços diversos a partir das tintas confeccionadas com o emprego da terra. Porém, percebeu-se que, a partir do momento em que a própria instituição deseja qualificar os espaços para as pessoas, torna-se fundamental um projeto gráfico, um projeto que confira a identidade visual advinda do uso das tintas confeccionadas à base de terra. Mais que isso, percebe-se que com a transformação dos espaços está enraizada no conceito de Educação Ambiental (MMA, 1999). Aquilo que antes era apenas um meio de ligação entre o estacionamento da Clínica de Fisioterapia e o prédio II do campus, uma escada que passava despercebida perante a correria do dia a dia de estudantes e professores, agora se tornou um dos locais mais disputados da universidade para cenário de fotografias. O impacto foi bastante positivo e atualmente, em uma sala do prédio I da mesma universidade, há duas fotos impressas nas cortinas black-out: uma com a escada antes da pintura, e outra com a escada depois de sua pintura e transformação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Era uma vez um pequeno projeto que ganhou grande dimensão... uma dimensão que ultrapassa o momento da procura de tons de terra ou da confecção de tintas que envolve com alegria crianças, jovens, estudantes e idosos. Uma dimensão que demandou o exercício de refletir sobre a Arte, a Arte-Educação e seu papel no tempo presente, assim como na re-significação dos espaços utilizados pela comunidade universitária e seus visitantes. Seguramente, a energia da terra agregada a outros materiais naturais e menos impactantes pode transformar, qualificar e manter de forma saudável a vida das comunidades.

De acordo com Barbosa (1991, p.6) "precisamos levar a arte, que hoje está circunscrita a um mundo socialmente limitado a se expandir, tornando-se patrimônio da maioria e elevando o nível de qualidade de vida da população".

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A. M. (1991). A imagem no ensino da arte: anos 80 e novos tempos. São Paulo: Editora Perspectiva.

BLAUTH, L.; POSSA, A. C. K. (2012). Arte, grafite e o espaço urbano. Revista Palíndromo n. 8/ 2012. Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais CEART-UDESC. Disponível em: http://ppgav.ceart.udesc.br/revista/edicoes/8/artigo_arte_grafite.pdf. Acesso em 28/06/2015.

CARVALHO, Ânor F. et al (2009). Cartilha do projeto Cores da Terra. Pintando com tintas de terra, Viçosa, Universidade Federal, 2009. Disponível em https://www2.cead.ufv.br/espacoProdutor/files/cursos/2/cores.swf . Acesso em 25/06/2015

CLUVER, C. (2007). The Noigandres Poets and Concrete Art. Disponível em: http://www.lehman.cuny.edu/ciberletras/v17/cluver.htm. Acesso em 25/05/2015.

FRANÇA, L.H.F.P; SILVA, A.M.T.B e BARRETO, M.S.L (2010). Programas intergeracionais: quão relevantes eles podem ser para a sociedade brasileira? . In Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia, Rio de Janeiro: n.13, p. 519-521. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v13n3/a17v13n3.pdf. Último cesso em 16/09/2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA) (1999). Política Nacional de Educação Ambiental - Lei nº 9795/1999, Art 1º. Disponível em: http://www.mma.gov.br/educacao-ambiental/politica-de-educacao-ambiental. Acesso em 26/06/2015.

OLIVEIRA, Cláudia M. A. S.(2004). A formação da criança nas cidades. Revista Pediatria. São Paulo, 2004. Disponível em: http://www.academia.edu/7933570/A_forma%C3%A7%C3%A3o_da_crian%C3%A7a_nas_cidades. Acesso em 10/06/2015.

TOLEDO, Valéria Diniz (2013). Inclusão Social e Arte na educação não formal. VII Simpósio Internacional O Estado e as políticas educacionais no tempo presente. Universidade Federal de Uberlândia, fevereiro/2013. Disponível em: http://www.simposioestadopoliticas.ufu.br/imagens/anais/pdf/BC14.pdf. Acesso em 27/06/2015.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Pontificia Universidade de Minas Gerais, campus Poços de Caldas pelo espaço cedido para a realização das Oficinas, às professoras Esther Aparecida Cervini e Rosana Soares Bertocco Parisi por não medirem esforços para ensinar e estar presente na realização de todas as oficinas, pelo convite para participação do projeto, por todo o auxílio no desenvolvimento do artigo e à Camila Parron, Felipe Florentino e Ana Paula de Oliveira Ribeiro por autorizarem a reprodução de imagens do projeto e à todos os alunos e professores da PUC-Minas Poços de Caldas que participaram das intervenções.

AUTORES

Gustavo Fardin Broglio, graduando em Arquitetura e Urbanismo, do 4º período da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas, voluntário no Projeto de Extensão “A Criança e a Construção com Terra”, da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas.

Murilo Roberto Arthuso, graduando em Arquitetura e Urbanismo, do 4º período da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas, voluntário no Projeto de Extensão “A Criança e a Construção com Terra”, da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas.

Narah Cristina Israel dos Santos, graduanda em Arquitetura e Urbanismo, do 4º período da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas, voluntário no Projeto de Extensão “A Criança e a Construção com Terra”, da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas.

7. EL PROYECTO PIRATE: FORMACIÓN PROFESIONAL Y CERTIFICACIÓN EN CONSTRUCCIÓN CON TIERRA, DESDE EUROPA AL MUNDO

María Brown Birabén; Mariana Mas Gómez

ESTEPA - Estudios Sobre Tierra: Energía, Patrimonio y Ambiente; Palencia, España, estepa1@gmail.com

Palabras clave: formación profesional, certificación, resultados de aprendizaje

Resumen

La tierra prevalece hasta hoy como el material de construcción más universal: buena parte de la Humanidad habita, trabaja, estudia y reza al abrigo de estructuras concebidas, conformadas y acabadas muy diversamente, pero siempre usando el suelo bajo nuestros pies. El proyecto PIRATE - *Provide Instructions and Resources for Assessment and Training in Earthbuilding*, Marco Intereuropeo para la Formación y Evaluación en Construcción con Tierra- ha reunido a dieciocho organizaciones de ocho países europeos para desarrollar un paquete de unidades que describen los conocimientos, destrezas y competencias del quehacer del constructor con tierra; unidades transversales válidas más allá de las fronteras nacionales, a integrarse en el futuro en los esquemas de formación oficial. El proyecto se estructura con la metodología ECVET -*European Credit System for Vocational Education and Training*, Sistema Europeo de Créditos para la Formación Profesional- que apoya la formación continua través de la certificación de competencias adquiridas por la experiencia, la flexibilidad de itinerarios formativos y la movilidad de aprendices y trabajadores. Durante tres años hemos analizado las tareas que constituyen el desempeño eficaz de cada oficio a distintos niveles. Los resultados se han transformado en el sistema ECVET *Earth Building* que presentamos más allá de las fronteras europeas, convencidos de su potencialidad trascendiendo lo continental. Estas unidades ECVET contribuirán a: a) capacitar técnicamente, ofrecer formación modular, mejorar la empleabilidad y la movilidad en el sector; b) guiar a los formadores en la definición de contenidos didácticos, de evaluación o de certificación; c) servir como herramienta a los organismos responsables de la revisión o creación de calificaciones y títulos. En Europa el proyecto suscita un creciente interés en el área de la formación profesional y universitaria, un primer paso hacia la integración de estas unidades en calificaciones o titulaciones oficiales, en pro de la excelencia en nuestra profesión.

1 INTRODUCCIÓN

La Unión Europea se ha dotado de diversos instrumentos destinados al intercambio de experiencia y conocimiento entre sus países miembros. En el área de la formación en construcción con tierra abordada en este documento, deben destacarse el MEC – Marco Europeo de Calificaciones, el ECVET – Sistema Europeo de Créditos para la Formación Profesional, y el PAP – Programa de Aprendizaje Permanente. A fin de comprender qué es el proyecto PIRATE se presentarán gradualmente.

El PAP se ocupa de ofrecer movilidad territorial a formadores, alumnos y aprendices de distintas instituciones y países, en todos los niveles educativos; su subprograma LdV-Leonardo da Vinci (hoy ERASMUS +) se ocupa de la Formación Profesional, aumentando las oportunidades de intercambio para estudiantes, formadores, profesionales en activo, trabajadores calificados sin titulación, colectivos vulnerables. Con el PAP-LdV se han desarrollado diversos proyectos enfocados en la Construcción con Tierra en dieciocho países desde 2002 hasta hoy, conformando una creciente comunidad de intercambio y práctica que conecta a aprendices, formadores y profesionales. El interés suscitado va en aumento y lo demuestra la multiplicada oferta de cursos, congresos o ferias a nivel universitario, técnico e informal: el mundo técnico y el científico establecen así sinergias a través de una fertilización cruzada.

Mientras otras tecnologías constructivas han apoyado su desarrollo con la consolidación de normas, la construcción con tierra no lo ha hecho. Y ciertamente, aunque un producto se fabrique siguiendo normas, los estándares para el sistema constructivo -cuando existen- no pueden alcanzarse sin trabajadores competentes: ¿quién concebirá y construirá, pues, con estos productos normalizados?… si la tierra ha de competir como opción entre los materiales modernos, es preciso desarrollar estándares y códigos de práctica para la formación profesional y técnica. Esta es una de las razones que impulsó a la elaboración del proyecto PIRATE (LdV 2012-2015).

Los nuevos estándares deben ajustarse a las herramientas europeas que conforman el actual escenario de la formación profesional: el MEC y el ECVET ya nombrados. PIRATE los aplica al sector de la construcción con tierra, pero ¿qué son?

El MEC es un marco que equipara las calificaciones nacionales -muy diversas de país en país- utilizando una escala europea autónoma de ocho niveles, desde el básico Nivel 1 al avanzado Nivel 8. Se aplica a todo el espectro educativo y formativo, desde la escuela primaria a la investigación, abarcando profesiones y oficios. En el sector de la construcción, los Niveles 3 y 4 corresponden al trabajador responsable de completar un trabajo en obra por sí mismo (Nivel 3) o liderando un equipo (Nivel 4), en contextos predecibles y probables. Los niveles 5 y 6 se refieren a supervisores de actividades técnicas y directores de obra responsables de la toma de decisiones en contextos impredecibles. Nivel 7 son el diseño y cálculo, labor de arquitectos e ingenieros. PIRATE abarca los Niveles 3, 4, 5 y 6 (European Commission 2008).

ECVET es un instrumento diseñado para la formación continua, la movilidad de formadores y aprendices europeos y la flexibilidad de itinerarios formativos conducentes a una calificación. Está llamado a ser una herramienta de traducción entre sistemas nacionales diferentes, al permitir a los aprendices validar en sus países la formación y certificación recibida en el extranjero (algo que ya sucede a nivel universitario con ERASMUS)[6].

Un rasgo fundamental y distintivo de MEC y ECVET es su enfoque en los *resultados de aprendizaje:* se abandona el énfasis de los sistemas didácticos tradicionales organizados a partir de los contenidos de enseñanza como programas educativos, duraciones prefijadas o tipo de institución habilitada a dictarlos. En cambio, el enfoque en resultados de aprendizaje evalúa lo que la persona sabe y puede hacer. “No importa cómo lo aprendió: importa que lo sepa hacer” dentro de unos parámetros de calidad que son los que fija la Unidad. Innegable aporte a la validación de conocimientos adquiridos de modo informal que favorece la formación continua, punto fuerte de este enfoque.

2 ¿QUÉ ES PIRATE?

PIRATE -acrónimo en inglés para *Provide Instructions and Resources for Assessment and Training in Earthbuilding*, o Marco Intereuropeo para la Formación y Evaluación en Construcción con Tierra- representa a dieciocho organismos de ocho países: Alemania, Eslovaquia, España, Francia, Portugal, Reino Unido, República Checa y Serbia; todos reconocidos como profesionales de la construcción con tierra y de su formación técnica específica, ya sea en lo contemporáneo o en conservación y restauración.

Muchos de ellos ya participaron en el ECVET precedente *Learn With Clay*, dedicado a revestimientos y acabados, garantizando con su experiencia el resultado de calidad -que requiere la Unión Europea- en la redacción, publicación y uso de los estándares de formación en contextos multinacionales. Esta experiencia previa fue además fundamental para evidenciar otra de las razones que llevaron a PIRATE: la necesidad de ir más allá de las superficies, abordado las técnicas estructurales portantes de construcción con tierra.

[6] *Vocational training for clay plaster in Europe: a growing network and pedagogical and administrative tools to help dissemination of competence and recognition of learning outcomes* (Didier et al, 2010)

Un doble reto que PIRATE aceptó: a pesar de las diferencias culturales, históricas y económicas y de la diversidad de prácticas constructivas entre países, hay consenso sobre la necesidad de estándares para la formación técnica en sistemas estructurales, compartidos a lo ancho de Europa. Paralelamente, este consenso en líneas de acción y objetivos para la formación profesional y técnica vuelve a visibilizar a la tierra como material actual de construcción, tanto en obra nueva, restauración, rehabilitación y decoración, devolviéndole poco a poco su papel perdido en la cultura constructiva de Occidente.

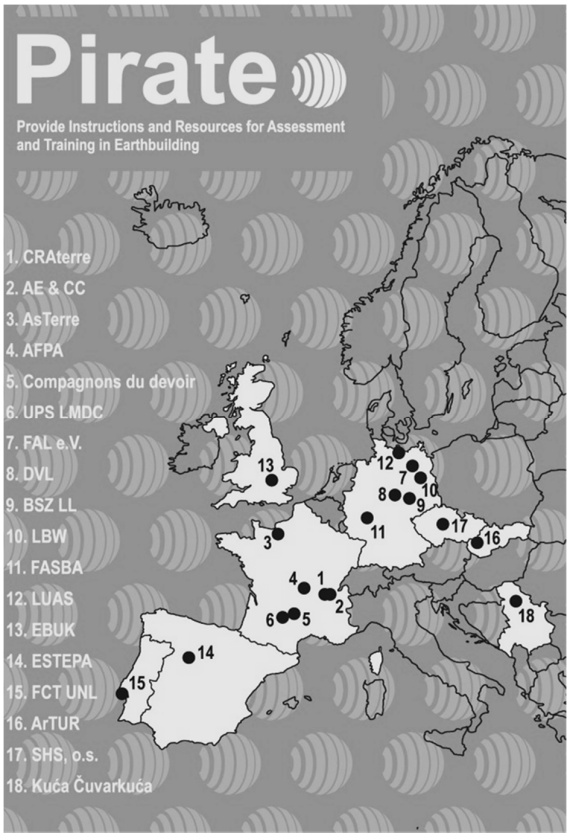


Figura 1. Los miembros de PIRATE y sus países

A fin de aumentar el impacto potencial se desarrolló paralelamente otro proyecto LdV estrechamente relacionado a PIRATE: *New Members for ECVET Earth Building*, nuevos miembros para ECVET Construcción con Tierra. Agregando a Polonia y Chipre a la lista, aquí los antiguos miembros de “revoques” y los nuevos de “construcción” trabajan, intercambian y aprenden recíprocamente integrando un sistema completo.

2.1 PIRATE paso a paso

Por primera vez un proyecto convoca a tantos actores: profesionales de la construcción, de la formación técnica y de la universidad trabajan juntos trayendo su bagaje desde ocho países muy diversos. Una dilatada experiencia en eco construcción, arquitectura tradicional, rehabilitación y decoración con materiales de tierra cruda los acompaña. Constructores, empresarios, arquitectos, formadores y académicos, todos están representados. El aporte de cada miembro, además, descansa en su red nacional o regional de profesionales en activo y formadores. Ante tanta diversidad, uno de los mayores retos para el grupo fue encauzar toda esta experiencia hacia un consenso de entendimiento y expresión: la situación y el estado del arte de la construcción con tierra en los ocho países es muy diferente y difícil de comparar.

Se fijaron dos objetivos diferentes para desarrollar los estándares de competencia en los niveles 3 a 6 del MEC:

- Unidades ECVET de Unidades independientes; describiendo los resultados de aprendizaje -cualquiera sea su origen- agrupados según las actividades troncales de la profesión;

- Difusión y certificación, abarcando un público amplio, aunque implicando especialmente a los agentes responsables de la certificación oficial -el Estado u otros- de cara al reconocimiento e inclusión de las Unidades en los sistemas nacionales.

Figura 2. Los miembros de PIRATE en la reunión plenaria de Palencia, España, en 2014

Con el inglés como lengua vehicular del proyecto, el trabajo se dividió en tres grupos: Mono, Brick y Supervisión. Los dos primeros se dedicaron a los sistemas monolíticos y de albañilería para niveles MEC 3 y 4, específicos de la formación profesional y técnica. El tercer grupo -con representantes de instituciones universitarias- se centró en los niveles MEC 5 y 6. Algo sin precedentes y que da cuenta del creciente interés del mundo académico en dos aspectos: por un lado la tierra como material y sus tecnologías, y por otro el trabajo concebido originalmente por y para otros actores - los técnicos y profesionales del oficio.

Para asegurar la convergencia en un sistema común, los grupos trabajaron conectados compartiendo resultados y convergiendo poco a poco hacia un producto común. En un largo proceso de feedbacks sucesivos y traducciones desde las lenguas originales al inglés y viceversa, los miembros analizaron cada oficio vinculado a la construcción con tierra con los actores directos en cada país, invitándoles a compartir la perspectiva de que la tierra es un material cuyas competencias pueden evaluarse con estándares comunes, sin perder las particularidades propias que son la razón de su riqueza global (Jörchel et al, 2014).

Tras la reunión inicial en 2012, el primer paso fue un proceso de consulta con la red de profesionales activos de cada miembro a nivel nacional. Cerca de un centenar de especialistas de todos los sectores y países participaron en la definición de los conocimientos, destrezas y competencias requeridos profesionalmente para construir, conservar y rehabilitar edificios de tierra.

El segundo paso fue compartir y hacer converger esas propuestas nacionales en una única propuesta europea, consistente en una lista preliminar de Unidades en cada grupo: Mono, Brick y Supervisión. A tal efecto se desarrollaron varias reuniones sectoriales durante 2013 y 2014, con distintos miembros anfitriones cada vez. La convergencia final de los grupos en un único resultado PIRATE comenzó en la reunión plenaria de 2014 -dos años después de comenzar- y se completó a comienzos de 2015.

El tercer y último paso, iniciado en la reunión plenaria final de 2015, fue la puesta en común de todos los resultados: se produjeron los documentos finales con todas las Unidades y criterios de evaluación para los cuatro niveles MEC, traducidas a las ocho lenguas nacionales, consolidando su difusión con la publicación web abierta y con un cuadernillo que resume las características de las nuevas herramientas y cómo utilizarlas.

Por supuesto, los resultados de difusión y certificación rebasan los límites temporales del proyecto, acabado en septiembre de 2015. Los miembros continúan trabajando en la identificación y difusión entre los actores clave para, conjuntamente, definir los escenarios de certificación en cada país.

2.2. Feedback y autoevaluación

Para la evaluación del propio proceso más allá de las reuniones y del denso trabajo en red, se realizó una doble retroalimentación: ensayos de evaluación y contacto frecuente con los grupos nacionales.

- Feedback de los ensayos de evaluación: el objetivo de PIRATE no es reglar cómo examinar; de hecho los exámenes difieren de país en país, entre instituciones del mismo país incluso. El ensayo MONO se centró en mejorar los criterios troncales de evaluación durante un examen de la técnica de tapia, revisando y completando la lista contenida en el borrador general. El marco fue el usual del ECVET: se evaluaron los conocimientos, destrezas y competencias a través de un triple examen escrito, práctico y oral.

Figura 3. Dos reuniones de ensayo de evaluación, Mono y Brick

Capitalizada la experiencia del ensayo de evaluación Mono, el de Brick llegó más lejos: incluyó componentes de movilidad transnacional, con plurilingüismo implicado, y los candidatos realizaron sus prácticas en grupo, sumando una nueva dimensión al examen. Tras el examen se ahondó en la mejora de los criterios e indicadores, puesto que los evaluadores encontraron imprecisiones en algunas instrucciones. El consenso final es que cada uno de los criterios debe evaluarse: si no en la práctica, oralmente o por escrito.

- Feedback de los grupos nacionales: el vínculo entre los miembros de PIRATE y sus redes profesionales nacionales nunca se interrumpió a lo largo del proyecto. De hecho, varios participaron en reuniones y evaluaciones. Al final, ya con las versiones finales traducidas, aquellos expertos, profesionales y organismos del sector de la construcción revisaron cada Unidad, aportando los últimos ajustes antes del lanzamiento público de PIRATE (Jörchel et al, 2014).

3. LOS RESULTADOS DE PIRATE

Como ya se ha explicado, el resultado de PIRATE no es un material didáctico -algo que ha desencantado a muchos no familiarizados con ECVET- sino nuevas herramientas y recursos que actúan como estándares de competencias en construcción con tierra. Este resultado es:

- Un glosario común para las actividades y oficios de la construcción con tierra;

- Una matriz ECVET de Unidades de resultados de aprendizaje de alcance europeo, con criterios de evaluación, para sistemas estructurales de albañilería y monolíticos en ocho idiomas.

Estos productos, vale la pena insistir, sirven de guía a formadores y evaluadores, pero no establecen una estructura o método fijo de formación ni de evaluación. De modo que la formación puede impartirse en obra en un país o institución, en centros de enseñanza en otros, y los formadores pueden ser tanto profesores como expertos del oficio, sin limitación.

Hubo otro resultado inesperado, y es que PIRATE ha impulsado a los miembros hacia una deriva más internacional, aumentando la cooperación, el trabajo en red y las experiencias compartidas entre colegas que, tras el prolongado contacto, son ahora más próximos.

3.1. Las unidades de resultados de aprendizaje

Las Unidades ECVET Construcción con Tierra [7] están, pues, concebidas para la construcción, rehabilitación, conservación y decoración con tierra cruda. Las unidades PIRATE de sistemas estructurales portantes llevan por nombre una inicial correspondiente a su contenido en inglés -lengua vehicular del proyecto- y son:

P - Producción de bloques

B - Construcción

F - Encofrados

que se suman a las existentes del ECVET *Learn With Clay* sobre revestimientos y acabados (2007, ahora rebautizadas con letras):

C - Revoques de tierra

D - Diseño Interior

O - Técnicas decorativas

Algunas Unidades compartidas por ambos ECVETs convergieron en una sola:

M - Material

R - Rehabilitación / Restauración

E - Marketing

De modo que hoy existe una gran matriz de nueve Unidades: M P B F C D O R E.

Cada Unidad se relaciona con una serie de tareas que, juntas, conforman una actividad específica en una obra en tierra. Cada actividad -cada Unidad- puede representar un puesto como trabajador en obra, el trabajo desempeñado en una empresa, o la actividad especializada de una compañía. Las Unidades se definen por una serie de conocimientos, destrezas y competencias necesarias para desarrollar cada actividad[8]:

- Conocimientos. Factuales y teóricos, se enumeran como lista de temas;

[7] Disponibles en http://pirate.greenbuildingtraining.eu/public/?page_id=1433

[8] Disponibles en http://www.ecvet-team.eu/en/ecvet-system

- Destrezas. Cognitivas y prácticas, se describen como lista de acciones;

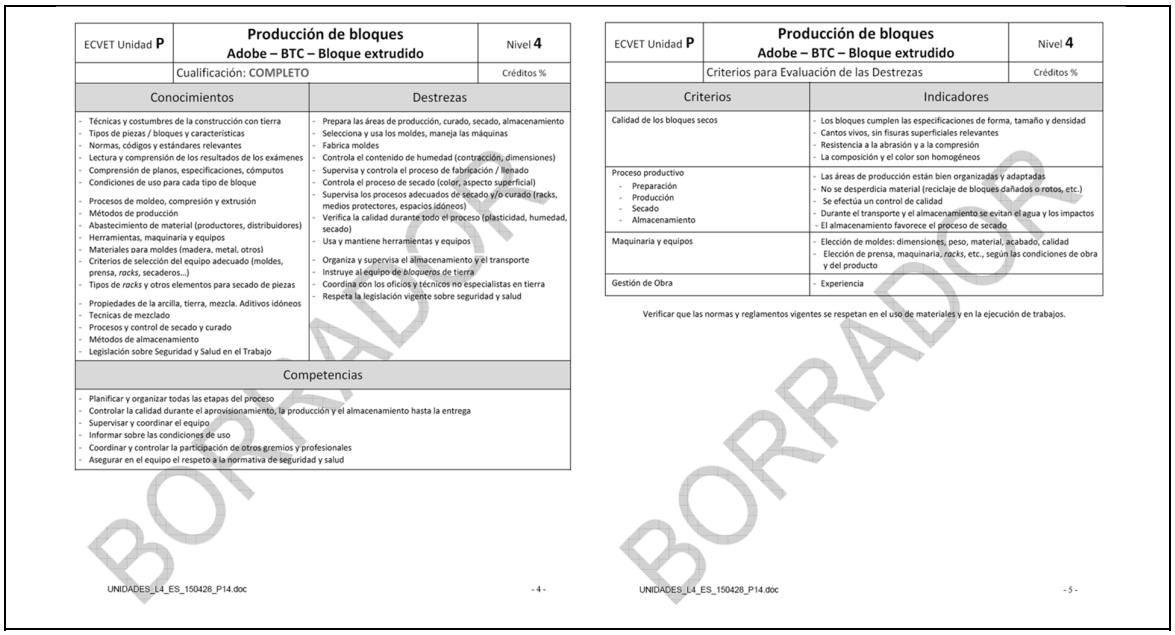
- Competencias. Se describen las responsabilidades y autonomía en cada situación;

- Criterios e Indicadores. Los criterios de evaluación varían según el contenido de cada unidad, con indicadores precisos que permiten evaluar las destrezas del candidato.

La Unidad completa se utiliza para evaluar a través de un examen práctico, escrito y oral:

El examen práctico atañe a las destrezas y al grado de autonomía del examinado. Con una duración determinada por los evaluadores, puede organizarse en un centro formativo o en condiciones de obra real.

Figura 4. Contenidos detallados de las seis Unidades PIRATE para los niveles MEC 3 a 6



ECVET Unidad **P**	**Producción de bloques Adobe – BTC – Bloque extrudido**	Nivel **4**
	Cualificación: COMPLETO	Créditos %

Conocimientos	Destrezas
- Técnicas y costumbres de la construcción con tierra - Tipos de piezas / bloques y características - Normas, códigos y estándares relevantes - Lectura y comprensión de los resultados de los exámenes - Comprensión de planos, especificaciones, cómputos - Condiciones de uso para cada tipo de bloque - Procesos de moldeo, compresión y extrusión - Métodos de producción - Abastecimiento de material (productores, distribuidores) - Herramientas, maquinaria y equipos - Materiales para moldes (madera, metal, otros) - Criterios de selección del equipo adecuado (moldes, prensa, *racks*, secaderos…) - Tipos de *racks* y otros elementos para secado de piezas - Propiedades de la arcilla, tierra, mezcla. Aditivos idóneos - Tecnicas de mezclado - Procesos y control de secado y curado - Métodos de almacenamiento - Legislación sobre Seguridad y Salud en el Trabajo	- Prepara las áreas de producción, curado, secado, almacenamiento - Selecciona y usa los moldes, maneja las máquinas - Fabrica moldes - Controla el contenido de humedad (contracción, dimensiones) - Supervisa y controla el proceso de fabricación / llenado - Controla el proceso de secado (color, aspecto superficial) - Supervisa los procesos adecuados de secado y/o curado (racks, medios protectores, espacios idóneos) - Verifica la calidad durante todo el proceso (plasticidad, humedad, secado) - Usa y mantiene herramientas y equipos - Organiza y supervisa el almacenamiento y el transporte - Instruye al equipo de bloqueros de tierra - Coordina con los oficios y técnicos no especialistas en tierra - Respeta la legislación vigente sobre seguridad y salud

Competencias
- Planificar y organizar todas las etapas del proceso - Controlar la calidad durante el aprovisionamiento, la producción y el almacenamiento hasta la entrega - Supervisar y coordinar el equipo - Informar sobre las condiciones de uso - Coordinar y controlar la participación de otros gremios y profesionales - Asegurar en el equipo el respeto a la normativa de seguridad y salud

UNIDADES_L4_ES_150428_P14.doc - 4 -

ECVET Unidad **P**	**Producción de bloques Adobe – BTC – Bloque extrudido**	Nivel **4**
	Criterios para Evaluación de las Destrezas	Créditos %

Criterios	Indicadores
Calidad de los bloques secos	- Los bloques cumplen las especificaciones de forma, tamaño y densidad - Cantos vivos, sin fisuras superficiales relevantes - Resistencia a la abrasión y a la compresión - La composición y el color son homogéneos
Proceso productivo - Preparación - Producción - Secado - Almacenamiento	- Las áreas de producción están bien organizadas y adaptadas - No se desperdicia material (reciclaje de bloques dañados o rotos, etc.) - Se efectúa un control de calidad - Durante el transporte y el almacenamiento se evitan el agua y los impactos - El almacenamiento favorece el proceso de secado
Maquinaria y equipos	- Elección de moldes: dimensiones, peso, material, acabado, calidad - Elección de prensa, maquinaria, *racks*, etc., según las condiciones de obra y del producto
Gestión de Obra	- Experiencia

Verificar que las normas y reglamentos vigentes se respetan en el uso de materiales y en la ejecución de trabajos.

UNIDADES_L4_ES_150428_P14.doc - 5 -

BORRADOR

Figura 5. Unidades PIRATE: Conocimientos, Destrezas y Competencias / Criterios e Indicadores

El examen escrito concierne al conocimiento sobre el tema. Pudiendo combinar preguntas abiertas, gráficas o de opción múltiple, aquí también los examinadores deciden libremente su estructura y duración.

El examen oral es un intercambio entre evaluado y evaluador; las preguntas pueden relacionarse con sus conocimientos, destrezas o competencias. Nuevamente, los evaluadores guían el intercambio del modo que prefieran.

3.2. ECVET Construcción con Tierra después de PIRATE…

Como se explicó previamente, el trabajo de PIRATE es sólo el primer paso para identificar a los actores clave capaces de establecer el escenario de certificación en cada país, creando comités nacionales que desarrollen integren las Unidades ECVET en cursos cualificados y estándares de evaluación certificados.

El consorcio de PIRATE cree, pues, que estas Unidades de resultados de aprendizaje, vehículos de nuevos estándares de competencia, contribuyen en gran medida a:

- una mejora del prestigio de los profesionales del sector;

- una mayor excelencia de la formación y la certificación modular;

- un incentivo para mejorar el desempeño laboral adquiriendo nuevas destrezas;

- un aumento de la empleabilidad local e itinerante;

- una referencia para definir nuevos contenidos y procedimientos de evaluación;

- una herramienta útil para los organismos certificadores al crear o revisar nuevas calificaciones en un marco de compatibilidad transnacional (Jörchel et al, 2014).

4. CERTIFICACIÓN Y MOU

Este es el inicio de un proceso: al término del proyecto PIRATE no habrá un “Diploma europeo de Constructor con Tierra”, ya que ECVET no lleva a una certificación transnacional ni nacional. Sin embargo, mientras llega el momento de su reconocimiento oficial en cada país -un largo proceso ya en marcha- el valor de los certificados *ECVET Construcción con Tierra* se afianza y se propaga a través del núcleo de centros de 18

países ya involucrados en proyectos de formación y certificación sobre construcción con tierra a nivel europeo. El marco en el que se emiten y reconocen estos certificados es un Memorando de Entendimiento o MoU *Memorandum of Understanding.* Desde su firma inicial en 2009, trece centros de siete países europeos han acordado aplicar las herramientas europeas *MEC* y *ECVET* habilitándolos para evaluar y emitir certificados, y a sus alumnos y aprendices para participar en cursos y exámenes *ECVET*. Hasta ahora se han emitido cerca de 700 certificados de niveles *MEC* 1 a 4, y el número sigue creciendo.

Las organizaciones firmantes del MoU se comprometen a:

- ofrecer formación sobre técnicas de construcción con tierra siguiendo el sistema *ECVET*;
- evaluar análogamente, utilizando los criterios e indicadores acordados en cada Unidad;
- reconocer los certificados emitidos por otros socios;
- buscar activamente el reconocimiento oficial y la integración en las calificaciones nacionales de las unidades ECVET Construcción con Tierra

Son muchos los centros de formación de muy diversa naturaleza los interesados en sumarse a este MoU, con vistas a ampliar o mejorar su oferta formativa, a certificar competencias y a profundizar la experiencia de sus formadores y directivos mediante la movilidad y el intercambio, conducentes a una mayor excelencia. Para responder a este interés creciente el MoU original carecía de suficientes elementos, por estar concebido para un grupo pequeño de organismos que ya se conocían en la hora de su firma. Por ello paralelamente y en estrecha relación con PIRATE, se desarrolló otro proyecto LdV: *New Members for ECVET Earth Building* -Nuevos miembros para el ECVET Construcción con Tierra. Acabado en julio de 2015 su objetivo fue:

- generar una base de datos dinámica con la información de todos los certificados ECVET Construcción con Tierra emitidos.
- redactar un nuevo MoU mejorado, incluyendo un procedimiento de admisión detallado

El proyecto, llamado cariñosamente “Moby Dick” -por movilidad = “moby-lidad”- permitió efectivamente decenas de movilidades en práctica a formadores, directivos y aprendices de los centros integrantes, ávidos por intercambiar experiencia en cursos y exámenes *ECVET,* buscando ya sea su mejora institucional, la certificación de sus miembros, o su potencial integración en el nuevo MoU ECVET Construcción con Tierra.

5. DIFUSIÓN: EUROPA Y EL MUNDO

Las actividades de difusión del consorcio PIRATE ha motivado la atención de un amplio colectivo del mundo de la formación, a nivel técnico y de educación superior. A medida que se conoce y difunde el sistema, aumenta el interés en ofrecer formación orientada a los resultados de aprendizaje, en crear nuevas calificaciones integrando las Unidades *ECVET* Construcción con Tierra, y en algunos casos, en ofrecer certificación en el futuro.

La difusión aumentará al dirigirse tanto a formadores como a una comunidad más amplia. Así como en su hora se publicara el *ECVET Learn With Clay* sobre acabados, el ampliado *ECVET Construcción con Tierra* -que incluye aquéllas y las producidas por PIRATE- estará disponible en web y se podrá descargar gratuitamente. Los contenidos pueden consultarse en <http://pirate.earthbuilding.eu> donde existen detalles, folletos, newsletters, además.

Ahora bien: la difusión comienza en Europa pero se vuelve inevitablemente global. Cualquier persona que esté interesada en utilizar las Unidades ECVET Construcción con Tierra podrá hacerlo: el material es gratuito y comprensible a lo ancho del mundo, ya que no es exagerado decir que, al estar disponible en español, portugués, inglés y francés -entre otras lenguas- difícilmente haya países donde no se los hable oficial o

extraoficialmente.

El reto no es, pues, disponer del ECVET Construcción con Tierra sino saber utilizarlo sacándole máximo provecho: en una suerte de piratería bien entendida los redactores están capacitando a formadores de otros centros a fin de esbozar los lineamientos de nuevos programas inspirados en ECVET, de propulsar nuevos MoUs, o simplemente de guiar en su uso para formar y evaluar.

Es cierto que PIRATE fue concebido en Europa y para Europa, y por lo tanto responde a un contexto y a necesidades europeas: el proyecto tiene como objetivo fundamental la difusión de las ventajas culturales, ecológicas, técnicas y estéticas de la tierra en construcción como material contemporáneo creando oportunidades de aprendizaje permanente, y por ello también se dirige a necesidades sociales.

Pero ¿se adaptará el ECVET Construcción con tierra al resto del mundo -donde se encuentran la mayoría de quienes habitan en mundos de tierra, además? Sin duda las prioridades en África, América Latina o Asia estarán más enfocadas a aspectos económicos, culturales y técnicos. Muchos actores de otros continentes ya saben sobre PIRATE gracias a las redes profesionales y al trabajo intercontinental de varios de sus redactores, y ya hay algunas respuestas a estos primeros pasos de difusión extra-europea de PIRATE:

En África tanto anglófona como francófona, los países potencialmente más interesados serán aquéllos que ya cuentan con normas publicadas sobre construcción con tierra, algunos desde 1996: Kenia, Nigeria, Zimbabue, Suazilandia, Zambia, Senegal, Túnez, entre ellos (Cid; Mazarrón & Cañas, 2011). En general, sus Ministerios de Educación y Trabajo apoyan cualquier transferencia de conocimiento que mejor responda a las necesidades locales, mejorando las condiciones de la población; la tierra nunca ha sido prohibida en ningún programa de formación técnica.

Figura 6: Folleto divulgativo sobre las Unidades ECVET de PIRATE, disponible en los ocho idiomas

Los resultados de PIRATE muestran claramente lo genuino y vigente de este tema, y cuán necesario es que se compartan sus lineamientos, aunque de forma diferente. Sin duda las situaciones locales tienen mayor voz cuando se presentan en negro sobre blanco, como un documento que sistematiza de forma de Unidades, la excelencia de una profesión por demás vigente donde se construye con tierra sin interrupción desde el origen de la humanidad. Todavía es pronto para saber qué cambios serán precisos para hacer de este sistema, uno relevante y pertinente en regiones tan diversas. Sin duda el peso tecnológico (tecnologías menos mecánicas, más manuales, aunque ya presentes en las Unidades), los niveles formativos y los recursos disponibles para apoyar desde las instituciones serán distintos. PIRATE puede también servir como método simple de lograr resultados y presentar contenidos, con el fin de validar las competencias a distintos niveles.

En Argelia existe un claro interés en abrir una vía tanto a nivel universitario como técnico. Oficialmente existe CAPTERRE -Centro Argelino para el Patrimonio construido con Tierra, público y dependiente del Ministerio de Cultura. Esta nueva institución apoya el re-surgimiento de la tierra como material de construcción y de rehabilitación, recuperando los conocimientos y las competencias necesarias para la preservación del patrimonio arquitectónico de Argelia, en su mayoría construido con tierra.

Marruecos es un destino usual de universidades francesas y alemanas, que ofrecen a sus estudiantes de arquitectura módulos para descubrir su rica cultura constructiva con tierra. Como resultado, hay un creciente conocimiento sobre la arquitectura de tierra, los estudios universitarios relacionados, las competencias disponibles, el control de calidad, la necesidad de profesionales cualificados: un buen punto de partida para el desarrollo y aplicación de los resultados PIRATE.

En África subsahariana, la ONG Misereor ha puesto en marcha un lento proceso de introducción de los principios de PIRATE Nivel 3 en algunos de sus centros de Formación Profesional en el Congo, Angola y Ghana: tres idiomas para siete centros. Su objetivo es la evaluación de los resultados relacionados con la empleabilidad local: si el programa piloto resulta un éxito, se buscará informar e incentivar su implantación en todos sus centros subsaharianos.

En Benín, la construcción con tierra no se imparte en la enseñanza formal, pero el sistema DUAL, aprender trabajando, permite a muchos jefes de obra y albañiles el contacto con las técnicas locales ampliamente utilizadas. Desde 2014 distintas instituciones han mostrado verdadero interés en desarrollar herramientas de certificación que pudieran mejorar las capacidades y el reconocimiento de sus técnicos: *SENS Benin*, *La Voûte Nubienne*, *DEDRAS*, *P-DIEM* e incluso funcionarios del *MESFTPRIJ* -Ministerio de secundaria, educación técnica y profesional, y reconversión e inserción de la juventud. Inicialmente el centro técnico *CFP* y el *Lycée Technique de Djougouhan* están interesados en ensayar las unidades PIRATE y certificar los resultados de aprendizaje en construcción con tierra.

En Ruanda, en el marco de su programa de apoyo a la capacitación técnica, la Cooperación Suiza acaba de comenzar el proceso para la integración de la arquitectura y la construcción con tierra en el sistema de escuelas técnicas. Su perspectiva es garantizar que los futuros profesionales de la construcción respondan mejor a las necesidades del amplio público -la mayoría de la población del país- que no tiene acceso a materiales industriales (bloques de cemento, ladrillos hormigón), ya que paradójicamente en la actualidad sólo se forma en estas técnicas inaccesibles en los centros técnicos. En 2015 se prevé una primera experiencia piloto con las unidades P y B, sobre producción y construcción con adobe.

En América Latina también ha habido unas primeras reacciones. En Argentina, la UTN Universidad Tecnológica Nacional, con 29 facultades a lo largo del país, también muestra interés: la Facultad de Ingeniería Civil en Santa Fe, con consolidada experiencia en construcción con tierra, considera probar PIRATE. Frente a un mercado muy desigual de

formación informal que no ofrece garantías, PIRATE es considerado como un modelo del cual se pueden tomar ideas, y potencialmente establecer un acuerdo de cooperación. Los resultados de los talleres regionales de la UTN, conferencias y reuniones se fusionan en una red sinérgica de trabajo que involucra a toda la Universidad, por lo tanto a todo el país; de salir adelante, y en esta institución en concreto, PIRATE puede tener trascendencia nacional. También en Santa Fe, la Cooperativa TEKO –constructores muy activos en adobe y BTC- está de acuerdo acerca de la importancia de esta herramienta a nivel técnico, para la mejora de la calidad de la formación y de las competencias de los técnicos. Más al norte, en Tucumán el CRIATIC Centro Regional para la Investigación en Arquitectura de Tierra, como órgano de la Universidad Nacional de Tucumán, se interesa por la faceta formativa del ECVET Construcción con tierra. Su prioridad es evaluar su posible impacto y después, adaptar el sistema a los recursos disponibles para su implementación: movilidad de formadores, equipo para la enseñanza y la evaluación, etc.

También el ECVET Construcción con tierra ha suscitado el interés en la UNBA Universidad Nacional de Buenos Aires, la más grande del país. Su programa ARCONTI Arquitectura y Construcción con Tierra, en el IAA Instituto de Arte Americano de la Facultad de Arquitectura, se dedica a la investigación sistemática, docencia, extensión, asesoría técnica y diseño didáctico de la enseñanza de la construcción con tierra en Buenos Aires y el país. Aun sin haber comenzado a experimentar con ECVET, se lo considera una herramienta interesante a implementar a nivel de grado, postgrado, técnico, albañiles y población en general para fortalecer los desarrollos locales y las tecnologías sociales, con una implementación a medio plazo en el diseño curricular de la enseñanza en escuelas, colegios técnicos, centros de formación de oficios, universidades públicas y privadas, centros culturales, municipios, organismos políticos y centros de investigación.

En Chile, la Escuela de Artes y Oficios ‘Fermín Vivaceta’ y el centro Tierractual, en Santiago, enseñan los oficios relacionados con técnicas de restauración de patrimonio, donde la tierra está muy presente. Muy interesados en asimilar el ECVET Construcción con tierra**,** están listos para empezar con los revoques, mejorando así su oferta de formación, y reconociendo la calidad de sus programas; desean difundirlo en toda la Red Americana de Escuelas de Artes y Oficios a la cual pertenecen. ARCOT, Red Universitaria de Arquitectura y Construcción con Tierra de Chile, también está interesada. En cuanto a los grupos destinatarios, se vislumbran tanto los niveles universitarios como los técnicos, aunque el nivel técnico resulta más sencillo como inicio, adaptando los contenidos a especificidades cuando sea necesario.

En Centroamérica la Red MAK MesoAmeri-Kaab, red de 15 instituciones de cuatro países que participan en promoción de la construcción con tierra para la vivienda sustentable en un contexto social, también tendrá en cuenta la adaptación de PIRATE.

En México, el INAH Instituto Nacional de Antropología e Historia se mostró interesado en el proyecto PIRATE. Profesores de la ENCRyM Escuela Nacional de Conservación, Restauración y Museografía -órgano perteneciente al INAH- expresaron la voluntad de introducir en el programa de maestría algunas técnicas de construcción con tierra y su conservación y más adelante implementar algunas unidades PIRATE. En San Miguel de Allende está creándose un centro de formación sobre técnicas de construcción sostenibles, ya se empiezan a impartir cursos sobre la cal y la tierra y se mostró un enorme interés en implementar las unidades ECVET Construcción con Tierra. También están muy interesados varios formadores en construcción sostenible en Tepoztlán -pueblo construido esencialmente con tierra como muchos de América Latina- conscientes de la importancia de la formación de albañiles capaces de preservar su patrimonio.

La vasta América Latina se presenta inabarcable en un proyecto solo y sin duda deberán establecerse sinergias entre vecinos para paliar las enormes distancias, aunque se cuenta con una ventaja: se comparte el idioma, o se lo comprende fácilmente cuando no es así.

6. CONCLUSIONES

Las fortalezas de PIRATE y del ECVET Construcción con Tierra, en conjunto, radican en que:

- sus productos son el resultado de un largo proceso de discusión entre muy distintos actores del sector de la construcción con tierra en toda Europa;
- profesionales y técnicos de dentro y fuera del consorcio han participado estrechamente en su desarrollo a lo largo del trabajo;
- los resultados estarán disponibles en ocho idiomas, muchos de los cuales son utilizados en otros países y continentes, lo que hace posible su transferencia inmediato;
- los propios miembros de las organizaciones *PIRATE* están involucrados en redes de colaboración en todo el mundo, siendo por lo tanto los que pueden directamente transferir los contenidos a otros colegas;
- el contenido de las unidades es a la vez muy preciso y conciso: una base sólida para futuros desarrollos, de contenidos curriculares o de otro tipo;
- la matriz de Unidades está diseñada para permitir una futura ampliación a otros niveles (principiantes, profesionales, etc.) y otros contenidos (bahareque, tierra aligerada, etc.).

