UNIVERSIDAD DE CUENCA

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES SEGUNDA COHORTE

INCREMENTO DE LA DURABILIDAD DEL BAHAREQUE EN LA CIUDAD DE CUENCA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE MAGISTER EN CONSTRUCCIONES (MSC)

AUTOR: FRANCISCO ESTEBAN OCHOA ZAMORA C.I.0103931564

DIRECTOR: FERNANDO ZALAMEA LEÓN

C.I.0102059326

CUENCA, MARZO 2016

ABSTRACT:

THE OBJECTIVE OF THIS RESEARCH WAS TO INCREASE THE DURABILITY OF THE CONSTRUCTION TECHNIQUE OF BAHAREQUE WITHIN THE CITY BASIN .

THE RESEARCH WILL ANALYZE THE MOST COMMON DISEASES THAT LASH OUT AT BAHAREQUE CONSTRUCTIONS IN THE CITY BASIN MADE FROM A SIGNING FIELD.

DEPENDING ON THE RESULTS OF SIGNING AND ANALYZING THE STATE OF THE ART IN WHICH TECHNIQUE IS BAHAREQUE, BEST PRACTICES TO INCREASE THE DURABILITY OF THIS TYPE OF CONSTRUCTION IS PROPOSED.

IN CONCLUSION, PERFORMED TESTS RELATING TO THE LINKS OF WOOD IN THE BAHAREQUE DEFINING WHAT IS THE ELEMENT OF UNION THAT WOULD HAVE BETTER RESPONSE TO SEISMIC APPLICATIONS.

RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

EL OBJETIVO DE ESTA INVESTIGACIÓN ES INCREMENTAR LA DURA-BILIDAD DE LA TÉCNICA CONSTRUCTIVA DEL BAHAREQUE DENTRO DE LA CIUDAD DE CUENCA.

LA INVESTIGACIÓN ANALIZARÁN LAS PATOLOGÍAS MÁS COMUNES QUE ARREMETEN A LAS CONSTRUCCIONES DE BAHAREQUE EN DE LA CIUDAD DE CUENCA A PARTIR UN FICHAJE REALIZADO EN CAMPO.

EN FUNCIÓN DE LOS RESULTADOS DEL FICHAJE Y ANALIZANDO EL ESTADO DEL ARTE EN EL QUE SE ENCUENTRA LA TÉCNICA DEL BAHAREQUE, SE PROPONDRÁ LAS MEJORES PRÁCTICAS PARA INCREMENTAR LA DURABILIDAD DE ESTE TIPO DE CONSTRUCCIONES.

COMO CONCLUSIÓN, SE REALIZARÁN ENSAYOS REFERIDOS A LOS ENLACES DE LA MADERA EN EL BAHAREQUE DEFINIENDO CUAL ES EL ELEMENTO DE UNIÓN QUE MEJOR RESPUESTA TENDRÍA ANTE SOLICITUDES SÍSMICAS.

ÍNDICE

CAPITULO 1	10
1.1 INTRODUCCIÓN	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.3.1. OBJETIVO GENERAL:	12
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	12
1.4 JUSTIFICACIÓN:	13
CAPITULO 2: ANÁLISIS DE CONSTRUCCIONES EN BAHAREQUE.	18
2.1 RESULTADOS, DETERIOROS MAS COMUNES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE	65
2.2. CONCLUSIONES DE LOS DAÑOS.	66
2.2.1. CONCLUSIONES DE CIMIENTOS	67
2.2.1.1. CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS CIMENTACIÓN:	68
2.2.1.1.1. CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES A MANERA DE ZAPATA:	69
2.2.1.1.2. COLUMNAS O PILARES ASENTADAS EN BASAS:	71
2.2.1.1.3. CIMENTACIÓN CORRIDA:	73
2.2.2. RESULTADOS DE MUROS	75
2.2.2.1. CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DE MUROS	76
2.2.2.1.1. CAUSAS DEL DETERIORO DE LOS REVOQUES	77
2.2.2.1.2. PREPARACIÓN, TRATAMIENTO Y TRABAJO DEL BARRO	80
2.2.3. RESULTADOS: ENTREPISO Y CUBIERTA	89
2.2.3.1. CONCLUSIONES DE CUBIERTA:	90
2.2.3.2. CONCLUSIONES DE UNIONES Y ESTRUCTURA DE MADERA:	93
2.2.3.2.1. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL BAHAREQUE	96
2.2.3.2.1.1. ESTRUCTURA CON PIEZAS DE MADERA TIPO ROLLIZO.	96
2.2.3.2.1.2. ESTRUCTURA CON PIEZAS DE MADERA ASERRADA	99
2.2.3.2.1.3. ESTRUCTURA REALIZADA CON CARRIZO:	. 103
2.3 ANÁLISIS DEL POSIBLE COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS ESTRUCTURAS ANALIZADA	S.107
2.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS	. 107
2.3.2. ANÁLISIS DEL DISEÑO ANTI SÍSMICO DE LAS ESTRUCTURAS REVISADAS:	. 109
2.3.2.1. CONFIGURACIONES EN PLANTA Y ELEVACIÓN:	. 109
2.3.2.2. VARIACIONES DE RESISTENCIA Y RIGIDEZ	. 111
2.3.3. DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE BAHAREQUE:	. 114

CAPITULO 3: ENSAYOS	119
3.1 ENSAYO DE SOPORTES DEL BARRO	120
3.1.1. DISEÑO DEL ENSAYO	120
3.1.2. RESULTADOS DEL ENSAYO	12
3.1.3. CONCLUSIÓN DE LOS ENSAYOS DE SOPORTE DE TIERRA:	123
3.2 ENSAYO DE UNIONES EN PANEL DE MADERA BAHAREQUE	124
3.2.1.DISEÑO DE PANEL PARA EL ENSAYO DE FUERZA HORIZONTAL	127
3.2.2. SELECCIÓN DE MATERIALES:	128
3.2.3. UNIONES A ENSAYAR	132
3.2.3.1. UNIÓN CON CAJA Y ESPIGA	132
3.2.3.2. UNIÓN REALIZADA CON CLAVO	133
3.2.3.3. UNIÓN REALIZADA CON TORNILLO	134
3.2.4. CONSTRUCCIÓN DE PANELES PARA EL ENSAYO	135
3.2.5. DISEÑO DE ENSAYO DE COMPORTAMIENTO DE PANEL DE BAHAREQU	JE ANTE CARGA
horizontal	135
3.2.6. RESULTADOS DEL ENSAYO	140
3.2.6.2.PANEL UNIÓN CLAVO:	144
3.2.6.3.PANEL UNIÓN CAJA Y ESPIGA:	147
3.2.7. CONCLUSIÓN DE LOS ENSAYOS:	149
3.2.7.1. CONCLUSIÓN CAJA Y ESPIGA	149
3.2.7.2.CONCLUSIÓN UNIÓN CON CLAVO	150
3.2.7.3. CONCLUCIÓN UNIÓN CON TORNILLO	152
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA:	162
GLOSARIO:	16

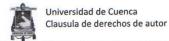


Yo, Francisco Esteban Ochoa Zamora autor de la tesis "INCREMENTO DE LA DURABILIDAD DEL BAHAREQUE EN LA CIUDAD DE CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, marzo 2016

Autor: Francisco Esteban Ochoa Zamora

C.I.: 010393156



Yo, Francisco Esteban Ochoa Zamora autor de la tesis "INCREMENTO DE LA DURABILIDAD DEL BAHAREQUE EN LA CIUDAD DE CUENCA", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Máster en construcciones. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, marzo 2016

Autor: Francisco Esteban Ochoa Zamora

C.I.: 0103931564

CERTIFICACIÓN

CERTIFICO QUE EL PRESENTE TRABAJO FUE DESARROLLADO POR FRANCISCO ESTEBAN OCHOA ZAMORA, BAJO MI SUPERVISIÓN.

FERNANDO ZALAMEA LEÓN DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

AGRADEZCO DE MANERA ESPECIAL A LOS INGENIEROS RAÚL Y VLADIMIR CARRASCO POR SU AYUDA Y ATENCIONES. DEL MIS-MO MODO, AGRADEZCO A LA ARQ. LOURDES ABAD Y AL ING. FERNANDO ZALAMEA POR HABERME GUIADO EN ESTE EMPRENDI-MIENTO.

TAMBIEN EXPRESO MI SINCERA GRATITUD AL ING. YANN PARÉ Y LA EMPRESA ROTHO BLAAS POR HABER CONTRIBUIDO A QUE ESTA INVESTIGACIÓN PUEDA REALIZARSE.

DEDICATORIA

ESTA INVESTIGACIÓN VA DEDICADA A MI ESPOSA Y A MIS PADRES QUE SIEMPRE ESTUVIERON A MI LADO APOYÁNDOME EN LA CON-SECUCIÓN DE ESTA INVESTIGACIÓN.

INCREMENTO DE LA DURABILIDAD DEL BAHAREQUE EN LA CIUDAD DE CUENCA

CAPÍTULO 1: LINEAMIENTOS



FOTO N° 1. CASA DE BAHAREQUE, ZONA DEL VALLE DE LA CIUDAD DE CUENCA FUENTE: AUTOR



FOTO N° 2. COLOCACIÓN DE REVOQUE EN UNA ESTRUCTURA DE BAHAREQUE EN SECTOR RÍO AMARILLO.; FUENTE: AUTOR

INCREMENTO DE LA DURABILIDAD DEL BAHAREQUE EN LA CIUDAD DE CUENCA

CAPITULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

El planteamiento de esta investigación se basa en restablecer y potencializar el uso de los materiales y recursos constructivos que brinda la técnica del bahareque, que por años ha sido parte fundamental del ornato de la ciudad de Cuenca. Para lograrlo se propone incrementar su durabilidad y demostrar que éste puede conformar una opción adecuada y eficaz para la construcción actual.

La concreción de esta propuesta está ligada a la estandarización de buenas prácticas en la construcción y mantenimiento del bahareque, así como una propuesta de mejoramiento de la respuesta que tiene este tipo de estructuras ante un sismo.

Para lograr consolidar los objetivos propuestos, se procederá con el levantamiento de edificaciones realizadas con este tipo de técnica que presentaran daño severo o que fueron intervenidas para su restauración, realizando un levantamiento de información de los métodos utilizados para su construcción y diagnóstico de daños.

Francisco Ochoa Zamora.





FOTO N° 3. CASAS DE BAHAREQUE REALIZADAS EN EL SIGLO XIX EN LA ZONA DEL BARRANCO DE CUENCA; FUENTE: FOTOTECA DEL BANCO CENTRAL DEL ECUADOR CÓDIGO DE FOTO 3222

A continuación, para analizar los casos se acudirá a fuentes documentales que detallen este tipo de técnica y sus materiales componentes, permitiendo discernir las causas y posibles soluciones de las patologías encontradas, consolidando el correcto proceso de construcción desde la selección del material hasta su mantenimiento.

Como parte neurálgica del la investigación y con la finalidad de mejorar la resistencia de los elementos estructurales se realizará ensayos de las uniones de los paneles de madera, estructurados tal como se lo realiza en la técnica del bahareque, a los que se les aplicará una fuerza horizontal en la parte superior. Se aplicará tres tipos de unión: caja y espiga, clavo y tornillo estructural para madera.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La desacreditación de las técnicas constructivas de tierra en el país es general. El paradigma de la vivienda de tierra cruda realizada por el campesino ha sido sustituida por nuevos sistemas constructivos de mucho mayor difusión. En el 2001 solo el 16.98 % de las viviendas en la región sierra eran hechas de adobe o tapial; actualmente es el 11,86% con tendencia a la baja. 1

La exigua competencia de las técnicas en tierra en el mercado de la construcción en la época actual ha sido evidente; los nuevos procesos constructivos han expuesto a la arquitectura de barro como una práctica monótona, de mala calidad, y sinónimo de pobreza, logrando estigmatizar así este tipo de construcción.

En la actualidad la implementación y desarrollo de las técnicas como el bahareque, en nuestro país ha tenido poca acogida. Probablemente una de las razones sea que los constructores del País no se han concientizado todavía del contundente efecto del gasto energético y contaminación que producen los materiales

¹ Censo de población y vivienda (CPV-2001) -lnec





FOTO N $^{\circ}$ 4 CASA REALIZADA EN BAHAREQUE EN LA CIUDAD DE CAÑAR, EJECUTADA POR LA ARQ. LOURDES ABAD.FUENTE: AUTOR

modernos realizados con recursos no renovables siendo el concepto de arquitectura sustentable todavía muy ajeno a nuestra sociedad.

Existen algunas ventajas de la construcción en bahareque en comparación a las técnicas actuales, en cuanto a costo, tiempo, y gasto energético, las cuales podrían situarla en puestos primordiales en la construcción actual. Sin embargo, el estigma latente en la gente sobre la poca durabilidad de la construcción en tierra y madera es muy fuerte. Por tal motivo, la investigación analizará de manera técnica las bondades que el bahareque puede lograr en cuanto a la durabilidad si se lo realiza con de forma correcta.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. OBJETIVO GENERAL:

Incrementar la durabilidad del bahareque mejorando el sistema constructivo a través de buenas prácticas en cuanto a la elección, manejo, construcción y mantenimiento de sus materiales componentes, así como el implementar uniones más eficientes entre la madera para mejorar el comportamiento de la estructura ante esfuerzos horizontales.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- -Proponer las prácticas más adecuadas para el mejoramiento de la durabilidad de los materiales componentes del bahareque.
- -Generar recomendaciones acerca del cómo debe ser el tipo de mezclas de barro de empañete y de revoque para extender el tiempo de servicio del mismo.



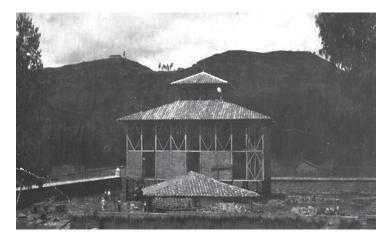


FOTO N° 5. MUSEO DE LOS METALES, CUENCA, 1923, ARMADO DE ESTRUCTURA DE BAHAREQUE. FUENTE: ESTUDIO HISTÓRICO MUSEO DE LOS METALES.

- -Exponer las técnicas más adecuadas en la ejecución y mantenimiento de una obra realizada con bahareque partiendo desde los cimientos hasta llegar a la cubierta.
- -Mejorar el comportamiento de la estructura de bahareque al estar sometida a esfuerzos horizontales proponiendo la optimización de las uniones convencionales de este tipo de técnica.
- -Analizar el material más adecuado para funcionar como soporte del barro, en cuanto, durabilidad, comportamiento y rendimiento.

1.4 JUSTIFICACIÓN:

Demostrar que la durabilidad que puede alcanzar el bahareque puede lograr buenos resultados, lo que puede consolidar como una alternativa coherente para construir en la actualidad.

Este tipo de construcción contribuye a una arquitectura sustentable que tiene afinidad con el ecosistema, ya que impulsa el uso de materiales que fácilmente regresan al proceso cíclico de renovación de recursos como la madera y la tierra. El sector de la Construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida y del 50% del total de los residuos generados. ²

Al impulsar el uso de materiales de nuestra región, que además no necesitan pos proceso para poder ser utilizados, significa el ahorro de gran cantidad de dinero y recursos, convirtiendo a estos en una forma muy rentable de construcción. La mayoría de los materiales utilizados actualmente como el acero y el cemento necesitan un proceso industrial de ejecución antes de ser comercializados; ya que no pueden ser aplicados en su condición primaria lo que encarece su costo sin contar con su transportación del país de fabricación hasta la distribuidora local.

Anink, D., Boonstra, C., y Mak, J.: Handbook of Sustainable Building. An Environmental Preference Method for Selection of Materials for Use in Construction and Refurbishment, Londres, 1996 pp 53



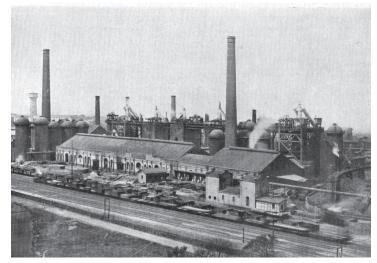


FOTO N° 6. FABRICA DE ACERO BUENA ESPERANZA EN OBERHAUSEN, 1890 , LA PRODUCCIÓN DE ACERO CONSUME UN GASTO ENERGÉTICO DE 6,70KWH POR KG-1 FUENTE: HTTP://ALMADEHERRERO.BLOGSPOT.COM

La mano de obra local tiene pleno conocimiento en este tipo de construcciones, ya que es una técnica tradicional de nuestra región. Sin embargo, la nueva generación de mano de obra, para la construcción, ya no conoce sobre estas prácticas, por eso se vuelve fundamental preservar y fomentar este saber en ellos.

Siendo Cuenca una zona templada ubicada en la sierra del Ecuador, la construcción en bahareque se convierte en una forma ideal para el condicionamiento ambiental de una vivienda puesto que la inercia térmica de la tierra brinda muchos beneficios a la hora de regular la temperatura interna de un espacio.

Estéticamente la arquitectura de bahareque es altamente aceptada por la sociedad, inclusive llegando a ser un ícono en la historia y cultura de nuestra ciudad.

La estructura de madera de pórticos arriostrados ha tenido un excelente comportamiento con respecto a sismos, lo que la convierte en una técnica recomendable para la zona sísmica de alta peligrosidad en la que se encuentra la ciudad de Cuenca.

La rapidez con la que se puede armar una estructura de bahareque con respecto a otros tipos de estructura la hace una técnica muy interesante para lograr mejores rendimientos de obra en la construcción, siendo este aspecto uno de los fundamentales que intervienen en la rentabilidad o no de una edificación.

RELEVANCIA SOCIAL:

Las construcciones en bahareque tienen su génesis en la minga comunitaria que consistía en la colaboración de todos los habitantes del pueblo o caserío en la consecución de la casa de uno de los vecinos. Los materiales se obtenían del mismo sitio y la mano de obra era gratuita, por lo que la edificación terminaba costando muy poco.



FOTO Nº 7. CONSTRUCCIÓN BAHAREQUE HECHA CON MINGA, UBICADA EN NEUQUÉN-ARGENTINA. FUENTE: HTTP://TAKIHUASI.BLOGSPOT.COM

Aunque este tipo de trabajo comunitario no es muy practicado actualmente, la construcción en bahareque sigue siendo una elección fundamentalmente económica ya que la materia prima puede ser conseguida a costos accesibles e incluso ser obtenida del mismo terreno en el que se va a construir. Mientras que la ejecución de buena parte de la edificación puede ser realizada por los propietarios.

IMPACTO SOCIAL:

Existen programas de vivienda social de gran envergadura realizados con técnicas similares al bahareque en países como Chile, Argentina y en el mismo Ecuador. La fundación Hogar de Cristo ubicada en Guayaquil, realiza viviendas de interés social que llegan a costar 1.000 USD.

El potencial que tiene la arquitectura en bahareque para la vivienda de interés social es muy grande, pudiendo consolidar programas de vivienda digna y estéticamente aceptable con un costo totalmente asequible para cualquier ciudadano.

UTILIDAD METODOLÓGICA:

El estudio sobre la construcción del bahareque en el país ha sido bastante limitado, se pueden encontrar varias cartillas que ilustran la forma de realizarlo o bibliografía que expone teoría exclusiva sobre la madera o la tierra, no existiendo una publicación que exponga de manera técnica e integral, el manejo, ejecución y conservación de las estructuras de bahareque, siendo este estudio un aporte importante para generar bibliografía pertinente sobre este tema.

Así mismo, no se ha generado ninguna investigación con respecto a la respuesta que tienen los paneles de bahareque y sus unio-

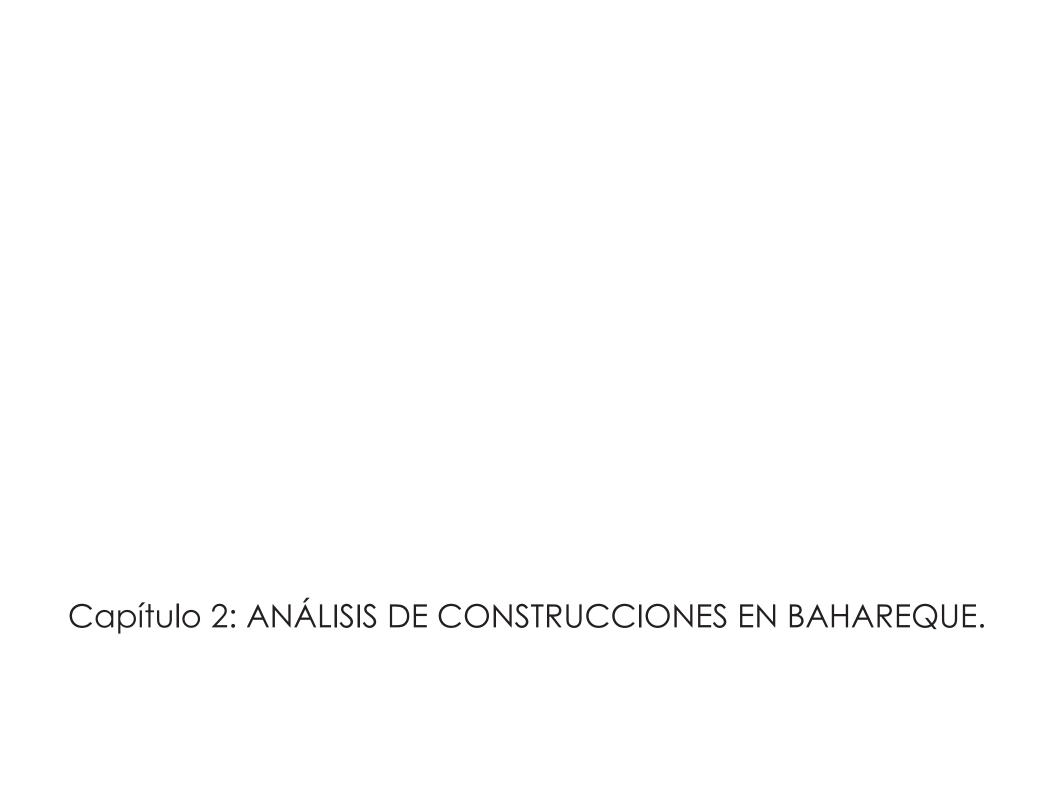


nes cuando están sometidos a cargas horizontales, siendo este un gran aporte que puede generar nuevas investigaciones partiendo de este estudio.

USUARIOS POTENCIALES:

La investigación está proyectada a la revitalización del uso de la técnica del bahareque por parte de los constructores en edificaciones de uno o dos pisos destinadas principalmente a vivienda. Con el fin de generar bibliografía en cuanto al buen comportamiento y gran durabilidad que este tipo de estructuras pueden llegar a tener.

Del mismo modo, se pretende que esta investigación pueda influir en nuevas discusiones por parte de alumnos y docentes de arquitectura con respecto a la profundización del conocimiento y realización de nuevos ensayos que vayan revelando nuevas aristas en este sistema constructivo.





CAPITULO 2: ANÁLISIS DE CONSTRUCCIONES EN BAHAREQUE.

El presente capítulo tiene como finalidad nutrir la investigación con elementos de juicio que ayudarán a consolidar el modo correcto de construcción de este tipo de técnica a partir del análisis constructivo y patológico de varios casos de construcciones realizadas en bahareque en la ciudad de Cuenca y sus cercanías.

El análisis de edificios se realiza a partir de un proceso organoléptico, que consiste en la revisión de los elementos constructivos basándose en los sentidos e instrumentos y herramientas simples, determinando así la situación técnica general de la construcción, sus principales indicadores físicos y las posibles acciones necesarias.

Se escogieron 5 edificaciones realizadas en bahareque de distintos sectores de la ciudad y su entorno, que por sus características constructivas, patologías, trabajo conjunto con otros materiales o métodos constructivos constituían interesantes casos de estudio.

Las edificaciones se dividieron en dos grupos, el primero conformado por construcciones de proporción modesta pertenecientes a la construcción vernácula ejecutada empíricamente por la población rural del cantón a partir del conocimiento ancestral. las mismas que se codificaron de la siguiente manera.

- -VR1-Vivienda Rural 1-parroquia de Paccha Ciudad de Cuenca.
- -VR2-Vivienda Rural 2-parroquia de Paccha Ciudad de Cuenca.
- -CQ-Casa Quingeo- Centro Parroquial de Quingeo. Cantón Cuenca.

El segundo grupo se elaboró con edificaciones de bahareque de carácter histórico patrimonial de la ciudad de Cuenca que fueron intervenidas en su momento y que poseen un interesante badajee documental para ser analizado en cuanto a las patologías que en su momento presentaron.

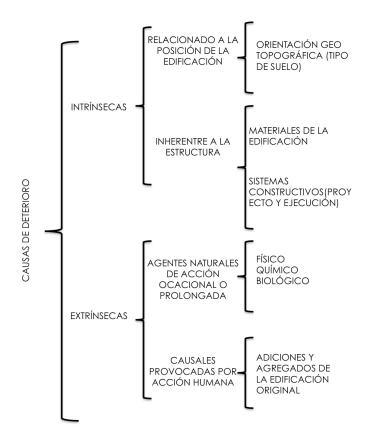


GRÁFICO Nº. 1 CUADRO DE CAUSAS DE DETERIORO PROPUESTO POR DE ANGELIS D'OSSAT GUGLIELMO, FUENTE: OB. CIT. DE ANGELIS GUGLIELMO, 1982

Estas edificaciones fueron:

- Quinta Bolívar Ciudad de Cuenca
- Museo de los Metales- Ciudad de Cuenca

Para abordar el análisis las mencionadas edificaciones se concibió el siguiente flujo de trabajo:

Primero se realiza una descripción general de la edificación determinando aspectos como ubicación, materiales, proceso constructivo. Acto seguido se presenta un escantillón, detallando gráficamente la técnica constructiva utilizada.

Continuando con el análisis, se propone una ficha de patologías concebida a partir de las reflexiones de Guglielmo De Angelis D'ossat en su ensayo sobre las causas de deterioro de los monumentos.¹ (gráfico Nº 1)

El autor propone una división de las causas de deterioro de las edificaciones en causas intrínsecas y extrínsecas, dando a cada una varios sub niveles de causas como indica el cuadro. Basado en este concepto, se logro consolidar una ficha que de manera ágil identifica la causa de deterioro, ubicación del mismo y descripción de la patología.

Como complemento al fichaje se completa la información con un análisis mas focalizado de las áreas deterioradas de cada edificación. Al final se elabora un cuadro estadístico de los resultados.

Como conclusión se analizan los resultados y se expone los criterios más adecuados para afrontar las patologías recurrentes y prolongar la durabilidad de la construcción de bahareque.

¹ De Angelis D`ossat Guglielmo, Guide to the methodical study of monuments an causes of the deterioration, Faculty of Architecture University of Rome ICCROM, Roma, 1982

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO:

VIVIENDA RURAL 1

VR1



FOTO Nº 8.