Por último, los socios del MoU acompañarán a cualquier organización interesada en la adopción de este sistema de certificación y formación. Aunque el nuevo MoU se diseñara para ampliar la comunidad de profesionales ECVET Construcción con tierra en Europa, ¡la puerta está abierta al resto del mundo!

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cid J., Mazarron F., Cañas I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo, The earth building normative documents in the world, «Informes de la Construcción» Vol. 63, 523, 159-169, ISSN: 0020-0883 / eISSN: 1988-3234 doi: 10.3989/ic.10.011

Didier, L.; Douline, A.; Herz, U.; Rüger. B. (2010). Vocational training for clay plaster in Europe: a growing network and pedagogical and administrative tools to help dissemination of competence and recognition of learning outcomes. In: Terra em Seminario 2010, «Proceedings of the 9th SIACOT», Coimbra. pp. 198-201.

European commission (2008). The European qualifications framework for lifelonglearning (EQF), ISBN 978-92-79-08474-4

Jörchel S., Didier L., Keable R., Faria P. (2014). Provide Instructions and Resources for Assessment and Training in Earthbuilding - the PIRATE Project, «Proceedings of 40th IAHS World Congress on Housing, Sustainable Housing Construction», Funchal. Editors. Antonio Tadeu, Derin Ural, Oktay Ural, Vitor Abrantes, ISBN 978-989-98949-0-7

AGRADECIMIENTOS

Por su contribución a la sección “Difusión: Europa y el mundo” las autoras agradecen a Alexandre Douline (Misereor, Francia), Ariel González (UTN, Argentina), Bakonirina Rakotomamonjy (ENSAG, Francia), Grégoire Paccoud (AE&CC, Francia), Heiner Lippe (LUAS, Alemania), Lydie Didier (CRAterre, Francia), Mariano Pautaso (TEKO, Argentina), Mirta Sosa (CRIATIC, Agentina), Olivier Moles (CRAterre, Francia), Patricia Marchante (Tierractual, Chile), Rodolfo Rotondaro (UNBA, Argentina), Rowland Keable (Rammed Earth Consulting CIC, Reino Unido), Yasmine Terki (CAPTERRE, Argelia).

Las imágenes pertenecen a miembros del consorcio PIRATE: Figura 2 BSZ; Figura 3 Fal + CRAterre.

AUTORAS

María Brown Birabén. Arquitecta, Maestría Energías Renovables, Posgrado Género Energía y Desarrollo Local. Presidenta de ESTEPA. 30 proyectos y obras en materiales locales: Senegal, Haití, Burkina Faso, Mali, Chile y Argentina, varios con ONGs (Arquitectos Sin Fronteras, Cruz Roja, Misereor). + 20 años de diseño didáctico y docencia sobre tierra, energía y hábitat seguro.

Mariana Mas Gómez. Arquitecta, Posgrado Energía y Medio Ambiente, DSA CRATerre-ENSAG. Proyectos en México y España. Cooperación en terreno en proyectos en comunidades indígenas de Guatemala. Secretaria de ESTEPA. Vicepresidenta del Centro de Estudios sobre Territorio y Arquitectura Rural (CETAR). Formadora y organizadora de cursos en construcción con tierra.

8. LA CONSTRUCCION CON TIERRA EN EL ECUADOR Y LA NECESIDAD DE LA NORMA

Patricio Cevallos Salas

Ingeniería Alternativa. Red Iberoamericana PROTERRA. cevallos.patricio@gmail.com

Palabras claves: normativa; construcciones con tierra; sismo; adobe

Resumen

A partir del sismo de 1987 se retoma la construcción con tierra y se reconstruyen los sectores afectados. En el sector urbano se construye para sectores de clase media y, en el rural, se mantiene la tradición de la minga. Actualmente el Ecuador ha publicado la norma ecuatoriana de la construcción (NEC) y en lo que ha tierra se refiere menciona que se debe aplicar la norma peruana E.80. Es importante marcar la necesidad de una norma propia que se ajuste a nuestra sismicidad, por ello se insiste en mostrar las patologías constructivas, contrastando con las recomendaciones de la norma peruana, de manera que el usuario de tecnología en tierra haga conciencia de la necesidad de capacitarse.

1. INTRODUCCIÓN

El Ecuador ha sido víctima de varios eventos sísmicos de mediana y baja intensidad; los sectores más afectados han sido los rurales, consecuentemente los más pobres del país. En el balance de los daños ocasionados a las viviendas, se puede apreciar, que aquellas construidas con tierra son las que mayores daños han sufrido y esto deja entrever la fragilidad del material si su construcción no se la realiza dentro de una normativa adecuada a la realidad sísmica del país.

Los países andinos limítrofes con el Ecuador -Colombia y Perú- han elaborado sus normas y con ello tratan de mitigar los efectos del sismo en las viviendas de tierra. Perú ha sido pionero en la aplicación de una norma con carácter de obligatoria.

En el Ecuador y a principios del presente año se publicaron las normas ecuatorianas de la construcción (NEC) y, dentro de lo que interesa, la norma para “viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta 5 metros”. Al revisar esta norma y en lo que tiene que ver con el tema de la construcción con tierra, se refiere de la siguiente manera (NEC-SE-VIVIENDA, 2014):

> 6.7.1. Muro portante de adobe
>
> La construcción de paredes consiste en la colocación de las unidades de adobe trabado, las cuales deben cumplir con características de granulometría apropiadas.
>
> Las paredes deberán tener en su interior refuerzos de carrizo, caña o madera, de manera que sean capaces de resistir esfuerzos de compresión, de corte y de tensiones para evitar la separación de las paredes, consiguiendo así el sistema encajonado deseable para conseguir un sistema idóneo.
>
> Para el diseño de muros portantes de adobe regirse al Código de Construcción con Adobe del Perú, norma E.080 para construcción con adobe.
>
> 6.7.2. Muro portante de tapial
>
> Se denomina tapia o tapial a una antigua técnica consistente en construir muros con tierra arcillosa, compactada a golpes mediante un pisón, empleando un encofrado para formarla, denominado tapialera. La tapialera va cambiando de posición logrando el sistema continuo (véase la Figura 24).
>
> Es importante que el movimiento de la tapialera permita conformar un sistema trabado para evitar planos verticales de falla.

Los muros de tapial deben contar con refuerzos verticales de madera, carrizo ó caña y refuerzos horizontales flexibles como alambres, mallas, etc. Estos refuerzos permiten que el tapial pueda resistir esfuerzos de compresión, corte y tracciones, a fin de evitar que fallen por corte y que las paredes se separen.

Para el diseño de muros portantes de tapial regirse al Código de Construcción con Tapial del Perú, norma E.080 para construcción con tapial.

6.7.3. Muro portante de bahareque o quincha

Sistema estructural conformado por un sistema de paredes portantes constituidas por madera o cañas entretejidas y barro, que forman un sistema encajonado, de modo que su forma garantice estabilidad espacial para obtener capacidad portante tanto vertical como horizontal (véase la Figura 25).

Es importante conseguir en el diseño que existan suficientes paredes en planta tratando de conseguir un sistema continuo, sin que existan paredes sueltas y contar con un sistema de entrepiso o cubierta que ejerza la capacidad de integrar las paredes, este diafragma puede ser de madera o similar.

Se debe lograr continuidad vertical para garantizar que no se acumulen esfuerzos sísmicos en la planta baja y evitar así pisos blandos.

Preferentemente estas edificaciones deben tener máximo dos pisos.

Para el diseño de muros portantes de tapial tomar como referencia la norma peruana de construcción con quincha.

Como se puede apreciar, la NEC–SE-VIVIENDA, cuando de construcción con tierra se trata, se refiere a la norma peruana NTE E.080 (figura 1).

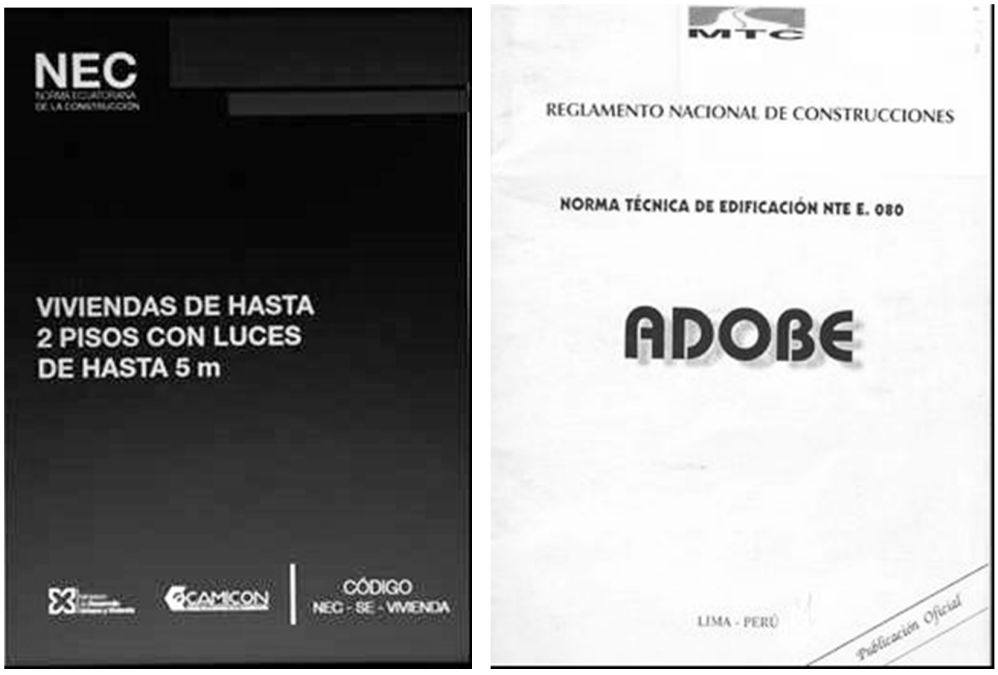


Figura 1 – Normas técnicas ecuatoriana y peruana

2. LAS CONSTRUCCIONES EN EL ECUADOR

Aunque es importante distinguir la tecnología de construcción entre el sector rural y el urbano, no es menos cierto que en los dos sectores se comenten serios errores de concepto y de aplicación de los buenos y adecuados criterios técnicos para el uso de la tierra como material de construcción. Uno de los primeros factores que determinan la calidad de la construcción será la granulometría del suelo, en esto la NTE E.080 recomienda:

> La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

2.1 El sector rural

Las experiencias vividas a raíz de los sismos de 1987 y de 1996, durante los cuales vastas áreas rurales fueron fuertemente afectadas, han propiciado la conciencia de revisar errores y la necesidad de reforzar muros y demás elementos, lográndose un uso más adecuado de la tierra especialmente dentro del sistema de autoconstrucción.

La presencia de técnicos no siempre ha sido provechosa, la falta de conocimientos y de rigurosidad constructiva en los proyectos por ellos asistidos, ha dado lugar a mantener errores que venían arrastrándose reiterativamente, Esto se evidencia con los daños ocasionados por los sismos.

2.2 El sector urbano

En el sector urbano, la construcción con tierra está siendo aceptada por los técnicos. Debido a la presión existente en el mercado, los profesionales que aceptan estos proyectos no siempre están capacitados para enfrentarlos y se han aventurado a “copiar” elementos constructivos en tierra sin considerar el planteamiento general de una estructuración sismo resistente de muros portantes.

Existen ejemplos de un buen manejo de tecnologías con tierra, sin embargo, la realidad permite constatar que se cometen errores de concepto, pues prima la formación académica en hormigón y acero. Por ello es importante propiciar la capacitación a nivel de universidades y colegios profesionales. La poca capacitación iniciada en algunas ciudades se caracteriza por ser parcial, temporal y dispersa y por tanto no se puede lograr un verdadero y sistemático interés por esta temática.

En todo caso el tema de la formación y capacitación será siempre importante a todo nivel, esto es: a profesionales, mano de obra y usuarios y procurar apoyar a la formulación de la norma ecuatoriana de construcciones con tierra

3. LAS PATOLOGIAS

Es evidente que si una estructura del material que sea no está debidamente diseñada y construida para soportar un sismo, ésta se daña severamente y puede colapsar. El material utilizado en la construcción no es sinónimo de seguridad.

Las patologías de las construcciones con tierra se las encuentra en todos los procesos de elaboración de la vivienda, que se los puede enlistar como: la implantación, la cimentación, la elaboración de adobes, muros, esquinas, encuentros de paredes, vanos, diseño y construcción de la cubierta y, evidentemente, las características de la mano de obra. La norma NTE E.080 pone énfasis en estos elementos y hace recomendaciones al respecto.

3.1- Implantación

La ubicación o implantación de la vivienda es de vital importancia. La vivienda debe estar retirada de taludes, ríos y cualquier accidente geográfico que pudiere, en algún momento, afectar su estabilidad. En el acápite 2.4 de la NTE E. 080 recomienda:

> No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Tampoco en zonas propensas a inundaciones cauces de avalanchas, aluviones o huaycos o suelos con inestabilidad geológica.

Las viviendas que se adosan a otra deben tener una junta mínima de 10 centímetros, de manera que, en la presencia de un sismo, los muros de adosamiento no se golpeen entre sí, pues los muros tienen o pueden tener diferentes períodos de vibración y diferentes tipos de rigidez, lo que provoca que uno de ellos martille al vecino.

Las figuras 2 y 3 son ejemplos de viviendas dañadas debido a su localización.

Figura 2 – Vivienda implantada muy cerca del talud. El deterioro del muro correspondiente al talud ocurrió debido al deslizamiento del suelo

Figura 3 – Vivienda de hormigón construida junto a la de tierra golpeó y fracturó el muro de adobe

3.2- La cimentación

Como se conoce la cimentación es el elemento que permite que la vivienda se sujete contra el suelo y que las cargas sean transferidas de manera eficiente. El cimiento, en consecuencia, tiene especial importancia para evitar que las viviendas “caminen” o se deslicen (figura 4).

Figura 4 – Construcción literalmente “barrida”, se aprecia que no existen huellas de una posible cimentación

Esto ocurrió -por ejemplo- en la comunidad de La Gloria en Pujilí – Ecuador, donde las viviendas implantadas en la ladera de una colina, permanentemente “caminaban” y, al momento del sismo, no resistieron el deslizamiento y se destruyeron todas las existentes en el área.

En toda vivienda es necesaria y debe existir una cimentación implantada sobre un suelo duro o medianamente duro y estable. Recomendaciones de la NTE E: 080 son:

6.1.2 La cimentación deberá transmitir la carga de los muros al terreno de acuerdo a su esfuerzo permisible y tendrá una profundidad mínima de 60 cm medida a partir del terreno natural y un ancho mínimo de 40 cm.

6.1.3 Los cimientos para los muros deberán ser de concreto ciclópeo o albañilería de piedra. En zonas no lluviosas de comprobada regularidad e imposibilidad de inundación, se permitirá el uso de mortero Tipo II para unir la mampostería de piedra."

6.1.4 El sobrecimiento deberá ser de concreto ciclópeo o albañilería de piedra asentada con mortero tipo y tendrá una altura tal que sobresalga como mínimo 20 cm sobre el nivel del suelo

Es conveniente el sobrecimiento mínimo de 20 centímetros sobre el nivel natural del terreno, para evitar el ascenso de agua por capilaridad y el respectivo deterioro de la base del muro de tierra.

3.3- Los adobes

Los muros deben estar construidos con adobes o con BTC, pero necesariamente deben cumplir los requisitos de una elaboración adecuada. La NTE E.080 dice:

4.1 Requisitos Generales

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20 %, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara.

El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

4.2 Formas y Dimensiones

Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales.

Sus dimensiones deberán ajustarse a las siguientes proporciones:

4.2.1 Para adobes rectangulares el largo será aproximadamente el doble del ancho.

4.2.2 La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1.

4.2.3 En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm.

4.3 Recomendaciones para su elaboración

Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños.

Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas.

Secar los adobes bajo sombra.

3.4 Los refuerzos

Para que el muro tenga la capacidad para soportar los esfuerzos de tracción que se producen en un sismo, deben tener algún tipo de refuerzos, sean de caña, madera, acero, malla exterior, etc. Las figuras 5 y 6 presentan lo que puede ocurrí con una vivienda sin refuerzos.

Figura 5 – Ausencia de refuerzo en los muros

Figura 6 – Esquinas mal trabadas y sin refuerzo alguno, el contrafuerte falla por aplastamiento

Los refuerzos verticales deben anclarse en el cimiento y llegar hasta la viga solera y los horizontales se colocarán cada 3 o 4 hiladas, de manera que el muro tenga la capacidad requerida para disipar los esfuerzos de tracción y su comportamiento sismo resistente mejore de manera sustancial, evitando la disgregación de los elementos constitutivos del muro y el colapso total de la vivienda.

Las esquinas y encuentros de paredes son los sitios donde se concentran los esfuerzos y por lo tanto deben tener suficientes refuerzos, de manera que éstos funcionen como "costura" de las paredes.

Los refuerzos deben ser diseñados de acuerdo con la esbeltez de los muros, para ello la norma peruana propone lo indicado en la tabla 1.

Tabla 1 – Recomendaciones de la norma peruana para diseño de refuerzos

Esbeltez[1]	**Arriostres y refuerzos obligatorios**	**Dimensiones mínimas del muro**	
		Espesor (m)	**Altura (m)**
$\lambda \leq 6$	Solera	0,40 - 0,50	2,40 - 3,00
$6 \leq \lambda \leq 8$	Solera + elementos de refuerzo horizontal y vertical en los encuentros de muros	0,30 - 0,50	2,40 - 4,00
$8 \leq \lambda \leq 9$	Solera + elementos de refuerzo horizontal y vertical en toda la longitud de los muros	0,30 - 0,50	2,70 - 4,50

[1]En casos especiales, la esbeltez podrá ser mayor de 9, pero menor de 12, siempre y cuando se respalde con un estudio técnico que considere refuerzos que garanticen la estabilidad de la estructura

Los contrafuertes deben ser lo suficientemente resistentes para evitar el desplazamiento lateral del muro, deben convertirse en un verdadero apoyo con la debida resistencia. De no ser así, los contrafuertes son despedidos o se fisuran con mucha facilidad, quedando el muro expuesto a mayores esfuerzos de flexión.

3.5- La mano de obra

En la construcción de los muros, la mano de obra debe ser debidamente calificada. Los errores en la elaboración del mortero y de la colocación de los adobes, son causas muy comunes para la fisuración y colapso de estas paredes. En la figura 7 se observa como la falla es potenciada debido a errores constructivos.

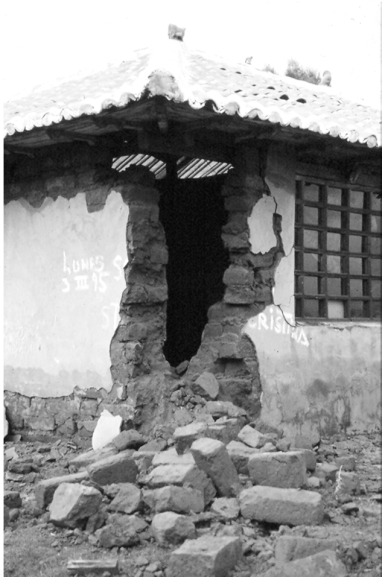


Figura 7 – Esquinas con defectos por trabajos de albañilería

Las puertas y ventanas deben llegar, de preferencia, hasta la solera y, si se requieren dinteles, éstos deben rebasar a cada lado del vano mínimo 40 centímetros, de lo contrario los dinteles romperán las esquinas de los vanos. Esta fisura es a 45°.

3.6- Los vanos

Cuando los vanos son mayores que la tercera parte de la longitud del muro, se concentran muchos esfuerzos y la rotura es casi inevitable, transformándose este vano en un posible plano de falla (figura 8). La NTE E.080 recomienda:

> 6.2.3 El espesor de los muros se determinará en función de la altura libre de los mismos y la longitud máxima del muro entre arriostres verticales será de 12 veces el espesor del muro (ver Tabla 4).
>
> 6.2.4 En general los vanos deberán estar perfectamente centrados. El borde vertical no arriostrado de puertas y ventanas deberá ser considerado como borde libre.
>
> El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro. Se exceptúa la condición de 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostrado al extremo.

Figura 8 – El tamaño del vano se transforma en un plano de falla

Es recomendable que se coloque algún tipo de refuerzo en los antepechos

3.7- Las soleras

Las soleras o cadenas de cubierta, que pueden ser de madera o de hormigón armado, deben estar debidamente ancladas a las paredes, así se logra que se consolide y sujete la cubierta contra el muro y que la transmisión de los esfuerzos sea más uniforme, logrando que la solera actúe como un collar superior que evite la fisuración de las esquinas y encuentros de muros (figura 9). La norma peruana recomienda:

> 6.4.3 Columnas y vigas de concreto armado
>
> La utilización de columnas de concreto armado como confinamiento de muros de adobe debe utilizarse en casos en que el espesor del muro no exceda los 25 cm y se utilice para unir los adobes un mortero que contenga cemento para poder anclar alambre de ¼" cada tres hiladas con la finalidad de conseguir una adecuada transmisión de esfuerzos entre el muro y la columna.
>
> La utilización de vigas soleras de concreto armado tiene como objetivo contribuir a formar un diafragma rígido en el nivel en que se construya, puede ser colocado en varios niveles formando anillos cerrados, pero principalmente debe colocarse en la parte superior. Se puede combinar con elementos de refuerzos verticales como cañas o columnas de concreto armado.
>
> De acuerdo al espesor de los muros, se deberá colocar el refuerzo que se indica en la Tabla 4.
>
> En casos especiales se podrá considerar espesores de muro de 20-25 cm, siempre que se respalde por un estudio técnico que considere refuerzos verticales y horizontales.

Figura 9 – La falta de vinculación de la solera con el muro libre de adobe, permitió que este se "desprendiera" de la cubierta y colapsara

En el caso de los muros con un extremo libre, la solera tiene una vital importancia. Si el anclaje no es adecuado el muro flamea y colapsa.

3.8- La cubierta

La cubierta debe ser diseñada de manera que no produzca empujes laterales en los muros que pueden desestabilizarlos. Este elemento, tradicionalmente pesado ya sea porque se lo construye con madera y teja de barro y, en muchos casos, se lo usa en la cumbrera como bodega de granos, produce importantes fuerzas de tracción que, en ausencia de un elemento que las equilibre, expulsa al muro y colabora con la fisuración de las esquinas, provocando en muchos casos que la cubierta se precipite al interior de la vivienda. La imagen de la figura 10 es elocuente, en especial, respecto de cómo la cubierta puede provocar la expulsión de los muros y como éstos se desplazan fuera de su plano y colapsan.

Figura 10 – La cubierta desplaza a los muros provocando su colapso

Cabe, en especial, señalar que los muros colapsados corresponden a los que soportan la estructura de la cubierta y por su diseño no permiten absorber los esfuerzos de tracción que desplazan finalmente a los muros. Por lo tanto, en las cubiertas que usan el sistema de tijerales, es conveniente y necesario que el sistema estructural del techado garantice la estabilidad lateral de los tijerales.

3.9- Los morteros

Los muros de adobe o de bloques de tierra comprimida (BTC) tienen la particularidad de fisurarse por las juntas de albañilería, por lo que es importante que los morteros tengan mínimo la misma calidad que la de los adobes o BTC. En la figura 11, nótese como varios adobes tienen las caras limpias, eso indica que no existía ninguna vinculación entre hiladas.

Figura 11 – El mortero debe garantizar la unión de las hiladas

Actualmente y pese a las dolorosas experiencias en los sismos pasados, la calidad de construcción, no en todos los casos, se mantiene con errores que antes se han señalado, como se puede observar en las imágenes de la figura 12.

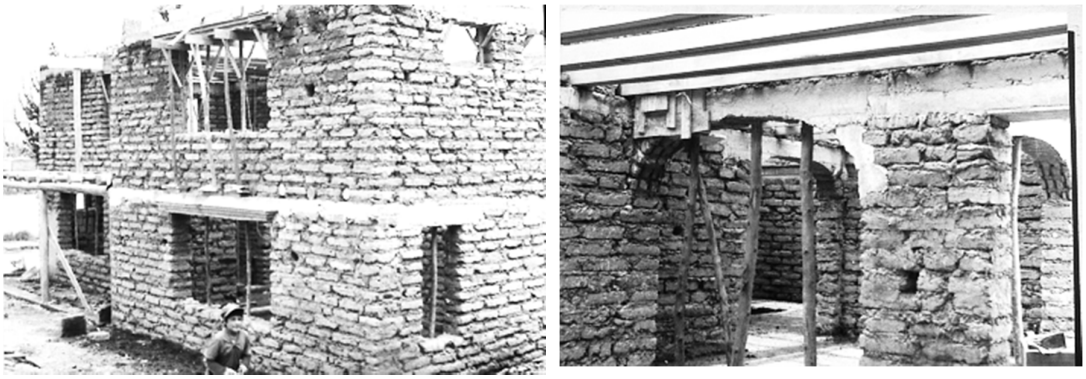


Figura 12 – Construcción con poca mampostería; esquinas poco estables; se puede intuir que tiene poca área de muros

Como criterio general debe considerarse el uso de refuerzos sea al interior de los muros o en el exterior (mallas como lo ha ensayado el equipo de la PUCP), en el caso personal suelo utilizar el adobe amasado a mano en moldes fáciles de armar y desarmar como se muestra en la figura 13, en que moldes permiten que participe la comunidad y que pueda ser replicada la experiencia, de esta manera la transferencia tecnológica y las innovaciones a la tecnología que ellos utilizan se queda en y con la comunidad.

El adobe se elabora con suelos arcillo-arenosos donde el contenido de granos finos es de aproximadamente el 50%. Es importante señalar que no necesariamente se usa cemento. La estabilización es en función de la granulometría o con fibra natural. Los refuerzos son varillas de acero que se colocan en los alvéolos y son debidamente trabados en la cimentación y se anclan con la solera y cada tres o cuatro hiladas una malla electro soldada de 4,00 mm cada 10,00 cm y que tenga al menos tres hilos longitudinales. De manera que se conforma un elemento que puede soportar esfuerzos de tracción y compresión y por lo tanto su comportamiento ante un sismo es más eficiente ya que el adobe soporta esfuerzos de compresión y los refuerzos a los esfuerzos de tracción

Figura 13 – Elaboración de adobes en una escuela rural

La cubierta se convierte en un diafragma superior que le permite “amarrar” la cabeza de los muros y evitar su desplazamiento fuera de su plano, por esta razón la cubierta no puede generar empujes laterales que desestabilicen a los muros de fachada y preferiblemente debe ser liviana para evitar que el efecto de “péndulo invertido” afecta la estabilidad de la estructura.

4. LA CAPACITACIÓN

Para lograr trabajar en las comunidades rurales, se ha debido elaborar maquetas de los adobes de manera que el armado y trabe de los muros y la ubicación de los refuerzos puedan ser claramente entendidos y poder trasladar, este aprendizaje, a la obra la misma que se convierte en un taller de complemento de la capacitación (figura 14).

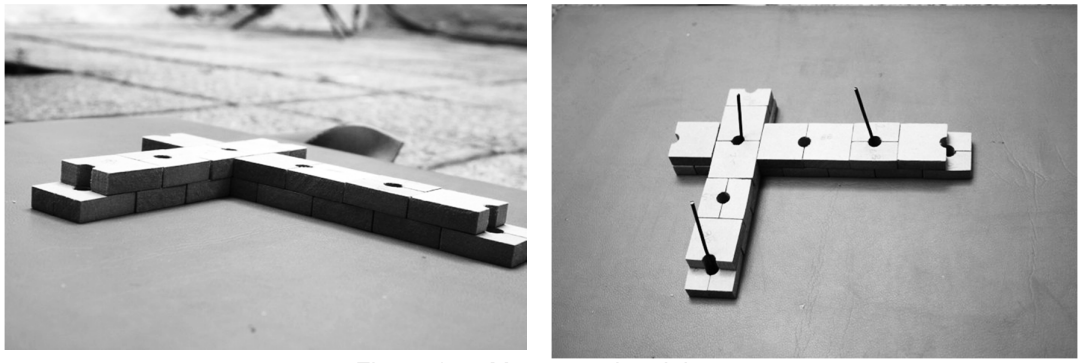


Figura 14 – Maquetas de adobes

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de los casos observados, lamentablemente frecuentes, torna necesario advertir sobre la importancia de que las construcciones con tierra se ajusten a normas técnicas y, en caso de no existir recomendaciones expresas, se rijan por lo menos a los criterios fundamentales de sismo resistencia en la construcción.

Es importante e imperativo –por responsabilidad con la comunidad- que se logre normar la construcción con tierra y en general con materiales alternativos y de esta manera “formalizar” el uso de estos materiales y exigir la capacitación de los técnicos en todas las instancias de formación.

De igual manera la formación del profesional orientado al manejo de estas tecnologías, especialmente en zonas sísmicas, es una responsabilidad que ya no se puede eludir por parte de los institutos superiores

El trabajo comunitario debe ser debido y responsablemente organizado. No cabe la improvisación cándida o audaz, ni la presencia de obreros no calificados que ejecuten tareas para las que no están capacitados.

Esto sucede con frecuencia en la construcción de viviendas generalmente promovidas por organizaciones que en el afán de reducir los costos utilizan mano de obra comunitaria no capacitada, carente de supervisión, cuyos resultados, en algunos casos, son expuestos en este documento. En consecuencia la capacitación y formación de mano de obra para estas tecnologías es urgente y necesario.

La construcción en tierra debidamente ejecutada, es estable. Lamentablemente la carencia de normas hace que se omita mucha información existente sobre criterios adecuados para su construcción.

En la modalidad muy común de la minga en el área rural, donde las tareas de construcción se hacen de manera comunitaria y en el caso de las viviendas, todos hacen las casas de todos, es necesaria la capacitación a los líderes o jefes de construcción de las comunidades. Las experiencias personales de estas acciones han sido satisfactorias.

En el trabajo comunitario, la organización de tareas debe ser hecha técnica, y profesionalmente a conciencia, ya que éste garantiza la calidad de la construcción.

Las tecnologías aplicadas en los sectores rurales, donde es común la construcción con tierra, es necesario que se impongan tecnologías blandas que permitan una reproducción total sea para obra nuevas promovidas desde la comunidad o para ampliaciones o reparaciones de obras existentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Norma Ecuatoriana de la Construcción (2014). NEC-SE-VIVIENDA Vivienda de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda; Cámara de Industria de la Construcción.

Reglamento Nacional de Construcciones (2000). Normas técnica de edificaciones NTE E. 080. Adobe. Lima. Perú: Sencico. 2000

AUTOR

Patricio Cevallos, Ingeniero Civil por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador; Asesor y consultor de construcciones con tierra y otros materiales naturales; Director de Tecnología Alternativa; Miembro de PROTERRA

9. TRANSFORMANDO ATRAVÉS DA TERRA: A EXPERIÊNCIA NO GALPÃO DAS ARTES EM POÇOS DE CALDAS, MG, BRASIL

Aline Prado Costa[1]; Ana Paula de Oliveira Ribeiro[2]; Daniel Moura Vieira da Silva[3]

PUC Minas, campus Poços de Caldas, Brasil

[1]alinep_costa@hotmail.com; [2]anapaula.oliveiraribeiro@gmail.com; [3]danielsimmonyi@hotmail.com

Palavras chaves: integração, crianças, pintura, muro, galpão

Resumo

O Projeto Murais Urbanos trabalha com o intuito de revitalizar áreas urbanas, como também realizar um movimento a favor das relações com a comunidade e entre a comunidade. Acredita-se que é essencial estimular para obter o desenvolvimento criativo das crianças. Mais do que deixar um mural bem feito, é importante aguçar o lado artístico dessas e fazer com que o expressem das formas mais diversas possíveis, por meio dos desenhos realizados. Com base nesse pressuposto, a atividade em si possui muitos objetivos a serem alcançados e muitos benefícios para oferecer. Dentre os objetivos destacam-se a atenção das crianças para com o meio ambiente, uma vez que utilizam tintas confeccionadas a base de terra e o estímulo para olharem com outros olhos para o seu bairro, local onde vivem e/ou estudam. A cidade, os alunos e as crianças, todos juntos, são partes de um mesmo conjunto, que pode se estabelecer através de um convívio produtivo, embasado na vontade de modificar determinados aspectos, como a paisagem urbana, elaborando um novo conceito que diz respeito sobre utilizar a própria terra para desenvolver a arte. Todo o trabalho é realizado a partir das dinâmicas que ocorrem no Galpão das Artes, desde as conversas, até o preparo das tintas, a discussão dos temas das pinturas e as atividades de pintura. Espera-se que, ao final, com o muro totalmente pintado e integrante de uma nova concepção de espaço, desencadeie novas propostas que envolvam toda a comunidade em um motivo comum: a transformação da paisagem urbana em lugares para se ficar e se desfrutar.

1. INTRODUÇÃO E HISTÓRICO

Há cerca de quatro anos, professores e alunos do Curso de Arquitetura e Urbanismo, entendendo que através da arte poderiam instigar nas crianças aspectos interessantes da educação patrimonial e ambiental, conceberam o projeto então denominado a “Criança e a Construção com Terra”. A entidade parceira da época, a Prefeitura Municipal de Poços de Caldas, matinha 11 unidades do Recriança[9], local para onde crianças e adolescentes se dirigiam no contra fluxo escolar. Duas unidades do Recriança foram escolhidas para a parceria, por estarem situadas próximas a PUC-Minas, campus Poços de Caldas: uma no bairro Maria Imaculada e outra na Vila Cruz. Foram realizadas atividades lúdicas e artísticas com o emprego da terra na confecção de tintas e pequenos objetos que semanalmente envolviam crianças e adolescentes com alunos e professores da PUC Minas. Mas o projeto foi extinto, por razões político-administrativas, o que fez com que a equipe do Curso de Arquitetura e Urbanismo buscasse outras parcerias. Foi quando então se estabeleceu a continuidade do projeto com a Escola Criativa Idade e o Lar Criança Feliz: a escola, instalada na área de Poços de Caldas, e o Lar, entidade que trabalha alunos carentes também no contra fluxo escolar, localizada em um bairro periférico e de baixa renda. Da mesma forma, eram realizadas atividades lúdicas de Arte-Educação, sensibilizando crianças e adolescentes para um convívio harmônico, para as relações com a natureza e o emprego da terra na confecção de tintas que posteriormente seriam por

[9] Recriança era um projeto social da Prefeitura Municipal de Poços de Caldas/MG, que, até o ano de 2014, atendia crianças e adolescentes entre 6 a 14 anos. Diariamente, após o termino das aulas regulares, elas eram encaminhadas às unidades Recriança, onde participavam de aulas de reforço, esportes, trabalhos manuais e outras atividades pedagógicas. O Recriança, infelizmente, foi extinto.

elas empregadas, seja nos espaços de sua convivência escolar, seja nos espaços da cidade por eles escolhidos para suas “práticas artísticas”.

Na figura 1 observam-se atividades realizadas tanto na Criativa Idade quanto no Lar Criança Feliz e depois em dois espaços distintos da cidade. Esta parceria também foi extinta, por razões de natureza administrativa e, na última fase do projeto, a entidade parceira é o Galpão das Artes, localizado no Jardim Ipê, situado a 4,5 km do centro da cidade, que também acolhe crianças e adolescentes para reforço escolar, atividades esportivas e artísticas.

Figura 1. Fragmentos de atividades realizadas na Escola Criativa Idade e no Lar Criança Feliz. (Créditos: Parisi e Ávila, 2013/2014)

A atividade das pinturas murais sensibilizou e envolveu o Galpão das Artes por meio da produção de tintas, confeccionadas a partir de porções de terra, que o próprio grupo produziu com a colaboração de alunos da escola Criativa Idade, a parceira do projeto anterior. Em dois locais distintos da cidade de Poços de Caldas, realizam-se encontros, denominados oficinas, onde o “fazer”, seja produzir a tinta ou trabalhar na proposta de pintura, desenvolve e fomenta atividades artísticas e de educação ambiental. A confecção de tintas é baseada no trabalho desenvolvido pelo “Projeto Cores da Terra”, da Universidade de Viçosa. O Galpão das Artes surgiu há cerca de 17 anos, através de uma iniciativa privada de um grupo de senhoras da sociedade poços-caldense, que pretendia a retirada das crianças da rua enquanto os familiares trabalham, oferecendo diversos cursos profissionalizantes e atividades como música, inglês, esportes entre outras. Por meio de atividades educativas, as crianças, juntas aos coordenadores, acadêmicos e colaboradores, tornaram-se responsáveis por realizar uma gama de atividades, dentre as quais a revitalização de um muro de 176 metros de extensão que envolve o terreno dessa entidade, como é possível observar na figura 2.

Figura 2. Visão panorâmica da extensão do muro do Galpão das Artes. (Créditos: Managna, 2015)

O projeto fundamenta-se em pesadores e educadores brasileiros, tais como Cora Coralina (2007) que exalta no seu poema Exaltação de Aninha “feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”, e também Paulo Freire (2000, p.67) em a Terceira Carta Pedagógica “se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a

sociedade muda", aliado às questões da Arte-Educação e das técnicas de pintura à base de terra presentes em Carvalho e outros (2009 e 2013).

2. METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

"A história da humanidade torna-se cada vez mais uma corrida entre a educação e a catástrofe" com essas palavras ditas por Herbert Wells no livro Uma Breve Historia Do Mundo (2010, p.92), onde o autor faz um balanço da saga da humanidade, compilada desde seus primórdios até os dias contemporâneos, consegue-se perceber um dos problemas mais comuns do século XXI: a falta de tempo. As pessoas nesse ritmo de vida não dão a devida importância para o desenvolvimento criativo e artístico das crianças, características que se podem mostrar muito valiosas na formação da personalidade das mesmas. Assim, o projeto em curso busca atuar acreditando que a transformação das crianças e adolescentes possa ser melhorada com a sensibilização das mesmas.

O projeto, constituído de professores e acadêmicos do Curso de Arquitetura e Urbanismo e crianças e adolescentes regularmente matriculados no Galpão das Artes, inicia com a confecção de tintas. No primeiro momento, alunos da Criativa Idade participaram também das atividades de pintura do mural junto com as crianças do Galpão das Artes. Porém, a partir do segundo semestre de 2014, não foi mais possível a presença dos mesmos e o projeto seguiu seu curso, apenas envolvendo crianças e adolescentes do Galpão das Artes, professores e estudantes do curso de Arquitetura e Urbanismo e com a colaboração do curso de Psicologia da PUC Minas. As atividades desenvolvem-se uma vez por semana e tem início com a sensibilização dos envolvidos. Uma fonte de inspiração nessa etapa do trabalho é o Projeto "Cuidação", da Universidade Federal de Viçosa, desenvolvido a partir de 2005. Nas premissas desse projeto, Freitas e outros (2010) comentam que adotam uma perspectiva pedagógica que abranje, de acordo com Duarte Jr (1988, p.12) "uma educação que parta da expressão de sentimentos e emoções. Uma educação através da arte" e busca-se refletir sobre a função da arte na educação, uma vez que, segundo Fusari e Ferraz (1993, p.15)

> "A arte torna-se um dos fatores essenciais de humanização (...) e deve-se entender que esta se constitui de modos específicos de manifestação da atividade criativa dos seres humanos ao interagirem com o mundo em que vivem, ao se conhecerem e conhecê-lo".

Em seguida ocorre a etapa da produção de tintas, onde tal atividade começa com uma mistura equivalente a 1L de água para cada 500 gramas de cola branca e 230 ml de terra seca, seguindo as recomendações de Carvalho e outros (2013). A seguir são adicionados pigmentos em pó ou líquido do tipo Xadrez[10] para se alcançar variadas cores na mistura. Conforme Carvalho e outros (2009, p.2),

> "... a prática do projeto Cores da Terra mostrou que existem duas substâncias de mais fácil obtenção para a produção da tinta: o grude feito com amido e a cola branca. O grude é aquele muito usado para fazer pipas ou colar papel nos postes e a cola branca é aquela de colar papel ou madeira. Um aspecto muito importante na escolha do adesivo é a sua resistência ao tempo (sol, chuva, etc). As tintas feitas com cola branca resistem mais e são indicadas para pintarem paredes internas e paredes externas..."

o que explica a opção no projeto em curso do emprego da cola branca. A mistura dos pigmentos do tipo Xadrez (em pó ou bisnagas) deve-se ao fato do custo ser mais acessível do que o dos pigmentos à base de óxido de ferro.

[10] pó Xadrez é um pigmento à base de óxido de ferro utilizado principalmente para colorir argamassa e concreto

Desde o princípio, as crianças mostram-se muito interessadas nessa atividade que é realizada manualmente. As tinturas produzidas são acondicionadas em recipientes com tampas e reutilizados, levados de suas casas para o Galpão das Artes pelas mesmas, para serem posteriormente usadas.

Saindo da parte técnica da produção das tintas e adentrando a iniciativa social, os primeiros passos para a caminhada da intervenção foram dados a partir dos contatos iniciais com a comunidade. Para isso realizou-se um diálogo envolvendo as professoras responsáveis pelo projeto na Universidade, o coordenador da escola Galpão das Artes e uma docente do curso de Psicologia, para estabelecer as devidas maneiras em que seriam realizadas as atividades, para somente em seguida mobilizar crianças e alunos para o inicio das pinturas no muro da entrada do Galpão das Artes. Instiga-se nas crianças e adolescentes envolvidos a vinculação da proposta aos aspectos do cuidar, ou seja, da mesma forma que cada uma cuida de seu animal de estimação, de seu brinquedo predileto ou de seu “celular”, precisam cuidar desse espaço onde passam boa parte do tempo no dia a dia. Espera-se, como afirma Boff (1999, p.191), “que o cuidado aflore em todos os âmbitos, que penetre na atmosfera humana e prevaleça em todas as relações”. A concentração, o envolvimento e a participação das crianças podem ser observados na figura 3.

Figura 3. Intervenção no Galpão das Artes, confecção das pinturas no muro pelas das crianças com o auxílio dos professores e acadêmicos da PUC-Minas. (Créditos: Parron, 02/10/14; 16/04/15)

Os temas para a pintura foram fomentados a partir do olhar dessas crianças e adolescentes para o próprio bairro, para o espaço da escola e para o mundo que desejam. Um ex-aluno do Galpão das Artes e morador do bairro, Felipe Florentino, atualmente acadêmico do Curso de Arquitetura da PUC-Minas, em uma atividade de sensibilização, falou como era a sua vida na infância e adolescência, demonstrando que todos os participantes poderiam ser agentes de transformação na sociedade e em seu próprio bairro. Além disso, ressaltava Felipe, que essas transformações poderiam começar ali mesmo.

Em cada atividade proposta pela oficina ao longo do projeto, agregavam-se novos participantes que se mostravam interessados em colaborar no desenvolvimento de tal atividade. Ficou evidente a noção de que o envolvimento da comunidade no projeto é diretamente proporcional a sua aceitação, devido ao simples fato de que é a comunidade a melhor conhecedora de seu lugar, seus costumes e suas raízes. Esse aspecto foi amplamente valorizado na motivação das crianças, sendo requisitado a elas que desenhassem aquilo que transcrevesse sua própria identidade, algo que mudasse e colaborasse com a paisagem, mesclando suas sensações e permitindo a interação de várias delas em um mesmo desenho, gerando uma diversidade e riqueza da constituição dessa extensa pintura mural.

Conforme Freitas e outros (2010, p.5),

> Atualmente, sabendo-se das dificuldades enfrentadas no cotidiano escolar relacionadas à disciplinarização, à fragmentação das atividades oferecidas e ao empobrecimento dos aspectos perceptivos, artísticos, culturais e ambientais, torna-se imprescindível estabelecer um espaço-processo que possa refletir o entrelaçamento de várias áreas do conhecimento. É necessário valorizar os saberes populares de cada comunidade na perspectiva de fortalecer o espaço vivido, e, a partir deles, redespertar e re-sensibilizar a população para as suas próprias questões pessoais, sociais, culturais e ambientais, possibilitando sentirem-se partícipes da construção histórico-cultural de seu país [...]"

Figura 4. Formas e cores, atenção e concentração, participação e envolvimento durante a atividade da pintura. (Créditos: Parron, 02/10/14; 16/04/15)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No início de 2015, durante as primeiras visitas ao espaço do Galpão das Artes, surgiu a proposta de que, para que tais oficinas tivessem ainda maior participação e envolvimento, que fossem realizados na forma de mutirões, a partir do 2ª semestre, sempre aos finais de semana, com a participação dos familiares das crianças e adolescentes e demais interessados do bairro. Entendeu-se que assim toda a comunidade poderia, através da pintura, sentir-se responsável e participante das melhorias de transformação do espaço, da qualidade de um espaço de referência do bairro suscitando o amor e o cuidado para com esse local, que é usufruído por uma grande parcela da comunidade no dia a dia. Outra estratégia que também está em curso é a do contato com duas empresas brasileiras que hoje fabricam tintas à base de terra: a Solum Tintas Ecológicas de São Paulo, SP, e a Kröten Ecotintas de Pomerode, SC, para que, através da proposta de projeto gráfico proposto, analisem a possibilidade de parceria no projeto Murais Urbanos, uma vez que o muro que envolve o Galpão das Artes é extenso e os custos para a finalização do projeto não são compatíveis com os pequenos recursos que se dispõe para a realização do mesmo. Pretende-se, dessa maneira, viabilizar o avanço do projeto em quatro grandes encontros a ocorrerem no segundo semestre de 2015, a fim de que a transformação e melhoria do lugar possa ser percebida de forma mais rápida e outros membros da comunidade sintam-se convidados à uma efetiva participação.

A intervenção em curso envolve crianças, jovens e adultos, todos com um mesmo propósito: mudar o aspecto do local, implantar transformações que mudem a sua

perspectiva de olhar. Ressalta-se que a localização do espaço do Galpão das Artes no Jardim Ipê é extremamente estratégica e possibilita no dia a dia a contemplação por parte de todos aqueles que passam pelo local, ainda que não adentrem o mesmo. Percebe-se que o que começou como um projeto retraído foi-se transformando, não somente pela quantidade crescente de voluntários que passavam a participar do mesmo, mas também pela imaginação e envolvimento das crianças, que muitas vezes se perde na fase adulta. Um ciclo foi estabelecido, com as mais variadas vertentes de desenhos, como uma tela branca que com o decorrer do projeto vai se preenchendo com numerosas formas de pensar e sentir de todos os envolvidos nesse traçado do mural. Um foco para que vizinhos e pessoas passantes ganhem um novo olhar sobre o espaço da instituição. Nesse contexto, unem-se dois ambientes estudantis de modo reflexivo e produtivo, o dos alunos do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, se relacionando com as crianças e adolescentes do ensino fundamental.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do projeto ficou clara como a intervenção alcança o dia a dia as pessoas de maneiras diferentes. Algumas crianças, já preparadas para o trabalho que seria realizado, trouxeram desenhos confeccionados como moldes para serem introduzidos no muro. Outras preferiram aproveitar toda a movimentação durante as oficinas para criarem no momento algo que transcrevesse o que sentem ou algo que as deixassem felizes, seguindo inusitadas formas orgânicas. Conforme comenta Barbosa (1998, p. 17),

> "...em nossa vida diária, estamos rodeados por imagens impostas pela mídia, vendendo produtos, ideias, conceitos, slogans políticos, etc. Como resultado de nossa incapacidade de ler essas imagens, nós aprendemos por meio delas inconscientemente. A educação deveria prestar atenção ao discurso visual. Ensinar a gramática visual e sua sintaxe através da arte e tornar as crianças conscientes da produção humana de alta qualidade é uma forma de prepará-las para compreender e avaliar todo tipo de imagem, conscientizando-as de que estão aprendendo com estas imagens."

Para os alunos de Arquitetura e Urbanismo da PUC, sair das salas de aula, sair de tantas teorias e adentrar na prática que permanentemente lida com crianças e adolescentes é uma oportunidade instigante ou mesmo um desafio. Com a atuação junto de um projeto que envolve a comunidade o tempo todo, os alunos vão adquirindo experiência com um segmento da área da sustentabilidade que as tintas à base de terra proporcionam. Tal união promove uma interessante interação social entre faixas etárias, o que hoje em dia é um aspecto desprezado, uma ideia diversa e distante das práticas cotidianas marcadas pelo individualismo que é incentivado pelo modo de viver da sociedade contemporânea. Percebe-se que uma proposta dessa natureza é de extrema importância para edificar um caráter profissional abrangente, que demonstre a capacidade de considerar fatores como cidadania e sustentabilidade na elaboração de projetos depois de concluído o curso de graduação em Arquitetura.

O poder de transformar, sem dúvidas, vem sendo constantemente experimentado, seja através da alegria das cores, dos desenhos e das pinturas, seja através da própria alegria de simplesmente fazer parte de um projeto de Extensão Universitária, enxergando o mesmo em todos os outros participantes, percebendo que há nessa proposta vantagens incontáveis que serão levadas para o futuro de cada um dos envolvidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A. M. (1998). A imagem no ensino da arte: anos 80 e novos tempos. São Paulo: Perspectiva, 2ª edição.

BOFF, L. (1999). Saber cuidar: ética do humano – compaixão pela terra. Petrópolis: Vozes.

CARVALHO, A. F.; CARDOSO, F.P.; HACKBARDT, G.; DUTRA, T. H. (2009). Cores da terra: fazendo tinta com terra!. Viçosa: UFV. Disponível em: https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/cartilha-cores-da-terra-150dpi-modificada.pdf. Último acesso em 20/06/205.

CARVALHO, A. F.; MAIA, H. M.; CARDOSO, F. P.; PIRES, F. J. (2013). Cores da terra: colhendo solos, semeando rumos. (Apresentação de Trabalho no Simpósio de Integração Acadêmica da Universidade Federal de Viçosa em Outubro de 2013)

CORALINA, C. (2007). Trecho do poema exaltação de Aninha (O Professor). Iin: Vintém de cobre: meias confissões de Aninha, 9. ed., São Paulo: Global.

DUARTE Jr, J. F.(1998). Porque arte-educação? 5 ed. Campinas: Papirus.

FUSARI, M. F. de R.; FERRAZ, M. H. C. T.(1993). Arte na educação escolar. São Paulo: Cortez, (Coleção Magistério 2 o grau. Série Formação geral)

FREITAS, D.G.S.; GABRIELLI, M.A.; SILVA, J. M. de C. L.; REIS, C.L.; PRONSATO, L.; BARBOSA, W.A. (2010). O ensino de arte-educação ambiental para crianças do campo. Viçosa, UFV. Disponível em: http://www.ppgdesign.udesc.br/confaeb/comunicacoes/dayana_gonzaga_souza_e_freitas.pdf. Último acesso em 22/06/2015.

FREIRE, P. (2000). Pedagogia da indignação: Terceira carta pedagógica e outros escritos. São Paulo: Editora da UNESP.

GONÇALVES, L.G (2002). Autorias do saber e artes da inteligência: vias históricas e alguns esquecimentos na hora de pensar o Brasil. In: Educação e grupos populares: temas (re)correntes. Campinas: Alínea.

WELLS, H. G. (2010). Uma breve história do mundo. São Paulo: L&PM editores

AGRADECIMENTOS

A PUC-Minas, campus de Poços de Caldas, em especial a Coordenação de Extensão, aos professores do curso de Arquitetura e Urbanismo e do curso de Psicologia da Universidade.

AUTORES

Aline Prado Costa - Graduanda no curso de Arquitetura e Urbanismo, do 4º período da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas, voluntária no Projeto de Extensão “Murais Urbanos”.

Ana Paula de Oliveira Ribeiro - Graduanda no curso de Arquitetura e Urbanismo, do 4º período da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas, voluntária no Projeto de Extensão “Murais Urbanos”.

Daniel Moura Vieira da Silva - Graduando no curso de Arquitetura e Urbanismo, do 4º período da PUC-MINAS, campus Poços de Caldas, voluntário no Projeto de Extensão “Murais Urbanos”.

10. LA ENSEÑANZA DEL DISEÑO DE LA ARQUITECTURA CON TIERRA

Alejandro Ferreiro; Helena Gallardo; Javier Márquez

Facultad de Arquitectura, Universidad de la República, Uruguay; opcionaltierra@gmail.com

Palabras claves: enseñanza, transferencia, capacitación

Resumen

Desde el año 2013 se ha dictado en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República el curso opcional “Diseño de la arquitectura con tierra”. El curso tiene por objetivo promover la difusión sobre la tecnología de la construcción con tierra y su aplicación en el diseño arquitectónico de una manera integral. Se desarrolla en base a tres ejes que incluyen la selección de suelos, los sistemas constructivos y el diseño arquitectónico a partir de clases expositivas, actividades prácticas y actividades proyectuales. El curso se ha dictado con el mismo programa pedagógico durante 2013, 2014 y 2015 –más allá de pequeñas variantes o ajustes en cada año- como forma de tener elementos objetivos para evaluar el acierto o el error de las estrategias planteadas. El presente artículo propone una introducción con los antecedentes existentes en materia de enseñanza de la arquitectura con tierra en Uruguay, describir lo avanzado en estos tres años de dictado del curso y analizar el alcance de los objetivos iniciales.

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, la capacitación sobre diseño y construcción con tierra tiene su origen en el año 1995 en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República en la ciudad de Salto, con el equipo coordinado por la arquitecta Rosario Etchebarne. Desde ese lugar se inició una práctica formativa sobre el tema que integró la investigación, la extensión universitaria y la práctica en obra. Las actividades y trabajos realizados no quedaron relegados a un ámbito académico sino que se generó un fuerte relacionamiento con el medio y con diversas instituciones públicas. Fruto de esto, entre los años 2000 y el 2010 se concretaron asesoramientos técnicos a cooperativas de vivienda en varios lugares del país y acuerdos de trabajo con distintas intendencias departamentales para el diseño y construcción de viviendas con tierra (Etchebarne; Rotondaro; Salmar, 2013).

En esos años maduró la participación de vecinos y estudiantes en formatos de extensión universitaria a través de charlas, talleres y cursos impartidos por la Universidad, entre los que se destacan el curso “Diseño y construcción con tierra en el año 1997, el curso “El diseño, la construcción y la conservación de las arquitecturas de tierra” en 2000, el seminario “Alternativas a la ocupación: arquitecturas en tierra” en 2003, el taller “Diseño de arquitectura en tierra” en 2005 y el 10º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT) en el año 2010.

Dicho SIACOT fue organizado por docentes de la Universidad de la República de Salto y contó con la participación en el equipo de otros docentes de la Universidad en Montevideo y de la Universidad Tecnológica Nacional de Santa Fe. Este trabajo entre ambas universidades se dio en el marco de los lazos consolidados a partir del proyecto bilateral “Elaboración de un programa regional de formación en técnicas de bioconstrucción” de 2007. Este proyecto tuvo por objetivo vincular las experiencias de construcción con tierra desarrolladas hasta el momento en Uruguay y en Argentina. Los objetivos específicos de dicho proyecto incluían la capacitación arquitectos, ingenieros, diseñadores y demás profesionales en las tecnologías de construcción con tierra, vinculando la producción de conocimiento al sector productivo y la formación de mano de obra calificada. Por lo anterior, las actividades realizadas con este proyecto abarcaron talleres de sensibilización dirigidos a niños en edad escolar, cursos prácticos para estudiantes universitarios y cursos específicos para albañiles y personal de obra (Figura 1).

> Queremos difundir el tema de la tierra y formar albañiles, hay un agujero negro, no hay gente preparada para construir con esta técnica, falta mano de obra especializada", dijo [Helena] Gallardo cuando regresó de dictar una charla en la escuela rural de Zeballos. Según ella es necesario preparar albañiles y capataces. Para eso, en octubre se realizó un taller en Santa Fe y el sábado pasado otro en Progreso (Canelones). En las charlas con niños la arquitecta les explicó que su casa tiene patologías que se van a superar. La casa de tierra es una buena casa, confortable (Casaubou, 2007)

En el año 2009 se genera un acuerdo entre la Intendencia de Montevideo, la Intendencia de Canelones y la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República para diseñar e impartir talleres de fabricación de componentes constructivos y la capacitación de mano de obra para autoconstrucción de viviendas con tierra, entre otros objetivos. Estos talleres llamados "talleres metropolitanos de construcción y el hábitat" consistían en prácticas educativas dirigidas a la bioconstrucción, electricidad y albañilería dictados por en centros del Consejo de Educación Técnico Profesional (CETP) en el marco del Plan de Cohesión Social y Territorial de la Cuenca del Arroyo Carrasco financiado por la Unión Europea. El primer curso de bioconstrucción dentro de este plan se dictó en las instalaciones del CETP del Municipio de Paso Carrasco en Canelones. El curso sufrió serias dificultades para desarrollarse en las mejores condiciones, debido a una escasa difusión y distintos problemas de coordinación entre las instituciones implicadas. En los años siguientes se repitió la experiencia, en 2011 en Paso Carrasco y en 2012 en la localidad de Toledo, también en Canelones, con mayor éxito (Figura 2).

En enero de 2012 el medio de prensa La Diaria, publicaba una nota a estudiantes y docentes de este curso y en la misma se expresaba:

> Esta técnica combina las construcciones tradicionales con los avances tecnológicos", comentó Luthien, alumna del primer taller. Para ella: "Las casas tienen una energía que te sorprende, hasta que no entrás no la entendés". (...) Si bien se advierte un panorama positivo para la continuidad de los cursos, tanto estudiantes como profesores pretenden que sean más intensivos. El profesor de carpintería Federico Irigoyen comentó a La Diaria que pretenden que esta propuesta se convierta en una tecnicatura en bioconstrucción, y que además se extienda a otras zonas. En este sentido, adelantó que está previsto que en enero se ponga en marcha un curso de iguales características en Piriápolis. Este anhelo es compartido por Luthien, quien tiene la idea de llevar el taller a Paso Carrasco, donde vive. No es la única que recorre varios kilómetros para llegar al vivero de Toledo; también están Matías e Ignacio, quienes asisten desde Montevideo; Andrés, Ana y Gustavo, por su parte, viven en Toledo y sus alrededores. Contaron que el curso tuvo poca difusión en la zona. Según expresó Irigoyen, en enero comenzará otro en Piriápolis, por lo cual la aspiración es casi un hecho (Calvillo, 2012).

El programa pedagógico elaborado en 2009 en el marco del Plan de Cohesión Social y Territorial de la Cuenca del Arroyo Carrasco constituyó un rico antecedente común a los distintos cursos que existen hoy en día sobre arquitectura y construcción con tierra, tanto en las escuelas técnicas del CETP como en la Facultad de Arquitectura, tal como se describirá a continuación. El motivo es fácil de explicar: varios de los docentes que participaron de la elaboración de ese curso inicial, son quienes continúan relacionados con las instituciones mencionadas y adaptaron el programa pedagógico al público objetivo pero manteniendo el espíritu inicial.

A partir del año 2009 entonces, se inicia un vínculo con el CETP a partir del cual se dictan cursos de capacitación de 160 horas, validados y con certificado de aprobación, que se continúan dictando hasta la fecha. Está previsto que en 2015 existan cerca de 10 cursos en distintas escuelas técnicas de Uruguay. De esta manera, el planteo esbozado en el proyecto bilateral de 2007 respecto a la capacitación y formación de mano de obra, se comenzó a consolidar dentro de las instituciones técnicas de educación pública.

La formación de profesionales en el tema aparecía como la carencia más significativa en el tridente de diseño, construcción y uso: ¿quién diseña entonces de forma adecuada lo que otros ya están capacitados para construir?

En 2012, el Servicio de Extensión en Facultad de Arquitectura planteo a un grupo docente de esa facultad la demanda detectada en la formación de profesionales en arquitectura con tierra y es en 2013 que se dicta por primera vez el curso opcional “Diseño de la arquitectura con tierra” como una asignatura dentro de la oferta curricular de grado. Entre estos docentes se encontraban aquellos que habían participado de la elaboración del programa para el Plan de Cohesión Social y Territorial de la Cuenca del Arroyo Carrasco y que también habían participado del proyecto bilateral “Elaboración de un programa regional de formación en técnicas de bioconstrucción” entre otros trabajos previos.

Figura 1. Taller en Pueblo Zeballos, Paysandú (Crédito: Calvello, 2007)

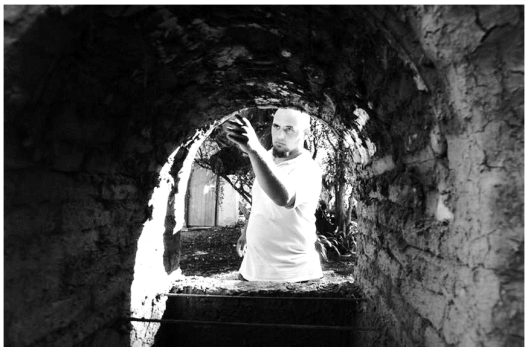


Figura 2. Curso de capacitación en Toledo (Crédito: Calvello, 2012)

DISEÑO DE LA ARQUITECTURA CON TIERRA

El curso “Diseño de la arquitectura con tierra” es un curso opcional del área tecnológica, dictado un semestre al año y dirigido a estudiantes de tercer año de la carrera de arquitectura. Posee una carga horaria de 45 horas presenciales y 45 horas no presenciales, discriminadas en 30 horas aula y 15 horas prácticas durante 15 clases semanales. Presenta una primera aproximación al diseño con tierra a través de la utilización de materiales naturales de bajo impacto ambiental y alta eficiencia energética en su proceso de extracción y producción.

El equipo docente[11] proviene del área tecnológica y del área proyectual y posee amplia trayectoria en la enseñanza y práctica profesional de la arquitectura con tierra: ha participado de actividades de enseñanza, investigación y extensión así como en la publicación de bibliografía sobre el tema. La mayoría del equipo es miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y además el curso se enmarca dentro de las actividades de la Cátedra UNESCO, cuyo objetivo es la enseñanza y la difusión de este tipo de material.

El nombre del curso no es casual ya que coincide con el título que llevó el 10º SIACOT realizado en Uruguay, título que proponía desarrollar y pensar el diseño de la arquitectura con tierra desde un punto de vista contemporáneo y como el aporte que puede hacer Uruguay al desarrollo de este tema al no contar con un patrimonio histórico de construcciones con tierra como si lo tienen -y por lo cual se destacan- varios países de Iberoamérica.

Los objetivos generales son promover la difusión sobre la tecnología de la construcción con tierra y su aplicación en el diseño arquitectónico de una manera integral; desarrollar

[11] integrado por la Arq. Helena Gallardo, Arq. Javier Márquez, Arq. Alejandro Ferreiro y la Arq. Rosario Etchebarne, quien participó del curso 2013

su materialización en programas arquitectónicos e informar sobre los últimos avances en la materia a nivel nacional, regional e internacional.

Los objetivos específicos son capacitar a los estudiantes de grado en la utilización de la tecnología de construcción con tierra como una opción válida, conociendo sus ventajas y desventajas así como sus aspectos técnicos para su aplicación adecuada en obra; dotar al estudiante de los conocimientos actuales que le permitan encarar como profesional la construcción de un programa arquitectónico utilizando la tierra como material de construcción, estableciendo la pertinencia de su uso en función del medio, atendiendo a las estrategias de diseño contemporáneo, introducir conceptos de eficiencia energética, sustentabilidad y transferencia tecnológica y propiciar el intercambio con otras experiencias educativas de construcción con tierra en la región y el mundo.

Los contenidos están comprendidos en cuatro módulos:

1) La tierra como material de construcción: permite ubicar al estudiante dentro del tema y plantea una división pedagógica del curso que se desarrollará en los módulos siguientes.

2) Selección de suelos: permite reconocer a través de pruebas de campo y ensayos de laboratorio, el origen, la composición y las propiedades del suelo en estado natural y de qué maneras es posible estabilizarlo para obtener su comportamiento controlado como componente constructivo.

3) Sistemas constructivos y organización de obra: se propone la clasificación de los distintos sistemas que pueden utilizarse en función del tipo de suelo y del medio en el cual se implanta el proyecto.

4) Diseño arquitectónico: se busca incorporar el pensamiento proyectual al diseño tecnológico vinculando aspectos técnicos con aspectos culturales que puedan generar una forma arquitectónica ajustada a una tecnología, ensayando sus potencialidades y limitaciones.

Esta división temática no varía respecto a otros cursos opcionales que se están realizando en la región.

La metodología de enseñanza se basa en clases expositivas, un taller de diseño y clases prácticas fuera del aula. Se promueve una enseñanza activa, estableciendo bibliografía de lectura recomendada o trabajos de investigación y análisis previo a la clase expositiva de modo de favorecer la discusión y el juicio crítico. La bibliografía recomendada -en revisión actualmente- consta de 47 títulos entre libros y revistas, donde más de un 30% de los mismos son trabajos publicados por la Red PROTERRA o realizados por algunos de sus miembros. Se le da prioridad a aquellos materiales que pueden ser consultados o descargados online, en sitios de los autores o de las editoriales correspondientes de modo de que esto no suponga infracción a los derechos de autor.

Desde el inicio de este curso, estuvo contemplada la participación de expositores invitados en algunos de los temas con el objetivo de mostrar experiencias reales y establecer instancias de debate que puedan enriquecer y estimular el proceso de formación del estudiante. Es así que durante 2013 y 2014 participaron varios miembros de la Red PROTERRA como invitados[12].

Las clases prácticas se basaron en visitas a laboratorio y a lugares que contaban con infraestructura para la realización de prácticas, como el laboratorio de investigación en tierra en Salto o el del Instituto de la Construcción en Montevideo. Este tipo de visitas tienen como objetivo dar a conocer a los estudiantes los procesos normalizados para el análisis de suelos y ensayos de rotura a compresión de algunos componentes y demostrar

[12] Ing. Ariel González (Argentina), Arq. Rodolfo Rotondaro (Argentina) y Arq. Ramón Aguirre Morales (México)

que no todo tiene que quedar restringido a pruebas de campo en sitio. Estas actividades prácticas tienen un carácter de introducción y sensibilización respecto a la tierra como material de construcción.

Las instancias prácticas se presentaron como el mayor desafío de coordinación para el equipo docente, debido a la necesidad de ofrecer a los estudiantes instancias reales de contacto con los materiales, sin que ello significara algo complejo de implementar desde el punto de vista económico y de recursos humanos. La estrategia planteada fue la de detectar obras de tierra que se encontraran en construcción y que permitieran la participación del equipo docente y los estudiantes en alguna instancia del proceso constructivo. En tal sentido se pudieron realizar dos prácticas del test Carazas en Salto y en Montevideo (Figuras 3 y 4) así como visitar obras en Solymar en el departamento de Canelones, en Sierra de los Caracoles en el departamento de Maldonado y en la localidad de Lascano en el departamento de Rocha.

Figura 3. Actividad práctica en Salto (2013)

Figura 4. Test Carazas en Montevideo (2014)

Las competencias adquiridas en este curso le permiten al estudiante conocer y caracterizar en forma general los materiales naturales a ser usados, en función de su ciclo de vida, considerando procesos y productos, sus características, su forma de extracción, su utilización y acopio; identificar en forma particular los diferentes tipos de suelos para ser utilizados como material de construcción y establecer los métodos adecuados para su estabilización así como realizar pruebas de campo y ensayos en laboratorio, estudiando los sistemas constructivos con tierra, conociendo los diferentes tipos de equipos, máquinas y herramientas necesarios para la fabricación y puesta en obra de componentes constructivos y estableciendo criterios y estrategias a la hora de proyectar.

La evaluación final, dado que se pretende la integración consciente de lo proyectual con lo tecnológico, es a través de un producto final de tipo anteproyecto, en el que se exprese la condensación de conocimiento en el diseño. Este trabajo es evaluado en conjunto con el proceso proyectual desarrollado durante el curso y se valora que el estudiante demuestre conocimiento sobre los fundamentos teóricos básicos referidos a las propiedades particulares del material y de los sistemas constructivos. En otras palabras, se considera pertinente el proceso de proyecto basado en decisiones tecnológicas fundamentadas por parte del estudiante.

Los programas arquitectónicos que conforman el trabajo final son de pequeña escala de modo que puedan ser realizados por un equipo de hasta dos estudiantes durante cuatro semanas de trabajo. Esto supone que la dificultad no quede centrada en la resolución de cuestiones programáticas y funcionales sino que el centro sea en el detalle, la forma y los materiales a utilizar. La propuesta presentada a los estudiantes se basa en cinco situaciones en locaciones de Montevideo y con distinto grado de dificultad: un mirador de aves en zona de humedales donde el entorno se presenta como una impronta fuerte; una cabina de guarda parques donde no existen muchas posibilidades de extracción de materiales pero si de conseguirlos en la zona; una guardería de botes en una playa donde,

al igual que el caso anterior, se debe relevar la oferta de materiales en al área inmediata; un puesto de degustación en la Ruta del Vino donde se dispone de suelos arcillosos abundantes en un contexto de características rurales y un estudio en la azotea de una vivienda a modo de situación experimental y de tentar una respuesta en un medio urbano consolidado. En todos los casos se supone un tipo de suelo teórico en el que el estudiante deberá basar sus decisiones tecnológicas.

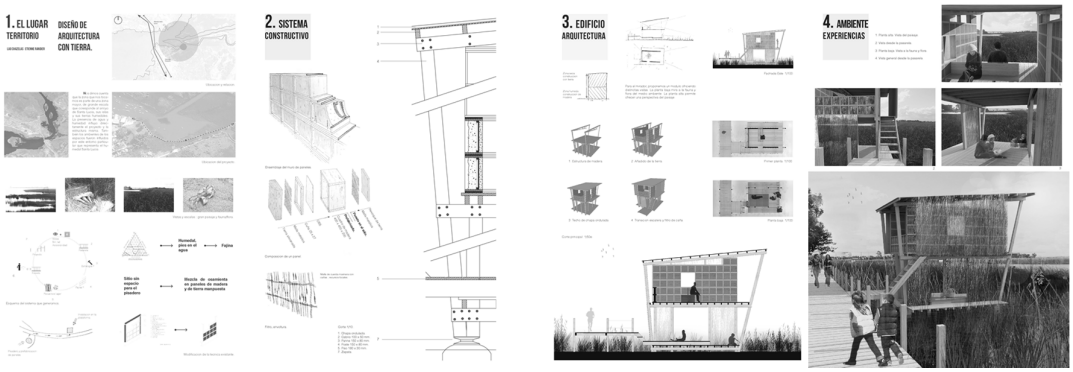


Figura 5. Entrega final del programa mirador de aves (Crédito: Chazelas – Radier, 2013)

La respuesta a las variables del clima y a las condicionantes del medio físico en la que se implanta el proyecto, deben ser tenidas en cuenta desde el inicio. Además, se supone que el diseño de la arquitectura con tierra no solo implica aspectos estéticos y funcionales sino estrategias de identificación de materiales locales y su puesta en obra, el diseño de herramientas o equipos para su transformación en sitio, así como los tiempos y procesos que deben ser tenidos en cuenta durante la ejecución (Figura 5).

Para la elaboración del programa pedagógico y de las actividades durante el curso, se consultó a otras facultades de América del Sur que están desarrollando actividades similares en la formación de estudiantes de arquitectura en el diseño y la construcción con tierra.

Específicamente se consultó a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, donde desde 1997 se dicta el curso electivo “Arquitectura de tierra cruda” y a la Facultad de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica del Perú con el curso seminario de construcción I “Arquitectura en tierra”, a través de los contactos generados en la Red PROTERRA[13]. En base a los programas intercambiados, se analizaron los temas tratados, los ejercicios y prácticas planteadas durante el curso así como la cantidad de estudiantes atendidos y las formas de evaluación final.

En base a esta información y al programa elaborado en 2009 en el marco del Proyecto de cohesión social y desarrollo de la cuenca del Arroyo Carrasco, es que surgió el programa final del curso “Diseño de la arquitectura con tierra” con el que se dictaron los cursos 2013, 2014 y 2015. Luego de tres años de puesta en práctica, se considera importante realizar una evaluación por parte del equipo docente de modo de determinar aciertos y errores y eventualmente suponer cambios en los contenidos y procesos de enseñanza-aprendizaje.

CONCLUSIÓN

En el artículo “Fronterra: talleres de capacitación en Uruguay y Argentina” (Etchebarne et al, 2008) se plantea:

> En los últimos veinte años se observa un aumento creciente en conocer los modos de construir con tierra en la región y las posibilidades del material a nivel

[13] Arq. Mirta Sosa (UNT – Argentina) y Arq. Sofía Rodríguez Larraín (PUCP – Perú)

> constructivo y estético. La formación se debe a impulso individual ya que hay cierta escasez de cursos curriculares dentro de ámbitos académicos formales. (...) A modo de esbozo se plantean actividades tanto presenciales como a distancia, seminarios sobre las generalidades de la construcción con tierra y clases magistrales a cargo de referentes de la construcción con tierra de la región, mesas de debate, actividades de campo y laboratorio y visitas a ejemplos regionales de construcción con tierra.

Desde el curso “Diseño de la arquitectura con tierra” se ha considerado la formación en tres niveles: la sensibilización, lo técnico y el diseño. Es en esta línea que el curso “Diseño de la arquitectura con tierra” se posiciona, defiende lo obtenido y busca lograr nuevas metas.

En cuanto a las clases expositivas, la integración de invitados a participar del curso es una de las fortalezas de la propuesta ya que no restringe la visión y las opiniones que plantea el equipo docente, sino que permite visualizar otras situaciones y realidades, tanto de Uruguay sino de la región. Como aspecto a mejorar, se considera necesario estimular a los estudiantes a la lectura de bibliografía durante el desarrollo del curso de modo de convertir a las clases expositivas en espacios de debate e intercambio de ideas. Se detecta la necesidad de bibliografía de apoyo por parte de los estudiantes solamente en las instancias del trabajo final, por lo que en 2015 se ha integrado a las clases teóricas ejercicios prácticos en paralelo de modo de estímulo a la consulta temprana de dicha bibliografía.

Las actividades prácticas constituyen el desafío más complejo para el equipo docente más allá que el curso no se presenta como un curso de construcción. De qué manera lograr estas prácticas aprovechando al máximo los recursos humanos y económicos es el desafío a resolver en cada semestre y no escapa a situaciones similares de otros cursos opcionales. Estas actividades representan un porcentaje muy pequeño del total de horas clase pero su intensidad y vivencia se consideran fundamentales en la percepción por parte de los estudiantes al momento de evaluar positivamente la experiencia educativa. En 2015 se prevé poder integrar actividades en el laboratorio del Instituto de la Construcción de la Facultad de Arquitectura para poder incluir dentro del curso aspectos estrictamente científicos como los ensayos de Límite de Atterberg, ensayos de sedimentación y ensayos de rotura a compresión.

Por último, si bien el producto final que debe presentar el estudiante, trata de un anteproyecto basado en un programa de pequeña escala, los aspectos de sensibilización así como lo técnico deben estar presentes y reflejarse explícitamente en el diseño. Para las evaluaciones, se valora fuertemente el análisis del lugar y la integración del edificio al mismo, así como el análisis de los procesos constructivos y la puesta en obra.

La situación de un curso opcional dictado un semestre al año presupone una situación de discontinuidad, debido a que no se cuenta con infraestructura, capacidad humana ni locativa para mantenerse activo durante todo el año. Constituir un equipo docente integrado por tres personas, significa una debilidad para la respuesta a demandas que llegan a la Facultad de Arquitectura, por lo que equipo docente se conformó como un Equipo de Formación Integral, justificado en sus antecedentes en la enseñanza, la investigación y la extensión, los tres pilares establecidos para la Universidad de la República en su Ley Orgánica. Esto significa una fortaleza para disponer de mayor cantidad de horas de dedicación estable y dar respuesta institucional a esas distintas situaciones relacionadas con la arquitectura y construcción con tierra, desde asesoramientos externos hasta la tutoría de tesinas de grado a las que habilita la realización del curso.

El dictado semestral y por tanto la discontinuidad en los procesos de enseñanza-aprendizaje, se puede compensar a través de actividades eventuales durante el resto del año como estrategia de difusión de la arquitectura con tierra dentro del ámbito académico.

Luego de tres años de existencia de este curso se considera que la demanda por parte de estudiantes de arquitectura respecto a este tema superó ampliamente las expectativas del equipo docente. Debido a que los cursos opcionales en Facultad de Arquitectura cuentan con cupos, los estudiantes deben manifestar su interés en la asignatura para posteriormente participar del sorteo de dichos cupos. En los dos primeros años de dictado este curso fue el que mayor interés despertó dentro de la curricula, evidenciado en la cantidad de estudiantes que solicitaron su reglamentación. En 2013, la cantidad de estudiantes reglamentados fue de 60, en 2014 alcanzó los 110 estudiantes y en 2015 se está dictando el curso con 90 estudiantes. Esto no significa una reducción en el interés respecto a 2014 sino una solicitud por parte del equipo docente de poder dar respuesta adecuada a un número razonable de estudiantes acorde a los recursos físicos y humanos.

La respuesta por parte de los estudiantes fue altamente positiva: los mismos manifiestan que el curso tiene su atractivo y que hacía ya muchos años que se reclamaba contar con una asignatura que profundizara en la arquitectura y la construcción con tierra dentro del ámbito académico.

Desde este curso, se ha promovido la profesionalización de la construcción con tierra y como complemento a la formación de los tres actores que intervienen en cualquier proceso de arquitectura: quien diseña, quien construye y quien habita. En este caso el enfoque esta puesto en quien diseña.

En la evaluación de las prácticas educativas desarrolladas en Uruguay se valora la sinergia de capacitar desde la práctica, donde la teoría permite conceptualizar lo realizado. La evidencia del aumento en los últimos cuatro años de la demanda por casas de tierra así como el crecimiento de las autoconstrucción de las mismas sin asesoramiento técnico, permite constatar la necesidad de continuar y madurar los distintos formatos de capacitación (Etchebarne; Rotondaro; Salmar, 2013).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Casaubou, C. (2007). Barro negro y huellas hondas. En: La Diaria, Montevideo: 13/11/2007.

Calvillo, N. (2012). Barro el prejuicio. En: La Diaria, Montevideo: 03/01/2012.

Etchebarne, R.; Ferreiro, A.; Gallardo, H.; González, A.; Pautasso, M.; Piñeiro, G.; Verzeñassi, D. (2008). Fronterra: Talleres de capacitación // Uruguay – Argentina. En Memorias del Congreso Terrabrasil 2008. Sao Luiz: S/D. CD-Rom

Etchebarne, R.; Rotondaro, R.; Salmar, E. (2013) Enseñanza en arquitectura y construcción con tierra: experiencias y reflexión crítica en tres universidades latinoamericanas de Argentina, Brasil y Uruguay. En Memorias del 13 SIACOT, Valparaíso: S/D. CD-Rom

AUTORES

Alejandro Ferreiro: arquitecto egresado en 2005 de la Facultad de Arquitectura (UdelaR, Uruguay. Participó de los proyectos “Proyecto Hornero” (2002-2006), “Elaboración de un programa regional de formación en técnicas de bioconstrucción” (2007-2008) y “Cohesión social y desarrollo de la cuenca del Arroyo Carrasco” (2009-2011). Profesor Adjunto de la Cátedra de Arquitectura y Tecnología. Docente del curso “Diseño de arquitectura con tierra”. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Helena Gallardo: arquitecta egresada en 1994 de la Facultad de Arquitectura (UdelaR, Uruguay). Participó en el Proyecto “Elaboración de un programa regional de formación en técnicas de bioconstrucción” (2007-2008). Profesor Adjunto de Taller Apolo de Anteproyecto. Docente responsable del curso “Diseño de arquitectura con tierra”. Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.

Javier Márquez: arquitecto egresado en 2008 de la Facultad de Arquitectura y diplomado en especialización en investigación proyectual en 2015 (UdelaR, Uruguay). Integrante de proyecto de extensión e investigación universitario “Proyecto Hornero” (2002-2006). Profesor Adjunto de Taller Berio de Proyecto. Docente del curso “Diseño de arquitectura con tierra”.

11. PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL SOSTENIBLE. BAHAREQUE PREFABRICADO CON TIERRA. Una alternativa técnica, cultural y ecológica

Lucía Esperanza Garzón

Rede Ibero-americana PROTERRA – Colombia. luciagarzon@gmail.com

Palabras claves: técnicas mixtas con tierra, arquitectura sostenible, bahareque prefabricado, vivienda social sostenible – VIS.

Resumen

En Colombia el déficit habitacional es de 3.828.055 hogares que no tienen un techo con calidad, y más de 1.300.000 familias sin vivienda, según datos del último censo; sin embargo, la construcción de vivienda de interés social, sigue jalonando la economía colombiana, según las cifras de referencia, por las licencias de construcción solicitadas. La perspectiva, es que miles de familias en el 2015, puedan adquirir vivienda propia con el subsidio por los bajos intereses para este sector de vivienda de interés social (VIS), y así, disminuir de esta forma, el déficit habitacional. Es por esta necesidad, que se propone una alternativa tecnológica, con una visión ecológica, dentro del sistema de construcción con tierra con técnicas mixtas: y la técnica elegida fue el Bahareque prefabricado. El objetivo a desarrollar es un "prototipo flexible de vivienda social", creando otra oferta no convencional en el mercado nacional, que podría ser construida por desarrollo progresivo y con las comunidades beneficiarias. Como criterio se consideró para esta propuesta: viabilidad técnica y cultural, calidad espacial, pertinencia, replicabilidad, innovación técnica, sostenibilidad ambiental y social; y para ello se proponen los siguientes objetivos:
-Integrar el prototipo a las condiciones climáticas y a los ecosistemas, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto ambiental y la optimización de recursos naturales.
-Cumplir con eficacia con un diseño habitacional, que use materiales de construcción tecnificada y sostenibles, primando la madera, la guadua, la tierra, recursos de uso común en el país.
-Reducir del consumo de energía por el uso de materiales, con el análisis del ciclo de vida.
-Ofrecer confort, salubridad, iluminación y habitabilidad en las viviendas.
-Innovar con un diseño polivalente, estético y de alta practicidad, con adecuadas condiciones físicas, culturales y económicas para zonas andinas de piso térmico medio, urbano y rural.
- Aprovechar materiales de construcción local desde la estructura, que garanticen seguridad sísmica y facilidad para el transporte, instalación y mantenimiento.
- Estudiar bio climáticamente el prototipo: y brindar salud, confort, bajo impacto y ahorro energético.
- Analizar y la estimar el consumo energético y de la emisión negativa de CO_2, asociado a la producción para este prototipo de vivienda.

1. ANTECEDENTES – PROTOTIPOS DE VIVIENDA DE INTERES SOCIAL SOSTENIBLE

En el país esta incipiente la investigación relacionada con nuevas propuestas eco sostenibles, que ofrezcan una alternativa al problema habitacional nacional, en un mercado que, además de ofrecer un producto de mayor calidad para el hábitat, integre la participación, considere la pertinencia cultural, la eco sostenibilidad dentro de la ética del cuidado y refleje una vivienda con una propuesta holística, integrando los materiales naturales, locales, saludables y ecológicos, o sea , con otros valores para la sostenibilidad.

De esta forma ofrecer otras alternativas para la solución de la vivienda social, con técnica, ciencia y arte, que se conjuguen y brinden un hábitat social para los nuevos tiempos.

La técnica del bahareque en Colombia responde a una evolución cultural y técnica con múltiples posibilidades (Garzón, 2011). Por ser un territorio con sismicidad estos sistemas han sido desarrollados ancestralmente. Estas múltiples formas con técnicas mixtas de construcción con tierra, han demostrado buen comportamiento a los sismos, responden a los ecosistemas, y los pisos térmicos dentro de las diversas condiciones ambientales;

adicionalmente, ya existe normatividad para el bahareque y es aceptado de forma legal, a nivel nacional.

El prototipo de vivienda se proyecta con parámetros legales, bajo el reglamento colombiano de la construcción sismo resistente, NSR10 Titulo G (estructuras de madera y guadua), Ley 400 de 1997, decretos 926 de 2010, 2525 de 2010, 092 de 2011 y 340 de 2012, construida con materiales locales (madera, guadua y tierra), y la idea es que sean producidos a menos de 200 km de distancia, por marcos teóricos de la gestión ambiental.

2. LOCALIZACION

Uno de los propósitos de este proyecto es aportar a que florezcan nuevas soluciones habitacionales como parte del "paisaje cultural colombiano", y el prototipo está proyectado para un lugar con las condicionantes de los pisos térmicos de la zona andina de clima medio o templado, que comprende todas las áreas ubicadas entre los 1.000 y 2.200 metros de altura sobre el nivel del mar, con temperaturas que oscilan entre los 17°C y 24°C. Son lugares con humedad relativa entre el 70% y el 80%, precipitación media entre 1.200 mm y 2.000 mm anuales, con dos periodos de lluvias marzo/junio, septiembre/diciembre. En Colombia, este piso térmico cubre 114.000 km^2 correspondientes al 10% del territorio nacional, ubicándose en las zonas bajas de las montañas.

El prototipo pretende cumplir con conceptos de gestión de calidad, entendidos como el "grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos espaciales, sociales, culturales, técnicos, económicos, bio climáticos y ecológicos".

3. MEMORIA DESCRIPTIVA – COORDINACION MODULAR Y RACONALIZACION DE LOS MATERIALES

El prototipo surge del marco teórico realizado en Perú para la quincha prefabricada (ININVI, 1989), que parte de un módulo de 30 cm x 30 cm, y conforma el modulo espacial tridimensional (con 4 módulos proporcionales) de 1,20 m x 1,20 m; a partir de esta malla, se realiza el proyecto, como una planta flexible y de desarrollo progresivo, con el diseño de los componentes con los diferentes elementos espaciales y constructivos que parte de un módulo "tipo 1" de 1,20 m x 2,40 m que, por la proporción, una persona puede movilizar y cargar sola por la antropometría. De esta forma, se desarrolla todo el sistema, con una técnica, donde pueden participar los usuarios, y así, recuperan la memoria ancestral de las mingas, promoviendo la participación comunitaria y ofrecer un hábitat de calidad técnica con el componente social que integra autoconstrucción acompañada técnicamente.

Es una tecnología "blanda", donde el conocimiento aporta al talento y es de fácil aprendizaje para los constructores, al tener mínimos requerimientos en herramientas y bajos costos, y así permite apropiarse y realizar la transferencia tecnológica, y adaptar la técnica peruana al contexto colombiano.

El prototipo o modelo, denominado Vivienda o Proyecto Semilla, es el núcleo inicial para crecer progresivamente, con una proyección, es una solución que puede obtener con un costo menor al del mercado actual, un novedoso objeto arquitectónico y con la factibilidad de ser construido en organización por autogestión comunitaria, generando nuevas micro empresas.

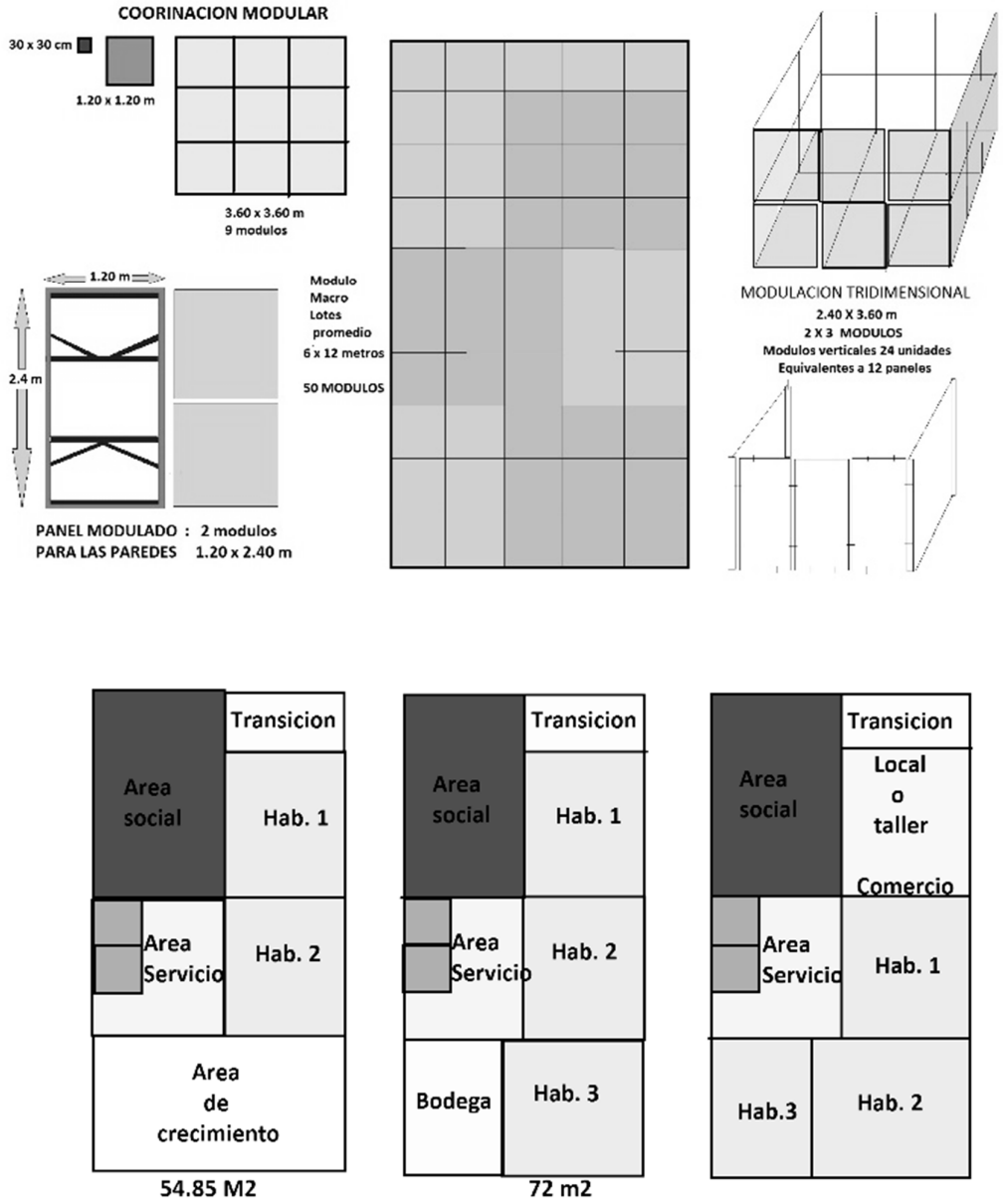


Figura 1- Coordinación modular, desarrollo progresivo y posibilidades de crecimiento/usos

4. PRINCIPIOS DEL PROYECTO

4.1 Principio espacial

Se proyectó una vivienda mínima con dimensiones arquitectónicas para una familia de 4 a 6 personas, con áreas funcionales, áreas sociales (sala/comedor/cocina y terraza), áreas privadas (dos habitaciones), zona de servicios (baño multiuso y lavandería) y la alternativa de producción (local o taller), y así permitir una vida digna, al obtener amplios espacios, volúmenes proporcionados, componentes arquitectónicos racionalizados con técnicas no convencionales, detallados y con desarrollo del sistema constructivo.