PANORÁMICA CASO VR1

Estructura ubicada en la parroquia de Paccha del cantón Cuenca, a 100 metros del centro parroquial. Está conformada por una sola planta

El área en la que se emplaza la estructura tiene un desnivel con respecto de la vía de aproximadamente 2ml, la cimentación está realizada con técnica mixta.

Las paredes laterales surgen de un cimiento de 60x60 cm, de el crece un sobre cimiento corrido de piedra y cal de 30 cm de ancho que se alza hasta alcanzar una altura de 70 cm aproximadamente, sobre el se asienta un muro de adobe de 30 cm de ancho que llega al nivel de la calzada, sobre él está colocada la solera inferior de las paredes laterales de bahareque.

Hacia la calle se levanta del cimiento un muro hecho con piedra y argamasa de cal

que salva los 2 ml de desnivel que hace las veces de muro de contención.

En la zona central de la cimentación existe una viga de 15x15 que recorre longitudinalmente la parte inferior de la estructura y recoge los esfuerzos de las paredes internas de la misma. Los extremos de esta viga se apoyan en los muros de adobe laterales, el resto de la viga se asienta en 5 pilares dispuestos a lo largo de la viga y asentados en piedras basas.

La pared posterior se sostiene a través de 2 pilares realizados con ladrillo cuya sección es 30x30, donde descansa la solera inferior de la pared, los pilares se ubican cada ¼ de la luz de la solera, los extremos de la solera se apoyan en el cimiento de las paredes laterales.

La estructura de la edificación está conformada por piezas de madera de sección 15x15 centímetros en su mayoría, las luces entre pilares varían y van de 1,5 a 2,5 ml, las soleras superior e inferior ciñen a los pilares y su unión está realizada por la técnica de caja y espiga.

En cada pórtico se coloca una diagonal o riostra de sección de 11x11cm, la forma de unión usada entre la solera la riostra y el pilar es a través de clavos.

Los pilarejos de 10 cm de diámetro son colocados de forma vertical cada 25 cm, estos se conectan a la solera inferior o su perior mediante la técnica caja y espiga y a su vez se conectan a la riostra mediante clavo. Sobre los pilarejos esta tejida la malla de carrizo que está conformada por grupos de dos carrizos dispuestos en posición horizontal a lo alto de todo el pórtico, estos son colocados cada 10 centímetros.

Las jambas de las puertas están realizadas con pilares de igual sección que los de la estructura, y los dinteles y antepechos con piezas de madera de 10x15 cm.

La cubierta está conformada por pares sobre los cuales se asienta el enchagllado de carrizo con una cama de barro sobre la que se asienta la teja. Los pares tienen una sección de 14x14 cm y se asientan sobre las vigas de entre piso y sobre el cumbrero, la unión está realizada con clavo. dos pendolones están colocados en las paredes laterales de la estructura y un pendolón en la zona central sobre una viga de entrepiso, tienen una sección de 14x14 cm y están unidos a la soleras y al cumbrero mediante la técnica caja y espiga.

El embutido y revoque de la edificación está compuesto de tierra de alto contenido de arcilla su color es café claro, en la tierra existe presencia de fibra de paja hierba seca y raíces así como retazos de teja y gravilla de 1 a 5cm de diámetro. El empañete y encalado solo está colocado en la pared frontal y posterior de la edificación además de las paredes internas.



CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: VIVIENDA RURAL 1 VR1

FOTO N° 9. DETALLES VARIOS VR1



GRÁFICO Nº 2. PERSPECTIVA DE ESTRUCTURA VR1

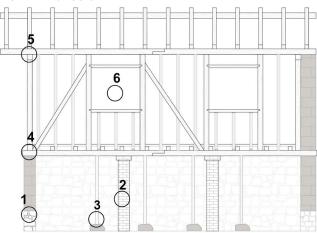
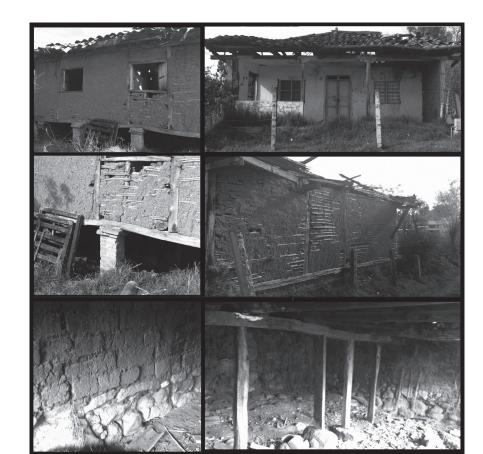
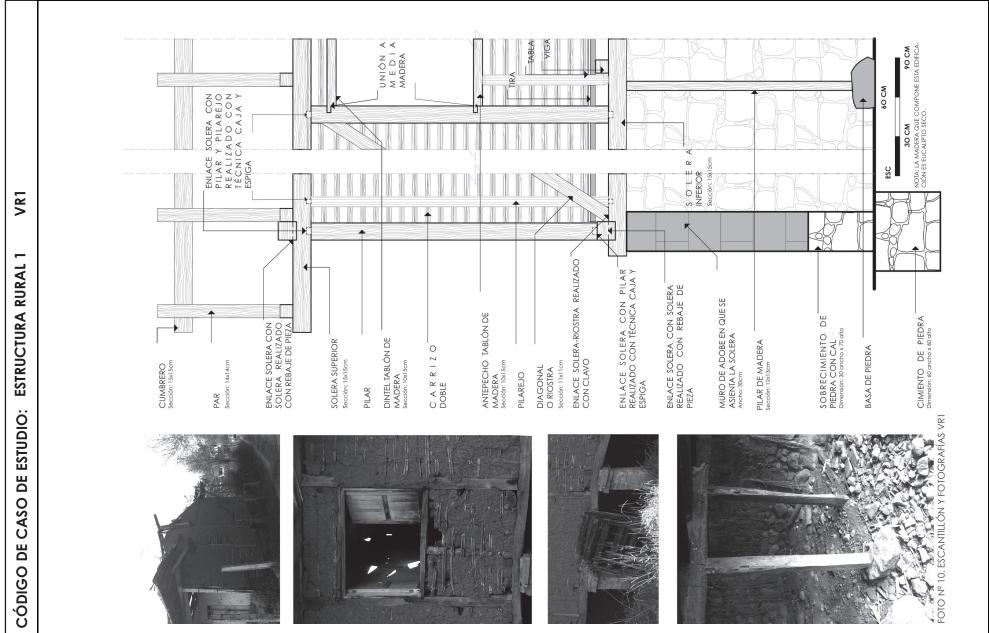


GRÁFICO N° 3, ELEVACIÓN DE LA ESTRUCTURA VR1 INDICANDO EL NÚMERO Y UBICACIÓN DEL DETALLE CONSTRUCTIVO



Francisco Ochoa Zamora.

21

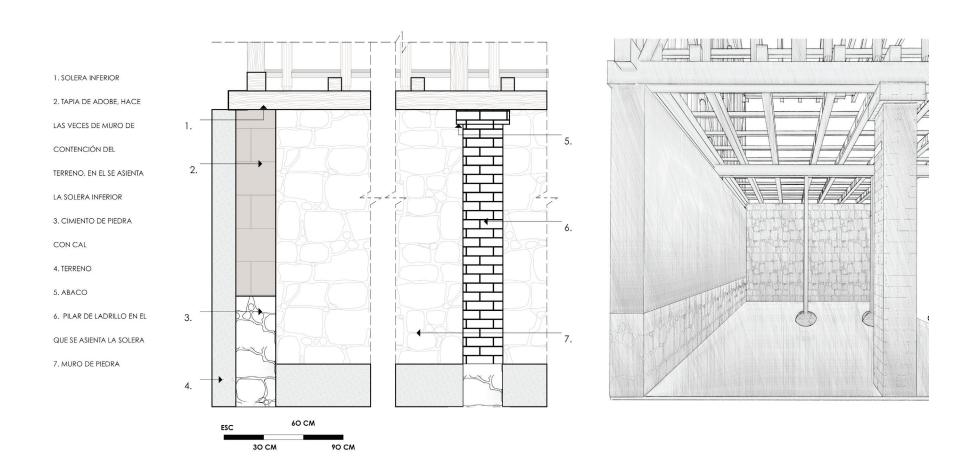


Francisco Ochoa Zamora.

DETALLE N° 1/2

Descripción de detalle

Detalle de Cimiento: pilares de ladrillo que funcionan como pilotes, paredes de adobe que funcionan como muros de contención y cimento.



Francisco Ochoa Zamora.



Descripción de detalle

Detalle de Cimiento: viga que traslada las cargas de paredes internas de estructura al suelo a través de pilares de madera que descansan en basas de piedra.

1. VIGA DE APOYO UBICADA EN

LA ZONA CENTRAL, SOPORTA LOS

ESFUERZOS DE LAS PAREDES

INTERNAS Y VIGAS DE ENTREPISO

2.VIGA EMPOTRADA AL MURO DE

ADOBE.

3. PILARES DE MADERA,

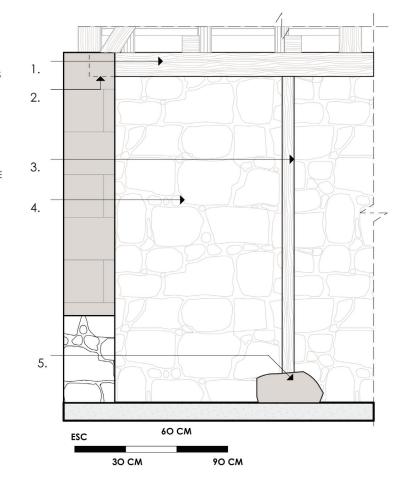
TRASLADAN LOS ESFUERZOS DE

LA VIGA AL SUELO

4. MURO DE CONTENCIÓN

HECHO DE PIEDRA Y CAL

5. BASA DE PIEDRA



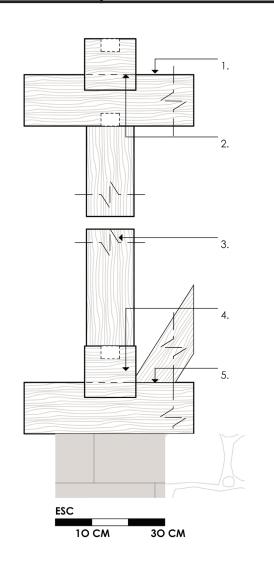


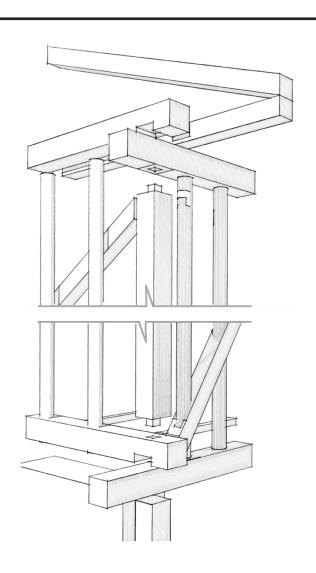
DETALLE N° 4 Y

Descripción de detalle

Detalle de Unión: union de soleras en esquina y encaje de pilar. técnica constructiva utilizada enlace caja y espiga, enlace a media madera.

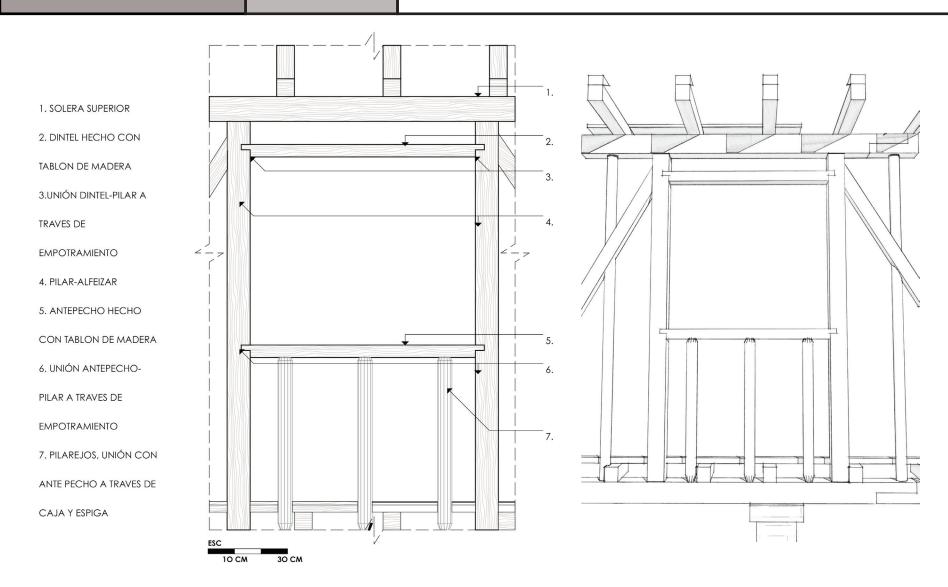
- 1. SOLERAS SUPERIORES
- 2.ENLACE SOLERA-SOLERA
- A TRAVES DE REBAJE DE
- PIEZA SUPERIOR
- 3. PILAR
- 4.ENLACE SOLERA-SOLERA
- A TRAVES DE REBAJE DE
- PIEZA SUPERIOR
- 5. SOLERAS INFERIORES





Descripción de detalle

Detalle de ventana: dintel y antepecho empotrado en pilares.



Francisco Ochoa Zamora.



		CODIGO: VIVIENDA RURAL 1											U	bico	ació	n: C	Centro Parroquial de Paccha-Cuenca	
		CODIGO, VIVIENDA KURAL I	(CAL	JSAS	DE	DET	ERIC	ORC)								
			IN	TDÍN	CEC		CAUSAS DE DETERIORO EXTRÍNCECAS											
INTRÍNCECAS HUMANA						BIOLÓGICA FÍSICAS												
Valoración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto		Falla de diseño	constructiva	le mantenimiento		Hongos, líquenes	Plantas y musgos	nsectos xilófagos	Animales	Microorganismos	Esfuerzo excesivo	Agua	0	emperatura	Decoloración	Descripción de patología	nivel de deterioro	
		Basas	Ι	Т.	1	<	_	1	=	/	<	Ш	_				El sobrecimiento corrido de piedra así como muro de adobe se	
	Cimentación	Cimiento corrido de piedra		2				2		1							encuentra en un nivel inferior al terreno, no existe protección a la	
	aci	Solera inferior	2	_	_		3	-	3			2	2				humedad.	
	ent	Cadena de hormigón	+		existe	e e	no existe no ex					L ste	<u> </u>	La solera y viga inferiores que sostienen la estructura soportan				
	Ĭ.	Sobrecimiento(muro de adobe)		2	_	1	1	1		1	1		2		1	l	luces excesivas y sus apoyos no son suficientes, las piezas presentan fisuras y grietas por deformación generada por	
COMPONENTES DEL BAHAREQUE	0	Otros (pilares de ladrillo)	l	1		Ė		Ť		Ť	Ť		F		l i		sobrecarga.	(
		Estructura de madera	2				3	1	3		1	1	3	3	2	1	La estructura de madera y revestimientos de muro expuestos a la	
₹	ω.	Carrizo	Ť		1		Ů	Ť		1	·	·	Ť	Ť	<u> </u>	†	intemperie, notablemente afectados por los problen	
BA	Muros	Revoque, empañete, encalado		\vdash	3					1			3	3	3		inherentes efecto de los agentes climáticos.	
ᆈ	Ĭ	Uniones	1	\vdash	Ť								Ť	Ť	H		excesiva distancia entre pilares en algunas zonas generando una luz muy grande para las soleras superiores.	
\sim		Otros	l	\vdash													ioz moy grande para las soleias sopenores.	
<u></u> ⊨		Vigas		3	3		3		3			3	3				la viga de entrepiso de la parte baja, ubicada en el centro de la	
Ÿ	Entrepiso	Tiras o tablonsillos	1	 	 		2		2				2				estructura se encuentra colapsada, resultado de la sobrecarga y	
오	rep	Cielo raso (enchagliado o tabla)	1		3		3		3				3	_	1	1	la pudrición de la pieza.	
∑	En.	Tabla de piso			3		3	\vdash	3				3		1	1	Vigas entrepiso que soportan la cubierta y tablas de cielo raso en	
ŭ -		Enchagllado+barro	\vdash	\vdash	3							1	3		-	 	proceso avanzado de pudrición Estructura de cubierta colapsada por pudrición perdida de	
	p	Pares	\vdash	\vdash	3	_	3	\vdash	3	1		3	-			\vdash	resistencia de elementos soportantes de madera de la misma.	
	ierl	Correas	╂	+	3	-	3	\vdash	3				3	_		\vdash	Colapso de enchagllado y teja.	
	Cubierta	Teja	┢	\vdash	1			\vdash								\vdash		
	U	Otros	╂	\vdash	+										-	\vdash		
		do general de la edificación	┢		<u> </u>								D D	UEN	I I O P	<u> </u>	-regular m-malo	

GRÁFICO Nº 4 FICHA PATOLOGÍAS VR1



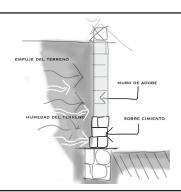
FICHA DE PATOLOGÍAS

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: VR1

1.-MUROS BAJO EL NIVEL DEL TERRENO : LOS muros de adobe y de piedra que están bajo el nivel del terreno están trabajando como muro de contención v no poseen ninguna protección contra el nivel freático del terreno, por lo que están absorbiendo el agua de la tierra adyacente, generando humedad a los muros y a las soleras que se asientan en ellos, consecuencia de ello las piezas de madera advacentes están en franco deterioro.

2.- CIMENTACIÓN DEFICIENTE: Causa de una construcción mal resuelta y del severo proceso de deterioro de la madera, la viaa central de entrepiso que transporta las cargas de las paredes interiores al suelo ha fallado. Uno los pilares que trasmite las cargas al suelo ha colapsado, generando que la concentración de carga en este punto, llevandola al fallo. Cabe recalcar que la resistencia de la pieza estaba disminuida a causa del proceso de pudrición.

3.-DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DEFICIENTE: El diseño estructural ha concebido la viga-solera inferior del muro posterior con luces muy pronunciadas entre los pilares de ladrillo, siendo la sección de la pieza insuficiente para responder a las cargas de la edificación. Producto de ello, la viga se ha fracturado en su cara inferior por las tracciones eiercidas por la caraa excesiva.





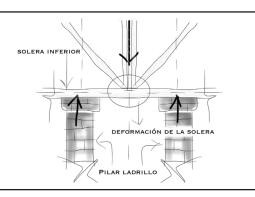




FOTO N° 12. VIGA-CIMIENTO-FRACASO PILAR-VR1



FOTO Nº 13. PILAR MADERA- SOLERA-PILAR LADRILLO-CIMIENTO VR1



FICHA DE PATOLOGÍAS

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: VR1

4.-PUDRICIÓN FALTA DE MANTENIMIENTO:

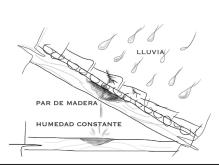
La falta de mantenimiento de la edificación y las inclemencias del ambiente como lluvia, viento y han llevado a la pudrición y fractura de las piezas de madera de la cubierta. La estructura se ha derribado y ha caído el cielo raso, enchagllado y teja.

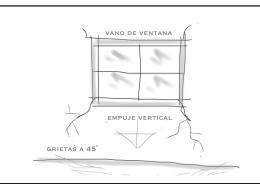
El cielo raso así como las vigas de cubierta denotan un proceso de pudrición avanzado por la humedad presente en ellas. **5.- GRIETAS EN ESQUINAS DE VANOS:** Producto de la fractura de viga de entrepiso, en las esquinas superiores e inferiores de los vanos de las ventanas y puertas del paramento frontal de la edificación se han producido agrietamientos severos.

Las grietas siguen un angulo de 45 a 60 grados con la horizontal, denotando que existe una falla por asentamiento en la parte inferior del muro.

6.- HUMEDAD EN MUROS: Las paredes de la edificación también han sido atacadas por la humedad generada por la filtración de agua por la cubierta.

Varias zonas de la pared han aumentado su volumen por la retención de agua y los revestimientos han venido a desprenderse.





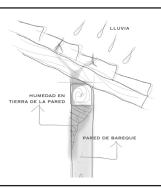




FOTO Nº 14. CUBIERTA -COLAPSO-FALTA DE MANTENIMIENTO-VR1





FOTO Nº 15. CIMIENTOS-REPLANTILLO PIEDRA-VR1

FOTO N° 16. MURO-HUMEDAD-REVOQUE-VR1

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO:

VIVIENDA RURAL 2

VR2



FOTO Nº 17

PANORÁMICA CASO VR2

Estructura de 2 pisos ubicada en el sector de Paccha del cantón Cuenca, está conformada en su totalidad por estructura de bahareque, tiene un pórtico hecho de pilares de madera en la parte frontal de la edificación.

La estructura se realiza con pórticos arriostrados, cuyos pilares se encuentran confinados entre la solera superior e inferior y unidos a través de la técnica caja y espiga, las soleras son unidas entre sí mediante el enlace a media madera. Las vigas de entrepiso descansan en la solera superior de la planta baja y sobre ellas se arma el entablado de piso.

La planta alta está estructurada de la misma manera , las vigas de cubierta están asentadas en la solera superior de la planta alta En la zona frontal de la edificación existe un pequeño portal, sobre él está construido un balcón y un cuarto que están sostenidos por pilares que en su parte superior se unen a una solera superior a través de monterillas y que a su vez se asientan en basas de mármol sin pulir.

Las riostras de los pórticos están unidas a las soleras y pilares mediante clavos. A su vez los pilarejos se unen a las soleras mediante el enlace caja y espiga y a la diagonal mediante clavos. Los carrizos de 2 en 2 son amarrados a los pilarejos a una distancia de 12 a 15 cm uno del otro y de forma horizontal, se utiliza fibra de penco para amarrarlos.

Los antepechos y dinteles de los vanos de ventanas tienen su apoyo en los pilares y en la riostra, las puertas se encuentran confinadas entre dos pilares cuyo dintel de madera se empotra en los mismos.

El embutido está realizado con tierra arcillosa, gravilla y material árido y retazos de teja. El revoque está compuesto con tierra arcillosa mezclada con fibra de paja cortada en secciones de 20 a 30 cm. La zona frontal se encuentra empañetada con guano de caballo aunque gran parte ya se ha desintegrado, en la parte alta de esta misma zona un revoque de cal realizado en un soporte hecho de sisco. El resto de la construcción esta solamente revocada.

La cubierta está compuesta con pares de 12x12 dispuestos a lo largo de la crujía cada 60 cm. Encima de estos se ha colocado tiras de 4x5cm. a lo largo de los pares y en dirección horizontal. Sobre la tira se arma el entirillado con tirilla de 2x3cm colocado de forma vertical cada 15cm. sobre ella la teja. El cielo raso ha sido enchagllado con carrizo sin revocar.

El piso de la zona del balcón esta realizado con ladrillo de obra, este está conformado por dos capas unidas mediante mortero de cal, y asentadas en entirado colocado cada 15 cm. Que a su ves está asentado en las vigas de piso de planta alta.

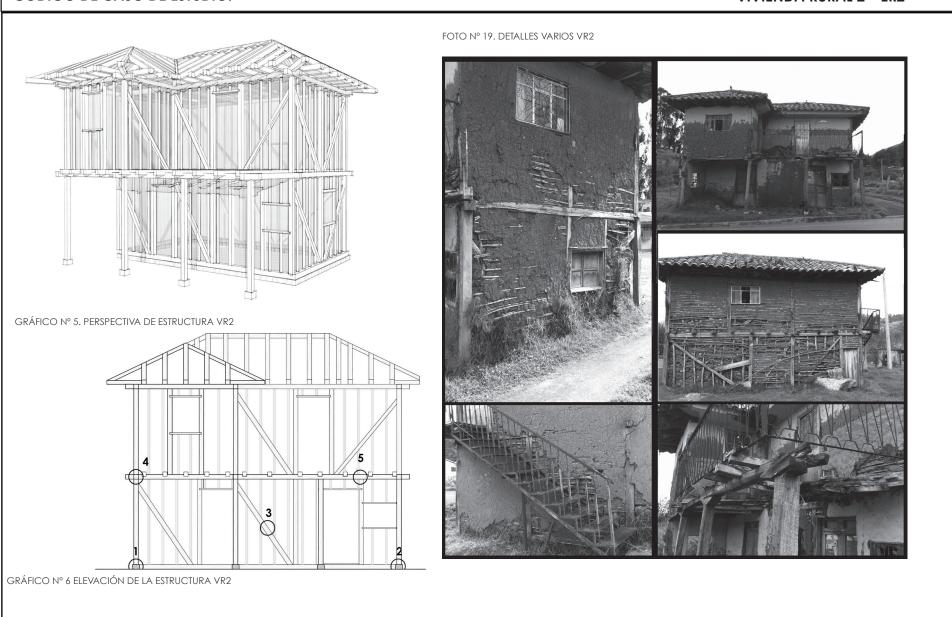


FOTO Nº 18

VISTA POSTERIOR CASO VR2



CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: VIVIENDA RURAL 2 ER2



Francisco Ochoa Zamora.

Francisco Ochoa Zamora.

GRÁFICO Nº 7. ESCANTILLÓN Y FOTOGRAFÍAS



DETALLE Nº 1

Descripción de detalle

Detalle de cimiento: Unión de cimientos con pilares, y solera inferior. técnica constructiva utilizada enlace caja y espiga, enlace a media madera.