Se concibe por desarrollo progresivo como principio, y permite crecimiento en sentido horizontal y vertical.

El prototipo permite segundo nivel, solo con el incremento o reforzamiento en la dimensión de las columnas de madera, con la modulación se facilita un crecimiento flexible, racionalizado, proporcional y armónico.

4.2 Principio socio cultural y sostenible

La arquitectura tiene como efecto responder a las necesidades humanas: protección, subsistencia, afecto, entendimiento, participación, ocio, creación, identidad y libertad.

Este prototipo busca ofrecer a los usuarios un producto confortable y habitable dentro de un lenguaje y semiología; que propicie una convivencia sana, motive a la integración de la comunidad, ofrezca privacidad y responda a los usos de la familia con un lenguaje pertinente en cada contexto, concebido con un carácter “humilde y digno”.

Integrar el paisaje natural con el creado por el hombre, es otro de los objetivos, al racionalizar los recursos naturales tradicionales en la construcción de estas zonas andinas y de esta forma re-crear el sistema con la técnica del bahareque mejorado, proporcionado por la coordinación modular, y que ofrezca un sistema constructivo eficiente, innovador y a escala humana, tecnología blanda que implica equipos de montaje simples, todo pensando en las zonas rurales.

El prototipo debe obedecer a necesidades, ritmos y composiciones, con escala humana, que modele una unidad habitacional, equilibrada, flexible, con forma orgánica y ofrezca armonía en el paisaje del entorno, brinde plasticidad, acto que debe estar traducido en el espacio, con elementos ecológicos que incluya la convivencia social.

Los satisfactores culturales en las culturas campesinas, son reflejo de otras costumbres, hábitos y actividades, que están relacionadas con su trabajo con el agro, la integración a la naturaleza, y por ello los espacios deben reflejarlo y ser muy flexibles, incluyendo zonas para estas labores, con eficiencia y eficacia energética.

4.3 Principio simbólico

Toda obra proyectada y necesariamente construida, parte de modelos cosmogónicos que traducen las formas de habitar en el cada lugar.

Los patrones y la tipología de la vivienda, será flexible, partiendo de la semántica, y la semiología, para crear además de obras, códigos y símbolos del espacio habitado, y el prototipo cumple con diversas posibilidades de expresar lo que es una vivienda en la representación simbólica de quienes la habitan, sin perder de mira el aporte ecológico, el ahorro energético planetario, y la seguridad para la producción social de vivienda en Colombia.

5. OTROS CRITERIOS

5.1 Viabilidad de la propuesta

Ya existe una primera experiencia, de un prototipo construido, evaluando y sistematizando aspectos bioclimáticos y del costo energético, con una vivienda ya comprobada al estar habitado durante tres años, que demuestra la viabilidad con resultados por los análisis y estudios , ofreciendo una vivienda confortable, que redujo a la mitad el costo energético en la producción.

Con la primera experiencia ya comprobada, de bajo costo económico, mínimo impacto ecológico, y alta aceptación social, se decidió continuar con este nuevo prototipo flexible, polivalente aprovechando la facilidad en la producción, montaje y construcción, y dar continuidad con este modelo, por la aceptación estética en el imaginario para la vivienda social.

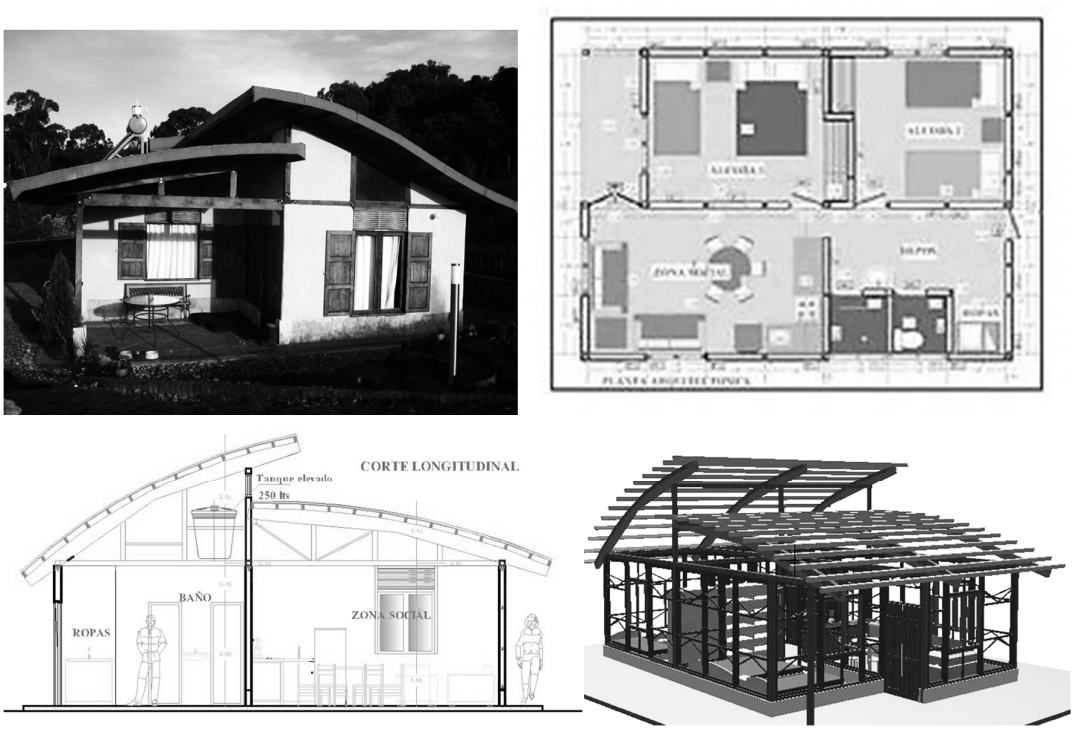


Figura 2 - Prototipo ya construido como marco teórico y nuevo prototipo de 55 m^2 a desarrollar (https://youtu.be/LWYSfOMy3Fo)

5.2 Pertinencia

En todas las regiones de Colombia se ha construido con la técnica de bahareque, es pertinente a los países americanos y son muchas las técnicas, por ser un sistema que responde a las condiciones climáticas, geológicas, sísmicas y culturales y por ello se propone en este prototipo.

Al dialogar con la tierra, la relación y armonía con los materiales naturales como la guadua, la madera y la tierra, y promover un prototipo que permita un "desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones" (Brundtland, 1988), materializa una alternativa de vivienda sostenible de bajo costo y con flexibilidad en diseño, como imaginario y resultado estético y funcional.

5.3 Innovación

La innovación está dada en varios aspectos, es una técnica que parte de la cultura ancestral: el bahareque tradicional, propone una evolución con diseños a partir de la coordinación modular, la racionalización de los recursos, la adaptabilidad a las condiciones locales, la liviandad, la economía, el ahorro energético y el análisis del ciclo de vida, la flexibilidad en el uso, el crecimiento vertical y horizontal, y lo más importante: ofrecer un hábitat para que una familia rural lo viva dignamente.

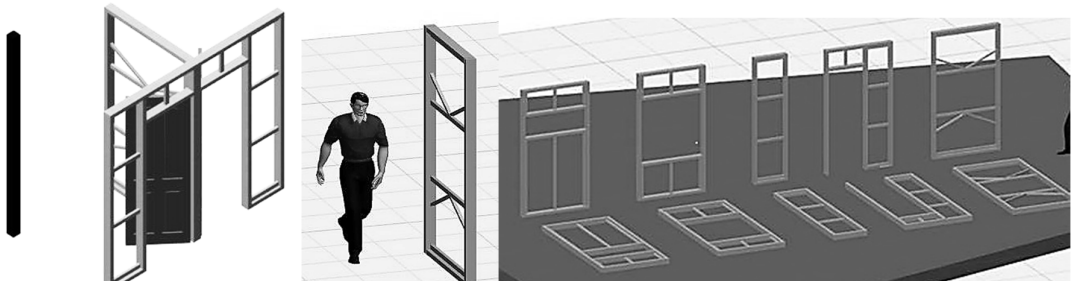


Figura 3 – Paneles modulados y racionalizados en madera para la prefabricación del bahareque

5.4 Sostenibilidad ambiental y cultural

La sostenibilidad se concibe desde el uso racional de los recursos naturales renovables, que se aprovecharan de forma armónica a lo largo del tiempo.

Colombia es un país con potencial en la producción de recursos maderables, así como pionero en el desarrollo tecnológico de especie de bambusas, especialmente de la guadua angustifolia *Kunt*, que crece exactamente en las mismos pisos térmicos cafeteros donde la producción está respaldada por las normas ICONTEC[14], desde la siembra hasta el uso en la construcción, es un material de bajo costo, y con tradición en la cultura constructiva

Colombia con el Pacto Intersectorial por la madera legal y la política de bosques (ICA, 2009) establece que el Ministerio de Ambiente, en coordinación con las Corporaciones, entidades territoriales, y otras instituciones, formulará y pondrá en marcha una estrategia conjunta para el control y vigilancia del aprovechamiento, la movilización, almacenamiento y transformación de los productos del bosque. Que mediante dicha estrategia se busca eliminar la corrupción, reducir el tráfico ilegal de productos del bosque y garantizar el cumplimiento de las obligaciones de quienes lo aprovechen, para lo cual se establecerán medidas especiales para enfrentar el comercio ilegal en los puntos estratégicos de la cadena productiva y de comercialización y en el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF) se establece que se busca generar una cultura del seguimiento, monitoreo y control a la gestión y uso de los recursos forestales.

Y, como lo reza el código ético del Consejo Colombiano de la Construcción Sostenible, el compromiso de la adquisición de madera, guadua o sus productos, bajo los requisitos legales.

El prototipo ofrece múltiples posibilidades y es replicable en otros contextos y en diversos lugares del país, con condiciones ambientales similares.

6. EL PROTOTIPO VISS CAFETERO (VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL SOSTENIBLE)

El prototipo puede emplazarse en múltiples lugares, pero deben de estudiarse las determinantes locales y así convertirse en una vivienda eficiente energética y bio climáticamente, y, donde responda a las condiciones particulares, así como a la familia, y determinantes físicas y sociales.

[14] Instituto Colombiano de Normas Técnicas

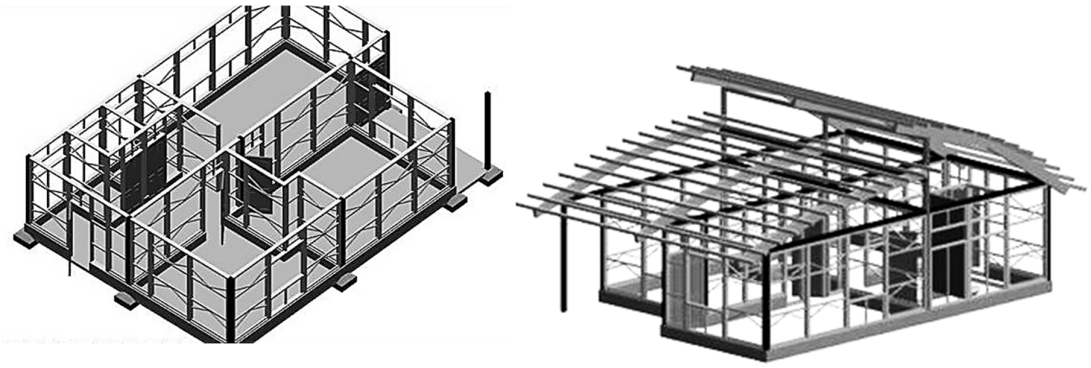


Figura 4- Perspectivas del proyecto arquitectónico semilla (55 m^2) - bahareque prefabricado

La orientación de la vivienda será a 45 grados del norte, para optimizar la iluminación, asolación y ventilación adecuada.

Para la envoltura con techos y paredes se busca inercia térmica, acústica y crear espacios saludables, con estos materiales de bajo impacto y mínimo efecto para la contaminación ambiental. Como criterio por la variable climática la ventilación se considera dentro de un 25% a 30% de vanos y aperturas de muros, en la propuesta de los 15 paneles de envoltura llenos se consideran 7 paneles con ventanas, creando un volumen de aire de 10 m^3 por persona.

Con estos materiales, la vivienda y sus instalaciones garantizan la conservación de la vida y la salud humana, así como la protección de la vida animal y vegetal, y la preservación del medio ambiente

Esta propuesta integra otros conceptos sostenibles, al promover las cadenas productivas de recursos renovables con el cultivo racionalizado de la madera y de la guadua, que además de absorber bióxido de carbono, impacto positivo en el planeta, aporta en la generación de pequeñas empresas, como son los talleres, entre ellos los de carpintería, ornamentación y otros.

Adicionalmente el proyecto con la técnica mixta, usando materiales locales y mano de obra sin alta calificación, puede ser motor del crecimiento económico de la región y del desarrollo integral.

Es un sistema flexible y adaptable, ese busca la colaboración de la comunidad y la participación de los usuarios, promoviendo la mano de obra local y aporta a la construcción de comunidades.

6.1 El bahareque prefabricado

Es un sistema polivalente y diverso, puede ser promovido tanto en las zonas rurales, como en las urbanas, y puede proyectarse horizontal y verticalmente, se pueden construir casas de uno y dos pisos, con baja inversión energética y económica; pueden construirse de forma concentrada, o pareada, y por su estética orgánica, por la liviandad, la proporción de sus paredes; que reivindica una técnica tradicional y recupera un valor cultural en las zonas cafeteras colombianas.

El diseño parte de la tipología popular con un espacio de transición entre lo público y lo privado, donde se pueden realizar actividades relacionadas con la cultura cafetera, espacio de socialización que evidencia el patrimonio y la sabiduría popular, y con todos estos componentes, todos los materiales “dialogan con la tierra”.

El sistema es sismo resistente por ser la estructura madera técnicamente ensamblada y la piel es la tierra, de gran flexibilidad como estructura y también en el diseño, el montaje, la construcción permite la participación de la comunidad beneficiaria.

Es de bajo impacto, consume la mitad de la energía que los sistemas de construcción convencional y absorbe bióxido de carbono. Por las formas y el tipo de envoltura, cobertura y piel, el uso de los recursos materiales y la calidad de los materiales ofrecen salud y lo convierte en una vivienda sana, al usar la cal como cementante.

El prototipo busca cumplir adicionalmente con los requisitos de confort, salubridad, iluminación y habitabilidad de las viviendas; al usar la tierra como material de revestimiento, pues posee cualidades térmicas, acústicas, ambientales, todo es estabilizado con cal, material que purifica, mejora la resistencia mecánica e inmuniza de insectos la vivienda.

6.2 Especificaciones técnicas y proceso constructivo

El sistema constructivo liviano del “bahareque”, propone una cimentación más simple que otras técnicas, pudiendo ser, si el terreno lo permite, una placa flotante o zapatas puntuales en la estructura, hecho que también disminuye las excavaciones y los costos.

Desde el inicio se proyecta con las instalaciones separadas de aguas grises y negras, y cuando se realizan estas obras sanitarias, aprovechar la extracción del suelo para usarlo posteriormente en las paredes.

La estructura total es en madera (columnas y vigas) y es ensamblada con platinas, la norma NSR10, titulo G es muy especifica en el uso de este material, por el sistema aporticado, es flexible, que permite integrar las estructuras maestras y continuar con los elementos auxiliares.

Para proteger de la humedad, las columnas de madera, se colocan los sobre cimientos con dados de concreto en las cargas puntuales y en el entorno de la vivienda se colocan bloques de cemento, con su debida barrera de humedad para después sobre esta base instalar los paneles, por la experiencia, el rendimiento para la instalación de cada panel es de media hora, y en un día se puede colocar la totalidad de estos paneles prefabricados, producidos y traídos de la carpintería, previamente dimensionados.

La precisión es parte del éxito del proyecto, la prefabricación exige rigor y cuidado en esta etapa.

Una innovación de esta vivienda es la cobertura o techo, que permite realizar el “esqueleto” en una primera instancia de la obra y después trabajar las otras actividades constructivas bajo sombra; este proceso, permite agilizar las etapas de la obra, ya que brinda seguridad al proteger la obra contra las inclemencias del clima.

El sistema de madera con vigas, viguetas y correas, con maderas ensambladas con platinas y pernos, es de rápida construcción, sobre ella se teje la esterilla de guadua, para recibir los prefabricados con la capa de yeso / carbón, elemento que va soportar la capa de tierra estabilizada con cal, y así responder con calidad al comportamiento acústico y térmico de la cubierta. Esta actividad incluye tres capas de tierra procesada, material extraído de los suelos locales (con 50% de gruesos y 50% de finos), hasta llegar a la capa afinada, que recibirá la impermeabilizacion

Secuencialmente se retorna de la envoltura de las paredes, primero con el tejido de los paneles y posteriormente se realiza el revoco por las dos caras la superficie, con tres capas de 2.5 cm., la primera, la segunda de 5 mm y la ultima una lechada de cal, para lograr una superficie impermeabilizada para las paredes que estarán pintadas con cal.

Todo el sistema es económico, fácil de construir y de aprender a montar, y por su prefabricación y liviandad, en casi cualquier tipo de suelo, incluso con una baja capacidad portante es viable.

El tiempo de ejecución de una obra de este tipo es de 60 días calendario, lista y útil para habitar.

6.3 Programa espacial

El primer prototipo o vivienda semilla es de 54,85 m^2, está compuesto por: sala /comedor y cocina de 4,8 m x 3 m (14,4 m^2), alcoba principal de 3,60 m x 3 m (10,80 m^2), segunda habitación de 3 m x 3 m (9 m^2), baño multi servicio de 1,2 m x 3,6 (4,32 m^2), circulación, lavandería y bodega de 7,92 m^2 y terraza de 8,41 m^2.

Con el desarrollo progresivo, permite un crecimiento horizontal en una primera etapa, con una habitación adicional de 3,6 m x 3 m (10,8 m^2) y un espacio de habitación, taller o depósito de 3 m x 2,4 (7,2 m^2) cumpliendo con un área de 72,85 m^2, y también un segunda fase con crecimiento ya vertical, con el segundo piso que tiene la posibilidad de ampliar 6 mx 3,6 m (21,6 m^2), escalera y dos habitaciones, un baño y un estudio, para un total de 94,45 m^2, si se dese puede crecer en toda el área, llegando a una superficie construida de 144 m^2.

7. CONCLUSIONES

El prototipo de vivienda social sostenible puede ser de gran aporte para la sociedad actual, desde el ciudadano que carece de un hábitat, hasta la escala política, ya que esta propuesta, exalta el bajo impacto ambiental, al reducir en más de un 50% el costo energético, propiciar el desarrollo de tecnologías blandas, que permiten la participación del usuario y asegurar la mantención de estas obras, al capacitar en el proceso de construcción.

Paralelamente por tener un menor costo económico, puede brindar más espacios, amplia las áreas, puede ser más confortable para la salud, aporta a una mejor convivencia y en fin brinda mayor calidad de vida a las familias que las habiten.

Políticamente un emprendimiento con estos componentes brinda un posicionamiento para la nación, cumpliendo con nuevos compromisos internacionales de que cada gobierno disminuya el bióxido de carbono a la atmosfera y responda a los acuerdos internacionales ambientales.

La siguiente fase, es concretar un primer proyecto demostrativo y realizar la construcción de un pequeño barrio, que permita seguir evaluando, sistematizando y posicionando el material en la sociedad contemporánea. Acto que implica gestiones políticas y mentes de los dirigentes más abiertos a la innovación.

La técnica desde la proyección en el diseño urbano, hasta la vivienda semilla, es fundamental para perpetuar el patrimonio tangible e intangible del “bahareque colombiano” que es hoy un saber hacer nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). NSR-10 Título G Estructura de madera y estructura de guadua. Normas colombiana de diseño y construcción sismo resistente. Bogotá, Colombia: AIS

Brundtland, G.H. (1988). Nuestro futuro común. Madrid: Alianza Ed.

Garzón, L. (2011). Técnicas Mixtas. En: Neves, C.; Faria, O. B. (Org). Técnicas de construcción con tierra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. p. 61-71. Disponible en http://www.redproterra.org>. Acceso en 1/5/2015.

Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (1989). Quincha prefabricada, utilización y construcción. Lima: ININVI.

Pacto intersectorial madera legal (2009) Colombia ICA. Disponible en <http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Pacto-Interseccional-de-Madera/Pacto-Madera/PACTO_INTERSECTORIAL_MADERALEGAL.aspx >.

AUTORES

Lucia Esperanza Garzón, arquitecta egresada de la Universidad Piloto de Colombia; miembro activo de la red PROTERRA; miembro consultivo de la red entre el 2012 y el 2014. Proyecta, construye, investiga y realiza transferencia de tecnológica con tierra, a través de conferencias y talleres auto gestionados desde hace 15 años. Profesional independiente, promotora de materiales eco sostenibles a partir de proyectos demostrativos. Coordinadora de eventos - Construtierra 2006, diplomados (ONG) Fedevivienda y Escuela Colombiana de Ingeniería y diversos cursos intensivos con varias universidades del país.

12. RECONSTRUCCIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA VIVIENDA DE ADOBE EN LA MONTAÑA DE GUERRERO, MÉXICO

Isadora Hastings García; Gerson Huerta García

Cooperación Comunitaria A.C. isadora@cooperacioncomunitaria.org

Palabras claves: Autoconstrucción en adobe, vivienda reforzada y adecuada, mejoramiento de la habitabilidad, reducción de riesgos de desastre

Resumen

Los huracanes ocurridos en México, en septiembre del 2013, ocasionaron graves daños en las viviendas de adobe de las comunidades de alta marginación de la Montaña de Guerrero, al sur del país. A partir de esta situación de emergencia, Cooperación Comunitaria A.C. realizó un análisis de los daños en dichas viviendas y diagnósticos para conocer sus causas. Las viviendas tienen la misma tipología en toda la región, por lo que los daños eran similares, sin embargo, los resultados arrojaron que existen omisiones en la técnica constructiva. A través del análisis de las condiciones geológicas y climáticas de la región, se implementó un Programa Integral de Reconstrucción del Hábitat, cuyo objetivo, en el caso de la vivienda, fue aumentar las capacidades autoconstructivas de la población para reforzar su resiliencia y disminuir la vulnerabilidad tanto de las viviendas como de los asentamientos. A través de una metodología participativa comunitaria e interdisciplinaria, se conjuntaron los saberes tradicionales de la comunidad, con el conocimiento y experiencia de profesionales y académicos para llegar a una solución de vivienda de adobe reforzada y adaptada a las condiciones geológicas, climáticas y socioculturales de la región, al aumentar la habitabilidad y disminuir la vulnerabilidad de las viviendas y la población. Se autoprodujeron 33 viviendas de adobe reforzadas y mejoradas, y 31 estufas ahorradoras de leña; del mismo modo, se aumentaron las capacidades de la población.

1. INTRODUCCIÓN

En septiembre del 2013, los huracanes Ingrid y Manuel, dejaron muchos daños en su paso por la Montaña de Guerrero, afectando principalmente la infraestructura y las viviendas de adobe que guardan la misma tipología en toda la región.

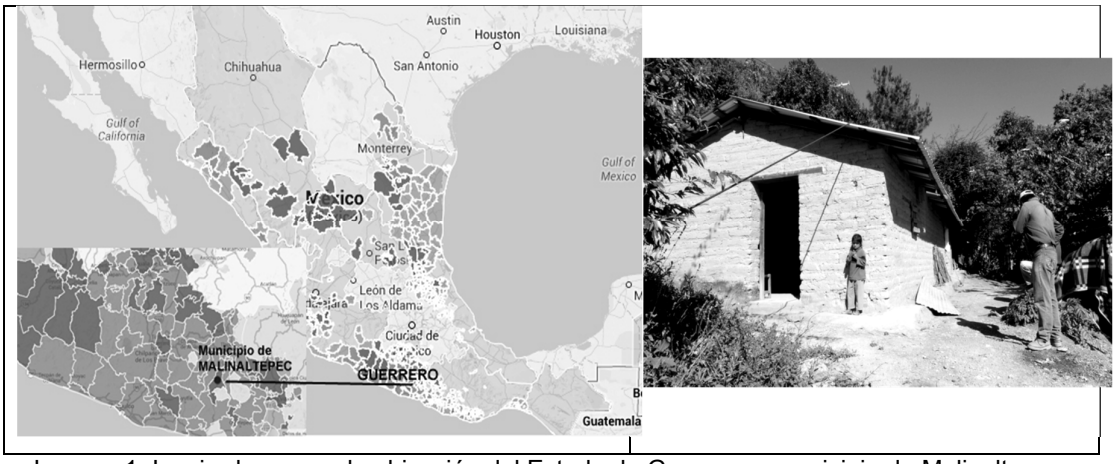


Imagen 1. Izquierda: mapa de ubicación del Estado de Guerrero y municipio de Malinaltepec. Derecha: vivienda tipo de adobe en la Montaña de Guerrero.

Tras los daños generalizados en las viviendas de adobe, Cooperación Comunitaria A.C. realizó un diagnóstico para cuantificar el tipo y las causas de dichos daños. Con un grupo de expertos, comenzó a analizar el contexto de las comunidades y a evaluar los daños en los terrenos y viviendas de adobe. Al conocer la dimensión del problema, en la cual las distintas causas de los desastres ocasionados por los fenómenos naturales se debían a múltiples factores, entre ellos geológicos, se consideró necesario trabajar de manera

multidisciplinaria. Así se implementó un Programa Integral de Reconstrucción del Hábitat en la comunidad del Obispo, municipio de Malinaltepec.

En la mayor parte de las comunidades de la Montaña de Guerrero, las viviendas son autoconstruidas por los mismos habitantes con materiales locales tradicionales. La tipología de las viviendas en la región es básicamente la misma, es decir, un cuarto de 10 m x 5 m ó 5 m x 12 m, el cual se utiliza para dormitorio y es construido de adobe con estructura de madera y techo de lámina metálica; la cocina se construye separada y es normalmente de 4 m x 3 m y de madera; por último casi todas cuentan con una pequeña letrina que en la mayor parte de los casos es un pozo negro. Todas las viviendas son productivas, es decir, cuentan con un espacio para árboles frutales, pequeño cultivo de maíz, un huerto y un corral para animales de granja.

2. OBJETIVO

Cooperación Comunitaria A.C. se planteó entonces el objetivo de contribuir a mejorar la habitabilidad y disminuir la vulnerabilidad ante futuros fenómenos meteorológicos de los habitantes del Obispo, a través del aumento y fortalecimiento de sus capacidades constructivas para la reconstrucción, reforzamiento y mejoramiento de sus viviendas dañadas, con materiales y técnicas constructivas tradicionales.

3. METODOLOGÍA

El municipio de Malinaltepec, uno de los más afectados por los huracanes, se encuentra en la zona “D” en la regionalización sísmica de la República Mexicana, es la zona más sísmica del país; y según la CFE (Comisión Federal de Electricidad) presenta vientos máximos con una velocidad de 120 km/h, condiciones que someten constantemente a las construcciones a un empuje, que con el tiempo las afecta. Esto, aunado a fenómenos meteorológicos, ha ocasionado que dichas características actúen con mayor determinación sobre asentamientos y viviendas.

Después de haber realizado los análisis del contexto, Cooperación Comunitaria A.C desarrolló un diagnóstico de daños en las viviendas de adobe con el fin de hacer una evaluación de las causas. Éste dio como resultado que los daños en las viviendas se debían a la omisión de ciertos conocimientos en la técnica constructiva, lo cual se acrecentó con los vientos fuertes presentados durante los fenómenos naturales, pero también por los sismos presentados en años anteriores.

Así las principales omisiones en la técnica son: ausencia de cimientos y rodapiés de piedra provocando deterioro en la base de los muros, cerramientos que resistan fuerzas de tensión en la corona de los muros, lo cual hace que las esquinas sean vulnerables a fuerzas sísmicas y anclaje deficiente de las estructuras del techo a los muros y de éstas a la cubierta.

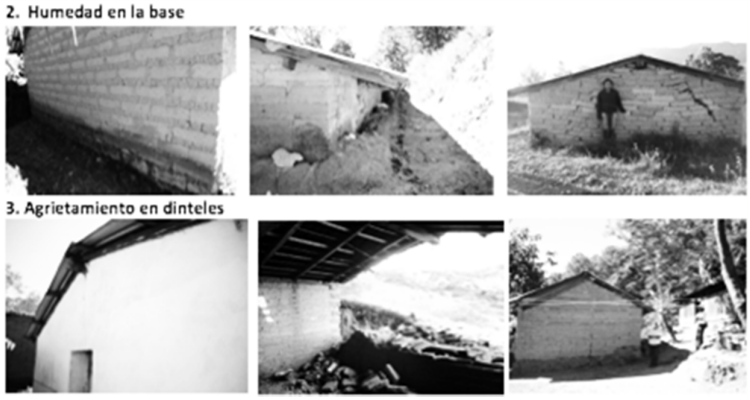


Figura 2. Fotografías del diagnóstico de daños en las viviendas de adobe (continúa)

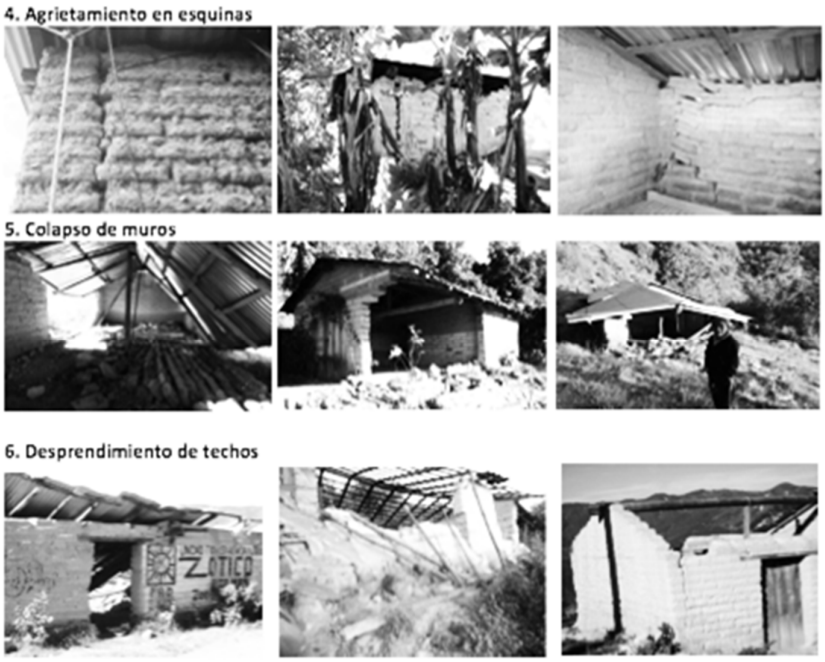


Figura 2. Fotografías del diagnóstico de daños en las viviendas de adobe

Ante este escenario, Cooperación Comunitaria A.C determinó que era necesario, primero analizar las condiciones geológicas con el fin de determinar el riesgo por deslave y sensibilizar a la población ante la situación para detectar alarmas y prevención del riesgo; segundo, realizar un análisis de la vivienda que permitiera reforzarla contra los sismos y vientos fuertes, y una vez encontrado un modelo que cumpliera con estas características de reforzamiento, aumentar las capacidades autoconstructivas de los habitantes en la técnica de adobe reforzado.

3.1 Análisis geológico

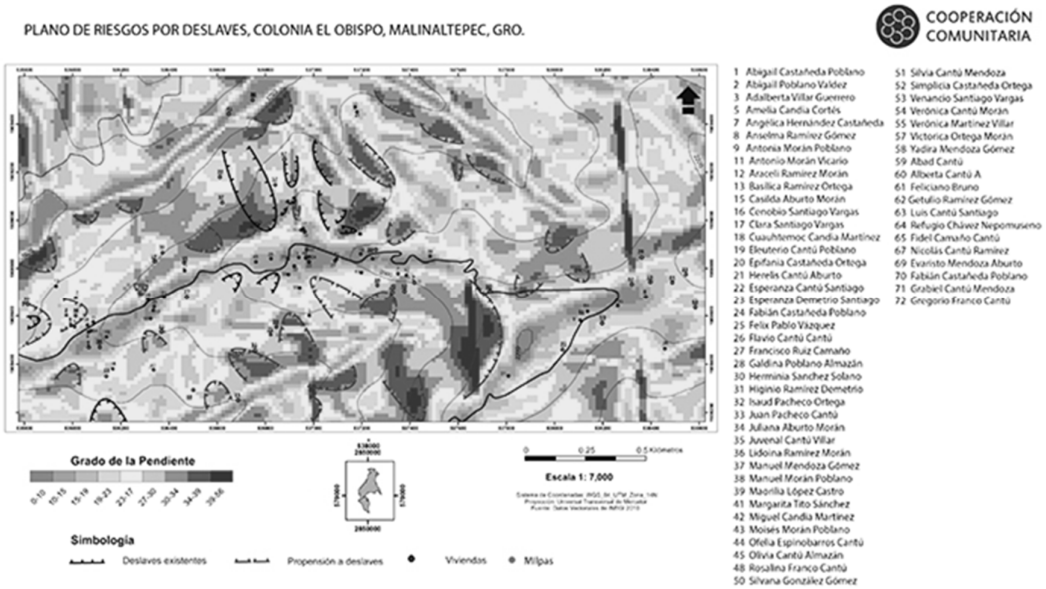


Figura 3. Mapa comunitario de riesgos por deslave de la Comunidad El Obispo

Se llevó a cabo un análisis geológico para evaluar el riesgo por deslave e identificar las viviendas que se encontraban en asentamientos de riesgo y necesitaban ser reubicadas. A partir de este diagnóstico se realizó un mapa comunitario de riesgos por deslave y se

impartió un taller para aumentar las capacidades de los habitantes en la identificación y medidas para la disminución de riesgos.

3.2. Análisis sísmico y de condiciones físicas

Se llevó a cabo una investigación de las condiciones sísmicas y climáticas regionales, con el fin de conocer, el empuje al cual están sometidas las viviendas, así como estudiar a través de modelos matemáticos, los distintos tipos de refuerzos que requiere la vivienda para hacerla más resistente. Se estudiaron distintos tipos de refuerzos, los cuales fueron sometidos a simulaciones sísmicas y de vientos, hasta llegar al óptimo.

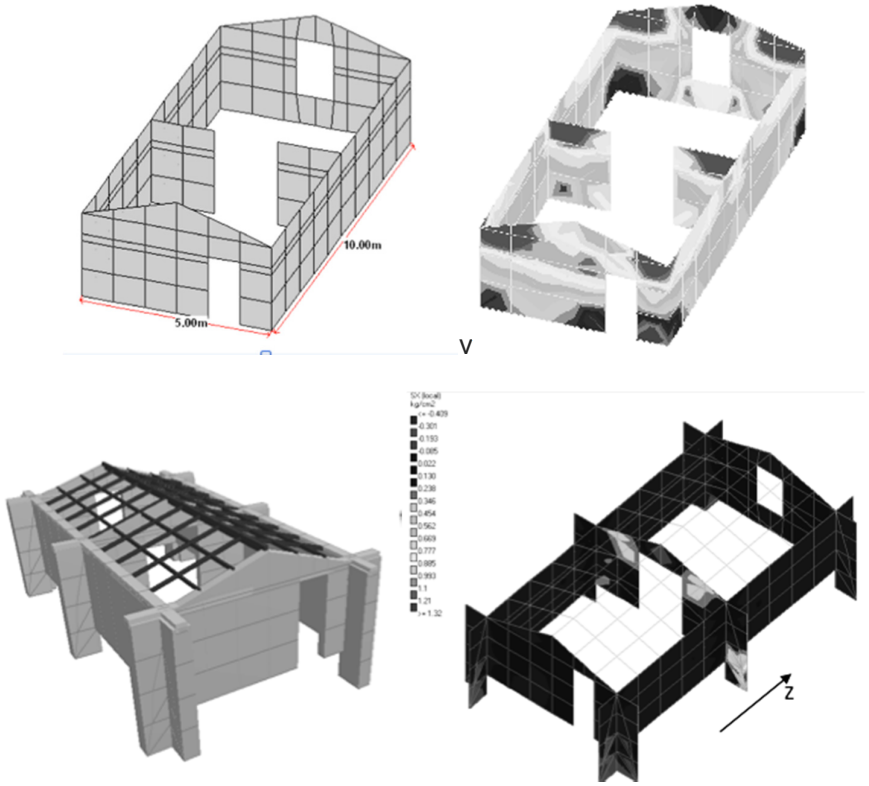


Figura 4. Modelos de simulación sísmica a la tipología vivienda de la Montaña de Guerrero y a la misma con elementos de refuerzo.

3.3 Estudios de tierra y características de los adobes de las comunidades.

Se realizó un análisis de en los laboratorios de la UAM (Universidad Autónoma de México), de la tierra local para conocer su composición, con la cual se realizaron pruebas de estabilización. También se realizaron pruebas de resistencia por compresión, capilaridad y flexión a los adobes traídos de la comunidad.

La estabilización de la tierra se llevó a cabo con cal y cemento, del 5% al 7% y del 5% al 10% respectivamente. La tierra de la comunidad El Obispo, al presentar altos contenidos de arcilla, resultó mejor la estabilización con cemento que con cal. En las pruebas, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Tierra estabilizada con 5% de cemento = 32,62 kgf/cm^2 y 24,67 kgf/cm^2
- Tierra estabilizada con 10% de cemento = 39,96 kgf/cm^2, sin embargo se notó que absorbía más humedad.

Al adicionar arena a las pruebas de tierras arriba mencionadas, se obtuvieron resistencias de 46,56 kgf/cm^2 y 55,46 kgf/cm^2 respectivamente.

Al realizar las pruebas por flexión, capilaridad y compresión, los resultados fueron muy favorables para los adobes traídos de la comunidad, a pesar de que la estabilización con cemento mostró tener buena resistencia, la estabilización con estiércol cumplió con la resistencia adecuada (26,4 kgf/cm^2) para ser utilizados.

No obstante, como parte del diagnóstico e investigaciones, se redefinieron las dimensiones del adobe, ya que se encontró que la medida de 30 cm de ancho tenía más resistencia sísmica, y había muchos adobes de distintos grosores que iban desde 26,5 cm hasta 30 cm. Por lo que a partir de éste último ancho se hicieron recomendaciones para las proporciones correspondientes, quedando los adobes de 50 cm x 30 cm x 15 cm.

Figura 5. Pruebas técnicas hechas a los adobes de la comunidad y pruebas de "pajarcilla" (combinación de arcilla con paja) con tierra y material orgánico local.

4. ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA

Retomando la tipología de las viviendas tradicionales de la región, se desarrollaron elementos constructivos que ayudaran a aumentar su resistencia contra los fuertes vientos y sismos de la región, al mismo tiempo que se incluyeron aquellos elementos que en algún momento y por la pérdida del conocimiento constructivo, se omitieron. Éstos son: contrafuertes de adobe, cimiento y rodapié de piedra, cerramiento de concreto o madera, y correcto anclaje de las estructuras a los muros y de las láminas a éstas.

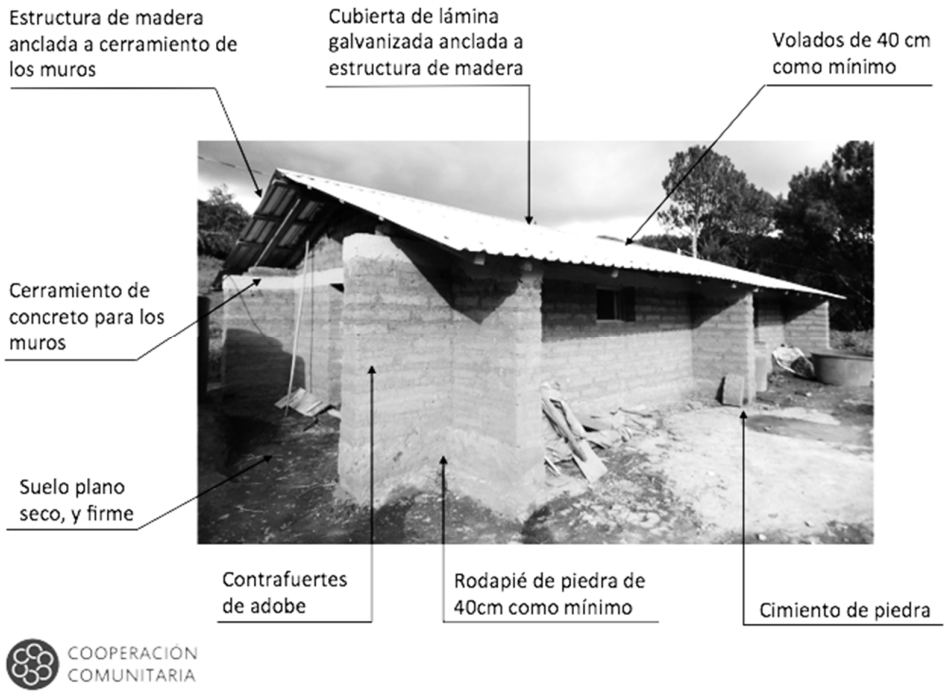


Figura 6. Recuperación de elementos para la correcta técnica constructiva de adobe y elementos de reforzamiento para adaptarla a los fuertes sismos y vientos de la región.

Los contrafuertes son de adobe, al igual que los muros, confinados con una cadena de concreto armado, en la cual se encuentran empotradas grapas de acero a cada 60 cm, para anclar la estructura de madera y evitar desplazamientos o desprendimientos de los techos. Para asegurar que no se desprendan las láminas ante los vientos de 120 km/h, por un lado se incrementó la longitud de los clavos que se usan comúnmente de 3” a 4”, lo que permite doblar las puntas de estos para evitar el desprendimiento de los mismos ante los vientos. Por otro lado, se aumentó el número de clavos para asegurar la lámina, de 192 que se utilizaban se aumentó a 284 clavos. Esto de acuerdo al cálculo de la fuerza de succión de los vientos dominantes de la región.

Figura 7. Armado con grapas de acero amarradas a cada 60 cm para anclar la estructura de madera a los muros

De acuerdo a los comentarios de los usuarios, con respecto a su percepción o desventajas del adobe y los materiales al interior de la vivienda, se pensó en un mejoramiento de la habitabilidad a través de un piso firme pero con recubrimiento de barro que lo hiciera más térmico; para evitar que el adobe desprenda polvo y hacerlas más luminosas, se decidió recubrirlas con una pintura a base de cal, hecha en la comunidad; por último y para

aumentar la inercia térmica de la vivienda, se colocó un aislamiento orgánico, denominado pajarcilla y colocado entre la estructura y la lámina, con el fin de evitar que la vivienda pierda su condición térmica por el techo de lámina.

Todos estos elementos conformaron el diseño de una vivienda reforzada y adaptada a las condiciones geológicas, climáticas y socioculturales regionales, con el fin de poderla replicar posteriormente en los 12 municipios, en las más de 180 comunidades afectadas, y 4.900 viviendas dañadas.

De este modo, para la comunidad del Obispo, se obtuvo el modelo de vivienda más resistente, que ha servido de prototipo para otras comunidades, con el fin de disminuir la vulnerabilidad de las poblaciones afectadas, pero al mismo tiempo brindar una mejor calidad de vida y habitacional.

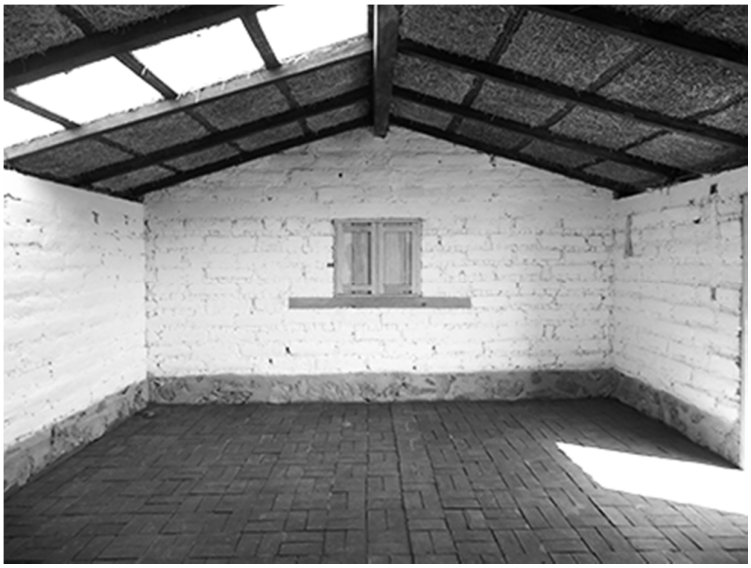


Figura 8. Interior del Centro Comunitario / Biblioteca Infantil, Comunidad el Obispo, Malinaltpec.

5. RESULTADOS

A través del trabajo integral realizado en la comunidad se cumplieron todos los objetivos planteados inicialmente y se beneficiaron de manera directa a 92 familias en:

a. La disminución de la vulnerabilidad de las viviendas y cultivos a través de la identificación de los riesgos por deslave en un mapa de riesgos comunitario.

b. Elaboración, traducción en Me´phaa e impresión de un manual de construcción en adobe para reforzar el conocimiento. El manual sirve de documento histórico el cual muestra tanto las construcciones tradicionales, como la lengua local, al mismo tiempo es un documento técnico de construcción reforzada.

c. El aumento de capacidades constructivas de la comunidad se realizó a través de la impartición de talleres teórico–prácticos en la técnica de adobe y a través de la autoconstrucción de una biblioteca infantil y centro comunitario de 75 m^2 que a su vez, sirve de prototipo de vivienda de adobe reforzada y adecuada a las condiciones climáticas y socioculturales de la zona.

d. Se capacitaron a tres promotores comunitarios en la autoconstrucción de viviendas reforzadas y mejoradas que puedan capacitar y replicar el proyecto en otras comunidades aledañas.

e. Se reconstruyeron, con mano de obra comunitaria y adobes hechos por la comunidad, 33 viviendas de adobe reforzadas y adaptadas a las condiciones regionales.

f. Se autoconstruyeron, por parte de la comunidad 31 estufas ahorradoras de leña que contribuyen a disminuir la deforestación y las enfermedades de las vías respiratorias.

Figura 9. Autoproducción de viviendas, comunidad el Obispo, Malinaltpec.

5.1. Impactos territoriales y ambientales

Se disminuyó la vulnerabilidad territorial, a través de la elaboración del mapa comunitario de riesgos por deslave y con la reubicación de 4 viviendas en zonas seguras.

De la misma manera se disminuyó la deforestación, mediante la autoconstrucción y uso de 31 estufas ahorradoras de leña, las cuales usan una tercera parte de la leña que el fogón tradicional. Esto consistió en un taller teórico práctico de sensibilización y autoconstrucción de estufas ecológicas que cuentan con un tanque para calentar 20 litros de agua con el uso de la misma estufa.

Figura 10. Taller y autoproducción de estufas modelo Patsari, con tanque para calentar 20 L de agua, comunidad el Obispo, Malinaltpec.

Se redujeron las emisiones de CO_2, al usar menos materiales industrializados para los cimientos, muros, aislamiento de techo y pintura a base de cal, nopal y sal; y al reducir el tiempo de transporte de materiales (3 horas menos).

5.2. Impactos socioculturales

Se disminuyó en un 90% de la vulnerabilidad de sus viviendas, a través de los elementos de reforzamiento de la vivienda, como son: cimientos y rodapié de piedra, contrafuertes, cerramiento de concreto, anclaje de estructura y cubierta.

Se aumentaron las capacidades constructivas de 92 familias, a través de talleres teóricos y prácticos de autoconstrucción y con la autoconstrucción de las 33 viviendas con mano de obra comunitaria.

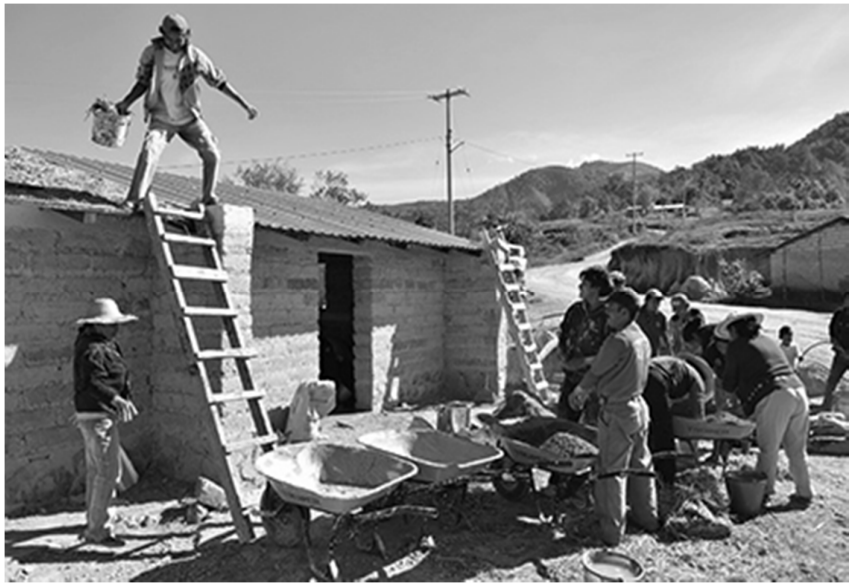


Figura 11. Taller práctico de autoproducción en adobe reforzado para construir la casa del pueblo, comunidad El Obispo, Malinaltepec, Gro.

Se mejoró la calidad de vida, a través de los elementos de reforzamiento de la vivienda que brindan seguridad, mediante los elementos de mejoramiento de la vivienda obtuvieron mayor inercia térmica a partir del aislamiento de *pajarcilla* y recubrimiento de barro en piso, mejor iluminación a partir de pintura a base de cal en muros, aunado al ahorro energético y con el agua caliente para el baño, generada por las estufas.

5.3. Impactos económicos

El ahorro en transporte, compra de materiales y energía, con el uso de materiales locales y la generación de inercia térmica y mayor iluminación en las viviendas.

Aumento del valor patrimonial familiar, a través del reforzamiento y mejoramiento de la vivienda.

6. REFLEXIONES FINALES

Este proyecto se desarrolló a partir de una situación de emergencia humanitaria y que con el tiempo se fue aplicando en áreas de desarrollo sustentable, creando una metodología integral participativa e interdisciplinaria, que no solo resuelve la situación de emergencia ante daños por fenómenos meteorológicos, sino que resuelve problemas estructurales al utilizar el desarrollo sustentable como medida para la reconstrucción de la vivienda y el hábitat.

Esta metodología de trabajo integral, se planteó desde la Producción Social del Hábitat, y contempla el estudio del territorio a través del análisis del riesgo por deslave, del análisis sísmico y de vientos; la tipología, las características físicas y socioculturales de la vivienda tradicional, las formas de organización y medios de producción de la comunidad, con el fin de hacer una propuesta que contribuya a solucionar la complejidad de las situaciones comunitarias de pobreza.

Este proyecto nos permitió conocer el grado de pérdida del conocimiento tradicional, que están viviendo las distintas culturas del país, lo cual representa un problema que tiene consecuencias importantes en distintos aspectos de la vida cotidiana, ya que afectan la autosuficiencia de las poblaciones, repercutiendo de manera negativa en su economía doméstica.

Si bien, la pérdida de éste conocimiento no es visible únicamente en las técnicas constructivas, en el caso de la vivienda de adobe, es grave, porque la pérdida del conocimiento se relaciona directamente con la omisión de algunos elementos estructurales de la vivienda, por lo tanto, con la pérdida de calidad de dichas construcciones y con ello la creencia cada vez más generalizada entre las comunidades, que los daños de las viviendas se deben a la poca resistencia del adobe y no a la ausencia de los elementos que las hacen y las han hecho por siglos, resistentes a las condiciones físicas y climáticas del lugar. En la cabecera municipal, existes ejemplos de viviendas de adobe, bien construidas, incluso de dos pisos, que han estado allí por más de cien años y han resistido los más fuertes sismos que ha sufrido el país, así como fuertes vientos y lluvias.

En este sentido la sensibilización y la capacitación de las poblaciones para aumentar sus capacidades constructivas en adobe reforzado, es imprescindible, ya que cuentan con el conocimiento el cual podemos dignificar y reforzar, aprovechando las grandes ventajas que tiene el adobe por sus condiciones térmicas, ambientales y su bajo costo, el cual a su vez les da autosuficiencia, permitiéndoles resolver la situación de techo, sin necesidad de depender de materiales industrializados, cuyo costo, además aumenta en un 30%, al ser transportado a la montaña.

Las características, en este caso del adobe, responden a las necesidades climatológicas y geológicas de la población, además de estar adaptadas a la cultura local. La capacitación de promotores comunitarios que permitan replicar este tipo de construcción en otras comunidades y aumentar la escala a nivel regional forma parte fundamental del proyecto para difundir el conocimiento constructivo.

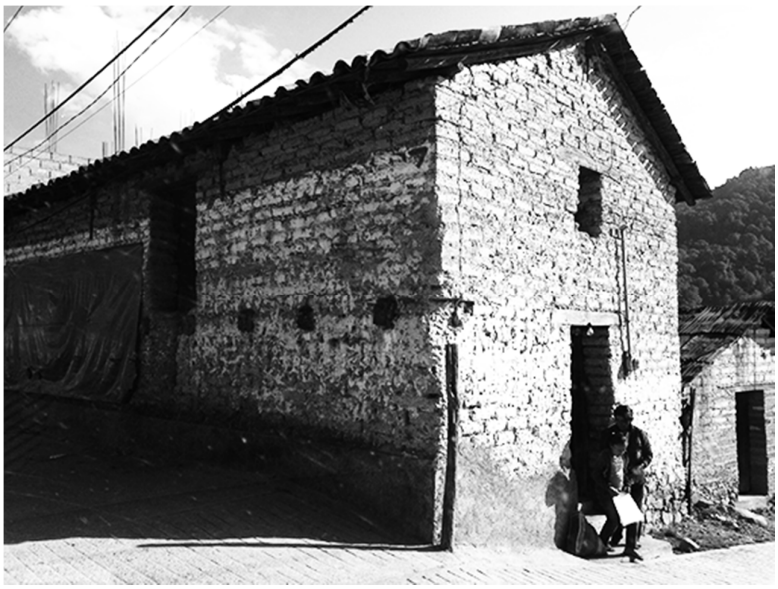


Figura 10. Vivienda de adobe, dos plantas en Malinaltepec, Guerrero

La tecnología que Cooperación Comunitaria aplicó para el análisis y reforzamiento de las viviendas, tomando en cuenta el contexto y el tipo de fenómenos naturales a los cuales las construcciones están expuestas, ha generado una metodología diseñada para las viviendas de la región Montaña, que incluso se podría replicar en otros Estados con las mismas características. En este sentido, también se hace urgente crear metodologías para las distintas regiones del país, que consideren las distintas características físicas, geológicas, climáticas, topográficas, que permitan hacer un análisis de las construcciones y su contexto para encontrar soluciones adecuadas a los problemas complejos a los que nos enfrentamos hoy en día, y puedan ser adaptados también a las distintas culturas, que generen modelos de desarrollo sustentable y humano permitiendo adecuarse a los constantes cambios.

El cambio climático exige también, la creación de metodologías de respuesta a desastres que no sean únicamente temporales, sino que incluyan reconstrucciones que aprovechen la situación para contribuir al desarrollo sustentable, incluyendo a los habitantes como los principales sujetos de su propio desarrollo y cambio.

Durante los 20 meses del proyecto, el trabajo se ha realizado en coordinación con otras instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales locales, así como con un equipo multidisciplinario experto en cada área y que se han capacitado en la resolución de problemas complejos. La creación de alianzas y grupos interdisciplinarios, permite trabajar de manera holística en las regiones y crear soluciones adecuadas a la compleja situación actual.

En un país tan biodiverso como lo es México, con la riqueza cultural que nos caracteriza, existen un sinnúmero de soluciones constructivas, de uso de materiales diversos, que a las distintas culturas les implicó cientos y miles de años generar, es nuestra responsabilidad retomarlos y adecuar su función a la situación climática actual, a través de tecnología aplicada y adaptada, para que exista un aprovechamiento y un retorno de soluciones adecuadas a cada región y a cada cultura. Principalmente en este momento, en el cual la política de vivienda gubernamental, está enfocada a la homogenización de soluciones de vivienda a gran escala, que sin duda llevará a la extinción de la diversidad cultural y a generar mayor pobreza.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen profundamente a los que hicieron posible este proyecto, comenzando por el Dr. Luis Fernando Guerrero Baca, de la Universidad Autónoma de México, Xochimilco, quien dirigió las pruebas de composiciones de tierras, así como las resistencias de los adobes traídos de la comunidad y pajarcilla que se utilizó para aislar los techos. A Grupo SAI S.A. de C.V quienes realizaron las simulaciones sísmicas, la elaboración de documentos y planos. A la geóloga Rosalva Pérez, de la Universidad Autónoma de Guerrero, quien llevó a cabo la investigación, diagnóstico y elaboración del mapa de riesgo por deslave de la comunidad. Al arquitecto Joel Audefroy por su colaboración en las soluciones de la vivienda. A HIC-AL, en especial al Arq. Enrique Ortiz por su colaboración en el acompañamiento teórico, así como en la búsqueda de contactos para soluciones de vivienda antisísmica. Al Arq. Jorge Andrade por sus cuestionamientos y observaciones de los diseños y análisis metodológico. Al Fondo Compartir con Guerrero y a Fundación Merced por la aportación de fondos para materializar el proyecto. Al equipo de Cooperación Comunitaria A.C. quienes han estado sumamente comprometidos con el proyecto y las comunidades. A la comunidad del Obispo por su esfuerzo incansable por aprender, a sus autoridades que nos permitieron participar en sus Asambleas, así como en organizar los trabajos. Nuestro profundo agradecimiento a todos ustedes.

AUTORES

Isadora Hastings García, 1973, Fotógrafa y Maestra en Arquitectura. Desde hace 12 años trabaja temas de Habitabilidad, en la producción social del hábitat. Ha contribuido para diversas publicaciones en México, Madrid y Berlín con este tema. Es fundadora y directora de Cooperación Comunitaria A.C. la cual trabaja desde hace más de 5 años en las zonas indígenas marginadas contribuyendo a mejorar la habitabilidad a través de programas integrales.

Gerson Huerta García, 1970, fundador y director de Grupo SAI S.A. de C.V. (1995). Empresa dedicada al cálculo y construcción de ingeniería estructural, ha colaborado en casi 1000 obras de infraestructura de toda índole, públicas y privadas. También es socio fundador de Cooperación Comunitaria A.C.

13. VIDEOTERRA, NUEVOS FORMATOS DE DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO EN ARQUITECTURA CON TIERRA

Mario Hidrobo Mera[1]; Raquel Martínez Fernández[2]; María Rosa Juárez[3]

Videoterra

[1]mariohidrobo@gmail.com; [2]raqmartinez@gmail.com; [3] estudiosurarquitectos@gmail.com

Palabras claves: nuevas tecnologías, arquitectura en tierra, redes, internet, docencia

Resumen

El proyecto videoterra nace a principios del 2014, por parte de varios arquitectos interesados en estimular las posibilidades de compartir contenidos sobre la arquitectura en tierra de manera digital, a más de dar propuesta y respuesta a unas necesidades no satisfechas de comunicación entre la comunidad de personas dedicadas a la construcción con tierra. Existen múltiples plataformas, foros, páginas web, blogs, donde se habla de la tierra y de temas afines. Aunque en ese gran cúmulo de información es difícil encontrar un lugar donde se pueda conocer de primera mano a ilustres y diversos protagonistas del mundo de la tierra, donde se pueda establecer una comunicación de pares (p2p) con los mismos y con personas de distintos países, formaciones y realidades. El objetivo de videoterra es contribuir a la difusión e intercambio de conocimiento a través de las nuevas metodologías de aprendizaje. Se invita a distintos personajes, distinguidos por su labor realizada en tierra o tecnologías tradicionales, a hacer una intervención de unos 30-40 min de duración y mostrar sus trabajos. Durante la semana previa a la videoconferencia se incita a la comunidad a través de la red (lista arqui-terra, facebook, twitter, google+...) a descubrir esos trabajos. Al terminar la exposición se propone el diálogo: cualquier interesado del planeta puede hacer sus preguntas en directo. El material que se genera (videos, pps, docx) queda a disposición de cualquiera. Se promueve el intercambio de esta documentación, ya que queda indexada en una página web: arqui-terra.org, con lo cual, se puede encontrar a través de una búsqueda rutinaria. La experiencia da cifras satisfactorias, el conocimiento se extiende de manera rápida y gratuita y puede llegar a lugares recónditos. En conclusión, se debe seguir investigando con estas nuevas metodologías, no se ha hecho más que abrir una pequeña brecha en la difusión del conocimiento, este sistema genera y mueve a la comunidad y produce un sentimiento de pertenencia, genera además unión y empoderamiento mediante el descubrimiento y la cercanía al trabajo de otros.

1 INTRODUCCIÓN

Los antecedentes de este proyecto se enmarcan en la evolución de la tecnología digital. Desde mediados de los noventa en que Internet irrumpe en el mundo analógico de manera abierta, son tres básicamente los estadios que hemos vivido en menos de 20 años. Primero fue una línea de comunicación que se entendía como cerrada o de características p2p (de tú a tú), el desarrollo de la comunicación lineal en redes centralizadas como los correos electrónicos y sus plataformas tanto de pago como gratuitas sigue siendo utilizado hasta hoy en día y sigue protagonizando el mayor cúmulo de transmisión de datos. Es válido y está bien para lo que sirve. Una comunicación cerrada y lineal, en la que conocemos el emisor y el receptor.

Posteriormente llegó la web 2.0, cuya principal característica era el despertar de la socialización de la comunicación. La capacidad abierta y distribuida de emitir y dejar el mensaje en posibilidades libres de ser captado por una condición azarosa de posibilidades de utilidad e interés en el mismo, junto a esta evolución se han desarrollado también las condiciones técnicas en cuanto a la calidad de la señal de internet, prácticas en cuanto a la posibilidad amplia que permite la multiplicidad de uso de dispositivos, y económicas en cuanto a la señal de internet, cada vez más potente a menores precios.

En el momento presente se está viviendo una tercera etapa de esta evolución: la web semántica, tanto en cuanto todos los mensajes emitidos en medios digitales son susceptibles de ser catalogados y etiquetados, permitiendo no solo una catalogación sino

una “folksomia”, lo cual genera un crecimiento exponencial de características temáticas y por ende de contribución a su desarrollo. Y por otro lado, el Internet de las cosas, que permite que los mismos objetos sean capaces de emitir datos que pueden ser integrados en bases de conocimiento que permiten en tiempo real conocer percepciones y magnitudes y características de comportamiento de los objetos.

La academia, el proceso de enseñanza-aprendizaje, la investigación y sobre todo la aplicación del conocimiento han cambiado y esto está trastocando la cotidianidad en todas las latitudes los cual se ve corroborado por el uso de las nuevas tecnologías como medio común de las principales actividades de transmisión de conocimientos, por ejemplo la proliferación de cursos online, plataformas moodel y cursos mooc.

2 OBJETIVO

El Proyecto “videoterra” se enmarca en estas circunstancias antes citadas. El equipo de quienes lo conforman está convencido de que el presente de la investigación y la experimentación en la tecnología debe ser un proyecto abierto, colaborativo y “glocal”.

2.1 Abierto

La investigación y la experimentación tienen a día de hoy la potencialidad de ser contrastados en una infinidad de características tan grande como casos de estudio pueda haber y para ello es posible abrir el código de la investigación para que se puedan optimizar tanto recursos como resultados. La divulgación de estos procesos ha tomado a día de hoy características imprescindibles, puesto que de ello depende que sus beneficios sean fructíferos en una dimensión acorde con los medios, la tecnología y la globalidad.

2.2 Colaborativo

La investigación debe ser debe ser generosa y múltiple. Si se comprende que ahora ya no se investiga en local, sino que se está conectado con el mundo entero, entonces se deben generar los medios para que sea posible recibir un *feed back* con retorno tanto de contrastes como de puntos de vista y enriquecimientos que sumen a los proyectos y nada mejor para estos resultados que el trabajar de manera distribuida, comprendiendo que trabajando con personas de distintas culturas y latitudes se suman puntos de vista y aplicabilidad a los proyectos.

2.3 Glocal

Investigar en lo global para aplicar en lo local. Es irrefutable la diversidad de entornos que se tienen en el momento de experimentar técnicas y determinar variables de aplicabilidad. Esto pertenece a un entorno arquitectónico determinado. Pero si se contrasta de manera global, seguramente se pueden encontrar sitios de aplicación de características análogas a las que se tiene, con las que trabajar en pares y permitir una optimización de recursos de toda índole. El encontrar ese par, con el que intercambiar puntos de vista reflexiones y características de las investigaciones actualmente es muy sencillo a través de las nuevas tecnologías.

3 OBJETIVOS ESPECIFICOS

El objetivo fundamental de #videoterra es facilitar la visibilidad del ámbito de la arquitectura con tierra y de sus expertos en las redes, sirviendo de nodo de intercambio de conocimientos.

Contribuir con la difusión de los puntos de vista de los expertos y de sus investigaciones de manera abierta y al alcance de la gente en general, fuera de la academia. Videoterra

como proyecto y como formato cree mucho más en la utilidad del conocimiento al alcance de quien lo usa, antes de quien lo estudia.

4 LIMITES Y ALCANCE

Videoterra es un proyecto diseñado para acercar la tecnología, las investigaciones y las soluciones de la arquitectura de tierra y sus derivados a los usuarios. Para que éstos al tener disponibilidad de alcance de una videoconferencia, amplíen su conocimiento y puedan investigar a fondo en una temática, tanto en cuanto ponerla en práctica. En videoterra se es consciente de que la mayor parte de los conocimientos de arquitectura vernácula que se tienen hoy en día han sido desarrollados durante generaciones y se han transmitido a través de cultura oral, por ello desde el proyecto se apuesta por la técnica como un método de corroborar ese valor empírico pero valioso y fundamentalmente de llegar a los potenciales autoconstructores, esta diferencia genera una multiplicidad de ejercicios que de cara a la real aplicabilidad y aporte de la investigación (la academia) a la contribución social real de la arquitectura, valida de manera exponencial la utilidad del proyecto.

5 METODOLOGIA ADOPTADA

Videoterra comienza dentro de un entorno como es la lista de arqui-terra y con el fin de revitalizar y dinamizar ese espacio. La lista de arqui-terra funciona desde el año 2000. Con el fin de revitalizarla se comenzó haciendo un estudio de las visitas y la interacción que se daba entre sus miembros. Se analizó y se vio que la mayor parte de los mensajes eran del propio creador de la lista, quien animaba a participar en la misma e informaba sobre diversos, en muchos casos sobre eventos relacionados con la tierra. No obstante, cada cierto tiempo había hilos de gran calidad, donde algunos opinaban sobre cuestiones técnicas y asesoraban a otros interesados que habían hecho su cuestión. También había, aunque en menor medida, quienes ofrecían desde la lista interactuar personalmente con el fin de encontrarse en distintos lugares por ejemplo para realizar un viaje en torno a la tierra. La idea de arqui-terra se antojaba muy interesante, sin embargo haciendo un análisis se observa que carece de un aspecto fundamental, no es abierta. Es decir, los contenidos que se encuentran en ella, no permiten búsquedas a nadie que no pertenezca a este grupo o que no lo conozca. Eso supone que si no se conoce o no se pertenece a ella, no hay posibilidad de encontrar etiquetado ninguno de esos contenidos en la red, o lo que es lo mismo, todo ese conocimiento está destinado a perderse dentro de la propia lista o si ese espacio desaparece. Eso lleva al equipo de estudio a impulsar un proyecto abierto, donde fuera posible el intercambio de conocimiento a cualquier persona que realizase una búsqueda desde su computadora, aun ignorando que existe alguien que se dedica al estudio de la tierra. Y así nació videoterra. Poco a poco el proyecto va tomando forma y se va armando a sí mismo. Se invita a expertos en el tema, se hace una selección por temas, países y disciplinas, de manera que el abanico de conocimientos que se ofrece sea lo más amplio posible. Cada invitado debe hacer una presentación de unos 30-40 min. Algunos piden ser interrumpidos durante ese tiempo, para facilitar el diálogo. Otros prefieren dialogar una vez hecha la exposición. Tras ese tiempo, se inicia un diálogo abierto, en el que pueden participar hasta 10 personas en directo. El resto de la audiencia puede hacer sus preguntas desde las distintas plataformas donde se anuncia el evento. Con posterioridad, la grabación de el evento y todo el material que se hay utilizado para la promoción se cuelga en la página web, donde puede ser visualizado y descargado por cualquiera. Con el tiempo el número de descargas del material que se ofrece y comparte va aumentando hasta que llegado un día que se satura el servidor y se cae la página. Como además el volumen de trabajo ha crecido para esas fechas de manera importante, se decide comenzar un proyecto propio e independiente que permita desarrollar de una manera más eficaz el proyecto de difusión de la arquitectura de tierra.

6 RESULTADOS

Hasta el momento se han emitido 16 videoconferencias. Se ha tratado de diversificar la procedencia u origen de cada invitado, de manera que haya representantes del mayor número de países posible, 12 hasta el momento. De igual manera, se ha tratado de diversificar los temas propuestos, con el fin de que desde la propia selección del material se lance un mensaje a la audiencia, de que la construcción no es algo aislado que se hace solo en algunos rincones marginados del mundo, sino algo vivo, actual y presente, motivo de investigaciones punteras en universidades de gran prestigio y del trabajo de gentes de muy diversas inquietudes. Se ha hablado de arquitectura de tierra moderna y tradicional, de rehabilitación, pero también de bambú y de otras técnicas hermanas de la tierra, como el carrizo por ejemplo. Hasta el momento se ha tendido a invitar a expertos técnicos en arquitectura y algunos de bellas artes, pero en las futuras videoterras se pretende también incluir especialistas formados desde otras disciplinas, químicos, antropólogos, físicos…, para crear un panorama aún más abierto y completo de lo que constituye la arquitectura de tierra contemporánea.

Hasta el momento se han transmitido 17 videoconferencias desde 3 continentes, provenientes de más de 10 países que sobre pasan en total las 17.000 visualizaciones.

Figura 1 Carteles de las videoterrras

7 LA RED

¿Qué supone emitir estas videoconferencias en vivo y en directo? Algunas personas preguntan si va a estar luego disponible la información en la red. Efectivamente lo está a posteriori y los índices demuestran que la experiencia funciona. No obstante, si hay algo que el equipo de videoterra cree es que es fundamental en la idea del proyecto la proximidad. Cualquiera puede conectarse y hacer su pregunta u observaciones en directo al invitado desde diferentes canales, eso solo sucede durante la hora de grabación. Hasta el momento la propuesta de preguntar en directo no tiene mucha demanda real, pero se piensa que esto será básico en un futuro, cuando el proyecto se consolide y los oyentes entiendan que pueden dejar de ser meros oyentes para aportar y compartir su conocimiento, su experiencia o sus inquietudes personales respecto al tema en cuestión.

8 CONCLUSIONES O CONSIDERACIONES FINALES

De momento el proyecto lleva tan solo siete meses de camino, pero las posibilidades de crecimiento que el equipo está ideando son amplias y ambiciosas. Hasta ahora se han abarcado países de lengua hispana, aunque también ha habido invitados italianos o portugueses que hicieron su presentación en español. Sería estupendo poder contar con invitados de otras lenguas en un futuro y acercarse a las construcciones con tierra que se están realizando en otros lugares del mundo. Toda esta información puede vestirse en otros formatos y puede comenzar a ser esa red viva de crecimiento ilimitado, donde el conocimiento no será solo de unos pocos, sino de todo aquel interesado en averiguar los secretos de un saber y donde personas que se desconocen puedan contactar con otras personas que están interesadas en su área de conocimiento, pero más aún, puede ser un buen espacio para que personas totalmente ajenas a la materia puedan iniciarse y construir sus casas de manera más segura, más ecológica, más resistente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todas aquellas personas que amablemente han aceptado participar en estas videoterras cediendo su tiempo, así como su generosidad y atención al facilitar la disponibilidad de su trabajo para el conocimiento de la comunidad.

AUTORES

Mario Hidrobo, Arquitecto, Especialista en Rehabilitación Patrimonial, Ecología Urbana, MasterDIWO en cultura digital y Community Manager. Fundador de Activadores Urbanos. Investiga Hibridaciones físico digitales aplicadas al Territorio. @mariohidrobo. Más en http://www.mariohidrobo.com/

Raquel Martínez, Arquitecta y Máster en Restauración por la UVA, Especialista en Cooperación por el IcHab, UPM. Investigadora independiente. Ha organizado, dirigido y participado en diversos eventos y talleres sobre arquitectura de tierra. Miembro de Activadores Urbanos y del equipo #videoterra. @ajevoz. Más en: https://raqmartinez.com/

Maria Rosa Juarez, Arquitecta (Argentina), coordinadora de Arqui-terra Facebook, miembro de la Red Proterra. Miembro de Activadores Urbanos y miembro del equipo #videoterra.

ANEXO

Informaciones importantes de las videoconferencias

Nº	TEMA	INVITADO	FECHA	ORIGEN	VISUALIZACIONES	
					YOU TUBE	SLIDESHARE
1	Compartir en medios digitales	Mario Hidrobo	12.11.14	España-Ecuador	192	510
2	Chaquiñán. Taller de arquitectura "Lienzo de barro"	Patricio Cevallos y Jorge Ramón Giacometti	19.11.14	Ecuador	266	1080
3	Fogones mejorados de adobe	Colectivo Zompopo: Elena Carrillo y Jon de la Rica	27.11.14	España-Nicaragua	242	1307
4	Oficinas do Convento	Tiago Fróis y Nuno Grenha	11.12.14	Portugal	150	1344
5	Vivienda experimental sustentable	Yolanda Aranda	18.12.14	México	278	1866
6	Técnicas tradicionales de adobe y bahareque en Costa Rica	Bernadette Esquivel Morales	15.01.15	Costa Rica	380	1743

7	Dialogar con la tierra	Lucía Garzón	29.01.15	Colombia	593	1737
8	Experiencias en Oaxaca	João Boto Caeiro	19.02.15	México-Portugal	421	1293
9	Tradición e innovación en Manabí-Ecuador	Miguel Camino	26.02.15	Ecuador	248	1362
10	Jordania, arquitectura vernácula	Eliana Baglioni	19.03.15	Italia	426	1446
11	Lima: patrimonio, tierra y comunidad	Jorge Larrea	26.03.15	Perú	384	1032
12	Restauración de arquitecturas de tierra	Graciela Viñuales	16.04.15	Argentina	164	772
13	Senegal, acompañando comunidades	Anna Altemir	30.04.15	España	212	600
14	Lak'a Uta. Casa de tierra	Raúl Sandoval	07.05.15	Bolivia	546	787
15	Diseño de arquitectura con tierra	Alejandro Ferreiro	11.06.15	Uruguay	438	326
16	Arquitectura de carrizo	Casilda Barajas	18.06.15	México	256	100
17	Ecoarquitectura y sismo	Horacio Saleme	02.07.15	Argentina		

14. LA RED PROTIERRA-CHILE Y SUS PROYECCIONES

Rodolfo Jiménez Cavieres[1]; Natalia Jorquera Silva[2]; Selene López Cameras[3]; Hugo Pereira Gigogne[4]

Red PROTIERRA Chile
[1]rodolfojimenezc@gmail.com; [2]nataliajorquera@uchilefau.cl; [3]selene.lop@gmail.com; [4]pgigogne@gmail.com

Palabras claves: arquitectura en tierra, construcción, capacitación, catastro, transferencia tecnológica

Resumen

En el 2013, se constituyó la Red PROTIERRA-Chile de carácter voluntario. Ésta es una red de integración, cooperación técnica de ámbito nacional, que actúa en el desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra. La principal misión de la Red es promover y generar conocimiento para el uso del material tierra en la construcción y la arquitectura, en las áreas de "Asentamientos humanos y vivienda en zonas rurales y urbanas" y "Preservación de la diversidad cultural y del patrimonio". PROTIERRA-Chile contribuye a la promoción del desarrollo sustentable, desde un enfoque integral, considerando los ámbitos social, ambiental, técnico, cultural, económico con la participación de la sociedad civil contribuyendo al desarrollo sustentable en Chile. Las actividades más relevantes realizadas por la red, son las siguientes: la celebración del primer 1º Encuentro Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra-ENACOT; el desarrollo de un registro nacional de intervenciones patrimoniales, de obra nueva y obras menores construidas con tierra; el desarrollo del Prototipo de Vivienda de Emergencia con técnicas de tierra; un plan de viviendas para comunidad rural de la etnia Pehuenche, localizado en el lago Icalma en la región de la Araucanía al sur del país. Todos estas iniciativas y proyectos son congruentes con los objetivos de la red PROTIERRA-Chile y la Red Iberoamericana PROTERRA. Éstos presentan distintos grados de avance y desarrollo y han logrado activar las actividades de la Red en el corto periodo de funcionamiento de ésta. Con lo anterior, se busca diseminar y potenciar la construcción con tierra en Chile, sus prestaciones y potencialidades.

1. INTRODUCCIÓN: ACERCA DE LA LARGA TRADICIÓN CONSTRUCTIVA CON TIERRA EN CHILE

En Chile la construcción con tierra forma parte de una larga tradición que se remonta a épocas pre-hispánicas y a pesar de haber estado en riesgo de desaparecer durante el siglo XX, hoy vuelve a ser objeto de interés debido a sus valores relacionados con la sustentabilidad ambiental y social

Desde sus orígenes en antiguos asentamientos pre-hispánicos localizados a lo largo del territorio nacional principalmente en las tierras del norte, pasando por su masificación durante la Colonia española (siglos XVI-XVIII) hasta mediados del XIX cuando aparecen los sistemas mixtos madera-bloques de tierra, hubo una constante en el uso de la tierra como material de construcción tanto en edificios institucionales como en la vivienda (Jorquera, 2015; Lacoste; Premat; Bulo, 2014). En la actualidad, a pesar de la destrucción causada por terremotos y otros desastres es posible encontrar edificaciones palaciegas, haciendas rurales, bodegas y viviendas de distintos estratos sociales construidas con tierra, las que se produjeron masivamente hasta que a fines del siglo XIX el arribo de materiales industrializados y con posterioridad, la creación de las primeras normas de construcción, empiezan a vetar su uso y la tierra empieza a asociarse a la pobreza y el atraso.

Por otro lado, siendo Chile un país altamente sísmico, en muchos casos, este patrimonio construido en tierra ha sucumbido o ha sido fuertemente dañado, sin embargo han sido los mismos terremotos los que han abierto un debate sobre las prestaciones del material y su pertinencia en el contexto chileno, situación que ha contribuido a que la tierra no cayera en el olvido. Así, en el terremoto de 1985 que afectó la zona central del país, bajo

la dictadura militar de Pinochet, se desarrollaron múltiples experiencias impulsadas por ONGs que ante la indolencia de un Estado incapaz de responder a las urgencias habitacionales levantaron la alternativa de construcción con tierra como una forma de construcción económica que además facilitaba el trabajo colaborativo en forma de ayuda mutua. Dentro de estas ONGs, destaca lo realizado por Taller Norte, GEA (Grupo de Estudios Agrarios), TVS (Taller de Vivienda Social), JUNDEP (Corporación de Desarrollo Social) y otras organizaciones vinculadas a iglesias católicas y protestantes e iniciativas privadas. Posteriormente, después del terremoto del 2010, que nuevamente azotó la zona central, se renovó el debate público respecto de qué hacer con las construcciones con tierra que sobrevivieron pero con serios daños y con la pertinencia de seguir empleando sistemas constructivos nuevos en base a ella. En ese contexto surgieron nuevamente y de modo espontáneo grupos e iniciativas individuales que buscan tanto el rescate patrimonial de edificaciones como un rescate de las tecnologías asociadas a la construcción con tierra y se crean las primeras normativas nacionales que regulan la intervención estructural del patrimonio edificado con dicho material: la NCh3332 Estructuras – Intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda – requisitos del proyecto estructural (2013) y la Norma Técnica MINVU NTM-002 (2013). Recientemente, siempre en el contexto del debate nacional sobre la pertinencia de construir con tierra, surgen diversas redes y agrupaciones entre las que destacan las redes universitaria ARCOT, UNI-TERRA, la Red Chilena de Construcción con Fardos de Paja (que también promueve el uso de la tierra), y otras iniciativas privadas que también están aportando al desarrollo en torno al material, como la Fundación Jofré, la Red de Ecoaldeas, etc.; es en este contexto que surge la red PROTIERRA-Chile.

2. CREACIÓN DE LA RED PROTIERRA-CHILE

Durante el 13° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con tierra-SIACOT realizado en Chile en la ciudad de Valparaíso, surgió la idea de formar una red nacional en torno al tema de la arquitectura y construcción con tierra. Esta iniciativa fue estimulada por la coordinación general de la Red PROTERRA junto al comité coordinador del 13° SIACOT. Así, se constituyó durante el mes de noviembre del 2013 la Red PROTIERRA-Chile como respuesta al interés general demostrado y a la necesidad de crear redes nacionales que potencien la investigación y el hacer con este material, sumándose a redes similares existentes en Argentina, Brasil y México.

La Red PROTIERRA-Chile se constituye entonces asociada a la Red Iberoamericana PROTERRA, con total autonomía de operación y con objetivos comunes a la primera, reconociendo la realidad local chilena. Se autodefine como una red de integración, cooperación técnica de ámbito nacional, que actúa en el desarrollo de la arquitectura y construcción con tierra. Su principal misión es promover y generar conocimiento para el uso del material tierra en la construcción y la arquitectura, en las áreas de asentamientos humanos y vivienda en zonas rurales y urbanas, preservando la diversidad cultural y el patrimonio. Pretende además, contribuir a la promoción del desarrollo sustentable, desde un enfoque integral, considerando los ámbitos social, ambiental, técnico, cultural y económico, con la participación de la sociedad civil aportando al desarrollo sustentable.

La constitución de la Red se hizo con el patrocinio del Comité de Tecnología del Colegio de Arquitectos de Chile-COMTEC, debido a que esta instancia neutral facilita la participación de diferentes actores provenientes de variados ámbitos universitarios, institucionales, empresariales y de otra naturaleza. Se adoptaron estatutos similares a los existentes en otras redes como la de la hermana república de Argentina. En la Red se han reunido representantes de varias universidades públicas y privadas, además de un centro de formación técnica, una escuela de construcción con tierra-ECOT y profesionales y técnicos de las áreas de arquitectura, ingeniería estructural y construcción civil, además de los 6 miembros chilenos de PROTERRA. Esta diversa composición de los integrantes

ha enriquecido el quehacer y ha abierto oportunidades de acción e influencia en el medio nacional para la construcción con tierra.

Durante el primer año de funcionamiento de la Red (2014), se impulsaron diversas iniciativas, muchas de las cuales siguen aún en curso. Temas como la normalización, enseñanza, capacitación, vivienda social y vivienda de emergencia, fueron discutidos y analizados en reuniones bimensuales presenciales. A continuación se darán a conocer los principales proyectos de la Red (2014-2015).

3. PROYECTOS EN DESARROLLO

3.1. Catastro nacional de obras de tierra

Este catastro nació con el objetivo de identificar las edificaciones de carácter patrimonial, arqueológico y contemporáneas construidas con tierra en el territorio nacional, para poner en valor su existencia, y a la vez constituir un insumo para la elaboración del atlas de arquitectura iberoamericana en tierra, objetivo de la red madre PROTERRA.

La meta es lograr un registro confiable de obras de modo de tener una perspectiva global del impacto que ha significado la construcción con tierra en Chile desde un pasado reciente hasta la actualidad, además de conocer bajo qué técnicas se ha empleado y cuáles han sido las innovaciones tecnológicas en el país.

Para el catastro se diseñó una ficha geo-referenciada de una carilla formato oficio (figura 1) que incluye la siguiente información básica: Autor; Año de construcción; Localización (calle, n°, Comuna); Latitud; Longitud; Tipo de edificación (obra nueva, obra histórica, remodelación, restauración); Tipo de uso (público, privado); Vivienda (colectiva, individual); Equipamiento (comercio, culto, cultural, deportivo y otros); Uso de la tierra; Estructura (tapia, adobe, BTC, quincha, otros); Otros sistemas constructivos no estructurales (adobe pandereta, adobillo, quincha de madera, quincha metálica, paja, otros); terminaciones (revoque, mobiliario y otros); Breve descripción del proyecto; y, imágenes fotográficas y planimétricas.

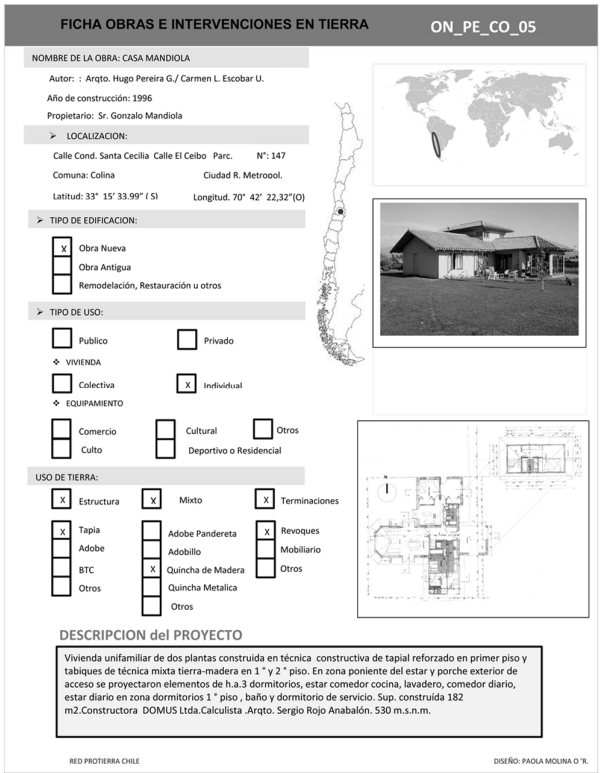


Figura 1. Ficha de catastro nacional obras de tierra

Las fichas se identifican con un código referenciado a la siguiente información básica de la intervención:

- Obra nueva (ON), Restauración (RE) Obra menor (OM)
- Iniciales Nombre autor
- Iniciales Comuna
- Últimos dos dígitos año
- Número de obra del autor.

A la fecha se han confeccionado sesenta y dos fichas abarcando siete regiones desde el año 1982 al año 2012, con aproximadamente trescientas unidades habitacionales o de equipamiento.

Aún está abierto el proceso de registro de intervenciones ya que son múltiples las experiencias que se han realizado en forma aislada. Una tarea compleja ha sido la identificación de autores, la obtención de planimetrías que no siempre estaban disponibles y la determinación de la ubicación exacta georeferenciada. Por otra parte, y como consecuencia del alto nivel de centralismo existente en Chile y su extensa longitud territorial, no se ha logrado catastrar las obras presentes en lugares alejados de la zona central, donde se concentran la mayor cantidad de casos, por lo cual ésta es una tarea pendiente para los próximos meses.

3.2. Prototipo de vivienda de emergencia con técnicas de tierra - PILIKO

Este proyecto se realiza en coordinación con el grupo PILIKO de Grecia, la Universidad Politécnica de Creta y AKO de Italia, alianza que surge de las condiciones sísmicas y de la tradición de la construcción con tierra que comparten ambos países europeos y Chile.

El proyecto comenzó con el levantamiento del estado del arte acerca de las viviendas de emergencia nacidas en Chile y el mundo como respuesta a desastres, especialmente terremotos; luego se recopiló información sobre materiales y técnicas tradicionales locales, y su modo de adaptación al medio, considerando la influencia de las condiciones socio económicas de los distintos territorios. Después de ello se formuló un anteproyecto de vivienda, con diversas propuestas relacionadas a las distintas áreas climáticas de Chile y la disponibilidad de recursos naturales por región. Finalmente, se proyectó un prototipo para la zona central de Chile, con una estructura modular de madera rellena con tierra, tipo quincha, con una superficie de 18,64 m^2, considerando un programa básico y un planeamiento de crecimiento progresivo de la obra. Se proyectó además un mobiliario básico (sofá-cama de 2 plazas, litera de 2 plazas, mesa con espacio para una placa, refrigerador y armario) integrado a la estructura de madera (figura 2). Este prototipo cumple con toda la legislación correspondiente en cuanto a su comportamiento estructural estático y dinámico, así como energético. Cabe destacar que se utilizará madera de desecho, por ser un sub-producto característico de situaciones de emergencia, lo que significa además reducir los costos del prototipo.

Este prototipo se construirá a fines del mes de Noviembre de 2015 en el Centro de formación técnica Instituto del Medio Ambiente- IDMA, ubicado en la Comuna rural de Buin al sur de la ciudad de Santiago, con alumnos de la carrera de Construcción Sustentable monitoreados por dos profesionales del grupo PILIKO de Grecia y de la Red PROTIERRA-Chile. Después de finalizar las obras se llevará a cabo una evaluación de todo el proceso incluyendo una publicación, la exposición de los planos de proyecto, la producción de un video y la difusión del proyecto a las autoridades locales.

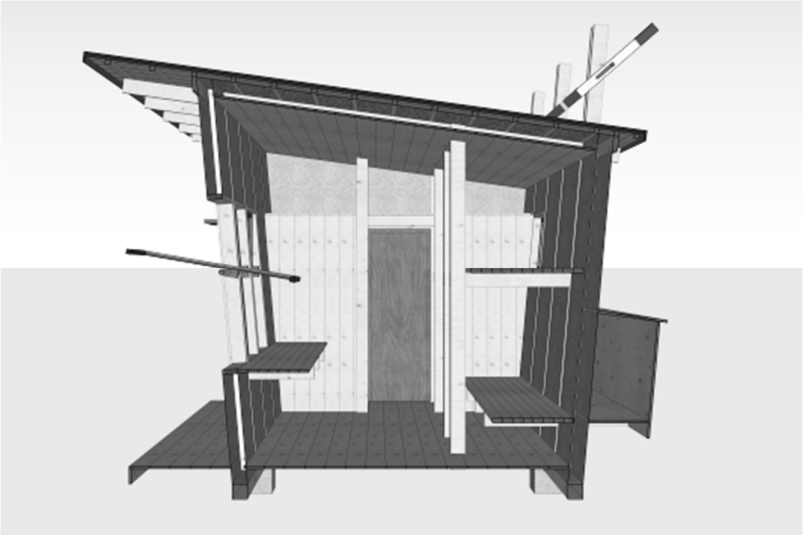


Figura 2. Módulo de emergencia proyectado en madera y tierra por PILIKO (Fuente: PILIKO)

3.3. Plan de viviendas para comunidad rural de la etnia Pehuenche

Este proyecto, aún en etapa de gestación, va dirigido a resolver un problema habitacional de larga data y que presenta condiciones complejas como lo son los de accesibilidad debido a su ubicación geográfica, tipo de usuario y otras condiciones especiales ligadas a la memoria y el habitar de los pueblos originales de Chile, en este caso la comunidad Pehuenche, habitantes del lago Icalma en la zona cordillerana en la IX Región de la Araucanía.