- 1. PILAR
- 2. RIOSTRA
- 3. ENLACE PILAR-

DIAGONAL A TRAVES

DE CLAVO

- 4. SOLERA INFERIOR
- 5. ENLACE SOLERA-

BASA A TRAVES DE

MEDIA MADERA

6. CIMIENTO CORRIDO

REALIZADO CON

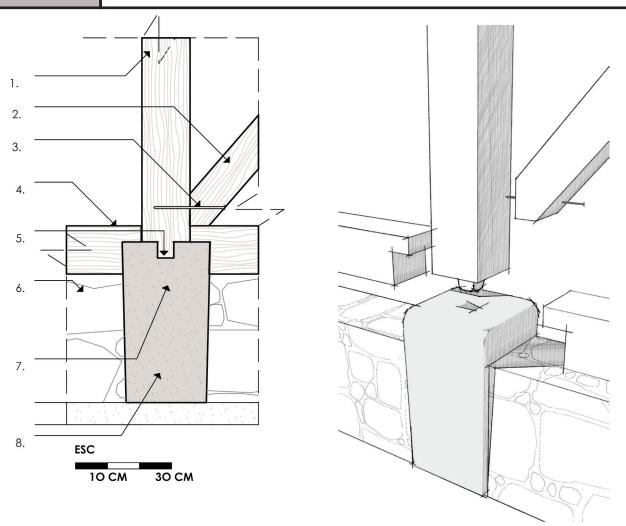
PIEDRA Y BARRO

7. UNIÓN BASA-PILAR A

TRAVES DE CAJA Y

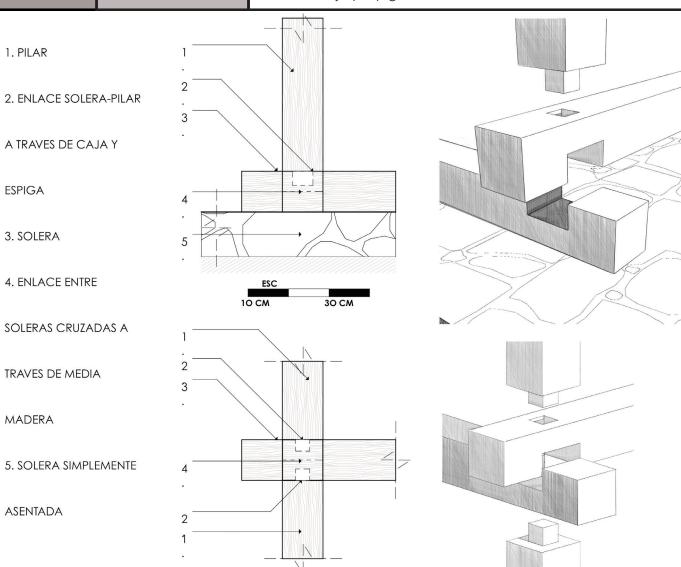
ESPIGA

8. BASA DE MARMOL



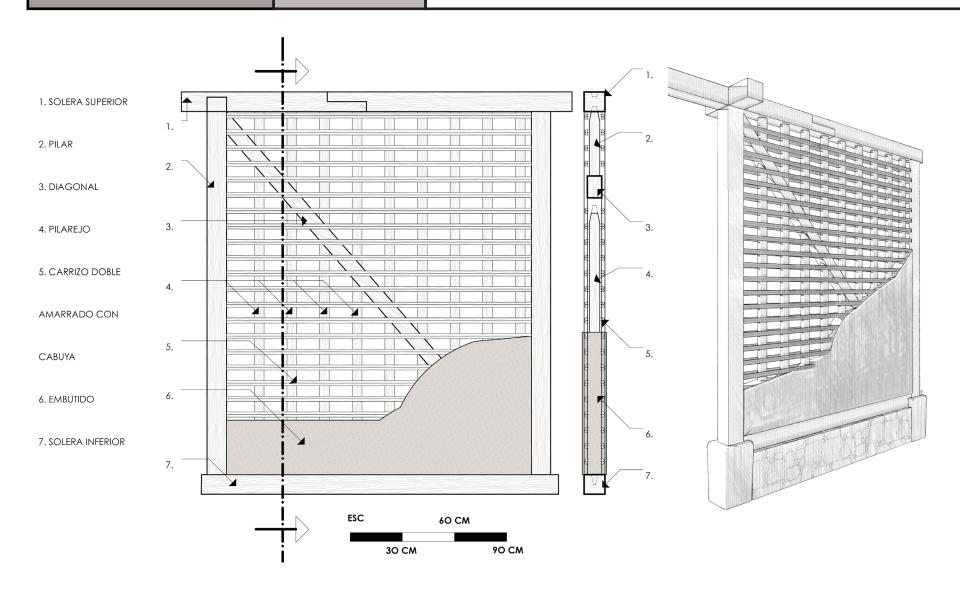
Descripción de detalle

Detalle de cimiento: estructura simplemente asentada en replantillo de piedra, unión de soleras en esquina y encaje de pilar. técnica constructiva utilizada enlace caja y espiga, enlace a media madera.



Descripción de detalle

Detalle de panel: unión solera, pilar, pilarejo, riostra, carrizo y barro. técnica constructiva utilizada: caja y espiga, media madera, cabuya.

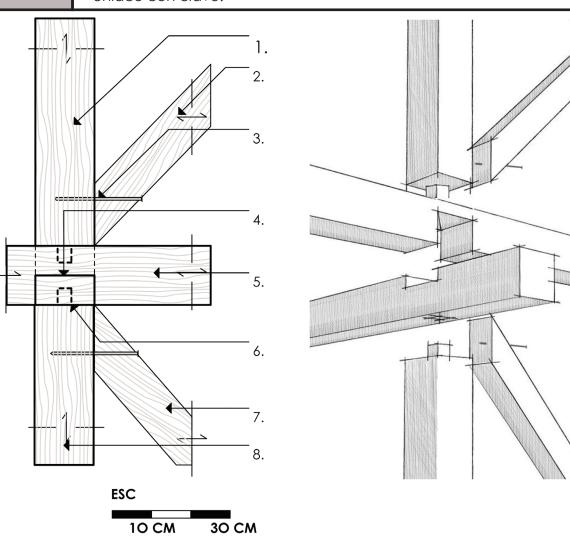


Francisco Ochoa Zamora.

Descripción de detalle

Detalle solera de entrepiso, Unión de solera, pilares y riostra. técnica constructiva utilizada enlace caja y espiga, enlace a media madera, enlace con clavo.

- 1. PILAR
- 2. RIOSTRA
- 3. ENLACE PILAR-DIAGONAL A TRAVES DE CLAVO
- 4. ENLACE SOLERA CON SOLERA REALIZADO CON UNIÓN A MEDIA MADERA
- 5. SOLERA SUPERIOR
- 6. UNIÓN SOLERA-PILAR MEDIANTE CAJA Y ESPIGA
- 7. RIOSTRA
- 8. PILAR

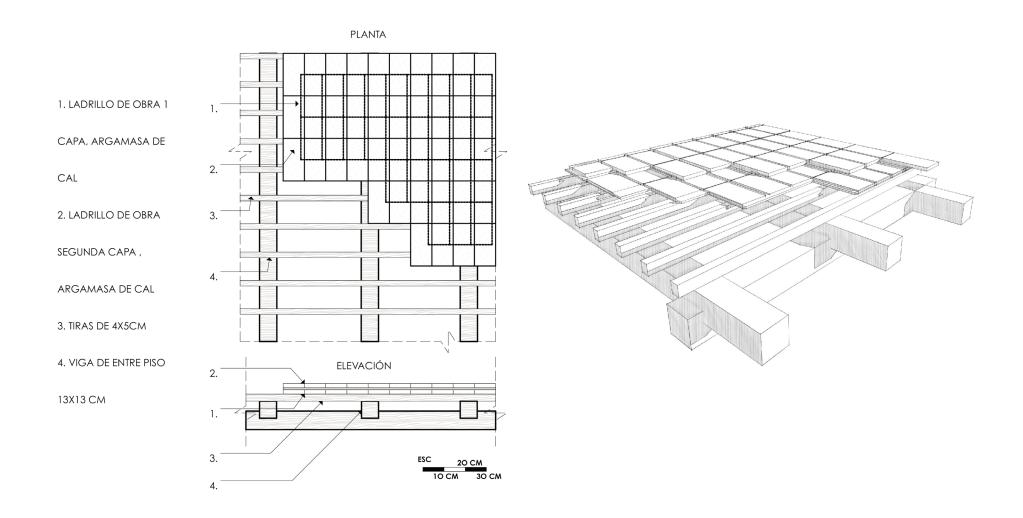




DETALLE N° 5

Descripción de detalle

Detalle de piso: Piso realizado con ladrillo de obra sobre tiras de madera, argamasa utilizada de cal





		CODIGO: VIVIENDA RURAL 2											U	bic	ació	ón: (Centro Parroquial de Paccha-Cuenca	
							CAL	ISAS	DE	DE1	ERIC	ORC)					
			lr	ntrín.	cec	าร				E,	ktríno	200	as				1	
				1AM		33	BIO	LÒC	GIC.				CAS	3				
	Valo	ración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	Falla constructiva	-alta de mantenimiento	Materiales usados	Hongos, líquenes		nsectos xilófagos	Animales	Microorganismos	Esfuerzo excesivo		Viento	Temperatura	Decoloración	Descripción de patología	nivel de deterioro
		Basas	Т		1	_		1	_	_		ш					El cimiento corrido de piedra así como el sobre cimiento de	
	Cimentación	Cimiento corrido de piedra		2				2		1							adobe se encuentra a nivel inferior al terreno, no existe	
	g	Solera inferior	2	_	-		3		3			2	2				protección a la humedad.	
	ent	Cadena de hormigón	ı	no e	exist	<u>-</u> е		no	exi	ste) ex	riste	-	La solera y viga inferiores que sostienen la estructura soportan	
	Ĭ.Ė	Sobrecimiento(muro de adobe)		2		1	1	1		1	1		2	_	T		luces excesivas y sus apoyos no son suficientes, las piezas presentan fisuras y grietas por deformación generada por	
SUE		Otros (pilares de ladrillo)		1		Ė									+		sobrecarga.	3
COMPONENTES DEL BAHAREQUE		Estructura de madera	2				3	1	3		1	1	3	3	3 2	2	La estructura de madera y evestimientos de muro expuestos a la	
¥	S	Carrizo			1					1							intemperie, notablemente afectados por los problemas	
BA	Muros	Revoque, empañete, encalado			3					1			3	3	3 3	3	inherentes efecto de los agentes climáticos.	
크	Ž	Uniones			Ť								Ť	Ť	+	\top	Distancia entre pilares excesiva en algunas zonas generando una luz muy grande para las soleras superiores.	
S		Otros												\vdash	+	+	ond 102 mby grande para las soletas sopendres.	3
뿔		Vigas		3	3		3		3			3	3			+	la viga de entrepiso de la parte baja, ubicada en el centro de la	
Ä	Entrepiso	Tiras o tablonsillos		Ť	Ť		2		2				2	_	+		estructura se encuentra colapsada, resultado de la sobrecarga y	
PO	trek	Cielo raso (enchagllado o tabla)			3		3		3				3	—	+	١.	la pudrición de la pieza.	
O	띱	Tabla de piso			3		3		3				3		+	1	Vigas entrepiso que soportan la cubierta y tablas de cielo raso en proceso avanzado de pudrición	3
Ō		Enchagllado+barro			3							1	3	_	1 	+	Estructura de cubierta colapsada por pudrición perdida de	
	φ	Pares			3		3		3	1		3	+	_	2	T	resistencia de elementos soportantes de madera de la misma.	
	Cubierta	Correas			3		3		3			J	3	-		T	Colapso de enchagllado y teja.	
	X	Teja			1								Ť	T	+	T	1	
		Otros													+		1	3
	Esta	ido general de la edificación			-								B-B	UEI	NOF	?	-REGULAR M-MALO	М



CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: VR2

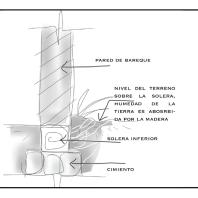
1.-CIMIENTO MAL CONCEBIDO: Producto de un mal procedimiento constructivo, La solera inferior se encuentra 20 cm debajo del nivel del terreno, asentada en un replantillo de piedra de 15 cm generando un contacto directo con la humedad del suelo que absorbida por capilaridad ha generado la presencia de vegetación abundante causando una acelerada descomposición de las piezas de madera por hongos e insectos xilófagos.

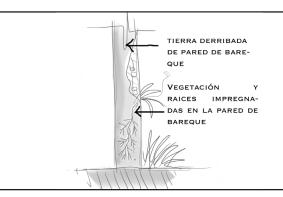
2.-PRESENCIA DE VEGETACIÓN EN PARED: La falta de mantenimiento y la presencia de vegetación a nivel del muro ha provocado el crecimiento de quicuyo dentro de la pared, expandiendo la tierra que compone el embarrado y revoque, produciendo el agrietamiento y derroque del mismo y dejando la estructura de madera y carrizo a la intemperie y propensa a ataque de agentes destructores.

3.-CANALIZACIÓN DEFICIENTE DE TERRAZA:

En la terraza, el entrepiso de madera ha colapsado producto de las inclemencias del clima y de la falta de canalización y impermeabilización de la losa realizada con ladrillo de obra, cal v madera.

La lluvia que cae en la terraza filtra por las juntas de cal de los ladrillos y termina en las vigas de madera que por la acumulación de humedad son atacadas por hongos e insectos.





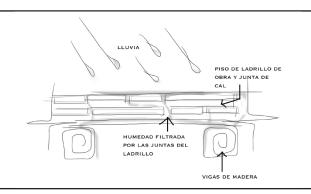








foto nº 21. revoque-vegetación-desprendimiento material-vr2| foto nº 22. balcón-ladrillo de obra-madera-pudrición-vr2



4.-UNIÓN DEFICIENTE: Producto de fallos constructivos, existen en la estructura uniones que han perdido coherencia y que ya no se encuentran enlazadas o recibiendo carga.

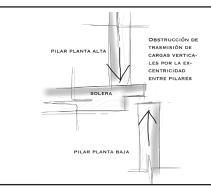
Este tipo de patología puede traer graves problemas ante la presencia de un sismo o una carga horizontal que se ejerza a la estructura. **5.-REVOQUE DESINTEGRADO:** A raíz de la falta de empañetado y encalado en los paramentos laterales y posterior, se ha ocasionado un acelerado proceso de erosión y desprendimiento del revoque.

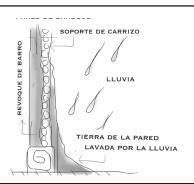
Riostras, pilarejos y carrizo han quedado expuestos a las inclemencias del clima, la madera se encuentra despigmentada por los rayos UV y deteriorada por la humedad.

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: VR2

6.-EXCENTRICIDAD ENTRE PILARES: Existen incoherencias en cuanto al diseño estructural, la discontinuidad en ciertas zonas de los pilares de planta alta con respecto a los de la planta baja generan problemas estructurales

La discontinuidad de cargas verticales y el incremento de esfuerzos de momento en la viga pueden degenerar el funcionamiento estructural de la edificación.