Este proyecto se gesta bajo el patrocinio de la Red PROTIERRA-Chile, con el objetivo de realizar una primera actividad de “co-creación” con la comunidad Pehuén-Icalma para posteriormente presentarse ante el Ministerio de Vivienda y Urbanismo bajo el nombre "Vivienda Mapuche Sustentable en el Territorio de Icalma”. Como premisas se han considerado la sensibilidad de la comunidad Pehuenche hacia el habitar en la naturaleza y su forma ancestral de relacionarse con el territorio, pero también su interés por incorporar tecnologías alternativas contemporáneas en pos de un desarrollo sustentable tanto en ámbito urbano como rural. Cabe mencionar que la vivienda en Chile es todavía un tema a solucionar, más aún lo son las viviendas indígenas, las cuales se enmarcan en una esfera cultural, medio ambiental y económica distinta a la que se da en las urbes.

Las estrategias para abordar el desarrollo del proyecto son:

- Creación de un equipo de trabajo integrado por miembros de la Red PROTIERRA-Chile.
- Elaboración de un programa de trabajo.
- Definición de lineamientos de proyecto.
- Desarrollo de estrategias de proyecto.
- Búsqueda y postulación a fondos concursables de gobierno para financiar el proyecto.

Los requerimientos del proyecto son:

- 500 viviendas
- Vivienda sustentable
- Sistema constructivo de tierra mixta.
- Aplicación de energías alternativas.

- Método constructivo: Construcción convencional o autoconstrucción asistida.

Dentro de las actividades realizadas hasta el momento, están las reuniones de presentación y la coordinación con autoridades de la etnia Pehuenche, constituyendo con ellos un equipo de trabajo interdisciplinario de profesionales de la Red. También se han realizado gestiones antes ONGs para conseguir fondos de ayuda que contribuyan con gastos básicos de traslado a la zona para dar el puntapié inicial del proyecto.

4. ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN

En la etapa inicial de formación de la Red PROTIERRA-Chile, han sido fundamentales las actividades de difusión de la misma en el medio nacional chileno, destacando entre ellas el primer Encuentro Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra- ENACOT (2014) y la presentación en la Bienal de Arquitectura 2015.

4.1. Encuentro Nacional de Arquitectura y Construcción con Tierra-ENACOT

ENACOT-2014 fue organizado por la Red PROTIERRA-Chile en conjunto con el Comité de Tecnología del Colegio de Arquitectos y la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, siendo esta última la sede del evento. A estas instituciones se sumaron rápidamente otras entidades tanto del mundo público como privado, entusiastas en apoyar el evento como patrocinadores, entre ellas: la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile, la Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile, el Instituto Profesional DUOC UC de Valparaíso, la oficina Surtierra-Arquitectura y la Escuela de Construcción con tierra- ECOT. El ENACOT (figura 3) nació entonces como un “encuentro” entre los distintos actores que de alguna u otra manera están vinculados al quehacer de la construcción en tierra, con el objetivo de evidenciar el estado del arte nacional. Se llamó “encuentro” y no “seminario” o “congreso”, para utilizar un término más amistoso y que invitara a la participación fuera del ámbito exclusivamente académico.

La alta demanda tanto de participantes como de ponentes (figura 4), dejó de manifiesto como el tema de la arquitectura y construcción con tierra, aún pareciendo marginal, está cobrando cada vez más fuerza en Chile e interesa por sobre todo a las generaciones más jóvenes. La concurrencia de diferentes actores del ámbito universitario, profesional, ONGs y privados, así como la variada gama de trabajos presentados, dan cuenta de la enorme trascendencia y proyección futura que tiene este particular tema: la conservación y restauración arquitectónica del patrimonio chileno, la difusión y capacitación, la expresión arquitectónica contemporánea con tierra, contribuyen a fortalecer la presencia de este material en el ámbito nacional.

Figuras 3 y 4. Afiche del ENACOT y asistentes al encuentro respectivamente

La jornada del encuentro se dividió en tres bloques, dedicados al patrimonio, a la arquitectura contemporánea y a la investigación y difusión de la construcción con tierra. Complementariamente se desarrolló un taller práctico de reconocimiento del material tierra, comprobándose algunos principios técnicos básicos. Todos los trabajos fueron publicados en extenso en un primer Boletín nacional de la Red que apareció en el reciente mes de julio del 2015.

Este primer ENACOT pretende ser el primero de muchos y se espera que distintas instituciones lo vayan acogiendo en su casa, bajo la responsabilidad colectiva de difundir lo que se está haciendo en el país en el ámbito de la construcción con tierra bajo el alero de la Red PROTIERRA-Chile. Se espera crecer, llegar a regiones, acoger un mayor número de ponencias y aún mayor número de interesados, con aspiración a que se transforme en una plataforma nacional donde anualmente quien lo desee pueda compartir su quehacer. Se espera asimismo que en los próximos eventos, se presenten nuevas propuestas, las que contribuirán sin duda al enriquecimiento del acervo cultural de este noble material.

4.2. Presentación en Bienal de Arquitectura

Durante la XIX Bienal nacional de Arquitectura realizada en el mes de abril del 2015 en la ciudad de Valparaíso, se realizó con gran éxito de asistencia (figura 5) la presentación de la Red PROTIERRA-Chile representada con dos ponencias una sobre los principales sistemas constructivos en tierra que han tenido un buen comportamiento ante el último gran sismo del 2010[15], y una segunda sobre la construcción con fardos de paja y tierra[16].

Figuras 5. Presentaciones en la Bienal de Arquitectura

5. PROYECCIONES DE LA RED PROTIERRA, CHILE

Los proyectos en desarrollo anteriormente enunciados, son congruentes con los objetivos de la Red PROTIERRA-Chile y la Red Iberoamericana PROTERRA. Éstos presentan distintos grados de avance y desarrollo y han logrado activar las actividades de la Red en el corto periodo de funcionamiento de ésta. Con lo anterior, se busca diseminar y potenciar la construcción con tierra en Chile, tanto en ámbito urbano como rural, considerando los beneficios sociales, ambientales, técnicos, culturales y económicos que promueve el material, en miras a un desarrollo sustentable.

Los desafíos que se vislumbran a corto plazo, son la generación de un sistema de gestión y financiamiento adecuado, la creación de una página web y de un boletín anual. Por último, se espera centrar la acción de la Red en los próximos años en torno a los siguientes temas:

[15] A cargo del coordinador general de la Red, arquitecto Hugo Pereira.

[16] A cargo del arquitecto Jorge Broughton, de la oficina Spencer-Broughton.

- conocimiento y difusión del vasto patrimonio arquitectónico chileno construido en tierra.

- conocimiento y difusión de innovaciones tecnológicas recientes de la construcción en tierra.

- capacitación y enseñanza en diferentes niveles.

- estudio de la realidad normativa actual y generación de nuevas normas adecuadas a nuevas construcciones en tierra.

- desarrollo de proyectos arquitectónicos piloto vinculados a problemas sociales y emergencia especiales.

Por último, vale la pena mencionar que aunque en Chile en los últimos años se han dado importantes pasos en relación a la conservación del patrimonio construido en tierra y a la construcción de algunas viviendas nuevas para estratos medio-altos proyectadas por profesionales, la realidad nacional es que la tierra sigue siendo un material relegado al ámbito de la auto-construcción no asistida en zonas rurales y que el material tierra sigue poseyendo un estigma social que crea desconfianza por parte de profesionales y académicos. En ese sentido la Red PROTIERRA-Chile tiene el importante desafío de contribuir a superar estas dificultades y de posicionar la tierra como un material de construcción ancestral con un gran potencial de futuro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nacional de Normalización-INN de Chile (2013). NCh3332 Estructuras- intervención de construcciones patrimoniales de tierra cruda- Requisitos del proyecto estructural. Santiago: ediciones INN. Disponible en: http://admin.ryv.cl/upload/imagenes-editor/files/NCh03332-2013.pdf. Acceso en 10/09/2015.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo- MINVU de Chile (2013). NTM-002 Proyecto de intervención estructural de construcciones de tierra. Santiago: ediciones MINVU. Disponible en: http://www.minvu.cl/opensite_20140107151749.aspx. Acceso en 10/09/2015.

Lacoste, P.; Premat, E.; Bulo, V. (2014). Tierra cruda y formas de habitar el Reino de Chile. TALCA: Universum, 29(1), P. 85-106. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-23762014000100005&lng=es&tlng=es. 10.4067/S0718-23762014000100005. Acceso en 10/09/2015.

Jorquera, N. (2015). Culturas constructivas que conforman el patrimonio chileno construído en tierra. En Valdivia: revista AUS, nº16, p.28-33. Disponible en: http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-72622014000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es. Acceso en 10/09/2015.

AUTORES

Rodolfo Jiménez. Arquitecto de la Universidad de Chile y Magister en Educación de la Universidad de Santiago. Es profesor asociado de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile donde realiza docencia e investigación en torno a temas relacionados con el Hábitat Residencial y la sustentabilidad ambiental. Como arquitecto ha desarrollado numerosos proyectos y otras iniciativas relacionadas con el área de la Tecnología y la Vivienda, algunas de ellas en tierra, destacando su trabajo en el Centro Urbano de Asistencia Técnica "Taller Norte". Miembro de la Red PROTIERRA-Chile.

Natalia Jorquera. Arquitecto de la Universidad de Chile y Doctora en Tecnología de la Arquitectura de la Universidad de Florencia. Es académica del Departamento de Arquitectura de la Universidad de Chile, donde trabaja en temas relacionados con la puesta en valor de la arquitectura vernácula y las tecnologías tradicionales de construcción. Es además miembro experto del Comité Científico Internacional del Patrimonio construido en Tierra- ISCEAH y miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA y de la Red PROTIERRA-Chile.

Selene López. Licenciada en Arquitectura de la Universidad Nacional Andrés Bello y de la Universidad del Valle de México, 2010. © Magíster en Arquitectura Sostenible con mención en

Eficiencia Energética de la Universidad Nacional Andrés Bello, 2011. Miembro de la Red PROTIERRA-Chile. En el área Sostenible se ha desenvuelto en la Construcción con Tierra.

Hugo Pereira. Arquitecto de la Universidad de Chile. Coordinador general Red Iberoamericana PROTERRA y de la Red Nacional PROTIERRA-Chile. Ha realizado numerosas obras construidas en tierra así como docencia en torno a temas afines en diversas universidades chilenas. Obtuvo el Premio "Fermín Vivaceta" otorgado por el Colegio de Arquitectos de Chile al arquitecto con mejor trayectoria en obras construidas en el año 2000.

15. ARQUITETURA E ASPECTOS CONSTRUTIVOS AFRO-BRASILEIROS EM PORTO NOVO, BENIN: AÇÕES DE REQUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL ENTRE OS JOVENS DE ORIGEM *AGUDÁ*

Alexandre Ferreira Mascarenhas[1]; Luana Lara Safar Redini[2]; Rock Kiki Gbénahou[3]

Instituto Federal de Minas Gerais – campus Ouro Preto; MG, Brasil.
[1]alexandre.mascarenhas@ifmg.edu.br; [2]luanasafar@hotmail.com

[3] Maison du Patrimoine et du Tourisme de la Ville de Porto Novo, Porto Novo, Benin, rochkiki@yahoo.fr

Palavras-chave: arquitetura afro-brasileira, Benin, requalificação profissional, agudás

Resumo

Benin, país situado na África do Oeste, se caracteriza pela sua diversidade geográfica, cultural e étnica e, sua capital, Porto Novo, reflete as características do país. Observa-se uma lacuna na literatura no que diz respeito ao estado da arte do patrimônio arquitetônico afro-brasileiro e seus sistemas construtivos tradicionais existentes nesta região, e, sobretudo em ações que visam à requalificação profissional e à conservação e restauração deste patrimônio. As investigações realizadas sempre foram direcionadas à arquitetura de terra encontrada no norte do país com a fronteira do Togo como os castelos de terra fortificados *tata-somba* ou nas arquiteturas das etnias *gurunsi* e *aschanti* localizadas no sul da Burkina Faso e norte e centro de Gana. Observa-se, portanto, uma desvalorização e perda de conhecimento e, consequentemente, de identidade entre a sociedade e as famílias afro-brasileiras de sobrenomes Souza, Silva, Medeiros, D´Almeida, entre outros – os agudás. Desta forma, este artigo apresenta o curso de requalificação técnica, ministrado entre 2012 e 2014, estabelecido entre a Casa do Patrimônio e do Turismo de Porto Novo (*Maison du Patrimoine et du Tourisme de la Ville de Porto Novo*), a Comunidade Urbana de Lyon e a Agência Brasileira de Cooperação em parceria com o Ministério das Relações Exteriores do Brasil e o Instituto Federal Minas Gerais, cujo objetivo principal foi o resgate das técnicas construtivas tradicionais da arquitetura afro-brasileira. Desta forma, este artigo busca a valorização destas técnicas e traz ainda uma breve descrição das metodologias e das atividades realizadas em Porto Novo neste curso de capacitação, onde se espera que as ações permitiram a sua disseminação e, consequentemente, a salvaguarda deste patrimônio e a possibilidade de ingresso destes jovens em um novo campo de trabalho.

1 INTRODUÇÃO

O processo de requalificação profissional destinado aos jovens de origem *agudá* na conservação e restauro da arquitetura afro-brasileira em Porto Novo, Benin, aconteceu entre dezembro de 2012 a dezembro de 2014.

Esta iniciativa foi possível em razão de um projeto de colaboração trilateral entre a Casa do Patrimônio e do Turismo de Porto Novo (*Maison du Patrimone et du Tourisme de la Ville de Porto Novo*), a Comunidade Urbana de Lyon e a Agência Brasileira de Cooperação – ABC -– em parceria com o Ministério das Relações Exteriores do Brasil e o Instituto Federal Minas Gerais.

Benin exportou um grande número de escravos para o Brasil durante os séculos XVIII e XIX. Após a abolição da escravatura, descendentes de famílias oriundas desta região do oeste da costa africana retornam e, quando ali se instalam, iniciam um processo de ocupação e desenvolvimento urbano e arquitetonico usando como base aquilo que realizaram em território brasileiro. Assim, este grupo étnico foi denominado de “retornados” ou *agudás*. As edificações eram concebidas levando-se em conta os sistemas construtivos “brasileiros” adaptados aos materiais locais e às ferramentas e equipamentos disponíveis.

Em seguida, o país foi colonizado pelos franceses entre 1888 e 1950, e, desta forma, contribuiu para mais miscigenação social, política, econômica e cultural que corroborou

para uma pasisagem urbana singular que compõe o acervo patrimonial tangível e intangível do país.

Observa-se, portanto, que Porto Novo abriga um número considerável de edificações da arquitetura afro-brasileira e colonial-francesa que se encontra em estado de conservação precário. A partir de tal constatação, considerou-se a urgente necessidade de desenvolver ações de requalificação profissional dos jovens, sobretudo aqueles de origem agudá, na conservação e restauro destes imóveis que representam um momento muito significativo da arte e da arquitetura neste país.

Esta capacitação também se apresenta fundamental para a inserção de parte destes jovens em um possivel mercado de trabalho e incentiva a preservação do conjunto arquitetônico afro-brasileiro, com o intuito de devolver à Porto Novo sua identidade manifestada nas suas tradições étnicas, religiosas e culturais.

A intenção maior é difundir o conhecimento sobre os sistemas construtivos executados nas edificações *agudá*s, suas técnicas e materiais utilizados, bem como elaborar uma análise histórica, política e cultural deste povo.

Desta forma, foram dinamizados quatro módulos de conteúdo educacional teórico e prático entre os anos 2012 e 2014 por meio de dinâmicas e atividades direcionadas a um grupo de jovens, sendo a maioria proveniente de famílias *agudás*.

O primeiro módulo apresentou noções de arquitetura, teoria e dossiê de restauração e metodologia de intervenção. O segundo módulo, intitulado Tecnologia da Construção I, trabalhou os conceitos gerais e práticas da construção civíl e da arquitetura, bem como os critérios da fundação, ou implantação dos edifícios. O terceiro módulo intitulado Tecnologia da Construção II teve como escopo a arquitetura em terra, carpintaria, marcenaria, forro e cobertura. Finalmente, o módulo IV se concentrou nas atividades relacionadas com revestimentos de acabamento como rebocos, estuques e pinturas.

2 PORTO NOVO – ASPECTOS HISTÓRICOS, SOCIAIS, ECONÔMICOS E CULTURAIS

Porto Novo nasceu da confluência de três grupos antropológicos distintos: os *iorubás* que se instalaram ali a partir do final do século XVI, os *gouns* que destituíram o chefe local e fundaram o Reino de Hogbonou e, finalmente, os retornados ou *agudás* – os afro-brasileiros (Guran, 2002). Portanto, a vila recebeu três nomes diferentes, conforme cada grupo social a denominava: Adjatchè para os *iorubá*s, Hogbonou para os *gouns* e Porto Novo para os portugueses.

Assim, este triângulo de crenças ancestrais e sincretismos religiosos foi a base para o desenvolvimento social, político, econômico e cultural da cidade. Havia respeito, harmonia e equilíbrio entre os povos de cada grupo. Ainda hoje, pode-se perceber e identificar por meio de símbolos ou signos, muitas vezes representados nas fachadas das edificações, qual a situação religiosa daquele grupo familiar ali instalado. A longevidade da cidade permitiu traçar as fases históricas da região por meio das tradições culturais e construtivas arquitetônicas.

O patrimônio urbano e arquitetônico de Porto Novo está diretamente associado ao seu entorno paisagístico natural e à sua história. A cidade é espacialmente composta por edificações da arquitetura tradicional, colonial, afro-brasileira e moderna. Entretanto, este espaço não apresenta fronteiras quando se refere aos vestígios culturais (Gbénahou, 2012). A tradição oral ainda é um eixo importante dentro das famílias que compõem o mosaico social representado pela diversidade de etnias existentes. Animistas, cristãos, muçulmanos, ortodoxos e protestantes vivem suas experiências religiosas em estado de tolerância quase silenciosa, onde não existem manifestações agressivas, violentas ou radicais. Entretanto, atualmente, a quantidade de descendentes retornados afro-brasileiros que habitam Porto Novo não alcança 5% da população (Souza, 2008).

A região da costa oeste da África, onde hoje se localiza o Benin, apresentava no século XVI vocação essencialmente agrícola. A base da economia se concentrava praticamente na venda de produtos como mandioca, trigo e inhame. Já nesta época, escravos eram utilizados como mão de obra nestes campos rurais de agricultura de subsistência. Pouco a pouco a moeda na base da troca – escambo – se tornaria usual. A imposição de taxas de impostos e de alfândega também foi um fator comum, sobretudo, a partir das primeiras relações comerciais com os europeus com base nas especiarias e no ouro, proveniente das minas de Gana. No entanto, o comércio deste minério reduziu significativamente no século XVII em função da concorrência do ouro e da prata retirados em abundância dos solos das colônias portuguesas e espanholas situadas na América Latina.

Iniciou-se, assim, um tipo de comércio dominado pelos portugueses, ingleses, holandeses, franceses e dinamarqueses em parceria com os monarcas e chefes dos reinos da costa ocidental da África – a venda de escravos para trabalharem nas plantações de milho nas ilhas das Antilhas, e, de cacau, café e cana de açúcar nas regiões do norte do Brasil, além do trabalho nas minas de ouro em Goiás e em Minas Gerais.

O primeiro grupo de escravos africanos embarcou em terras brasileiras em 1538 e este tráfego permaneceu intenso até 1850.

Porto Novo transformou-se em importante sede do reino onde se travou grande parte das negociações do tráfico negreiro – escravos comercializados entre chefes de tribos africanas e europeus nos séculos XVIII e XIX. As primeiras referências do porto - Porto Novo - onde era realizado o tráfico negreiro datam de 1730. Portugueses e brasileiros instalaram-se na cidade para melhor controlar suas negociações e participaram ativamente deste comércio escravagista que lhes rendia lucros muito altos (Carneiro da Cunha, 2012).

No entanto, a proibição do comércio e do trabalho escravo colocou fim no período escravagista e, os primeiros retornados/*agudás* aportaram na costa do Benin nas primeiras décadas do século XIX no porto onde ocupariam e fundariam posteriormente a vila de Ouidah. Apesar da abolição da escravatura ter sido proclamada oficialmente em 1815 pela Inglaterra, no Brasil a data de emancipação dos negros só seria declarada em 1888. Ainda assim, o comércio de escravos persistiria por muitas outras décadas até princípios do século XX.

Em 1831, todos os escravos de origem estrangeira que viviam no Brasil foram declarados livres e reenviados para a costa da África até os anos 1870.

Outra vila, Agoué, foi outro importante centro de acolhimento deste grupo de afro-brasileiros, entre 1835 e 1845, que introduziu o cristianismo e ergueu sua primeira capela.

Entretanto, a maioria dos retornados*/agudás,* provenientes do Estado da Bahia, adquiriu um *status* social privilegiado e, quando se instalou no Benin, abandonou rapidamente a religião católica para se tornar muçulmanos. Esta nova classe social criaria um determinado tipo de aliança entre as populações locais e as nações europeias e, iniciaria um novo capítulo de relações comerciais, agora baseado no óleo de palma produzido pelos habitantes locais e vendidos a baixo custo. Este grupo social, formado pelos ex-escravos, constituiu uma elite que, aos olhos dos nativos, era demasiadamente ocidentalizada. Famílias com sobrenomes Almeida, Silveira, Souza, Pereira, Santos possuíam grande prestígio no país.

Os afro-brasileiros exerciam diversas funções no comércio, nas plantações agrícolas, na fabricação de objetos de arte, na produção de cerâmica, na costura e principalmente na construção civil. Muitos destes profissionais – pedreiros, carpinteiros, marceneiros, estucadores, pintores e ferreiros – aprenderam seus ofícios em terras brasileiras. Neste período, os portugueses fundaram nesta região oficinas de modelação e fundição, uma vez que ali se encontravam boas argilas e metais além do *savoir-faire* da mão de obra local.

Entretanto, o primeiro tratado de protetorado francês teria sido assinado em 1863 sob o reinado do rei Sôdji. Nesta época um agente da *Maison Régis* foi nomeado cônsul em Porto Novo. Um segundo protetorado teria sido estabelecido em 1882 sob o reinado do rei Toffa e, neste momento, a França conseguiria finalmente instalar sua administração no país e aumentar seu domínio sobre outros países vizinhos (Roch, 2012).

A economia estava direcionada nos produtos agrícolas e têxteis. Milhares de toneladas de amêndoas e de óleo de palma além de vasilhame cerâmico, tecidos e tabaco foram exportados para a Europa em 1888. O período de domínio francês se estendeu no país até 1950.

Desta forma, a miscigenação social, política, econômica e cultural produziu paisagens urbanas específicas marcadas pelos contrastes arquitetônicos e étnicos das diversas fases da história contribuindo para a diversidade do acervo patrimonial material e imaterial que caracteriza e compõe a capital Porto Novo.

3 PORTO NOVO – ASPECTOS DA ARQUITETURA E DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A arquitetura vernácula apresenta características construtivas particulares e pode ser observada nas concessões espaciais ocupadas pelas famílias das etnias *goun* e *iorubá*.

O conjunto destas residências, geralmente de apenas um pavimento, eram edificadas umas próximas às outras de forma a criar um pátio interno aberto entre elas e um único acesso de entrada. Este padrão de partido permitia maior controle e segurança da família e, estes espaços internos eram ocupados pelas mulheres para cozinhar ou para guardar os animais domésticos ou de caça. Este tipo de patrimônio arquitetônico remonta suas origens à fundação do reino entre finais do século XVII e princípios do século XVIII e compreendem o Palácio Real, os grandes Templos *voudouns* e alguns conjuntos residenciais alinhados de propriedade das famílias mais antigas de Porto Novo (Fagundes; Levicz; Teixeira, 2013).

O sistema construtivo variava apesar dos materiais se repetirem na maioria das vezes: terra, bambu e fibras naturais. Observam-se três técnicas principais como as mais difundidas na região: o adobe, a taipa e bloco de terra comprimida (figuras 1 e 2).

Figuras 1 e 2. Sistema construtivo de arquitetura vernácula em Adjarra, Benin
(Crédito: Alexandre Mascarenhas, 2012)

As construções arquitetônicas afro-brasileiras representam o conjunto das expressões materiais e imateriais dos *agudás*. Ressalta-se que o povo *agudá* é aquele formado por ex-escravos que receberam sua liberdade no século XIX no Brasil e retornaram à costa do Benin.

Foi, portanto, a partir das primeiras décadas do século XIX, por volta dos anos 1830-1840, quando os primeiros *agudás* retornaram ao seu país de origem e desenvolveram uma série

de atividades incluindo a edificação de casas e sobrados com características muito similares à arquitetura brasileira, da qual assimilaram as técnicas construtivas, elementos constitutivos, a estética e acabamento refinado.

Estes elementos podem ser observados na marcenaria das portas e janelas, nos relevos em argamassa das fachadas, nas ferragens, na carpintaria das estruturas dos telhados e coberturas, nos pisos em madeira e posteriormente em cerâmicas cozidas e ladrilhos hidráulicos. As fachadas, em geral, possuem algum elemento decorativo em argamassa (figura 3) – estuque ornamental – tais como capitel, coluna, elementos fitomorfos, rocalhas, decorações geométricas ou acabamento imitativo de blocos de pedra.

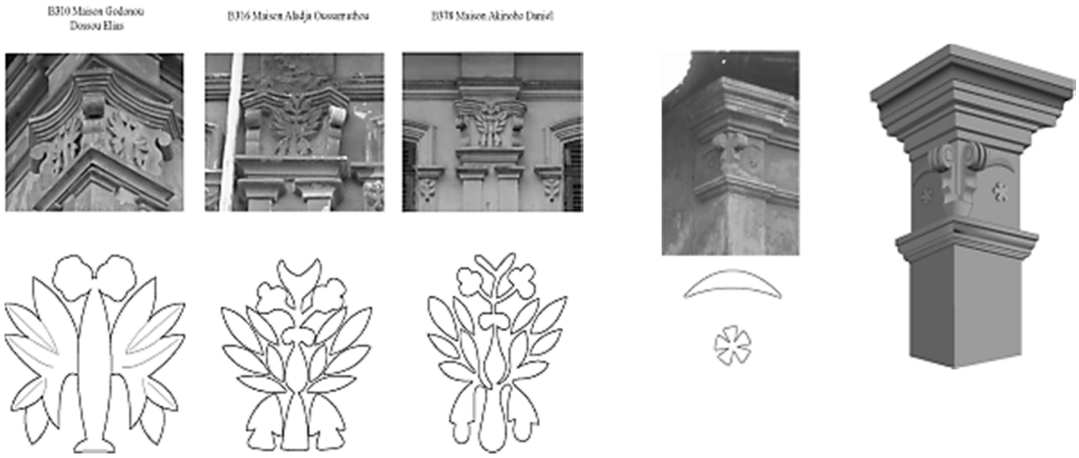


Figura 3: Detalhes dos padrões decorativos em argamassa das fachadas das residências *agudás* (Crédito: Kiki Gbénahou, 2012)

Obviamente não encontraram na África os mesmos materiais e ferramentas que eram utilizadas no Brasil e assim houve a necessidade de se adaptar o processo construtivo conforme os elementos disponíveis locais.

Esta arquitetura reproduziu algumas práticas construtivas dos antigos mestres desses escravos na África e integrou os conhecimentos adquiridos nas oficinas dos mestres artífices da construção civil durante o período em que trabalhavam como escravos no Brasil. Com o domínio das técnicas, estes profissionais constituíram pequenas empresas e prestaram serviços neste mercado que incluíram algumas obras importantes que são referência em Porto Novo, como, por exemplo, a Mesquita central da cidade, a *Maison Padonou*, a *Maison Majebi*, a *Maison Paterson*, a *Maison Ali Ligali*, *Maison Monteiro*, *Maison Marciel de Souza*, a *Maison d´Almeida* entre outras centenas de edificações espalhadas pelo complexo e confuso plano urbano da cidade.

Nas cidades de Lomé (Togo) e Lagos (Nigéria) esta arquitetura recebeu a denominação de *estilo português* porque deste o século XVIII os comerciantes portugueses já erguiam casarios com aspectos semelhantes aos da aristocracia e da burguesia da Corte em Portugal.

Os elementos típicos do casario representativo da arquitetura *agudá*/afro-brasileira podem ser percebidos tanto nas edificações de apenas um pavimento como também nos sobrados. Geralmente, em ambos os casos, o alicerce ou fundação – embasamento – é realizado utilizando pedras de tamanhos variados. Este detalhe técnico contribui para evitar a umidade ascendente do solo e ao elevar o nível térreo das construções em aproximadamente 50 cm a 60 cm, proporciona uma proteção em relação às águas das chuvas e facilita ainda o escoamento do esgoto interno com a inclinação adquirida.

As paredes apresentam uma diversidade de sistemas construtivos - taipa, adobes, tijolos cozidos, pau a pique, tabique, estuque e bloco de terra comprimida – que mescla a terra com fibra e/ou pedregulhos. O acabamento das superfícies das paredes é em argamassa de cal e terra ou cal, areia e cimento, conforme a idade da edificação. Estes rebocos além da função estética protegem a estrutura interna dos suportes das intempéries.

As estruturas dos telhados podem se apresentar em madeira cortada em peças retilíneas e robustas ou em paus roliços. A maioria das residências apresenta degradações em relação ao peso do telhado sobre as paredes de terra ocasionando trincas diagonais e, consequentemente, desprendimento da argamassa do suporte. Raramente encontra-se uma estrutura interna com peças verticais e horizontais encaixadas, tipo uma *gaiola*. A maioria das construções não possui sequer o frechal para receber a estrutura e dividir o peso do telhado e, percebe-se, portanto, que as peças da tesoura empurram as fachadas criando uma deformação e seu destacamento é facilmente visível.

É comum perceber um espaço vazado (aberto) entre a parte superior da alvenaria e o telhado, permitindo a circulação de ar e a ventilação dos ambientes. A presença dos pátios internos também contribui para uma circulação mais eficiente proporcionando o cruzamento do ar.

As telhas utilizadas são, em quase sua totalidade, de zinco ou alumínio; com raras exceções observamos a presença da telha cerâmica. Os forros utilizam o trançado de bambu de pequeno diâmetro e, nas edificações de famílias com maior poder aquisitivo percebemos forros em tábuas de madeira aparelhada. Os volumes prismáticos apresentam de duas a quatro águas em suas coberturas. Em alguns casos encontramos tipos arquitetônicos que apresentam cobertura em fibra natural: palha, folhas secas da palmeira e bambu (figura 4).

Figura 4: Exemplares de forros em bambu em Porto Novo, Ganvié e Adjarra
(Créditos: Alexandre Mascarenhas, 2012)

As aberturas – portas e janelas – são confeccionadas sempre em madeira de duas folhas ou em guilhotina. Algumas possuem venezianas, almofadas, bandeira com vidro fixo, treliças, peças cegas somente com uma pequena abertura vazada e recortada criando um desenho ou as *jealousies*. O estilo mescla o colonial português inicialmente introduzido no Brasil - estilo chão - com elementos decorativos do ecletismo. As aberturas sempre apresentam molduras em madeira ou em argamassa e, as cores são vibrantes e contrastantes.

Internamente, o mobiliário é de inspiração europeia e mesas, *buffets*, camas e armários confeccionados *in loco* ou importados da França.

O auge do período *agudá* está compreendido entre as últimas décadas do século XIX e meados do século XX quando foi edificado um vasto número de residências e templos religiosos. A partir dos anos 1930, o declínio econômico da população afro-brasileira frente à política de colonização francesa contribuiu para o abandono de suas casas e concessões por grande parte destes habitantes por não apresentarem condições financeiras para manter aquele patrimônio. Durante o período da colonização francesa no país, sobretudo em Porto Novo, foram instalados edifícios administrativos e casarões de inspiração francesa, além de uma igreja em estilo neogótico, todos edificados por esta mesma mão

de obra que ainda possuía seu *savoir faire.* Atualmente este conjunto patrimonial é denominado como arquitetura colonial.

Já na década de 1960, a arquitetura *agudá* se tornaria sinônimo de velharia, de obsoleto e, a deserção destas edificações aliado ao uso contínuo de cimento provocam o desaparecimento de muitos exemplares afro-brasileiros, assim como o desinteresse pelas técnicas tradicionais construtivas pelos profissionais da construção civil, o que contribuiu, consequentemente, pela perda gradual deste conhecimento específico.

4 AÇÕES DE VALORIZAÇÃO E DE RESGATE DA ARQUITETURA AFRO-BRASILEIRA E CURSO DE REQUALIFICAÇÃO TÉCNICA PARA OS OFÍCIOS DA CONSERVAÇÃO

Nos anos 2001 e 2202, um inventário das construções afro-brasileiras foi realizado. A qualidade excepcional deste patrimônio arquitetônico o qual sempre esteve associado às práticas familiares sociais e rituais destes habitantes, que conceberem parte da história do país, conscientizou as autoridades locais político-administrativas (Prefeitura de Porto Novo) e a Escola do Patrimônio Africano (EPA) da necessidade de salvaguardar o perímetro histórico da cidade assim como na criação de políticas que permitam a preservação deste patrimônio edificado.

Uma destas ações resultou na pareceria entre instituições de três países: Benin: Prefeitura de Porto Novo e Casa do Patrimônio e do Turismo, França: Comunidade Urbana de Lyon e, Brasil: Agência Brasileira de Cooperação, Prefeitura Municipal de Fortaleza e Instituto Federal de Minas Gerais *campus* Ouro Preto.

O projeto de requalificação técnica foi, portanto, dividido em quatro módulos ministrados em quatro meses, em período integral. Os alunos, em sua grande maioria, eram provenientes do *Lycee Technique* de Porto Novo e de profissionais da comunidade local que já trabalham no setor da construção civil. Muitos destes jovens são de origem *agudá*.

A base metodológica empregada na realização deste projeto constituiu-se basicamente na intergração entre aulas teóricas e práticas, a fim de coadjuvar para a fluidez da compreensão do conteúdo.

Dentro dos quatro módulos ofertados, havia as aulas teóricas, dinamizadas em uma sala ofertada pela *Maison du Patrimone et du Turiesme de Porto Novo*. Estas dispunham do uso de data-show, com apresentações elaboradas no programa *Power Point* da *Microsoft Office* e vídeos sobre os temas relacionados ao conteúdo das aulas. Foram disponibilizados ainda, um quadro negro, giz, papéis, lápis, tintas, borrachas e canetas.

Já as aulas práticas eram realizadas na *Maison Padonou,* disponibilizada pela Prefeitura de Porto Novo para realização do dossiê de restauração e aprendizado dos sistemas construtivos vernaculares adotados nas edificações. Foram trabalhadas as técnicas de construção de telhado, cobertura, forro, pau a pique, adobe, revestimentos, pigmentos à base mineral, vegetal e animal, pintura, *stencil* e estuque. Para a elaboração do dossiê de restauro da *Maison Padonou* foram feitos o levantamento histórico da cidade, do entorno do objeto de estudo e do edifício em sí, além do levantamento métrico e fotográfico para o desenvolvimento dos desenhos técnicos de fachadas, plantas e ficha de patologias. Ao final, foram explanadas as propostas de intervenção no caderno de encargos.

O módulo I desta missão teve caráter educativo e patrimonial, e, aconteceu entre novembro e dezembro de 2012 abordando temas como teorias do restauro, educação patrimonial, apropriação e percepção do patrimônio *agudá*/afro-brasileiro como identidade local, criação de dicionário visual técnico, espacial e estético dos elementos que compõem este tipo particular de arquitetura, assim como a execução de dossiê de conservação e restauro de uma edificação, a *Maison Padonou*, que foi selecionada para receber as

atividades práticas do curso e de abrigar o futuro Centro de Formação em Artes e Ofícios associados à Conservação do Patrimônio Edificado.

A metodologia aplicada durante este módulo se apresentou por meio de aulas teóricas e práticas em sala de aula e *in loco*. Croquis, desenhos arquitetônicos, levantamentos métrico, contextual e fotográfico além do mapeamento gráfico das patologias foram realizadas pelos alunos, que demonstraram muito interesse em adquirir conhecimentos – oportunidade de inserção em um novo mercado de trabalho.

O módulo II, denominado “Tecnologia da Construção: Conceitos gerais e fundações”, aconteceu em setembro de 2014. Iniciou-se introduzindo os tipos de materiais e técnicas utilizados nas construções, dando enfase à arquitetura vernácula com base no uso da terra, onde foram tratadas as questões referentes à constituição do solo, características físicas e químicas, procedimento de obtenção e beneficiamento, processo de degradação, ação da água sobre a arquitetura de terra e sistemas construtivos que empregam a terra como matéria prima.

Discutiu-se ainda sobre a madeira - histórico de utilização, anatomia do tronco, características físicas e químicas, procedimento de beneficiamento, corte, secagem, desdobramento, imunização, processo de degradação, insetos deterioradores de madeira, ação da água sobre a madeira, sistemas construtivos que empregam a madeira como matéria prima, a utilização da madeira como material de construção pelo mundo.

Foram realizados os primeiros ensaios práticos da escolha do solo que definiria sua resitência à compressão, e mais tarde seria utilizado nas práticas em canteiro de oficina-escola na *Maison Padonou*.

Em campo, foram ainda realizadas as seguintes atividades: limpeza do terreno, confecção de formas de adobe (figura 5) e de taipa de pilão, preparo da terra, processo de hidratação da cal virgem em pedra, fabricação dos adobes, execução da alvenaria de taipa de pilão e confecção da estrutura de madeira – painel ou gaiola – das paredes de pau a pique.

Figura 5: Processo de confecção dos adobes
(Créditos: Sérgio Norberto, 2012)

O módulo III intitulado “Arquitetura em terra, carpintaria, rebocos e coberturas” foi ministrado em outubro de 2014. Continuram-se os procedimentos e processos construtivos iniciados no módulo II. Assim, foi realizado o preechimento da forma da taipa de pilão e a retirada do molde do mesmo para receber reboco de acabamento.

As atividades práticas seguintes englobaram ainda a confecção de formas de abóbadas utilizando madeira e o “embolso” da estrutura do pau a pique.

Para se intervir diretamente sobre a estrutura – alvenarias, esquadrias e cobertura – da *Maison Padonou*, o dinamizador juntamente com os alunos construiram e montaram os andaimes, confeccionaram moldes e reproduziram cimalhas e ornatos em relevo das fachadas, consolidaram as trincas e trataram as fissuras, além de inicarem a confecção das esquadrias utilizando a estrutura de equipamentos, maquinário e ferramentas da oficina de carpintaria do Liceu Técnico (figura 6).

Figura 6: Seleção e beneficiamento da terra; Execução de moldes – carrinhos deslizantes – para execução das cimalhas e molduras; Construção e montagem dos andaimes (Créditos: Pedro Paulo Vitor, 2012)

Finalmente, o módulo IV denominado “Revestimentos: argamassas, estuque e pintura” ocorreu em novembro de 2014. Neste módulo, foram realizadas ações teóricas e práticas direcionadas aos elementos de acabamento.

Ainda estudou-se e praticou-se a teoria das cores, pigmentos naturais, técnicas de pintura (mural, estêncil, à fresco, à seco e esgrafiado) e tecnologia dos moldes.

Cada aluno elaborou seu círculo cromático e pesquisou sobre os aglutinantes disponíveis localmente. Foram executados exercícios de aplicação de reboco e textura sobre alvenaria. Moldes em tacelos de gesso e em silicone foram construídos para a recomposição dos balaústres faltantes das fachadas da edificação e, argamassas foram preparadas para a fundição dos ornatos, que foram, posteriormente, aplicados às superfícies.

Após a finalização do curso, algumas atividades, no que diz respeito à restauração da edificação afro-brasileira *Maison Padonou*, continuaram com alguns alunos e técnicos locais provenientes da *Maison du Patrimoine de la Ville de Porto Novo*. Entretanto, a constante falta de material e de ferramentas além do não pagamento das bolsas aos alunos por parte da prefeitura local contribuiu para a dispersão e interrupção dos trabalhos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A promoção da valorização, da difusão e da reconstrução do conjunto cultural e histórico afro-brasileiro por meio de ações que beneficiem a conservação e da restauração destes bens imóveis, situados em Porto Novo, apresentou como principal objetivo a mobilização social, a valorização da arquitetura, o resgate das técnicas construtivas, a disseminação destes valores e a possível geração de empregos através da inserção de um novo profissional capacitado para intervir de maneira adequada na preservação do patrimônio local. Estes jovens alunos possuem conhecimento específico e savor faire para serem multiplicadores de uma mão de obra que já havia se dissipado.

Estas oportunidades econômicas e financeiras investidas na salvaguarda desta arquitetura seriam extremamente positivas tanto para a população quanto para o turismo local.

Os resultados conseguidos, inicialmente, foram animadores. A turma, apesar da maioria proveniente do *Lycee Technique,* era eclética na sua formação (marcenaria, topografia, alvenaria, instalações elétricas) contribuindo para uma rica troca de experiências e aprendizados entre alunos e professor. As aulas mesclaram teorias e práticas, com participação ativa dos alunos onde a presença foi de quase 100% em suma pelo grande interesse dos mesmos. Estes jovens buscavam sempre absorver o maior número de informação e compartilhar seus conhecimentos. Alguns alunos pronunciaram desejo de continuar seus estudos de conservação e restauro no Instituto Federal Minas Gerais

campus Ouro Preto onde existe o curso superior tecnológico dentro do contexto da conservação de bens imóveis.

Durante o período das aulas no curso, houve adequações e mudanças quase diárias em função da falta de logística e de recursos para aquisição de material. Foi necessário driblar essas dificuldades e desenvolver um trabalho de qualidade para as atividades práticas.

A prefeitura da cidade de Porto Novo parece não estar envolvida ou interessada na conservação do patrimônio arquitetônico e histórico da cidade e, desta forma, não cumpriu com alguns compromissos como a compra deste material e com o pagamento da bolsa-estudo para os alunos. Assim, esta falta de pagamento das bolsas influenciou na presença dos alunos ao longo do curso e na continuação dos mesmos no processo de intervenção de conservação e restauro da *Maison Padonou* que abrigaria o Centro para os Ofícios da Conservação e Restauro de Porto Novo.

Mesmo com todo o descaso por parte da prefeitura, foi surpreendente perceber as qualidades técnicas, a força de vontade em aprender e a alegria dos jovens *agudás* que desejam construir e obter um futuro melhor, justo e digno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carneiro da Cunha, M. (2012). Negros, estrangeiros: os escravos libertos e sua volta à África. São Paulo:Companhia das Letras.

Fagundes Visentini, P., Levicz Pereira, L.P.; Teixeira Ribeiro, L.D. (2013). História da África e dos africanos. Petrópolis: Editora Vozes.

Guran, M. (2000). Agudás – os “brasileiros” do Benin. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira/Ed, Gama Filho.

Roch, K. (2012). Porto-Novo, ville museále au coeur de la dynamique relations entre histoire et acteurs locaux. Cotonou: Institut Français de Cotonou/Journée Internationale des musées.

Souza, M. (2008). Entre margens: O retorno à África dos libertos 1830 – 1870. Tese de doutorado defendida no Programa de Pós-Graduação em História da Universidade Federal Fluminense.

AUTORES

Alexandre Ferreira Mascarenhas, doutor em conservação de esculturas em gesso; mestre em Patologias e conservação de estuques ornamentais em edificações históricas; professor do Curso de Tecnologia em Conservação e Restauração de Bens Imóveis do Instituto Federal Minas Gerais; membro docente do Conselho Acadêmico do Instituto Federal de Minas Gerais – campus Ouro Preto; Arquiteto-urbanista; Pesquisador; Especialista em Conservação de estruturas de terra; Especialista em Conservação de ornamentos. Membro da Rede Ibero-americana PROTERRA. Currículo completo em http://lattes.cnpq.br/6750875246023935

Rock Kiki Gbénahou, nascido em Adjarra, Benin; Mestre em Desenvolvimento de Comunidades pela Universidade de Abomey Calavi; Coordenador de vários projetos na área do patrimônio cultural; Pesquisador autônomo; Especialista em patrimônio cultural, Trabalha diretamente com a *Maison du Patrimoine et du Tourisme de la Ville de Porto Novo*; Mediador cultural do Museu de Adjarra.