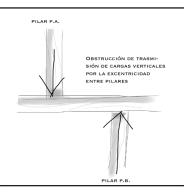




FOTO N° 23. UNIÓN-PILAR DESPLAZADO-RIOSTRA-VR2

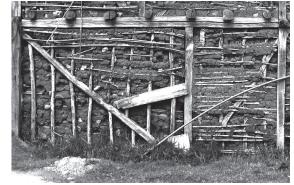






FOTO N° 25. CARGAS PILAR-ESFUERZO AXIAL-FRACTURA-VR2

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO:

QUINTA BOLIVAR

QB



FOTO Nº 26

PANORÁMICA CASO QB

La edificación en estudio denominada Quinta Bolívar fue realizada a mediados del siglo XX, con técnica mixta de muros de adobe y de bahareque. Se encuentra ubicada en la avenida 24 de Mayo, sector Puente de Gapal. Fue restaurada hace 10 años, se analizará el estado anterior a su restauración por las interesantes patologías que se presentaban.

Los cimientos han sido realizados con piedra de canto rodado y barro, su ancho referencial es de 60cm y su profundidad es de 50 a 60 cm. En ciertas zonas existe sobre cimiento de 10 cm. La planta baja de esta edificación esta realizada por un muro adobe cuyo ancho es de 54 cm que se asienta directamente en el cimiento. Las paredes de bahareque de la segunda planta se asientan sobre los muros de adobe de la planta baja.

La estructura de bahareque está conformada por pilares confinados por la solera de remate del muro de adobe y una solera superior, las riostras utilizadas en el bahareque son de varios tipos, la denominada cruz de San Andrés y la tipo K además de la diagonal simple. La parte superior de las riostras está apoyada en los pilares y la parte inferior en la solera inferior, sus uniones son realizadas con clavo.

Los pilarejos realizados con pingos de 4x5cm son colocados cada 40 cm estos se unen a las soleras superior e inferior mediante la técnica caja y espiga y a las riostras mediante clavo. En los pilarejos se asienta el entramado de carrizo compuesto por grupos de dos carrizos dispuestos de forma horizontal y colocados entre si cada 5cm y amarrados a los pilarejos mediante cabuya.

Los dinteles y antepechos de las ventanas están realizados por piezas de 6x15 cm que se apoyan en los pilarejos y pilares de los paneles. En los muros que tienen vanos no se colocan riostras y solo son rigidizados por los dinteles, antepechos y pilarejos.

El embutido está realizado con tierra arcillosa, gravilla y material árido y retazos de teja. El revoque está compuesto con tierra arcillosa mezclada con fibra de paja cortada en secciones de 20 a 30 cm. La estructura se encuentra empañetada con guano de caballo.

La cubierta está compuesta con pares de 12x12cm dispuestos a lo largo de la crujía cada 60 cm. Sobre estos se encuentra colocada una chapa de enchagllado amarrado con cabuya revocado sobre el cual se colocan las tejas.

Las vigas de entrepiso se asientan en la solera de remate del muro de adobe, sobre ella está colocado el entirado y sobre este se estructura el piso de tabla. Las vigas de cubierta se asientan en las soleras superiores de la planta alta, que en estas se sustenta el cielo raso realizado con tabla y tapa junta. Estas vigas están simplemente apoyadas y sujetas con clavos.



FOTO N° 27

VISTA LATERAL CASO QB



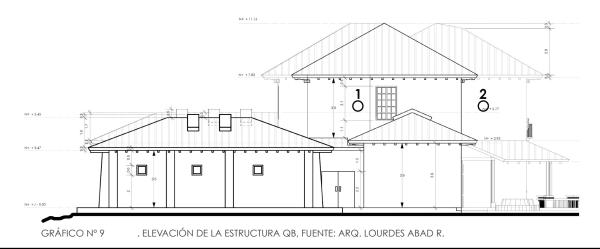
CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: QUINTA BOLIVAR QB





FOTO N° 29. DETALLES VARIOS QB, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.

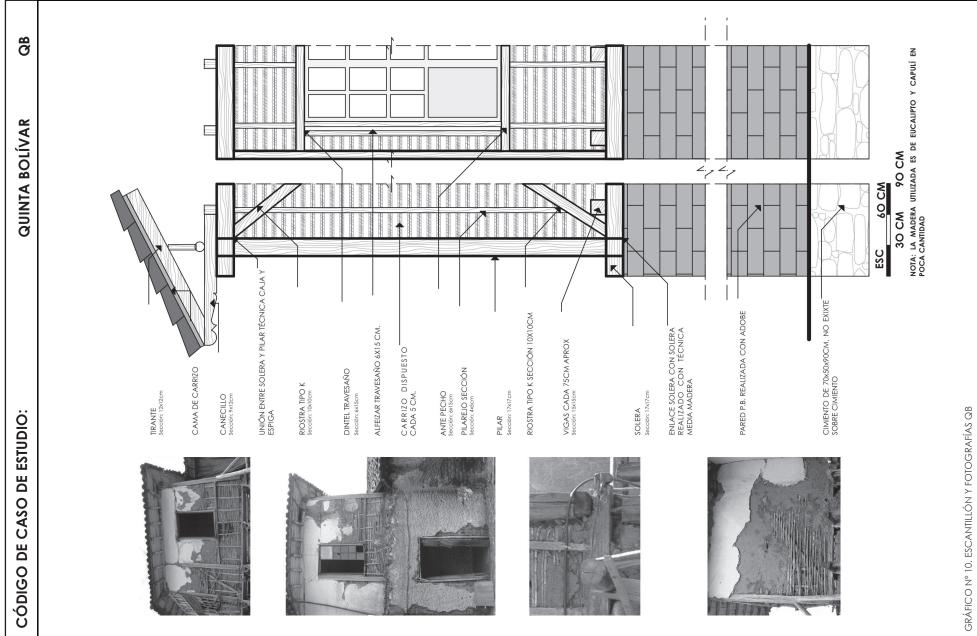
FOTO N° 28 PERSPECTIVA CASO QB FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.





Francisco Ochoa Zamora.

42

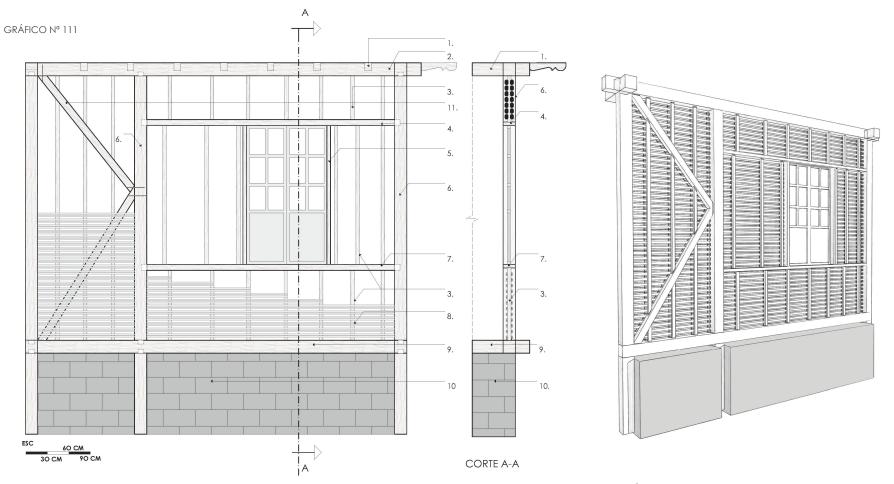


Francisco Ochoa Zamora.

DETALLE Nº 1

Descripción de detalle

Detalle de panel: Riostra tipo K y conformación de ventana



1. CANECILLO 2. SOLERA SUPERIOR 3. PILAREJO, UNION A SOLERA Y DINTEL A TRAVES DE CAJA Y ESPIGA 4. DINTEL QUE FUNCIONA COMO RIGIDIZADOR, UNIÓN A PILARES A TRAVES DE EMPOTRAMIENTO 5. ALFEIZAR 6.

PILAR 7. ANTE PECHO QUE FUNCIONA COMO RIGIDIZADOR,, UNIÓN A PILARES A TRAVES DE EMPOTRAMIENTO 8. CARRIZO DISPUESTO CADA 3 CM, UNIDO A PILAREJOS A TRAVES DE CABUYA. 9. SOLERA INFERIOR, ASENTADA EN

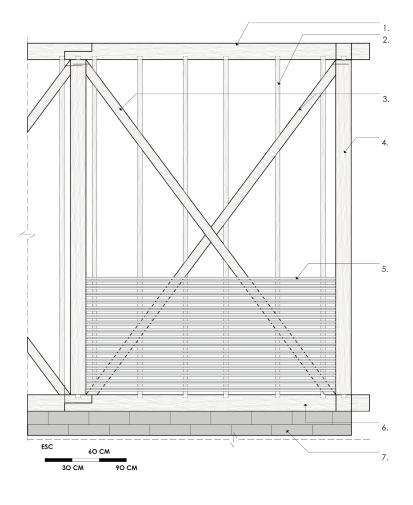
MURO 10. MURO DE ADOBE 11. RIOSTRA TIPO K

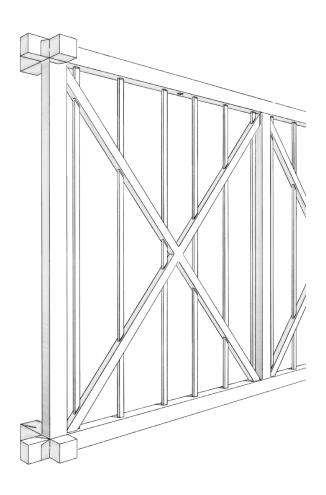
DETALLE N° 2

Descripción de detalle

Detalle de panel: Riostra tipo cruz de San Andrés

- 1. SOLERA SUPERIOR
- 2. PILAREJO
- 3. RIOSTRA TIPO CRUZ DE SAN
- ANDRES, UNION A PILAR Y
- SOLERAS A TRAVES DE CLAVO
- 4. PILAR
- 5. CARRIZO DISPUESTO CADA 3
- CM, UNIDO A PILAREJOS A TRAVES
- DE CABUYA.
- 6. SOLERA INFERIOR, ASENTADA EN
- MURO
- 7. MURO DE ADOBE







															Ub	ica	ción: barrio de Gapal-Cuenca	
		CODIGO: Quinta Bolivar				(^ <u> </u>	242	DE	DETI	=RIC)R()						
						1		3/\3	DL									
					cecc		210	ı				ecc		_	_			
			HU	1AM	NA		BIO	LÓG	SICA	1		FÍSIC	CAS	_				
	Valo	ración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	Falla constructiva	alta de mantenimiento	Materiales usados	Hongos, líquenes	Plantas y musgos	nsectos xilófagos	Animales	Microorganismos	Esfuerzo excesivo	Agua	Viento	emperatura	Decoloración	Descripción de patología	cycinatap ap layin
		Basas	ш	ш	F	2	工	Д	_	∢	2	ш	∢	>	ř		La solera inferior de estructura de bahareque apoyada pared de	-
	ón	Cimiento corrido de piedra											1				adobe de la planta baja se encuentra descendida en varias	
	Cimentación	Solera inferior			3		2		2				2				zonas a causa del asentamiento experimentado por el muro de	:
	ent	Cadena de hormigón		no e	existe	\vdash		no	exis	te			no	exis	ste		adobe y por el estado de putrefacción que experimenta.	
	Zim	Sobrecimiento		no e	existe			no	exis	ste			no	exis	ste			
COMPONENTES DEL BAHAREQUE)	Otros																2
REC		Estructura de madera			3		3	2	3		1	2	3	2	1	2	Estructura de madera comprometida por la humedad de la lluvia.	
Ψ	S	Carrizo			2		1		1			1	1				Enlaces de piezas han venido a separarse por asentamientos de	
. BA	Muros	Revoque, empañete, encalado			3			2		1		3	3	3			la pared de adobe o pudrición de la madera. Los revestimientos de la pared han sido exfoliados por la lluvia y el	
	>	Uniones			2		3		3				3				viento o se han desprendido por el exceso de carga generado	
ES		Otros															por el aumento de volumen del barro por la humedad.	2
Ξ	0	Vigas			1		2		1				2				Cielo raso de tabla de segunda planta muy deteriorado,	
Z O	Entrepiso	Tiras o tablonsillos															abundante presencia de hongos e insectos xilófagos, humedad permanente y degradación progresiva y áreas de cielo raso	
MP	ntre	Cielo raso (enchagllado o tabla)					3		3		1		3				colapsadas por el avanzado deterioro.	
Ö	Ш	piso			3		1					3	1				Vigas de entrepiso bien conservadas.	3
_	_	Enchagllado+barro															Tejas desplazadas de su posición original, aparición masiva de	
	Cubierta	Pares			3		3		3			2	3	2			goteras, generación de humedad en toda la estructura. Piezas de madera de cubierta podridas en gran porcentaje por la	
	Jbie	Correas			3		3		3				3	2			humedad generada	
	S	Teja			3								ļ					
		Otros (cielo raso de aleros)					2		3				3	2				1
	Esta	ido general de la edificación											B-BI	UEN	OR		-REGULAR M-MALO	٨

GRÁFICO Nº 11 FICHA PATOLOGÍAS QB



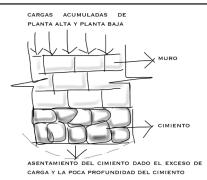
CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: QB

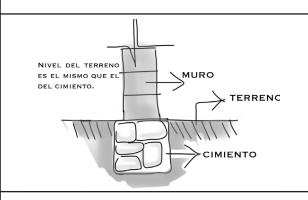
1.-POCA PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN:

Por falla de diseño, la profundidad de la cimentación corrida es demasiado superficial, no respondiendo a la resistencia necesaria que requeriría una construcción de este tipo dado del peso propio que genera y del tipo de suelo en el que está emplazada el cual está conformado por arcilla expansiva.

2.- FALTA DE SOBRECIMIENTO: Deficiencia constructiva, La carencia de sobre cimiento en la estructura ha causado problemas dado el alto nivel freático del terreno por su cercanía al río. las paredes de adobe absorben fácilmente el agua del terreno y cambian sus propiedades físicas produciendo aumento de volumen y peso.

3.- UNIÓN DEFICIENTE: Causa de los asentamientos diferenciales del cimiento, se han generado descensos de las soleras inferiores dando como resultado el desencaje de las uniones entre los pilares y las soleras de amarre del muro de adobe, en su mayoría realizadas con la técnica caja y espiga, dejando en total inestabilidad a la estructura.





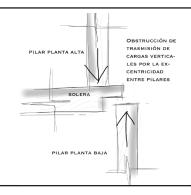




FOTO N° 30. CIMIENTO-ANCHO-PROFUNDIDAD-INADECUADO $\overline{Q}B$, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.

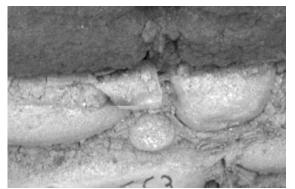


FOTO N° 31. CIMIENTO-NO SOLERA INFERIOR-QB, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



FOTO N° 32. SOLERA-PILAR-DESENCAJE-CAJA ESPIGA-QB, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



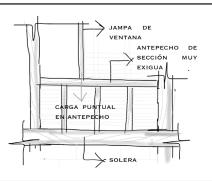
CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: QB

4.-ESTRUCTURA DE PANEL MAL CONCEBIDA:

Falla constructiva producida por Los travesaños que forman el antepecho sobre el cual se apoya las ventanas ya que experimentan luces muy pronunciadas y son de poca sección. La falta de un soporte medio y de una riostra que rigidice el bastidor produce pandeos en el antepecho y en los pilarejos que asumen la carga del muro. 5.-DESINTEGRACIÓN DEL REVOQUE: La falta de mantenimiento ha sido la fuente primordial del deterioro de la edificación que de por sí es betusta. El revoque ha venido a desprenderse por la erosión generada por la lluvia y el viento además de las cargas no consideradas como el agua que se acumula en la pared, terminando en la pudrición de piezas de madera de la estructura que quedan a la intemperie.

6.-USO DE MATERIALES NO COMPATIBLES:

Otra falla constructiva a sido la intervención con mortero de cemento en varias áreas de las paredes para reemplazar el empañetado. Al ser el barro y el cemento dos materiales de comportamiento totalmente disímil ante la humedad y al fenómeno de retracción, la respuesta al tratarlos de mezclar provoca el temprano desprendimiento del revoque de cemento.





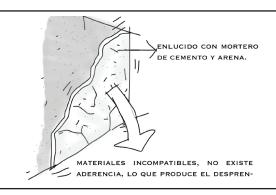






FOTO N $^{\circ}$ 34. REVOQUE-HUMEDAD-DEPRENDIMIENTO-QB. , FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



FOTO Nº 35. ENLUCIDO DE CEMENTO-BARRO-DIFERENCIA DE RIGI-DEZ-RETRACCIÓN-DESPRENDIMIENTO-QB, FUENTE: ARQ. LOURDES

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO:

MUSEO DE LOS METALES MM



FOTO Nº 36.

PANORÁMICA CASO MM

Estructura de 3 pisos más guardilla de aproximadamente 15 metros de altura, se encuentra ubicada la Avenida Fray Vicente Solano en el sector denominado Los Tres Puentes, construida a comienzos del siglo XX misma que fue restaurada en el año 1991 por la Arq. Lourdes Abad R. se analizó el estado anterior a la restauración, la información fue facilitada por la Arq. Abad.

La estructura esta conformada pórticos de 2 metros de luz, los mismos que se encuentran arriostrados a manera de rombo, siendo algunos de ellos sin arriostramiento para permitir la colocación de amplias ventanas, la estructura es totalmente simétrica.

Los cimientos de la edificación tienen un ancho de 60 cm y de 100 cm de profundidad pudiendo estos valores variar ligeramente entre los tramos.

Los porticos están conformados por pilares de 15x 15cm; confinados entre la solera superior e inferior y unidos a través de la técnica caja y espiga, las soleras de 15x15 cm son unidas entre sí mediante el enlace a media madera. Las vigas de entrepiso descansan en la solera superior de la planta inferior y sobre ellas se arma el entablado de piso. Las vigas de cubierta están asentadas en la solera superior de la segunda planta alta.

Las riostras de 12x12cm de los pórticos están unidas a las soleras y pilares mediante clavos. A su vez los pilarejos se unen a las soleras y a la priostra mediante el enlace caja y espiga y clavo. Los pórticos de madera no solo se encuentran rellenados con carrizo y barro, también existen áreas en las que ha sido colocado ladrillo y adobe como recubrimiento.

La ventanas y puertas están colocadas exclusivamente en los pórticos que no fueron arriostrados y Los antepechos y dinteles de estas tienen su apoyo en los pilares, los mismos que se encuentran unidos a estos mediante empotramiento.

El embutido está realizado con tierra arcillosa, gravilla y material árido y retazos de

teja. El revoque está compuesto con tierra arcillosa mezclada con fibra de paja cortada en secciones de 20 a 30 cm. Toda la superficie de los muros, sean de ladrillo o tierra, se encuentra empañetada con guano de caballo y empaste de cal.

La estructura está coronada por una buhardilla, las cubierta están realizada por 4 faldones, las mismas que están estructuradas con madera de 15x15 y revestidas con teja y en medio de esta sube la buhardilla que también esta cubierta a 4 aguas.



FOTO N° 37 VISTA POSTERIOR CASO MM ANTES DE SER INTER-VENIDO, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO:

MUSEO DE LOS METALES MM



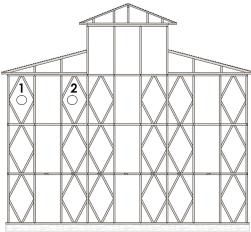


GRÁFICO Nº 13, ELEVACIÓN DE LA ESTRUCTURA MM FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.

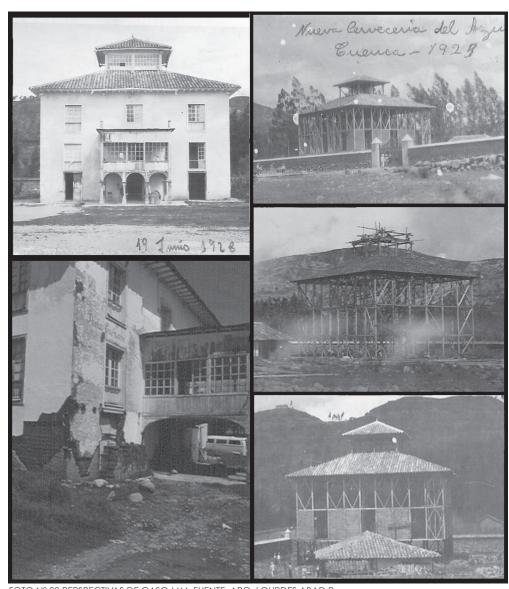
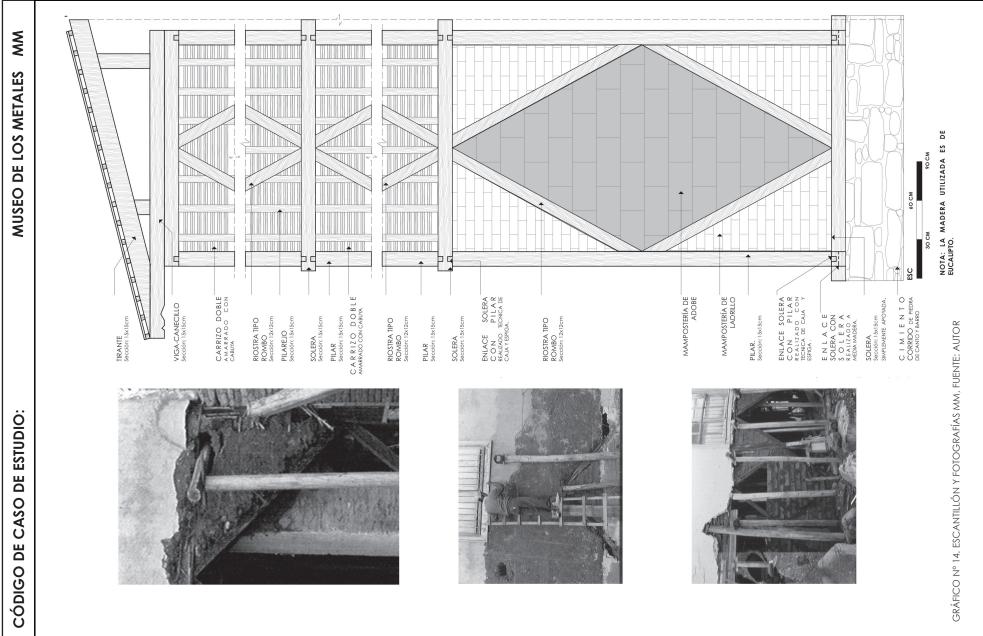


FOTO N° 38 PERSPECTIVAS DE CASO MM, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



Francisco Ochoa Zamora.

DETALLE N° 1

Descripción de detalle

Detalle de panel: Riostra tipo rombo con ventana.

- 1. SOLERA SUPERIOR
- 2. UNIÓN SOLERA PILAR REALIZADO CON

CAJA Y ESPIGA

3. UNIÓN RIOSTRA-SOLERA-PILAR A TRAVES DE

CLAVO

- 4. RIOSTRA TIPO ROMBO
- 5. DINTEL UNIDO A RIOSTRAS MEDIANTE

CLAVO

6. ALFEIZAR UNIDO A RIOSTRAS MEDIANTE

CLAVO

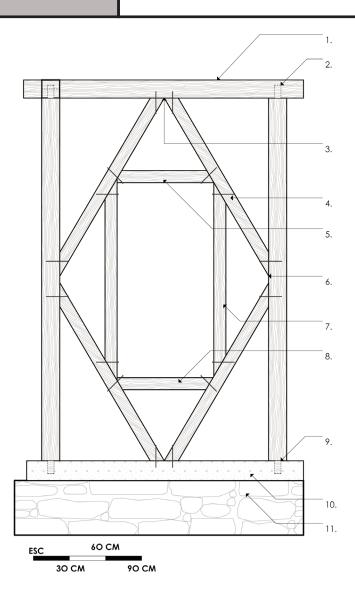
7. ANTEPECHO UNIDO A RIOSTRAS MEDIANTE

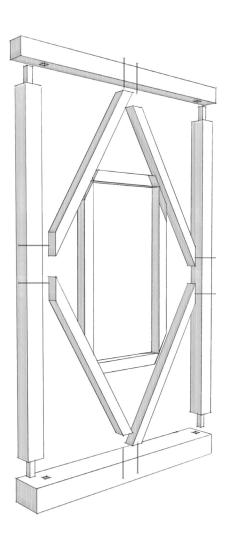
CLAVO

8. UNIÓN SOBRECIMIENTO-PILAR A TRAVES DE

CAJA Y ESPIGA

- 9. SOBRECIMIENTO H°A°
- 10. CIMIENTO DE H° CICLOPEO





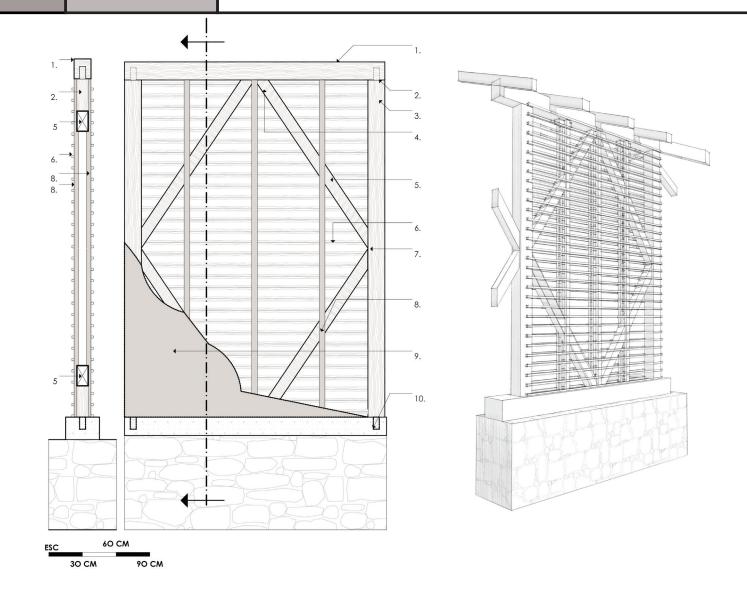
DETALLE N° 2

Descripción de detalle

Detalle de panel: Riostra tipo rombo



- 2. PILAR
- 3. UNIÓN SOLERA PILAR
- REALIZADO CON CAJA Y ESPIGA
- 4. UNIÓN RIOSTRA-SOLERA-PILAR
- A TRAVES DE CLAVO
- 5. RIOSTRA TIPO ROMBO
- 6. CARRIZO
- 7. UNION RIOSTRA-PILAR
- MEDIANTE CLAVO
- 8. PILAREJO REALIZADO CON
- TIRA COLOCADO A LOS DOS
- LADOS DEL MURO
- 9. EMPAÑETE REALIZADO CON
- GUANO DE CABALLO Y CAOLÍN
- PROPORCIÓN 1:1
- 10. UNIÓN PILAR-SOBRECIMIENTO
- A TRAVES DE CAJA Y ESPIGA



Francisco Ochoa Zamora.