Luana Lara Safar Redini, graduada em Tecnologia em Conservação e Restauro pelo Instituto Federal de Minas Gerais campus Ouro Preto; membro discente do Conselho Acadêmico do Instituto Federal de Minas Gerais – campus Ouro Preto; consultora em conservação e restauro de bens imóveis. Currículo completo em http://lattes.cnpq.br/2368638877459291

16. RECUPERACIÓN DE TÉCNICAS CONSTRUCTIVAS TRADICIONALES DE LA PARROQUIA CHUQUIRIBAMBA, ECUADOR

Gabriela Pacají Ruiz[1]; Wilson Tapia Chocho[2]; Isabel Cristina Bustamante[3]

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural-R7, Loja, Ecuador
[1]gabrielapacaji@gmail.com; [2]wilsontapia39@gmail.com; [3]cribdu@gmail.com

Palabras clave: memoria constructiva, participación comunitaria, identidad local, conservación del patrimonio

Resumen

La realidad de la parroquia de Chuquiribamba como Patrimonio Cultural de la Nación suscita desafíos que van más allá de la conservación de su estructura arquitectónica que se caracteriza por mantener de manera única su integridad y autenticidad. Sin embargo las nuevas expresiones arquitectónicas denominadas “modernas” son concebidas como sinónimo de progreso, a pesar de ser ajenas al entorno, pues rompen con el esquema formal de la arquitectura existente, provocando la pérdida de expresiones culturales, costumbres, medio ambiente y hasta de calidad de vida de esta comunidad. Ante esta realidad, el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural - Regional 7 (INPC-R7), ha determinado la necesidad de fomentar acciones que permitan asumir estos desafíos, tomando como base dos hechos concretos: a) La pérdida de los saberes constructivos tradicionales con tierra; b) La necesidad de conservar un elemento religioso y de valor simbólico para la comunidad, la Capilla del Barrio El Calvario. Consecuentemente es necesaria la revitalización de las manifestaciones y conocimientos vinculados a la construcción tradicional como la formación de mano de obra capacitada, a partir de la implantación de talleres de capacitación e intercambio de experiencias entre técnicos, maestros constructores y jóvenes aprendices de los oficios relacionados con el manejo de materiales y sistemas constructivos con tierra, sustentadas en la participación comunitaria a través de mingas. Esta experiencia ha permitido promover la recuperación de la memoria social, el oficio y los conocimientos asociados a los sistemas y materiales constructivos tradicionales del sector, así como la apropiación de lugares simbólicos, el fortalecimiento de una identidad local, el sentido que compromete y obliga a conservar los valores que lo conforman, los cuales serán evidentes en acciones que permitan el mantenimiento, la nueva edificación y las buenas prácticas en el patrimonio cultural edificado en la región.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de cuidar aquello que se cree valioso y las prácticas ancestrales de trabajo colectivo, pueden según Cardoso (2012a), constituir la base para la conservación patrimonial. Pues cuando el patrimonio responde a la forma de vida de una comunidad, les confiere un sentido de pertenencia y puede ser asumido como un símbolo de identidad.

En este sentido, el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) y la comunidad de la parroquia Chuquiribamba, conocedores de la riqueza cultural de los diferentes patrimonios existentes en el sitio, reconocen en dichas prácticas de solidaridad comunitaria, una oportunidad para resolver los desafíos que afronta esta herencia cultural tales como la migración y abandono de las áreas rurales, la influencia cultural de los procesos de globalización socio-económica, la introducción de sistemas constructivos modernos, etc., que han provocado que estos saberes de expertos tiendan a desaparecer.

Así, desde la visión planificadora del INPC como entidad que orienta, asesora, investiga, regula y salvaguarda los procesos que inciden en la conservación y protección del patrimonio cultural del país, se ha visto la necesidad de desarrollar nuevas estrategias (Cardoso, 2012a), a través de un proceso de capacitación e intercambio de experiencias entre técnicos, maestros constructores y jóvenes aprendices de los oficios relacionados con el manejo de materiales y sistemas constructivos con tierra. Para lo cual se desarrolló el "Taller práctico de enseñanza del proceso constructivo y conservación de obras de

tierra. Parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja", desarrollado y promovido por el INPC-R7, en mayo de 2014 en una edificación en donde se desarrollan diversas manifestaciones religiosas y que es de valor simbólico para la comunidad, como es el caso de la Capilla del Barrio El Calvario de la parroquia Chuquiribamba.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Recuperar la memoria social, el oficio y los conocimientos asociados a los sistemas y materiales constructivos tradicionales de Chuquiribamba.

2.2 Objetivos específicos

- Compartir los saberes y experiencias relacionadas con la tradición constructiva con tierra entre especialistas, maestros constructores y la comunidad.
- Hacer ver a los diversos actores la necesidad de conocer y preservar las técnicas y sistemas constructivos tradicionales con tierra para ser aplicados a los trabajos de ampliación y mantenimiento de la capilla del barrio El Calvario de la parroquia Chuquiribamba.
- Fomentar el aprendizaje y manejo de materiales y sistemas constructivos tradicionales para dotar a la parroquia de mano de obra capacitada e incentivar la conservación y buenas prácticas en las intervenciones en el patrimonio cultural edificado.

3. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Las distintas manifestaciones vinculadas a la tradición constructiva de la parroquia Chuquiribamba y al manejo de los recursos disponibles para su construcción, se sustentan en una rica tradición oral que aún sigue vigente y que se ha heredado de generación en generación (INPC, 2012). Sin embargo la transmisión de esta herencia, que incluye las prácticas constructivas tradicionales con tierra, se enfrenta a un acelerado proceso de declive, lo cual hace que estos saberes expertos puedan desaparecer.

Frente a esta realidad, se ha emprendido un proceso de recuperación del conocimiento asociado al patrimonio edificado de la parroquia, que por un lado de respuesta a la necesidad de ampliación del espacio físico de la Capilla del Barrio El Calvario, que resultaba pequeño para acoger a los usuarios en las diversas festividades y celebraciones que se asocian al sector. Es así que moradores, técnicos del INPC-R7 y especialistas en el campo de la conservación, emprendieron un trabajo que evidenció la tradición constructiva heredada, en donde el manejo empírico de la tierra y la participación social a través de la minga, permiten una relación entre lo natural, lo inmaterial y lo construido.

Cabe señalar que debido a la dimensión social que conlleva el patrimonio cultural es necesario iniciar con un proceso que fomente el conocimiento, la concienciación y sensibilización para que la comunidad asuma y se identifique con la misión protectora de dicho patrimonio, a partir de lo cual se ha planteado lo siguiente:

3.1 Desarrollo del taller

Debido a la modalidad práctica del taller, fue necesario realizar trabajos preliminares en el sitio, los mismos que incluyeron limpieza del terreno, replanteo y nivelación, excavaciones, cimentaciones y la construcción de la sobrecubierta. Para cumplir la finalidad pedagógica del taller se inició con la elaboración de los muros de tapia, los cuales se continuaron levantando hasta culminar con el armado y recubrimiento de la cubierta luego de finalizado el encuentro.

Figura 1. Trabajos previos para la realización del taller, limpieza del terreno

Figura 2. Derrocamiento de muro de tapia para ampliación de capilla

La capacitación tuvo una duración de cuatro días, en donde los asistentes organizaron tres grupos de trabajo que se fueron rotando con los instructores que abordaron de forma teórica como práctica, aspectos referentes a:

- Tipologías Arquitectónicas en el Cantón Loja. De acuerdo a Pesantes (2014a) para la conservación del patrimonio cultural, es necesario la identificación y valoración de los componentes que lo conforman, ya que su permanencia y capacidad de ser identificados está estrechamente ligado al simbolismo e importancia que le son conferidos por la comunidad. Así, el estudio tipológico permite tener una aproximación a la realidad arquitectónica que responde a formas de vida, usos y a la tradición constructiva del cantón Loja, del cual es parte la parroquia Chuquiribamba.
- Criterios de conservación del patrimonio construido con tierra. El mantenimiento preventivo, según Guerrero (2014) puede fundamentarse en las prácticas de manejo de materiales y sistemas constructivos transmitidas de generación en generación, considerando además que el trabajo comunitario es el que hace de la conservación un proceso sostenible.
- Caracterización y selección de tierras. A través de la identificación y la diferenciación de los comportamientos de las muestras de suelos, se busca que la selección de los mismos respondan al sistema constructivo que se va a emplear. (Neves; Borges, 2011). No obstante, pese a existir información diversa respecto al comportamiento y dosificaciones ideales de suelo, es la experiencia de los conocedores de la práctica constructiva del sector la que podrá orientar la selección del material. Así a más de tener acceso a las fuentes de material, de acuerdo a Guerrero (2007), son quienes a partir de la elaboración de modelos y el ensayo previo pueden realizar el mejoramiento y estabilización de la tierra para la construcción, en la elaboración de tapias y revoques para su protección.

Figura 3. Exposición del estudio de tipologías arquitectónicas en el cantón, Loja

Figura 4. Caracterización y estabilización de tierras

- Sistemas constructivos con tierra. Las técnicas constructivas de adobe, tapia y bahareque son utilizadas para resolver las necesidades constructivas de la parroquia Chuquiribamba, pues con los materiales disponibles en el entorno se levantan edificaciones de uno o dos pisos que responden a su vez a la topografía del sector. (INPC, 2012).

Figura 5. Conjunto arquitectónico y contexto natural de la parroquia Chuquiribamba (INPC, 2012).

Es necesario señalar que debido a que la tapia es el sistema constructivo con que se encuentra levantada la capilla, su ampliación se realizó con la misma técnica tradicional de construcción, y supuso la reutilización y reciclaje del material del muro que se derrocó, que según lo descrito por Monteros (2011) conjuntamente con lo ejecutado en el sitio, corresponde al siguiente proceso:

Para iniciar la construcción de los muros de tapia se requirió un cimiento de piedra, con una profundidad de 0,50 m y su respectivo sobrecimiento con una altura de 0,30 m, es necesario señalar que de su realización depende el aislamiento y protección de la edificación contra la humedad. Esta técnica consiste en la construcción de muros portantes utilizando un encofrado para dar forma a la tierra, que es compactada por capas de unos 0,20 m aproximadamente, en donde, según la costumbre, una capa corresponde a unas 20 paladas de tierra, para luego ser periódicamente golpeada, desde el borde hacia el centro, por una persona parada sobre los bordes del encofrado con un instrumento denominado pisón. El apisonamiento de la tierra se termina cuando el sonido de los golpes ya no es hueco. Se debió esperar el secado de cada hilada de tapia para continuar levantando el muro, sin embargo se desplazó horizontalmente el encofrado para continuar con otra sección. Una vez que el muro se secó, se procedió a levantar la segunda hilada considerando el traslape de los tramos para que las uniones no coincidan y dar mayor estabilidad a la construcción. Debido a la dimensión longitudinal de la capilla, se requirió de la apertura de dos ventanas, las cuales no superaron los 0,90 m de largo para no afectar las características estructurales de los muros de tierra.

Figura 6. Armado de cajón o encofrado para muros de tapia

Figura 7. Desplazamiento horizontal del cajón para el armado del muro de Tapia

- Revestimientos de muros. Es necesario señalar que previo a este proceso se partió de la liberación del recubrimiento de cemento existente en los muros al interior de la capilla, constatándose una degradación debido a la humedad contenida en los mismos. De esta forma, se puede afirmar que este tipo de revestimiento no es el más adecuado para muros elaborados con tierra, debido a la incompatibilidad de los materiales respeto a la rigidez y permeabilidad. (Castilla, 2011).
- Consolidaciones y reparación de daños. Los bienes patrimoniales han sido edificados en base a conocimientos adquiridos a lo largo del tiempo, de acuerdo a las condiciones específicas del sector para lograr su durabilidad. (Cardoso, 2012b). Sin embargo, estos bienes se encuentran expuestos a diversos factores que han determinado su deterioro y afectación, por lo cual se ha visto necesario establecer procedimientos de reforzamiento y consolidación para garantizar su conservación.

Figura 8. Liberación del revestimiento de cemento de los muros de tapia

Figura 9. Consolidaciones, cocidos y descocidos de muros

3.2 Proceso de Intervención en la Capilla del Barrio El Calvario

Para dar continuidad a las acciones de conservación y mantenimiento en la Capilla del Barrio El Calvario, iniciadas en el 2014, se ha cumplido una serie de actividades coordinadas de manera conjunta entre los técnicos del INPC-R7 y la comunidad, con lo cual se realizaron mingas de trabajo convocadas los días sábados hasta marzo de 2015, según la disponibilidad de tiempo de los participantes. Estas actividades han estado enfocadas en:

- Realización de zanjas perimetrales. A través de la excavación de canales que tienen como objetivo el desalojo de aguas lluvias y constituir un mecanismo de protección de las edificaciones construidas en tierra ante la acción del agua y la humedad. (Oseguera, 2011). Sin embargo es necesario considerar su limpieza y mantenimiento, pues con el paso del tiempo puede constituir un depósito de basura y sedimentos.

Figura 10. Excavación de zanjas perimetrales para desalojo de aguas lluvias

Figura 11. Limpieza y mantenimiento de zanjas

- Procesos de revoques y empañetes como protección de los muros. Debido a las condiciones climáticas del sector ha sido posible realizar el revestimiento de los muros de tapia solamente al interior de la capilla, los cuales se realizaron según la tradición constructiva de la parroquia Chuquiribamba, en donde los procesos de revoque y empañete son realizados como mecanismos de protección de los muros de tierra. Así, para el revoque se procedió a utilizar la tierra del sitio cernida y mezclada con paja de cerro picada y agua, para luego de dejarlo en reposo ser aplicada en capas no muy pulidas de 2 cm, con plana de madera, sobre los muros previamente limpiados y humedecidos ligeramente con mucílago de tuna que, de acuerdo a Castilla (2011), les da una protección adicional a los muros, mayor resistencia frente a la erosión y reduce la aparición de bacterias. Cabe señalar que debido a las condiciones del medio ambiente, la tuna no crece en el contexto inmediato de la capilla, por lo que ha sido necesario proveerse de este material los días anteriores a la minga y así poder preparar el mucílago con un día de anticipación.

Figura 12. Proceso de elaboración del revoque

Figura 13. Aplicación de capa de revoque en muro de tapia

En cuanto al empañete, ha sido colocado a manera de una fina capa de protección sobre el revoque, para su elaboración se ha utilizado tierra amarilla cernida, guano o estiércol de caballo en iguales proporciones y como aglutinante el mucílago de tuna.

Figura 14. Participación de niños y mujeres en el molido del guano de caballo

Figura 15. Incorporación del mucílago de tuna como aglutinante del empañete

Figura 16. Jóvenes del barrio aprenden la técnica del empañetado

Figura 17. Acabado de filos de ventanas

Para la protección final de los muros de tapia, tradicionalmente se utilizaba pintura a base de tierra y pigmentos naturales extraídos del cerro Sacama, por su cercanía a la parroquia, razón por la cual predomina la coloración blanca en las viviendas del sector. (Monteros, 2011). Pese a ello, debido al desconocimiento de la técnica por los habitantes del barrio El Calvario, para la elaboración de la pintura de tierra para la capilla se consideró lo sugerido por Pesantes (2014b), que según su experiencia propone los siguientes componentes para la elaboración de un galón de pintura: aglutinante (carbonato de calcio–cola); pigmento (pasta de tierra); disolvente (agua); cargas (leche) y formol.

Tabla 1. Especificaciones para elaborar un galón de pintura de tierra (Pesantes, 2014b)

Agua	Cola	Carbonato de calcio	Pasta de tierra	Leche	Formol
1000 g	300 g	600 g	2200 g	500 g	15 ml

Figura 18. Explicación del proceso de elaboración de pintura de tierra

Figura 19. Aplicación de la pintura de tierra en la fachada de la capilla

- Tratamiento de elementos de madera de cubierta. Al tratarse de un trabajo de ampliación de la capilla, fue necesario, a más de la edificación de nuevos muros de tapia, incorporar nuevos elementos de madera a la cubierta existente, para lo cual se consideraron los conocimientos de los maestros constructores locales, quienes señalaron que el tiempo idóneo para el corte de la madera, debe ser necesariamente a primeras horas de la mañana en los primeros ocho días de luna tierna, con el fin de prevenir el ataque de polilla a la misma. Así mismo se realizó la verificación del estado de conservación de la madera existente, para lo cual se retiró el recubrimiento de paneles aglomerados que cubría dichos elementos. A partir de estas observaciones se determinó que la madera antigua puede conservarse, procediéndose a limpiar para retirar el polvo por medio de brochas y escobas de pelo suave. Una vez cumplido este proceso se realizó la preservación por impregnación de la madera antigua y nueva, a través de la aplicación con brocha del producto termiticida llamado Kimocide. Es necesario señalar que para efectuar estos tratamientos se dispuso la utilización de guantes y mascarillas para garantizar la salud y seguridad de los colaboradores. (Ministerio Coordinador de Patrimonio Natural y Cultural, 2008). Para el acabado final de la madera se procedió a aplicar un tratamiento protector de la misma a base de aceite de linaza aplicada con brocha en el sentido de las vetas de la madera.

Figura 20. Madera luego de varios días de aplicación de kimocide

Figura 21. Aplicación de aceite de linaza a madera existente

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La herencia cultural de la parroquia de Chuquiribamba, se relaciona con un sin número de manifestaciones y significados que se vinculan con las vivencias de sus pobladores en los procesos históricos y sociales. Por lo que este pasado se encuentra aún inscrito en la memoria colectiva de sus habitantes, ya que al poner en práctica sus conocimientos, constituye una comunidad que conserva su tradición constructiva, a la vez que preservan sus costumbres, tradiciones y otros elementos propios de su identidad.

En este sentido, los trabajos de ampliación y conservación de la capilla del barrio El Calvario, han convocado un compromiso y una permanente participación social, en la que los vecinos y moradores del sector, sin diferencia de edad, experiencia o género, se supieron organizar en mingas para la realización de dichos trabajos que los realizaron en honor a sus patronos recordando con ello su tradición y religiosidad. Se destaca el hecho “del aprender haciendo”, como mecanismo de trasmisión de conocimientos de padres y abuelos a los jóvenes aprendices del oficio, poniendo en evidencia el valor de la oralidad como fundamento para la recuperación de la memoria constructiva tradicional.

No obstante, pese a que la tradición constructiva ha sido heredada por generaciones, en la parroquia se ha evidenciado una influencia invasiva de tecnologías modernas de construcción, lo que ha provocado que se vayan perdiendo estas costumbres y el abandono de la tierra como material básico de construcción. Esto se evidenció en acciones puntuales de algunos moradores, sobre todo los jóvenes que trabajan en el sector de la

construcción que “sugerían”, para acelerar el proceso constructivo, el revestimiento con cemento y acabado de empaste con base de resina vinil acrílica, lo cual afectaría la capacidad de transpiración del muro, pues como sugiere Castilla (2011), los revestimientos deben ser porosos pero a la vez impermeables al agua, por lo que la solución más adecuada es la utilización de la tierra como material de construcción.

5. CONSIDERACIONES FINALES

De las actividades realizadas se puede evidenciar que a pesar del tiempo y la influencia de los nuevos materiales en los trabajos de construcción realizados en la parroquia Chuquiribamba, aún se mantienen vivos los conocimientos relacionados a la participación comunitaria y los sistemas constructivos tradicionales, los cuales, de acuerdo a los trabajos de ampliación y conservación de la capilla del barrio El Calvario, constituyen un potencial para ser aprovechado frente al deterioro que presentan los bienes inmuebles patrimoniales que le otorgan identidad al sector.

La recuperación del legado histórico de la tradición constructiva de la parroquia, en donde la minga constituye una forma de participación comunitaria, ha permitido el intercambio de saberes entre varios actores de índole técnico y social, donde los maestros constructores y la comunidad como depositarios de estos conocimientos, son los llamados a constituir una mano de obra capacitada y promover la conservación del patrimonio cultural edificado del sector.

Es el trabajo comunitario el que permite que los procesos de conservación de bienes de valor cultural sean sostenibles, a través de la recuperación de la memoria constructiva y de las manifestaciones de patrimonio cultural inmaterial asociadas al sentido de vida de la comunidad a la que pertenecen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Castilla, F. (2011). Revestimientos y acabados superficiales en construcciones con tierra contemporáneas. En: Informes de la Construcción, 63 (253), 143-152. doi: 10.3989/ic.10.019

Cardoso, F. (2012a). Memorias. Plan piloto de mantenimiento aplicado en las viviendas de Susudel. Cuenca: INPC-R6-FAUC-Proyecto vlir*CPM.*

Cardoso, F. (2012b). Manuales de conservación preventiva aplicada para sitios arqueológicos y tramos arquitectónicos Coyoctor, Cojitambo, Chobshi y Todos Santos. Quingeo y Jima. Cuenca: INPC-R6

Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (2012). Expediente técnico para la declaratoria de la cabecera parroquial de Chuquiribamba como patrimonio cultural de la nación. Loja: INPC

Guerrero, L. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. En: Beltrán, L. (Ed). Apuntes, 20 (2), 182-201.

Guerrero, L. (2014). Criterios de conservación del patrimonio construido con tierra. En: Taller práctico de enseñanza del proceso constructivo y conservación de obras en tierra. Parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural-R7 2014.

Ministerio Coordinador de Patrimonio Natural y Cultural (2008). Propuesta para la intervención urgente de conservación de arquitectura en madera. Especificaciones técnicas.

Monteros, K. (2011). Técnicas constructivas tradicionales en la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja. Documento de consultoría. Loja: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

Neves, C.; Borges, O. (Coord.) (2011). Talleres PROTERRA. Instructivo para la organización. FEB-UNESP/PROTERRA. Disponible en http://redproterra.org/images/stories/pub_pdf/talleres_proterra_maio_2012.pdf. Acceso en 22/05/2015

Oseguera, L. (Coord.) (2011). Manual de construcción (Bio-construcción) a base de costales de tierra y pacas de paja. Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro. Disponible en

http://www.itspa.edu.mx/images/documentos/general/manuales/manual_bioconstruccion.pdf. Acceso en 27/05/2015

Pesantes, M. (2014a). Estudio de tipologías arquitectónicas del cantón Loja. Documento de consultoría. Loja: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.

Pesantes, M. (2014b). Pinturas en tierra. En: Taller práctico de enseñanza del proceso constructivo y conservación de obras en tierra. Parroquia Chuquiribamba, cantón Loja, provincia de Loja. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural-R7 2014.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradeciemiento a la comunidad del barrio El Calvario por habernos permitido ser parte de este trabajo e interactuar con diversos actores para lograr la conservación de su capilla. Al Instituto Nacional de Patrimonio Cultural por la confianza y las facilidades prestadas para emprender este desafío.

AUTORES

Gabriela Pacají Ruiz, arquitecta; estudiante de la Maestría en Conservación y Gestión del Patrimonio cultural Edificado de la Universidad de Cuenca; arquitecta restauradora en el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC-R7); ex asistente de investigación del Proyecto vlir*CPM* de la Universidad de Cuenca.

Wilson Tapia Chocho, arquitecto, estudiante de la Maestría de Construcciones de la Universidad de Cuenca; arquitecto restaurador regional en el Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC-R7)

Isabel Cristina Bustamante Durán, antropóloga, estudiante de la Maestría en Conservación y Gestión del Patrimonio cultural Edificado de la Universidad de Cuenca; analista de Patrimonio Cultural Inmaterial, antropóloga del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC-R7).

17. El SANTUARIO DE PACHACAMAC, EDUCACIÓN PARA LA CONSERVACIÓN

Denise Pozzi-Escot[1]; Rommel Angeles[2]; Carmen Rosa Uceda[3]

Museo de Sitio de Pachacamac

[1]dpozzi@cultura.gob.pe; [2]rangeles@cultura.gob.pe; [3]cuceda@cultura.gob.pe

Palabras claves: Pachacamac, santuario, conservación, comunidad, desarrollo

Resumen

El santuario arqueológico de Pachacamac es el conjunto monumental más grande de la costa central del Perú; se encuentra situado al sur de Lima y rodeado parcialmente de grandes asentamientos humanos de escasos recursos económicos. Más allá de su especial interés científico, arqueológico y turístico, el reto consiste en preservar su integridad y ejecutar labores de concientización y participación de la comunidad, tanto en la protección y conservación del sitio como en potenciar sus valores educativos, históricos y de utilidad para las actuales poblaciones. Para ello, el Ministerio de Cultura, a través del Museo de sitio de Pachacamac, ha diseñado un programa de actividades dirigido a estudiantes y a la comunidad en general, consistente en talleres dinámicos de educación patrimonial, conservación en tierra y programas destinados a mejorar los ingresos económicos de un grupo de artesanos; en el 2014 se ha logrado capacitar a 70 familias, y más de 1500 estudiantes.

INTRODUCCIÓN

El santuario arqueológico de Pachacamac (figura 1) es el conjunto monumental construido con tierra y piedra más grande de la costa central; a la llegada de los españoles en el siglo XVI albergaba un afamado oráculo y era un centro administrativo al cual acudían miles de peregrinos en un radio “de 400 leguas”. El lugar tiene una larga utilización (desde el siglo III d.C hasta el siglo XVI d.C.), y reúne una riqueza arquitectónica variada, tanto en su morfología como en su organización espacial, con edificios ceremoniales y públicos de las sucesivas culturas Lima, Wari, Ychma e Inca. La arquitectura Lima (Siglos III al VI d.C.) corresponde a grandes plataformas elaboradas con millones de piezas de tierra realizadas a mano; la arquitectura Wari (Siglos VI-XI d.C.) utiliza adobes rectangulares de baja altura. La pirámide con rampa es el elemento arquitectónico característico del Intermedio Tardío, cultura Ychma (siglos XI-XV d.C.) y se define por una serie de rasgos formales: plataforma, rampa, patio delantero cercado por un muro de acceso desde el exterior. Los Incas (Siglo XV-XVI) usan grandes adobes y piedra tallada.

Emplazado a 30 kilómetros al sur de Lima, el área total del sitio abarca 465 hectáreas; fue declarado Patrimonio Cultural de la Nación y se encuentra en la lista indicativa de UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad. Con el crecimiento de la ciudad, las zonas agrícolas que rodean el santuario arqueológico de Pachacamac se han visto afectadas por un acelerado proceso de urbanización, y las áreas desérticas también han sido ocupadas por miles de familias que forman un cordón alrededor del sitio (figura 2). Esta nueva situación acrecienta la vulnerabilidad de la zona monumental, por lo que para su conservación es importante involucrar a la población situada en los alrededores del sitio.

Si bien las áreas de recorrido turístico están correctamente establecidas y se protegen las construcciones de tierra, el clima y el factor humano constituyen riesgos que deben de ser tomados en cuenta para su preservación.

Esta situación de vulnerabilidad se viene afrontando desde diversos aspectos, siendo uno de los más importantes la relación con la comunidad del entorno para que comprenda y valore el sitio arqueológico, logrando una enseñanza más dinámica en el reconocimiento

de la importancia de nuestro legado prehispánico. Para ello, el mejor instrumento para salvaguardarlo, es disponer de una propuesta educativa que aborde el conocimiento del patrimonio.

Figura 1 – Santuario arqueológico de Pachacamac, foto aérea SAN vista general del área monumental

Figura 2 – Santuario arqueológico de Pachacamac, al fondo zona urbana Julio C. Tello, Lurin

OBJETIVO

El programa educativo del Museo de sitio de Pachacamac busca preservar la integridad del santuario de Pachacamac ejecutando labores de concientización y participación comunitaria en la protección del sitio, a partir de la conservación de las estructuras de tierra, así como potenciar sus valores universales a partir del trabajo educativo.

Para ello se ha elaborado un programa de actividades dirigido a escolares y a la comunidad en general, considerando que los principales guardianes de nuestro legado histórico somos nosotros mismos, adultos, jóvenes y niños. Por eso es fundamental aprender a conocer el sitio a partir de talleres dinámicos sobre educación patrimonial, conservación de elementos elaborados con tierra y programas destinados a mejorar los ingresos económicos de un grupo de artesanos capacitados.

METODOLOGÍA ADOPTADA

El área educativa del Museo coordina y ejecuta talleres con la comunidad del entorno desde el 2008. Se tiene trabajado con especialistas en Comunicación Social, Turismo y Educación, contando con el apoyo permanente de los arqueólogos del museo, quienes colaboran desde su especialidad en el desarrollo y manejo de la información. Es decir, existe un equipo multidisciplinario para las tareas educativas que se realizan permanentemente como parte de nuestro programa de conservación del sitio.

Al inicio, en el año 2008, las relaciones con la comunidad del entorno -poblaciones de bajos recursos económicos- eran hostiles e incluso hubo varios intentos de ocupar ilegalmente la zona arqueológica. La estrategia aplicada para evitar acciones de este tipo fue acercarse a algunos dirigentes con los cuales se organizaron visitas guiadas al santuario de Pachacamac iniciando de esta manera un sustancial cambio de la visión del sitio (figura 3).

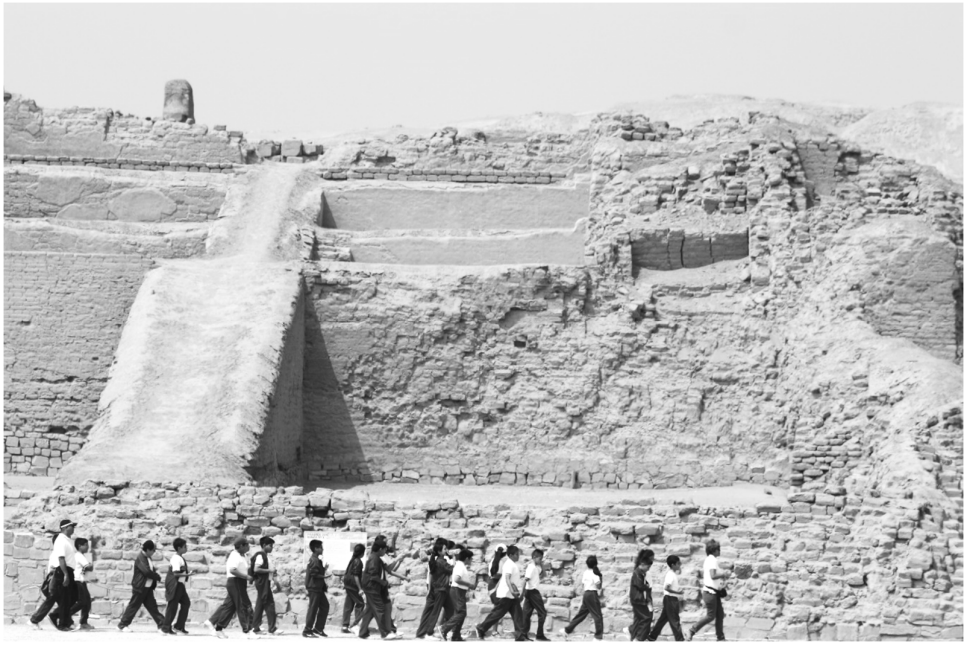


Figura 3 – Santuario de Pachacamac, Pirámide con rampa Nº 1, visita con los escolares para observar la arquitectura de tierra

Los talleres para docentes de la UGEL 1 (Unidad de Gestión Educativa de Lima) permitieron capacitar a docentes en el conocimiento de la historia del santuario y su potencial educativo. Estos docentes pertenecen a seis distritos cercanos al santuario: Lurín, Villa El Salvador, Villa Maria del Triunfo, Pachacamac, Pucusana y San Bartolo.

Varios de ellos repitieron la experiencia con sus alumnos en sus respectivos colegios logrando así nuestro objetivo (tabla 1).

Tabla 1 – Cantidad de participantes por asentamientos

Asentamientos humanos capacitados	N° de participantes	Distritos involucrados
1ero de Diciembre	250	Lurin
Martha Milagros	50	Lurín
Julio C. Tello	80	Lurín
Villa Alejandro	50	Lurín
El Santuario	40	Lurín
Oasis	30	Villa El Salvador
6 asentamientos	500 familias	2

El método de trabajo fue abarcar los distintos estamentos del entorno:

- Las comunidades a través de sus dirigentes
- Autoridades locales y regionales (Policía-Ministerio del Interior, Municipalidad, UGEL-Ministerio de Educación)
- Trabajo con las escuelas (Colegio Lara Bonilla, Colegio Julio C. Tello, etc.)
- Trabajo con las mujeres del entorno (50 vecinas de los distritos de Lurín, Villa María del Triunfo y Villa El Salvador)

Taller de conservación para tierra

Esta actividad permite conocer la principal materia prima que se utilizó en la construcción de los diferentes edificios del santuario arqueológico. La tierra fue el material utilizado en la fabricación de adobes para construir las imponentes edificaciones que persisten a pesar del tiempo en la costa peruana. El cronista Cobo explicaba que en la costa se veían dos tipos principales de edificaciones: casas de quincha que correspondían a las viviendas de los agricultores o habitantes del común y grandes casas de tierra destinados a residencias de la elite o centros administrativos y religiosos, éstas tenían techos aligerados, en especial por el calor reinante.

Estas grandes casas de tierra que señala el cronista estuvieron construidas con adobes, que tuvieron diferentes formas a lo largo del tiempo, desde los adobes o piezas modeladas a mano que aún conservan las huellas de los dedos de sus fabricantes, hasta adobes relativamente grandes hechos con molde, variando muchas veces según las diferentes culturas.

Se realizó un programa piloto con el Colegio Rodrigo Lara Bonilla, ubicado en el Asentamiento Humano Villa Alejandro, involucrando a profesores y alumnos de nivel primario durante año y medio. Los alumnos asistieron al santuario dos veces por semana participando en los talleres de conservación en tierra, chacra prehispánica, iconografía, entre otros.

La labor educativa del museo se centra actualmente en tres colegios situados en el perímetro, dos estatales y uno particular; con ellos se han hecho programas anuales incluyendo temas de conservación en el currículo escolar. Los alumnos asisten al santuario dos veces a la semana recibiendo la capacitación adaptada al programa Educa que establece el Ministerio de Educación (tablas 2 e 3).

Tabla 2 - Cantidad de alumnos por colegio participante

Colegios capacitados	N° de participantes	Nivel
Rodrigo Lara Bonilla	500	Primaria
Julio C. Tello	500	Secundaria
Julio C. Tello de VES	80	Primaria
3 colegios	1080 alumnos	

Tabla 3 –Tipo de taller realizado

Taller de elaboración de adobes
Taller de emboquillado en tierra
Taller de pintura e iconografía de Pachacamac
Taller de quipus
Taller de talla del ídolo de Pachacamac
Taller de cerámica con artesanos
Taller de artesanía

El programa de conservación[17] con tierra para los escolares implica:

a. Una primera vista al santuario para observar la arquitectura de tierra de Pachacamac y los problemas de conservación del sitio debido principalmente a la acción de la naturaleza y del hombre. Conocer que, la antigüedad de los edificios, su cercanía al mar y la humedad invernal de Lima, hacen que los muros se deterioren y requieran de labores de conservación permanentes. El alumno observa las formas en que estos daños aparecen en los muros: fracturas de adobes, fracturas de piedras, desplomes, exfoliación de enlucidos, pulverización de enlucidos y adobes, ataque de insectos, grafitis, etc.

b. Luego de esta primera visita, cuyo objetivo principal es interesar al alumno en los problemas del sitio, las siguientes sesiones lo orientan en las diferentes tareas programadas para conservar la arquitectura en tierra. Así, en las diferentes sesiones se les explica diferentes tareas, como el uso de adobes nuevos para reemplazar los adobes afectados, enseñándoles a fabricarlos. Los alumnos elaboran entonces adobes que servirán para la conservación, indicando el año de su fabricación. Aprenden igualmente a diferenciar las formas de adobes prehispánicos, el peso que tiene cada uno y la utilización que tenían.

c. Luego se les enseña un muro de piedra restaurado en los años 40, fuera del circuito de visitas, que presenta pérdida de mortero de junta en la mampostería de piedra. Personal del Museo trabaja reintegrando mortero en el muro, a fin de devolverle estabilidad. Los alumnos colaboran en esta labor manual bajo el control y la supervisión del personal técnico del museo. Esta labor de emboquillado es una forma de involucrarlos en la defensa del patrimonio, contribuyendo a que este monumento perdure muchos años más.

En resumen, las principales tareas son:

- Las labores de conservación de la arquitectura se inician con mediante una evaluación con los alumnos, quienes investigan las causas del deterioro (figura 4).
- Elaboración de adobes (figura 5)

Se busca mostrar a la comunidad las técnicas ancestrales de elaborar adobes similares a los utilizados para la construcción de Pachacamac.

Preparación de la tierra para elaborar adobes

Elaboración de adobes con diferentes moldes

[17] Se entiende por Conservación al conjunto de actitudes de una comunidad dirigidas a hacer que el patrimonio y sus monumentos perduren (Carta de Cracovia 2000). En este caso, a través de acciones de reposición de mortero que une los adobes y las piedras y la fabricación de adobes para las estructuras arqueológicas, los alumnos realizan estas tareas bajo la supervisión de un conservador, en sectores puntuales de muros restaurados en las décadas de 1940 y 1960

Emboquillado de argamasa de tierra (figura 6)

El alumno es inducido a conocer los problemas de conservación, en especial de los muros que forman parte del área conservada en los años cuarenta y sesenta; allí se realizan labores para recuperar el mortero de tierra que a lo largo de los años se ha perdido, y utilizando las mezclas adecuadas se vuelve a colocarlo para darle estabilidad.

Figura 4 – Alumnos recibiendo información sobre la conservación de la tierra por parte del personal técnico del museo

Figura 5 – Niños elaborando adobes para utilizarlos en las labores de conservación del Santuario

La sistematización de las experiencias se ha traducido en guías didácticas educativas dirigidas a los maestros. La primera publicación, “Descubriendo nuestro pasado prehispánico. Cartilla de trabajo para maestros y estudiantes” (Best; Pozzi-Escot; Uceda, 2012), se centra en el nivel Inicial y es una herramienta metodológica para aprovechar en

el aula la información que brindan los museos y los sitios arqueológicos, e incluye 28 fichas de actividades para ser desarrolladas en las escuelas.

Figura 6 – Niños colaborando en el emboquillado con barro en un muro de prueba del Santuario

La segunda publicación educativa está dirigida a profesores y alumnos de nivel primario y secundario, y abarca aspectos como la ecología, las tecnologías andinas, la religión y la conservación.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

La experiencia de estos años ha permitido relacionar al santuario con la comunidad a través de la educación. La conservación de las edificaciones de piedra y tierra han contado con la presencia de los alumnos, quienes han aprendido la experiencia de elaborar adobes para de esa forma contribuir a la preservación del Santuario. Del mismo modo, su apoyo en el emboquillado fue una extraordinaria manera de involucrarlos en el cuidado directo del santuario, para convertirlos en defensores de este monumento.

Como corolario de estas experiencias en Pachacamac, se tiene publicado los primeros resultados en dos libros: el primero dedicado a alumnos de nivel inicial, para trabajar aspectos de patrimonio y habilidad motora fina (Best; Pozzi-Escot; Uceda, 2012); y el segundo sobre talleres que los profesores pueden realizar con sus alumnos (Pozzi-Escot, 2012).

CONSIDERACIONES FINALES

La educación desde el museo ha abarcado no solo labores de conservación de la arquitectura de tierra sino también la percepción de utilidad del sitio para una educación alternativa respecto al patrimonio cultural; a ello se ha sumado que el museo se viene convirtiendo en el motor de desarrollo e independencia económica de un grupo de mujeres, quienes a través de la artesanía generan ingresos complementarios para su hogar.

Es decir, independientemente de la atracción del sitio como un lugar histórico y de gran afluencia turística, estamos trabajando con la población próxima, a diferentes niveles, con la finalidad de que los pobladores vecinos del sitio consideren el santuario como un lugar de utilidad educativa, cultural, histórica y de desarrollo.

Las experiencias involucran por el momento un porcentaje reducido de la población del entorno, apenas una parte de miles de familias que viven en los alrededores en tres

distritos: Lurín, Villa El Salvador y Villa María del Triunfo. El reto es incidir en la mayoría de ellas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Best, Lorena; Pozzi-Escot, Denise; Uceda, Carmen Rosa (2012). Descubriendo nuestro pasado prehispánico. Cartilla de trabajo para maestros y estudiantes. Lima: Ministerio de Cultura

Pozzi-Escot, Denise (2012). Descubriendo el Santuario de Pachacamac, guía para maestros. Lima: Ministerio de Cultura

Carta de Cracovia 2000. Principios para la Conservación y Restauración del Patrimonio Construido. Conferencia Internacional sobre Conservación. Cracovia 2000. En: Documentos fundamentales para el Patrimonio Cultural. Textos internacionales para su recuperación, repatriación, conservación, protección y difusión, Lima: Instituto Nacional de Cultura, 2007.

AUTORES

Denise Pozzi-Escot, Directora del Museo de sitio de Pachacamac, Ministerio de Cultura. *Magister* en Arqueología por la Universidad La Sorbona Paris I, Licenciada en Arqueología por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Especialista en gestión del patrimonio arqueológico y educación.

Rommel Angeles Falcón, encargado de la supervisión del Santuario de Pachacamac. Licenciado en Arqueología por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Con experiencia en gestión del patrimonio arqueológico y educación.

Carmen Rosa Uceda, Arquitecta encargada de la museología y museografía del Museo de sitio de Pachacamac, editora de las publicaciones de museo.

18. RECONSTRUCCIÓN POST-TERREMOTO DE LA ATMOSFERA IDENTITARIA EN LA ARQUITECTURA EN TIERRA AL SUR DE CHILE

Leonardo Seguel Briones[1]**; Patricio Morgado Uribe**[2]

Universidad del Bío Bío, Concepción, Chile

[1]lseguel@ubiobio.cl; [2]pmorgado@ubiobio.cl

Palabras claves: tierra, patrimonio intangible, identidad cultural, terremoto, reconstrucción.

Resumen

El presente trabajo, basado en la investigación del Magister en Didáctica Proyectual, MADPRO "Identidad Cultural y Arquitectura. Emoción en la Realidad Intangible", está referido al reconocimiento y rescate del carácter identitario que adquiere la atmósfera contenida en la arquitectura de tierra presente al Sur de Chile. El delicado trabajo de registro y restauración post-terremoto realizado por diversas entidades en las históricas viviendas en tierra cruda dañadas por el catastrófico fenómeno telúrico, denominado 27F, ocurrido el 27 de febrero de 2010 que afectó al Secano Costero (Ránquil y Cobquecura) es una experiencia de interacción social y académica, la cual se contrapone a otras lamentables reconstrucciones realizadas que, en un afán exagerado de garantizar estabilidad estructural y supuesta "modernización", ignoraron sus sistemas constructivos y cualidades intrínsecas, distorsionando así su lenguaje y expresión arquitectónica propia. La opacidad, pesantez, dominio del lleno, color, textura y otras características naturales que posee esta materialidad y la espacialidad que configura su lógica constructiva presente en abandonadas casonas patronales de las haciendas rurales y de actuales viviendas urbanas – que aún resisten los continuos e históricos embates telúricos y el deterioro del paso del tiempo – otorgan una experiencia vivencial de alta pregnancia que permanece registrada en la memoria colectiva como un valor afectivo y cultural, una realidad latente no valorada que se desvanece, a punto de desaparecer. Este proceso interdisciplinario, en convenio con las autoridades locales, cambió la percepción de fragilidad de esta arquitectura, revalorizándola, constituyéndose en un paradigma de restauración que supo incorporar la sabiduría de técnicas constructivas ancestrales heredadas por maestros del lugar, lo que contribuyó a salvaguardar las claves que particularizan lo local, abriendo un nuevo horizonte en pos de habitar entornos más sensibles y de mayor coherencia cultural, incorporándose así al Patrimonio Intangible y tangible.

1. INTRODUCCIÓN

El paisaje desolador que mostraban las calles de los pueblos en la Comuna de Ránquil después del fuerte terremoto grado 8.8 que causó un profundo daño, no solo en la mayoría de su arquitectura habitacional, sino en el espíritu de sus habitantes, motivó a un conjunto de instituciones, autoridades, profesionales y sobre todo a una comunidad de vecinos fuertemente cohesionada por la actividad económica en torno a la producción del vino, a aunar voluntades y estrategias en torno al objetivo de salvación y restauración de 14 viviendas afectadas, las cuales, teniendo un valor en la memoria colectiva, y siendo consideradas de interés patrimonial, iban a ser, con la anuencia de sus propietarios, indefectiblemente demolidas. Su milagrosa reparación se realizó bajo la figura legal "Proyecto de Mejoramiento de Viviendas de Interés Patrimonial DS40", decreto de ley especialmente promulgado para otorgar el subsidio que hizo posible la reconstrucción.

Estas viviendas, las cuales fueron previamente seleccionadas por profesionales del Servicio de Vivienda y Urbanismo, SERVIU, junto a la Dirección de Obras Municipales, DOM de la comuna son viviendas de "volúmenes rectangulares simples con corredores perimetrales, algunas construidas emplazadas en sectores aislados y otras junto a viviendas vecinas de iguales características que en conjunto conforman villorrios a rescatar" (Especificaciones Técnicas de Obra). La estructura de techumbre está

compuesta por tijerales rústicos de madera nativa, y la cubierta está constituida de tejas de arcilla cocida.

En este contexto, la Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño de la Universidad del Bío-Bío, la Municipalidad de Ránquil, SERVIU Región del Bío-Bío, INCHALAM, los maestros de la región y especialmente los arquitectos consultores Aníbal Salas, oriundo y habitante de Ránquil, en colaboración con su colega Marcos Parra, se constituyeron en los gestores, auspiciadores y actores claves de una gran voluntad y espíritu comunitario que hizo posible la recuperación de 14 viviendas de arquitectura estructuralmente ejecutadas, tanto en unidades de albañilería de adobe, como en quincha embarrada, que se mantuvieron en pie. Su elección fue producto de una evaluación visual – empírica que consideró factores materiales constructivos, así como características espaciales propias que le otorgaba el programa que éstas presentaban, las cuales contribuían a configurar la imagen genuina de las localidades en que éstas se emplazaban.

La impresión como experiencia vivencial fenomenológica, producto de la observación directa de las viviendas afectadas, interviene en todas las etapas del proceso de rehabilitación, lo cual permite visualizar aspectos intangibles desleídos presentes en esta realidad arquitectónica, haciendo consciente patrones identitarios culturales propios: el ethos que envuelve la manera de habitar que esta materialidad genera.

El propósito de respetar fielmente las cualidades que presentaban las viviendas dañadas que fueron seleccionadas, obligó a considerar la capacitación de una Mano de Obra que aplicara el rescate de las tradiciones y técnicas constructivas olvidadas del adobe, las cuales se encontraban depositadas en generaciones de maestros y pequeños contratistas de Ránquil, quienes habitaban esparcidos en poblados aledaños, siendo localizados e imbuidos en este espíritu de reconstrucción cultural.

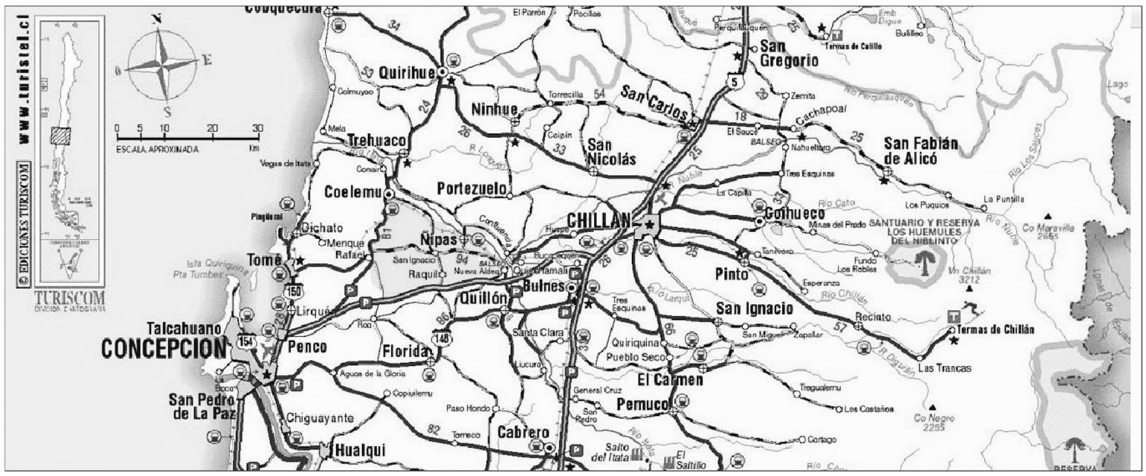


Figura 1. Mapa Ubicación Comuna de Ránquil, Secano Costero - VIII REGIÓN, Chile

2. MARCO TEÓRICO

Al relacionar los conceptos de patrimonio intangible e identidad cultural, lo que se busca establecer es el reconocimiento y cultivo de una impresión de comunidad imaginada (Anderson, 1993) otorgada por una coherencia entre un modo intersubjetivo de habitar y una estructura espacial y morfológica que corresponda, sea fiel reflejo y soporte de su vida cotidiana, entendiendo la cotidianidad como “una categoría, un modo de ser de un ser que, viviendo, se reitera silenciosamente y día a día ahonda en sí mismo”(Giannini, 1995, p.19). Esta singularidad cultural se manifiesta en la manera de habitar el mundo de la escala local.

La condición de identidad (Geertz, 2009, p.80) es connatural a la definición de patrimonio (García Canclini. 2006, p.4), relación que es controvertida en un contexto histórico de continua dependencia cultural y económica presente a lo largo de Latinoamérica, y particularmente en Chile, según Larraín en el libro Identidad Chilena, producto de frecuentes interpretaciones reduccionistas. Esta problemática afecta todas las escalas de la vida urbana y rural, especialmente en lo que corresponde al lenguaje y significado cultural que adquiere la arquitectura como categoría patrimonial identitaria, considerando su precaria autonomía respecto a la persistente influencia y adopción de "fragmentos culturales abstractos, un historicismo de la historia ajena" (Browne, 1987, p.9).

Transferencia de identidades ajenas que "deja la huella indeleble de una América con vocación receptora de lo ajeno" (Fernández Cox, 1990).

En este escenario híbrido, producto de la superposición de "un imaginario exocentrista, en un mundo real nuestro" (Gutiérrez, 1992, p.27)**,** se incuba la atmósfera identitaria**,** que es la mezcla genuina de las cosas del acontecer, existencia metafísica que emana entre lo invisible y lo visible, entre el espacio y el acto, entre lo propio y lo ajeno, entre la memoria y el olvido, constituyendo el "humus" intersticial que manifiesta la "intencionalidad" (Patocka , 2005, p,65-63) del habitar cotidiano. La atmósfera articula al sujeto con el medio, condensando el acontecer y otorgándole significado. En cada ámbito existe un modo de habitar, generando una atmósfera propia, siendo lo que realmente vivenciamos y sentimos de los lugares, la primera impresión (Zumthor , 2006, p.11-13).

Esta íntima dimensión socio-cultural que otorga al espacio algo "conmovedor que emociona" (Del Río de la Hoz, 2005, p.124) no está puesta en valor, ni explicitada en la arquitectura. En cambio, se impostan paradigmas ajenos, ignorando que lo patrimonial se constituye a partir del reconocimiento de identidades que nacen de un constructo colectivo en la cotidianeidad, realidad que "debemos explicarnos a partir de nosotros mismos utilizando categorías de análisis, escalas de valores y juicios críticos" (Waisman , 2009, p.27-28).

Esta particularidad intangible estaría amenazada por agresivos procesos homogeneizantes que disuelven fronteras y sutilezas de la cultura local, debilitando finos filamentos que dan consistencia a las identidades colectivas, degradando lo comunitario, sumergiéndolo en una subcultura de desarraigo, sin sentido y anonimato. Una globalización de carácter monológico, donde se interactúa "sin compartir el mismo espacio y tiempo" (Larraín, 2005, p.119), separándolos. Así, la cultura se desterritorializa en un espacio sin lugar geográfico.

En la experiencia de aprehensión y rescate de la atmósfera cotidiana comparece la "Fenomenología" de Husserl como principio filosófico opuesto al racionalismo que se vuelca exclusivamente sobre la naturaleza, olvidando al sujeto como única fuente de aprehensión del sentido de la realidad. La Fenomenología es la aprehensión que de la realidad hacemos. La realidad no es un hecho en sí, se constituye en la experiencia de la realidad. No existe espacio, sino "un fenómeno de espacio" (Husserl, 2002, p.27), en la experiencia de él.

No somos parte del mundo, el mundo, la realidad, no es sino el conjunto de mis experiencias reales y posibles (San Martín, 2008, p.51) no habiendo mundo posible sin la experiencia subjetiva. La emoción, la impresión, la intuición, la sensación y la subjetividad son dimensiones inherentes a la Fenomenología, que son consideradas en la construcción de la atmósfera cotidiana. La subjetividad surge en un proceso emocional-cognitivo integral, lo que directamente se ve y capta al sentir lo realmente dado, lo único compartido, actitud fenomenológica que coloca entre paréntesis el mundo objetivo. Así, la "totalidad de la vida del individuo debe cobrar significado subjetivo para ingresar a la matriz del universo simbólico de una comunidad" (Berger; Luckmann, 2006, p.119).

La construcción social de la realidad es posible cuando los significados subjetivos se externalizan en un contexto compartido: la intersubjetividad. La atmósfera cotidiana encarna lo intersubjetivo. El mundo es el resultado constituyente de la intersubjetividad, cuando el mundo del otro se vuelve mío. La intersubjetividad como fenómeno social solo es posible por la emoción del amor que constituye el fenómeno social (Maturana, 1997, p.86-87). El despliegue de la emoción permite capturar fenómenos cotidianos que han quedado fuera del inteligir sin sentir, contrarrestando un racionalismo que intelectualiza la experiencia en vez de incorporar la experiencia como fenómeno emocional (Cassassus, 2006, p.11.). La emoción lleva implícita la impresión, la sensación, la intencionalidad y la intuición como fenómenos sensitivos fundamentales que intervienen en la experiencia. En las emociones se encuentra la fuente más íntima de nuestra identidad (Cassassus, 2006, p.23).

La forma de relacionarnos con un espacio arquitectónico define una suerte de vivencia que, cuando produce emoción, va más allá de la emoción estética y se convierte en emoción física, vivencial.

> Desde hace tiempo me llama poderosamente la atención – como historiadora del arte – la manera en que el espacio afecta a la emotividad. Por otra parte, para el creador de ese espacio arquitectónico existen dos momentos importantes, el acto de la creación en sí y el acto de la percepción. Emoción estética, emoción física, creación y percepción, son elementos intrínsecos a la naturaleza del espacio arquitectónico" (Del Río de la Hoz, 2005, p.124).

Lo que conmueve en la arquitectura es la vivencia emocional sensitiva de la atmósfera que contiene.

Sin embargo, se vive inmerso en una cultura que desvaloriza las emociones desde la hipervaloración de lo racional. Mientras que todo sistema racional tiene un fundamento emocional (Maturana, 1997). El racionalismo positivista que persiste en la cultura occidental es el encuadre conceptual epistemológico que deposita toda su confianza en la razón como eje articulador de la sociedad, abstrayendo al ser humano en la construcción de la realidad (mediados s.XIX) separando razón y emoción, marginando esta última del fenómeno de formación del conocimiento.

No obstante lo anterior, el desarrollo de la física cuántica permite percibir que la materia es inmaterial, que lo inmaterial también es materia. Ambas tienen la misma naturaleza probabilística fluida en la realidad. Un mismo fenómeno puede tener dos percepciones distintas y un mismo objeto puede existir en distintos estados simultáneamente (dualidad onda-partícula). "Todo lo que llamamos real está compuesto por cosas que no pueden considerarse reales" (Niels Bohr, 1935, p.696-702).

La atmósfera, materia de naturaleza inmaterial y fluida, primera vivencia del habitar, queda determinada como realidad probabilística en el instante de la impresión: momento constitutivo de sentir la afección de la alteridad. Sentir constituye la vida entera, construyendo la realidad, la cual se aprehende en impresión de realidad, con inteligencia sintiente. Es el inteligir primordial que determina el conocimiento. En la impresión queda aprehendida la "realidad directamente, inmediatamente, unitariamente" (Zubiri, 2004, p.103-107).

Momentos estructurales constitutivos de la Impresión:

a.- la impresión es ante todo afección del sentiente por lo sentido

b.- la impresión hace presente lo otro que impresiona, la alteridad

c.- la impresión tiene fuerza de imposición propia.

La práctica del vivir se inicia en la impresión de la experiencia, pero nosotros usualmente no nos damos cuenta de esto porque *colapsamos la experiencia con la explicación de la experiencia* (Maturana, 1997) perdiendo el fluir de la impresión. "Lo que sucede es que

percibimos las emociones ya configuradas por nuestra mente racional" (Cassassus, 2006, p.53), conceptualizadas en palabras e imágenes, extraviándose el instante de entrar en contacto con la realidad.

La intuición interviene en la aprehensión de la materia informe de las impresiones (Patocka, 2005, p.18). La palabra intuición nos sugiere algo que es inmediato, a lo que se accede sin el requerimiento de un acto explícito (Patocka, 2005, p.18). El conocimiento se origina en la experiencia y también en la intuición pura, a partir de un entendimiento a priori de la experiencia. Lo que vivenciamos de la atmósfera cotidiana es la intuición de su intencionalidad. La intencionalidad es la forma de mostrarse la realidad, constituyendo la idea que nos hacemos de ella, lo que intuimos de la realidad, lo que nos impresiona. La intencionalidad no es una cualidad añadida a la vivencia, sino que es la experiencia misma de lo otro en su lógica interna, lo captado en verdadera originalidad (Husserl, 2004, p.173).

Los conceptos aquí expuestos fundamentan el carácter cualitativo y fenomenológico de la metodología utilizada en el espíritu de restauración de las características espaciales de la arquitectura en tierra, considerándolos primordiales, tanto en la estructura general de la experiencia, como en el contenido de sus etapas.

La recreación arquitectónica de la atmósfera como pátina intangible que exuda de los lugares cotidianos, requiere una mirada más sensible e interdisciplinaria de la realidad, integrando la impresión como estrategia metodológica en todos los procesos de configuración arquitectónica. Esto permitiría dejar la impronta cultural en los espacios del habitar, haciendo consciente a través de la memoria, claves identitarias que otorguen continuidad histórica, sentido de pertenencia y sustentabilidad, contribuyendo con esto a contrarrestar, según Marquard, el extrañamiento que sufre el Ser en un mundo fugazmente cambiante.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

El objetivo general es el reconocimiento y conservación del patrimonio intangible e identidad cultural que constituye el universo existencial de la arquitectura en tierra y su habitabilidad en la realidad urbana y rural del Secano Costero en la Octava Región.

3.2 Objetivos específicos

Recuperar las tradiciones constructivas en torno a la arquitectura en tierra presente en la comuna de Ránquil.

Recuperar la confianza en la comunidad respecto a las cualidades de sustentabilidad ambiental y económica, resistencia estructural e identidad cultural que posee la arquitectura en tierra.

4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

En este trabajo se utilizó una metodología cualitativa de investigación sobre la conservación del carácter cultural que adquieren las características de la reconstrucción de la arquitectura habitacional de tierra en la comuna de Ránquil, con el objeto de considerarlas Patrimonio Arquitectónico Intangible.

4.1 Constitución red social actores claves

La convocatoria y actitud de fe de los diversos actores claves involucrados (propietarios, Vecinos de Ránquil, Municipalidad de Ránquil, SERVIU, INCHALAM como patrocinador, Universidad del Bío-Bío, Maestros y Gestores profesionales) permitió empoderarse de la situación crítica que vivía un pueblo dañado, y así aunar voluntades para llevar a cabo las tareas que cada uno asumió para hacer posible la reconstrucción.

4.2 Observación y selección de viviendas

La observación empírica “in situ” realizada, tanto de las características arquitectónicas como del grado de deterioro que presentaban las viviendas, permitió registrar 17 casos posibles de restaurar. Finalmente se seleccionan 14 viviendas construidas en quincha, que aportan identidad cultural.

4.3 Gestión legal

Simultáneamente, se gestiona en el Ministerio de la Vivienda la creación de un marco legal que permita el financiamiento y regulación de la restauración. Se promulgó un Decreto de Ley de Excepción. Se utilizó formulario de Modificación de Construcción que permitieran acomodar procedimientos, cimentando así las bases de una nueva norma de construcción en tierra.

4.4 Entrevistas semiestructuradas a los propietarios

Se realizaron entrevistas semiestructuradas e informales que buscaban persuadir a los propietarios a evitar la demolición inminente de sus viviendas dañadas, permitiendo la restauración.

4.5 Levantamiento planimétrico de viviendas

Se realiza un exhaustivo levantamiento de plantas, fachadas, cortes y detalles constructivos del estado original en que se encuentran las viviendas, para garantizar la fiel reconfiguración de sus cualidades, tanto tangibles como intangibles.

4.6 Identificación y capacitación de mano de obra

La solidaridad de los vecinos permitió ubicar los 6 maestros y 7 ayudantes que poseían las tradiciones centenarias de la construcción en tierra. Estos fueron capacitados durante 2 meses por la Facultad de Arquitectura de la UBB.

4.7 Desarme de viviendas y clasificación de materiales

El desarme requirió de una programación estratégica y delicada, que permitiera rescatar y clasificar las piezas constructivas y materiales originales para su reutilización. Se extraen los estucos, las tejas de arcilla, estructuras de techumbre, puertas y ventanas, herrajes y quincallería. No hay deshechos.

4.8 Armado de viviendas

Los profesionales a cargo de las obras elaboran un Manual de Reconstrucción, el cual entrega, junto a las respectivas Especificaciones Técnicas, las exhaustivas indicaciones que permiten el armado de la vivienda, reconstituyendo sus cualidades materiales, constructivas y espaciales

Vivienda Piloto de Capacitación, Propietario: Sr. José Quezada.

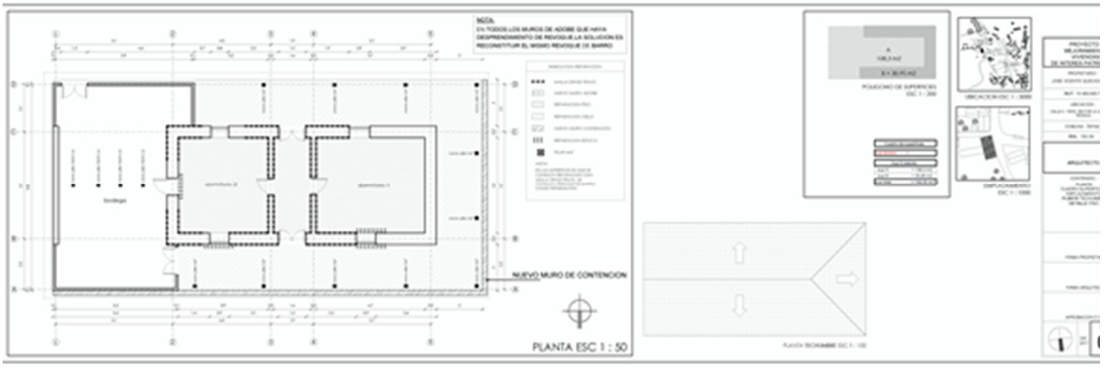


Figura 2. Planta vivienda José Quezada

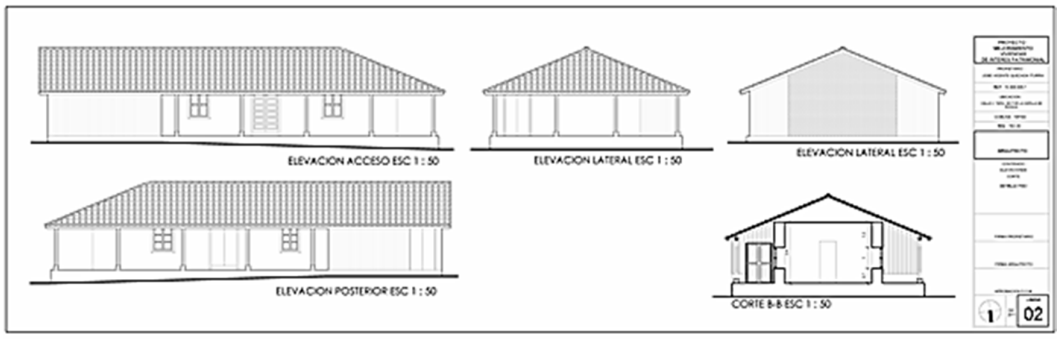


Figura 3. Plano de Fachadas

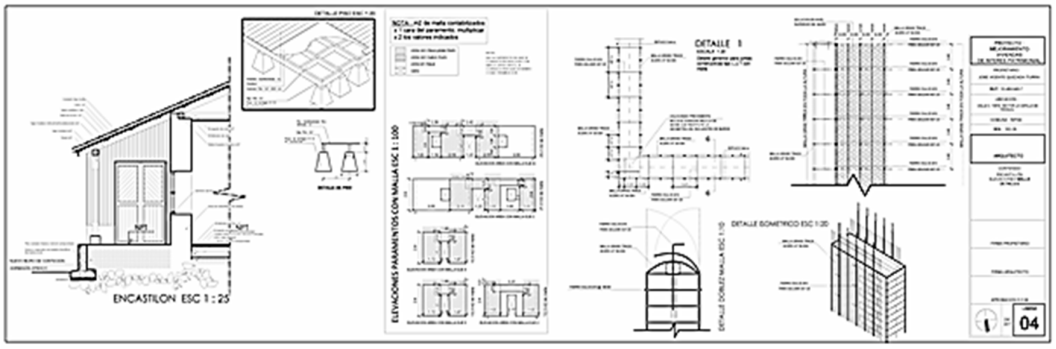


Figura 4. Corte y detalles constructivos

Imágenes vivienda Quezada

Figura 5. Estado original en deterioro

Figura 6. Desarme de vivienda

Figura 7. Grietas en muro dormitorio

Figura 8. Penumbra en dormitorio restaurado

Figura 9. Colocación malla Acma en muro

Figura 10 Vivienda José Quezada restaurada

5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Un espíritu de verdadera arqueología constructiva y altruismo fue lo que permitió reconstituir la atmósfera de suave penumbra que entregaban los acotados vanos de las viviendas, la generosa amplitud de sus espacios que daban cabida a los antiguos y vetustos muebles que conservan tradiciones familiares y evocan la memoria. La reconstrucción de los corredores y la sombra que generan, contribuyen a configurar el acogedor escenario de las calles de los pueblos de Ránquil, caracterizándolos, otorgándoles identidad.

El haber considerado en el proceso metodológico de recuperación de las viviendas dañadas, el rescate a través de la observación impresiva de los aspectos intangibles presentes en la arquitectura en tierra, permitió el respeto por sus características, tanto materiales constructivas, como inmateriales y afectivas. Los aspectos identitarios que se perciben a través de la impresión que provocan los escenarios de la vida cotidiana, son los elementos emocionales que finalmente le otorgan el sentido cultural al habitar.

6. CONSIDERACIONES FINALES

Paradojalmente, lo que en un principio apareció como una catástrofe irremediable de superar, paulatinamente fue despertando un espíritu de solidaridad comunitaria de todo un pueblo, transformándolo en una oportunidad. Actualmente la comuna de Ránquil se ha revitalizado como una alternativa turística que ofrece la belleza de un paisaje natural que dialoga con una arquitectura amable y tranquila, que inspira sencillez y valores de vida comunitaria que se manifiesta en la alegría de vivir de sus habitantes en su acontecer diario. Es la restauración del intangible cultural que tiene como soporte una arquitectura materializada con el rescate de valores y tradiciones constructivas a punto de desaparecer en la vorágine global.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anderson, B. (1993). Comunidades imaginadas. México: Editorial Fondo de Cultura Económica.

Berger, P.; Luckmann. (2006). La constitución social de la realidad. B. A: Amorrortu/Ed.

Bohr, N. (1935). Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?. Physical Review nº48

Browne, E. (1987). La evolución de la arquitectura contemporánea en América Latina. Santiago de Chile: Ediciones de la Escuela de Arquitectura PUC, diciembre

Cassassus, J. (2006). La educación del ser emocional. Chile: Cuarto Propio

Del Río de la Hoz, I. (2005). La experiencia del espacio. Art. de libro Diferentes modos de habitar el espacio. Valparaíso, Chile: Cuaderno del Seminario, Vol 1. PUCV.

Fernández Cox, C. (1990). Arquitectura y modernidad apropiada. Editorial Universitaria

García Canclini, N. (2006). La geopolítica cultural de García Canclini. Revista Patrimonio Cultural Nº 41, Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos, Delia Pizarro entrevista al Antropólogo.

Geertz, C. (2009). La interpretación de las culturas. Barcelona: Editorial Gedisa S.A.

Giannini, H. (1995). La reflexión cotidiana. Santiago de Chile: Editorial Universitaria

Gutierrez, R. (1992). Arquitectura y urbanismo en Iberoamérica. Madrid: Ediciones Catedra S.A.

Husserl, E. (2002). Lecciones de fenomenología de la conciencia interna del tiempo". Madrid: Editorial Trotta S.A.

Husserl, E. (2004). Meditaciones cartesianas. México: Fondo de Cultura Económica

Larraín, J. (2001). Identidad chilena. Santiago de Chile: LOM ediciones.

Larraín, J. (2005). ¿América Latina moderna? Santiago de Chile: LOM ediciones

Maturana, H. (1997). La objetividad. Un argumento para obligar. Chile: Dolmen Ed. S.A.

Patocka, J. (2005). Introducción a la fenomenología. Barcelona: Herder Ediciones.

San Martín, J. (2008). La fenomenología de Husserl como utopía de la razón. Madrid: Ed. Biblioteca Nueva

Waisman, M. (2009). El interior de la historia". Colombia: Editorial Escala S.A.

Zubiri, X. (2004). Inteligencia sentiente. Madrid: Editorial Tecnos.

Zumthor, P. (2006). Atmósferas. Barcelona: Editorial Gustavo Gili

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los profesionales a cargo de las obras, Sr. Aníbal Salas y Sr. Marcos Parra, y especialmente a los habitantes y vecinos de las viviendas analizadas, por la buena disposición y voluntad de colaboración en la entrega de información que enriquece los contenidos de este trabajo.

AUTORES

Leonardo Seguel Briones, arquitecto, Magister en Didáctica Proyectual, MADPRO, profesor e investigador J.C. del Depto. de Diseño y Teoría de la Arquitectura, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile, miembro de Red Arcot/Cátedra Unesco-Chile, Visiting Fellow en Latin American Studies Program y en "Departmente of City and Regional Planning, college of Architecture, Art & Planning", Cornell University, NY. (1998-1999).

Patricio Morgado Uribe, chileno, Arquitecto de la Universidad Católica de Valparaíso, Magister en Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica. Diplomado en Diseño en Madera de la Universidad del Bío Bío, Director Escuela de Diseño Industrial UBB, Director y docente del Departamento de Arte y Tecnologías del Diseño UBB, Decano de la Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño UBB., Fundador y Coordinador General de la REDARCOT/Cátedra Unesco/ Chile.

19. Arquitectura de Tierra en Nuevo México, Participación Comunitaria Yuxtapuesta por una Arquitectura de Alto Costo

Efthimios Maniatis[1]; Francisco Uviña-Contreras[2]

Universidad de Nuevo México, Facultad de Arquitectura

[1]maniatis@unm.edu; [2]fuvina@unm.edu

Palabras clave: comunidad, tradición, cultura, tapial, adobe

Resumen

La arquitectura de tierra en el estado de Nuevo México fue en el pasado y es en el presente de suma importancia. El uso de la tierra cruda como material de construcción continúa existiendo y es utilizado para edificios residenciales y comerciales; estas técnicas constructivas tradicionales se adaptan a su contexto y época a través de los años y en poco tiempo logra ser uno de los materiales más importantes entre los pobladores. Pero su uso se encuentra amenazado al no ser utilizado por el auto-constructor. Las técnicas constructivas con tierra se convierten cada vez más especializadas y solo aquellos de recursos elevados construyen con este material. Recientemente la pérdida de estas técnicas constructivas entre miembros de la comunidad ha convertido esta arquitectura de tierra en un negocio muy lucrativo. La ahora especializada tradición es económicamente no viable para muchos, solo aquellos con intereses y los recursos económicos pueden construir, perdiendo así el eslabón de esta tradición cultural. Por eso es de suma importancia recuperar las raíces de esta tradición constructiva y mantener un equilibrio entre el proceso comunitario de auto-construcción y de esa arquitectura de alto costo y especializada actualmente presente. La ponencia se enfocará en un breve resumen histórico de la arquitectura de tierra en el Estado de Nuevo México, Estados Unidos, desde sus orígenes precolombinos al presente. Primero se mostrarán varios proyectos describiendo como jóvenes en la comunidad de Bernalillo, Nuevo México, utilizan las técnicas de la arquitectura de tierra para construir y restaurar presentando la continuidad de esta tradición constructiva como catalizador para recuperar la expresión cultural y sus raíces de participación comunitaria. El proyecto de una residencia construida con la técnica de tapial en el Pueblo de Corrales, Nuevo México mostrará y presentará la yuxtaposición de este tipo de arquitectura junto a la mostrada por iniciativa de los jóvenes. Estos dos casos expondrán como técnicas de construcción de tierra se pueden seguir utilizando para construir en un contexto del presente manteniendo un equilibrio de los valores comunitarios, su expresión cultural y tradición.

INTRODUCIÓN

Interpretar lo que ha sido de la arquitectura de tierra en el estado de Nuevo México en los últimos años, es visualizar una nueva forma de construcción, más allá de la forma tradicional de auto-construcción, tal como lo menciona Medeiros (1995, p. 30), donde “la autocapacidad de la mayoría de la población para resolver con sus manos la construcción de su propia vivienda, sin recurrir a asistencia técnica y mucho menos financiera, resulta el mejor obstáculo….” La rica historia de este noble material que es la tierra cruda se remonta a los primeros pobladores de esta región y el norte de México donde se ve plasmado, los hoy presentes rasgos de construcciones de una significante tipología, como lo muestra el Pueblo de Taos, y el sitio acantilado de la zona arqueológica de Mesa Verde (ambos declarados Patrimonio Mundial de la Humanidad por la UNESCO), influyen en lo que hoy día se considera el Estilo Santa Fe o *Spanish-Pueblo Revival* (Renacimiento del Estilo Español-Pueblo). Desafortunadamente por el crecimiento de los materiales modernos y su accesibilidad hace que los materiales tradicionales, en este caso el adobe, se pierda ya que en la mayoría de los casos son pocos los que fabrican el material y pocos los fabrican en forma manual. Las extensas normas de construcción que se extienden al adobe y otros tipos de construcción con tierra, como ser el bloque de tierra comprimido (BTC) y el tapial; los altos costos de construcción, al igual los aditivos que se integran en la actualidad a la mezcla del adobe hacen que la construcción con tierra sea una técnica especializada y pocos construyan con ella. Es así como se ha elevado el costo de construir

con adobe y pocos manejan la auto-construcción de manera libre y sustentable. Es por eso que varias organizaciones y programas se han desarrollado para darle seguimiento a esta manera tradicional de construir. Se le ha prestado atención en diversos programas, incluyendo en instituciones académicas, como lo es Northern New Mexico College y la Universidad de Nuevo México, así como varias organizaciones como la es *Cornerstones Community Partnerships, Adobe Alliance, Solar Adobe* y otras ya desaparecidas que plantaron la semilla de salvaguardar esta tradición muy arraigada en la región. La lucha continua de transmitir y diseminar estas técnicas a nuestras nuevas generaciones y la apreciación de este material y forma de construcción. La yuxtaposición existe con los altos costos de realizar este tipo de construcción en una forma tradicional, ya que las normas, inspecciones, permisos, licencias, diseñadores y otros más, complican el proceso tradicional que algún día se dio y hacen a un lado al simple auto-constructor. La pregunta es ¿Cómo pueden dos maneras de construcción llegar a un balance y ser respetadas y vitales para la supervivencia de este material y sus tradiciones?

La arquitectura ancestral de tierra en Nuevo México parte de la cultura Anazasi y Mogollón como las más importantes de la región durante el periodo o fase temprana de la Cultura Pueblo. Las primeras estructuras de estas culturas se desarrollan durante la etapa denominada *Pit House* a mediados del siglo IV en donde la mayor parte de esta vivienda modesta es construida a base de una técnica de bajareque, como se muestra en la figura 1. Las técnicas de construcción con tierra y bajareque evolucionan a una mampostería de numerosas técnicas con morteros de tierra. Muchas de estas grandiosas civilizaciones, tal como Pueblo Bonito (conocido como el Cañón de Chaco, Patrimonio Mundial de la Humanidad por la UNESCO) se ven abandonadas hacia el siglo XIII (Bunting, 1976, p. 2-3). Durante este periodo se desarrolla el extenso conjunto de pueblos indígenas a lo largo de ríos, por ejemplo el Pueblo de Taos, figura 2, declarado Patrimonio Mundial de la Humanidad por la UNESCO, la mayoría se encuentran a lo largo del Rio Grande, en México mejor conocido como el Rio Bravo. Es aquí donde se desarrolla una arquitectura de tierra a base de una mezcla de tierra modelada o apilada, parecida a la técnica de *cob*. Estas culturas elaboran una tipología única de viviendas de varias plantas y espacios públicos (plazas) que los identifica como los Indígenas Pueblo para los primeros Españoles que arribaron a la zona en el siglo XVI. Hoy en día estas tribus se les considera Indígenas Pueblo.

Figura 1. Maqueta de pit house mostrando el entramado y su capas de aplanados de tierra

Figura 2. Pueblo de Taos al norte de Nuevo México, mostrando sus ramadas (sombras a base de ramas de árboles nativos) y hornos

Los primeros colonizadores y misioneros construyen sus viviendas y templos utilizando las mismas técnicas de construcción que los indígenas, siendo este el material de preferencia. El adobe fue presentado como una técnica nueva a esta zona norte de la Nueva España.

Los nuevos habitantes en si, aportaron nuevas ideas y elementos de construcción tal como hachas, clavos, bisagras (Bunting, 1976, p. 4). También se importa el diseño de los hornos en forma de cúpula (de origen Moro) íconos entre las presentes culturas “Indígenas Pueblo” de la región. Ésta interesante mezcla de sistemas constructivos e influencias arquitectónicas se siguen prolongando en la región.

A principios del siglo XIX cuando México recibe su independencia, el territorio nuevo mexicano permanece nulo de crecimiento, hasta ser reconocido como parte del territorio estadounidense, que es entonces arquitectura y las técnicas de construcción se ven influenciadas. A mediados y finales del mismo siglo con la llegada del ferrocarril los americanos revolucionan la tipología arquitectónica, pero el adobe sigue siendo el material de preferencia entre los pobladores. Este nuevo estilo se le conoce como “Territorial”, la mayoría de los casos se le identifica por los techos planos, cornisas de ladrillo, vanos grandes y aplanados de cal. En ocasiones y en lugares de más humedad los techos suelen ser de latón (Bunting, 1976, p. 86–107). Esta interesante mezcla de materiales y técnicas tradicionales de construcción se siguen elaborando, la mayoría con materiales modernos, como lo es la madera y bloque de cemento. Es hasta principios del siglo XX que el famoso estilo conocido a nivel internacional como el Estilo Santa Fe o *Spanish Pueblo Revival* (Resurgimiento Español-Pueblo) toma fuerza entre los arquitectos del estado de Nuevo México y suroeste del país. Este estilo o forma de construir se sigue elaborando en vivienda y en edificios de gran magnitud. Desafortunadamente el adobe como técnica constructiva empieza a ser abandonado por la mayoría en este tipo de construcción.

Durante la Gran Depresión de los años treinta en los Estados Unidos el adobe se utiliza como material de preferencia por arquitectos y constructores con establecimiento del *New Deal* durante el gobierno de Franklin D. Roosevelt, ya que la elaboración y el trabajo de este material era popular y de gran esfuerzo laborar, una de las tantas razones en emplear la mano de obra de la localidad. Con los cambios radicales en el país después de la Segunda Guerra Mundial los materiales tradicionales tal como el adobe pierden su popularidad por su exhaustivo trabajo en su elaboración. Su uso se limitó a vivienda, y sitios de manufactura de adobe se hacen popular durante estos años por el vasto crecimiento del país y en si, nuevas técnicas de construcción modernas, y estabilizantes para el adobe tradicional, entre ellos el asfalto en pequeñas cantidades. Por la extensa demanda de vivienda por todo el país, la madera se desarrolla como material de preferencia. La autoconstrucción empieza a declinar ya que gran parte de la población rural se extiende a las zonas urbanas y las técnicas tradicionales se dejan de utilizar por la mayor parte.

Este conocimiento vuelve a tomar fuerza a mediados de los setenta durante la crisis energética, como material sustentable y verde, pero entre cierto número de pobladores. Es al poco tiempo que el proceso de normatividad toma efecto, dándole a este noble material la importancia como técnica constructiva en Nuevo México. Los sesentas y setentas, durante el Movimiento de los Derechos Civiles en Estados Unidos, el recuperar tradiciones, tal como el adobe, es tomado como un vínculo a sus raíces y auto dependencia entre la comunidad méxico-americana. El Movimiento Chicano en Nuevo México se propaga en ayudar y demandar los derechos otorgados por México y Estados Unidos durante el Tratado de Guadalupe Hidalgo a mediados de 1800, exigiendo tierras y recuperación de cultura, especialmente entre los jóvenes.

El Grito Del Norte (1973, p. 24),

> El sistema gringo ha quemado las mentes de nuestra plebe. Ese sistema nos enseña a vivir y pensar como el Anglo, y olvidar nuestra cultura. Nos enseña a pensar en el dinero por egoísmo y olvidar la opresión del pueblo. Escuela de Tonantzín de Santa Fe y el Bobbie García Cultural School of Albuquerque son ejemplos de nuestras propias escuelas nuevas donde se enseña nuestra cultura e idioma.

Otras organizaciones se forman para recuperación del patrimonio construido con tierra. Entre ellas, *Cornerstones Community Partnerships*, que a finales de los ochenta forma y capacita a jóvenes en la recuperación de las técnicas de construcción con tierra a través de salvaguardar inmuebles patrimoniales. Estos jóvenes, la mayoría de raíces hispanas o indígenas, y de bajos recursos son invitados a participar y trabajar en edificios históricos o de importancia en su comunidad. El trabajo forma un vínculo y conexión a sus raíces e historia dentro de sus comunidades, la capacitación se dirige al rescatar las técnicas de construcción, que en muchos de estos casos son escasas o pérdida total. No obstante, estas generaciones están dispuestas a recuperar y aprender lo que sus antepasados les dejaron como forma de auto dependencia y supervivencia, utilizando lo que su entorno proveía. Como bien lo menciona, Guerrero Baca (1994, p. 14) en una

> arquitectura tradicional es la expresión tangible de la manera de vivir y entender el mundo de esas familias y comunidades que siempre han sido mantenidas al margen del llamado progreso y civilización, pero que han satisfecho sus necesidades de manera autónoma y en comunión con su medio ambiente.

Muchas comunidades como la de Doña Ana, al sur del estado y cerca a la zona fronteriza con México, donde se trabajo en la restauración de su templo abandonado, el Pueblo de Zuni, donde los jóvenes asistieron en la recuperación de su cantera de piedra arenisca de la zona abandonada por mas de treinta años, las comunidades del Valle de Mora, donde los jóvenes trabajan para rescatar muchos de sus templos heredados por sus antepasados y así rescatar la tradición del mayordomeado que se sigue manejando en la zona norte del estado para salvaguardar sus iglesias y acequias. El caso más reciente que surge como proyecto de *Cornerstones*, pero se desenvuelve como su propio programa de capacitación en la comunidad de Bernalillo, toma fuerza y logra la recuperación de varios edificios o ruinas a punto de desaparecer. La comunidad de Bernalillo esta localizada a lo largo del Rio Grande, y al pie de la montañas Sandias, rodeada por Reservas Indígenas, a varios kilómetros norte de Albuquerque, la ciudad mas grande en el Estado de Nuevo México y su importancia como un cruce histórico de los pueblos ancestrales y los primeros colonizadores a lo largo del Camino Real de Tierra Adentro.

El proyecto inicia con un Taller Internacional de Conservación y Restauración de Arquitectura de Tierra (TICRAT) patrocinado por la Ciudad de Bernalillo y Monumentos del Estado de Nuevo México a principios del año 2000. La participación de profesionales mexicanos y americanos se presta como hincapié para lo que pronto se establecería como un proyecto de jóvenes dispuestos a convivir en un ambiente de comunidad y así lograr la rehabilitación de varios edificios en su comunidad. En el 2005 el proyecto florece y el primer sitio, La Bodega Sena construida en los veinte, con la técnica a base de terrones, bloques de tierra cortados y extraídos de la orilla del rio después de extensas inundaciones y crecimiento del pasto, desafortunadamente desaparecida casi en su totalidad en esta región, fue entonces como el adobe se utilizó para la recuperación de muros. Los recursos económicos del proyecto se otorgan por el estado como parte de un proyecto estatal para mantener a jóvenes empleados en proyectos comunitarios (*Youth Conservation Corp*). La capacitación de estos jóvenes, la mayoría de escasos recursos y con antecedentes judiciales, se extendió a su seguridad en el sitio de trabajo, el aprendizaje de la arquitectura de tierra a nivel mundial y de su comunidad, la teoría de la conservación del patrimonio, las técnicas constructivas de tierra y su educación a largo plazo (Rinaldi; Uviña, 2013). La importancia de rescatar edificios sin uso en la comunidad o en ruinas incita la recuperación de espacios con una memoria arraigada entre miembros la comunidad con una nueva huella recalcada por una nueva generación, figura 3. Guerrero Baca (1994, p. 18) reafirma el concepto de tradición al ser “delicadas y sensibles por lo que para que puedan seguir vivas requieren algo más que su estudio y difusión, algo más que su repetición y almacenaje en ambientes artificiales y asépticos ajenos a su origen: necesitan su actualización, es decir, su activación condicionada a las circunstancias cambiantes de

cada época". Es así como las vivencias de una comunidad siguen en pie y su legado en las técnicas de construcción de tierra heredadas por el maestro constructor Abenicio Salazar, miembro activo de la comunidad y su legado se refleja en los jóvenes de hoy, figura 4. El trabajo participativo en la comunidad a través de los jóvenes es contrario a mucho de lo que es la arquitectura de tierra en el presente.

Figura 3. Bodega Sena después de su recuperación por jóvenes en la comunidad

Figura 4. Jóvenes de la comunidad recuperando muro de adobe en el edificio del molino

Desafortunadamente las técnicas ancestrales se tornan como una especialidad entre pocos y su costo lo hace nulo a la mayor parte de la población. En contraste con muchos países en donde la arquitectura de tierra, es parte esencial y vital para su población. Nuevo México, gran promovedor de estas técnicas, normas y sistemas sustentables, eleva estos sistemas a ser accesibles por pocos por su gran costo, haciendo a un lado a personas de bajos recursos. Un ejemplo reciente de una casa construida con la técnica de tierra apisonada o tapial en la comunidad de Corrales, un pueblo histórico parte del Camino Real de Tierra Dentro, aburguesado por Anglo Sajones, desplazando a sus habitantes originales del sitio. La mayor parte de su vivienda esta construida con tierra y el estatus se eleva al ser dueño y parte de esta tradición. Es así como nuevos habitantes de este sitio encantador expresan su habilidad a ser parte de esta cultura e integrarse a la comunidad, respetando así su contexto y lo estético de esta arquitectura, e imagen rural de espacios abiertos. La destacada casa de Roger y Mary Downey contempla un diseño arquitectónico único de la zona, recolectando técnicas tradicionales, materiales típicos de la zona con aplicado a un modernismo ejemplar, descrito como *modern contemporary regionalism* (modernismo regional contemporáneo) (Poling, 2013).

Esta nueva interpretación de una arquitectura típica de la región surge con un elevado costo. Todos los detalles y elementos arquitectónicos son específicamente creados y diseñados al gusto del cliente. El encofrado se realiza en situ, sin seguir un molde especifico o sistema modular, tal como se muestra en la figura 5. El contratista, más el consultor toman cada detalle de la casa a un exuberante nivel de perfección. Este trabajo crea de una arquitectura simple en entendimiento y de espacios abiertos, en algo especializado y de alta calidad, como se observa en la figura 6. El área total de construcción fue de 3, 400 pies cuadrados o aproximadamente 316 m^2, con un costo de 1.4 millones de dólares. Esto hace el costo de $4,430.00 dólares el metro cuadrado. Más

elevado que la típica casa de madera con un diseño similar, con un costo de $1,991.00 dólares el metro cuadrado y en adobe a un costo de $2,152.00 el metro cuadrado. Este proyecto fue publicado en la revista Dwell como proyecto sustentable por el uso primordial de tierra. La fuente de conocimiento para este tipo de construcción es limitada en el estado de Nuevo México, ya que el adobe es de más popularidad por su continua tradición. Este tipo de construcción le da un estatus a una arquitectura de tierra que no se ve en muchas partes del mundo, donde desafortunadamente representa pobreza, construcciones inseguras y no higiénicas. Por lo contrario en Nuevo México y el suroeste del país es común ver este tipo de tradición, como la de construir con tierra, parte esencial de un sistema y una arquitectura regional que exige su permanencia.

Figura 5. Sistema de encofrado para muros de tapial en la Casa Downey

Figura 6. Interior mostrando pasillo que comunica la sala con las recamaras al fondo

Un equilibrio es esencial para el bienestar de esta costumbre ancestral en Nuevo México y el suroeste de los Estados Unidos. La comunidad toma un rol importante en la conservación de esta tradición, en especial las nuevas generaciones, herederas de estas técnicas. Al igual, es de suma importancia darle el valor a este material como se hace en la Casa Downey. No es cuestión de mantener viva esta tradición a base de una mano de obra especializada y de casas monumentales, pero sí de conservar el proceso comunitario y de auto-construcción, hecho que dará a esta arquitectura su permanencia. Programas como el de Bernalillo debería extenderse a poblaciones en donde estas técnicas sufren de deterioros o abandono, para poder revalorar las tradiciones locales que sustentan la imagen de un estado como el de Nuevo México y dar un nuevo uso a estos edificios, activando en ellos una nueva memoria para las próximas generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bunting, B. (1976). Early architecture in New Mexico. Albuquerque: University of New Mexico Press.

El grito del norte (1973). The Movimiento in Nuevo México 1968 to 1973 In El Grito Photos. Vol. VI, No. 6, Las Vegas, N. M., 1973.

Guerrero Baca, L. F. (1994). Arquitectura de tierra en México. México, D. F.: Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco, División de Ciencias y Artes para el Diseño.

Medeiros, G. (1995). Retrospectiva de una arquitectura emergente. Medeiros, G. (Copilador). Arquitectura en Bolivia, una aproximación a lo desconocido. Bogotá, Colombia: Escala. p. 30-64.

Poling, C. (2013). Dwell Magazine, a sustainable rammed earth home in New Mexico. USA, Junio 13, 2013.

Rinaldi, M.; Uviña, F. (2013). Earthen architecture, a catalyst for a youth development program in the town of Bernalillo, New Mexico: its history and recent accomplishments. In: 7th International Earthbuilding Conference. Earth USA, Santa Fe, New Mexico, 2013.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los jóvenes y miembros de la comunidad de Bernalillo por su esfuerzo y logros, que con su dedicación pudieron resaltar su energía y aplicarla a un buen uso, y rescatar edificios que muchos pensaban como un peligro a la seguridad.

AUTORES

Francisco Uviña Contreras, Maestro en diseño arquitectónico, planeación urbana y conservación del patrimonio edificado, arquitecto, Director de programa de Conservación del Patrimonio Edificado en la Universidad de Nuevo México, USA. Miembro de la organización de *Earth USA*, Nuevo México. Miembro activo, Taller Internacional sobre la Conservación y Restauración de Arquitectura de Tierra (TICRAT).

Efthimios Maniatis, Maestro en diseño arquitectónico en la Universidad de Nuevo México, arquitecto, Firma eM Design Studio, Albuquerque, Nuevo México.