53

		CODIGO: Museo de los Metales	MN	1											Ub	ica	ción: Cuenca, sector 3 Puentes	
							CAU	SAS	DE	DETE	RIC	DRO						1
			Ir	ntríno	ceco	as				Ext	rínc	eca	IS					
				1AM			BIO	LÓG	SICA			FÍSIC						
	Valoi	ración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	-alla constructiva	alta de mantenimiento	Materiales usados	Hongos, líquenes	Plantas y musgos	nsectos xilófagos	Animales	Aicroorganismos	Esfuerzo excesivo	Agua	/iento	emperatura	Decoloración	Descripción de patología	nivel de deterioro
		Basas			Ш	<			=		<		1	_			la solera inferior han sido seriamente afectadas por la humedad,	
	imentación	Cimiento corrido de piedra		3	3		2						3				consecuencia de que el cimiento no se eleva sobre el nivel del	
		Solera inferior		3	—		3	3	3				3		2	1	suelo y deja a la solera inferior propensa al ataque de la humedad de la tierra.	
		Cadena de hormigón						n	o ex	kiste							nomedad de la lierra.	
		Sobrecimiento	l							kiste								
COMPONENTES DEL BAHAREQUE		Otros																3
REC		Estructura de madera			3		3	3	3				3			2	Pilares que tienen contacto con la solera inferior han sido los más	
¥	Š	Carrizo							一								afectados de la estructura consecuencia de la humedad del	
BA	Muros	Revoque, empañete, encalado			3			1		1		1	2	2	2		suelo, estado de pudrición muy avanzado llegando a desintegración severa del material.	
핅	Σ	Uniones															Revestimiento de la pared afectado por las inclemencias del	
ES I		Otros									T						tiempo.	1
	0	Vigas					2		2				2				Vigas de entrepiso afectadas en los enlaces con las paredes por	
\overline{z}	Entrepiso	Tiras o tablonsillos															la humedad generada por el barro del muro en contacto con la	
MP(Jtre	Cielo raso (enchagllado o tabla)															lluvia. Piso y cielo raso de madera en nivel de deterioro avanzado a	
Ó	ш	piso															causa de humedad generada por las goteras.	2
		Enchagllado+barro															Tejas desplazadas de su posición original, aparición masiva de	
		Pares			3		3		3	1			3	1	1		goteras, generación de humedad en toda la estructura.	
	Cubierta	Correas			3		3		3	1			3	1	1		Piezas de madera de cubierta podridas en gran porcentaje por la humedad generada	
	$\frac{1}{2}$	Теја																
		Otros (cielo raso de aleros)			1		1		1	1			1	1	1			3
	Fator	do general de la edificación											B-B	UEN	OR		-REGULAR M-MALO	N



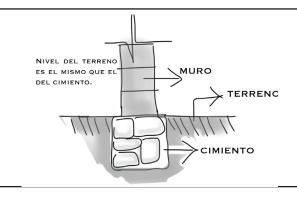
1. FALTA DE SOBRECIMIENTO: Producto de una omisión constructiva, la zona de los cimientos no posee un sobrecimiento que aísle la humedad del suelo. La falta de mantenimiento ha generado abundante presencia de vegetación a la altura de la solera inferior, lo que contribuyó a intensa presencia de humedad en las piezas de

madera y su posterior pudrición.

2. PIEZAS DE MADERA EN CONTACTO CON EL TERRENO: a raíz de la humedad generada a nivel de cimiento, el apoyo de los pilares de planta baja a nivel de solera inferior se encontró en estado avanzado de pudrición y desintegración. La capacidad de trasmisión de carga de la estructura a través de estos pilares estaba anulada.

3. DESPRENDIMIENTO DE REVOQUES: Efecto de las inclemencias del clima que han azotado a la edificación y la falta de mantenimiento, los revestimientos han venido a desprenderse. El área más atacada fue la ubicada en la planta baja a nivel de cimiento. Este efecto tiene su génesis por la humedad recibida por el barro por la lluvia que revota en el suelo y va a parar en el muro, así como los aleros que no alcanzan a cubrir las partes bajas del muro.

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: MM



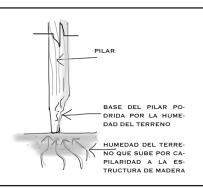






FOTO N° 39, CIMIENTO-SOLERA INFERIOR- VEGETACIÓN-PUDRI-CIÓN-MM, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



FOTO N° 40 PILAR-PLANTA-BAJA- DESINTEGRACIÓN-XILOFAGOS-MM FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



FOTO № 41. EMPAÑETADO-EMPASTADO DE CAL-DESPRENDIMIENTO -MM, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: MM

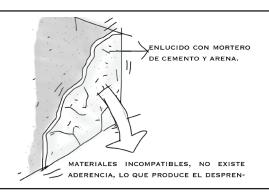
4. USO DE MATERIALES NO COMPATIBLES:

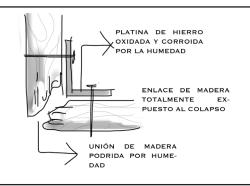
Presencia de enlucido de cemento sobre el revoque de tierra, ha generado trizaduras importantes en el revoque de los muros a razón de la diferencia de retracción de los materiales. También se evidencia desprendimiento del dicho enlucido por la falta de adherencia de los materiales.

5. PRESENCIA DE HUMEDAD EN UNIONES:

A raíz del factor humedad, algunas de las uniones de las piezas de madera, que han sido realizadas con platinas metálicas, se encuentran en un avanzado proceso de degradación por oxidación. Del mismo modo, las piezas de madera en la zona de unión se encuentran muy deterioradas por los insectos xilófagos y hongos.

6.- HUMEDAD EN ENTREPISO: En la cara interior de Las paredes a nivel de primera y segunda planta alta la presencia de humedad dentro de la pared generada por la lluvia es importante, existe agrietamiento y desprendimiento de revoque. Los muros se encuentran muy afectados en la zona superior a la altura de la solera, el revestimiento presenta fisuramiento tipo piel de cocodrilo.





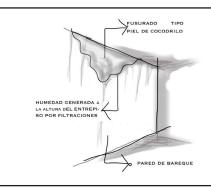




FOTO N° 42 MURO-REVOQUE DE TIERRA-ENLUCIDO DE CEMENTO-DES-PRENDIMIENTO-MM, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



FOTO Nº 43 CIMIENTO-SOLERA INFERIOR- VEGETACIÓN-PUDRI: CIÓN-MM, FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD R.



FOTO Nº 44. MURO-REVOQUE DE TIERRA-ENLUCIDO DE CEMENTO-DES PRENDIMIENTO-MM, FUENTE: ARQ, LOURDES ABAD R.

CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO:

CASA QUINGEO

CQ



FOTO Nº 45. PANORÁMICA CASO CQ, FUENTE: AUTOR

Estructura ubicada en el centro parroquial de Quingeo en el cantón Cuenca, frente al Parque Central. Está conformada por 3 plantas mas buhardilla, estructurada de manera mixta con paredes portantes de adobe y de bahareque.

Los cimientos han sido ejecutados de manera mixta, con cimientos corridos de hormigón ciclópeo para las paredes de adobe y soleras inferiores de la estructura de bahareque y en otros casos basas para pilares que llegan directo al suelo.

Los esfuerzos de la construcción son distribuidos, además de la estructura de baha reque, por dos muros de adobe de un ancho de 60 cm que se alzan hasta el 3er piso en los que se apoyan las vigas de entrepiso soleras y cubierta.

Las vigas y pilares de sección 15x15 están conectados mediante la técnica de caja y espiga y arriostramiento utilizado es la diagonal común de sección 12x12 cm que van unidas a pilar y solera mediante clavo.

Los pilarejos son de sección circular de 10 cm de diámetro y son colocados de forma vertical cada 50 cm, estos se conectan a la solera inferior o superior mediante la técnica caja y espiga y a la riostra mediante clavo. Sobre los pilarejos esta tejida la malla conformada por carrizos dispuestos cada 10 cm en posición horizontal a lo alto de todo el pórtico, estos están amarrados a los pilares y pilarejos mediante cabuya.

Los alfeizar de las puertas están realizados con pilares de menor sección que los de la estructura, y los dinteles y antepechos con piezas de madera de 10x15 cm. Unidos a los pilares mediante empotramiento.

El revoque de la fachada posterior es de cal y la capa de adherencia del mismo es de barro y retazos de teja. En la fachada frontal, la estructura esta hecha de madera revestida con tablas que crean arcos falsos, y tapan los pilares y la estructura del entrepiso.

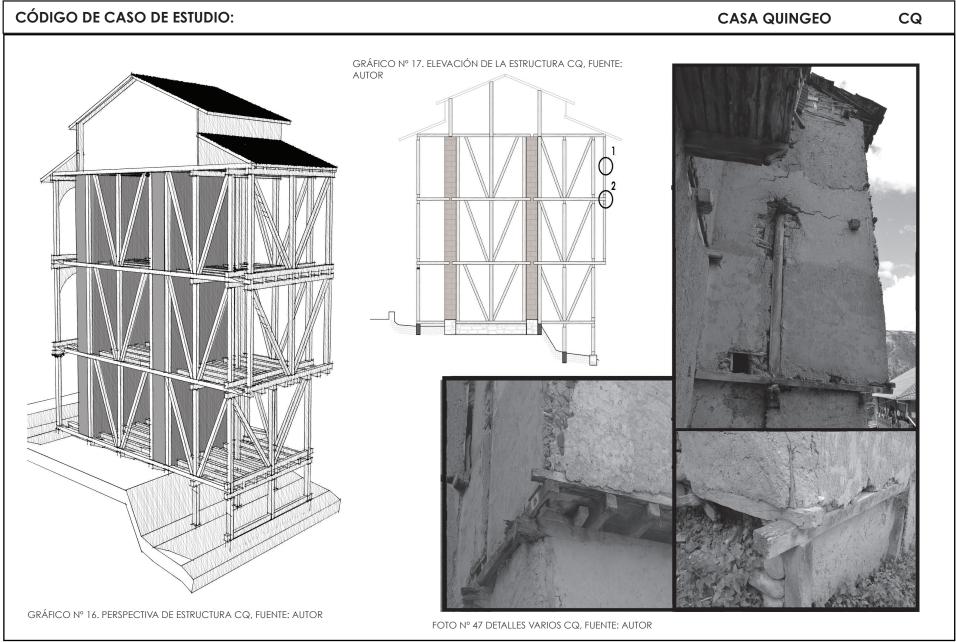
Las paredes interiores están revocadas con barro y empañetadas con guano de caballo y empastado de cal.

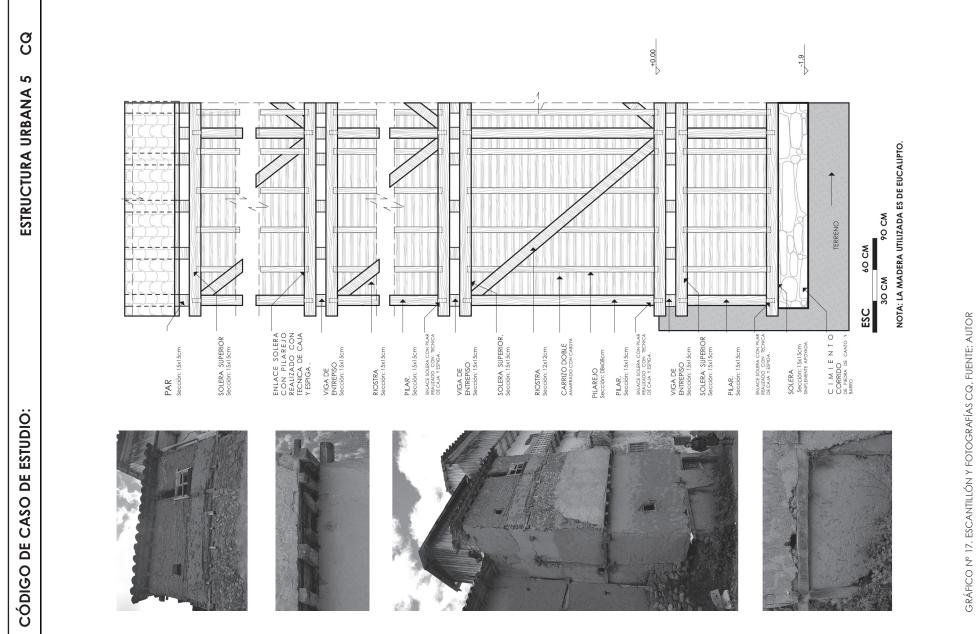
La cubierta está conformada por pares sobre los cuales se asienta el enchagllado de carrizo con una cama de barro sobre la que es colocada la teja. Los pares tienen una sección de 15x13 cm y se asientan sobre las soleras superiores de la estructura, la unión está realizada con clavo.



FOTO N° 46. VISTA POSTERIOR CASO CQ, FUENTE: AUTOR





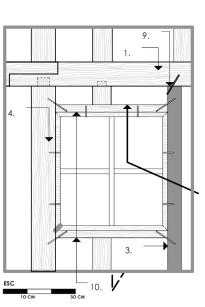


Francisco Ochoa Zamora.

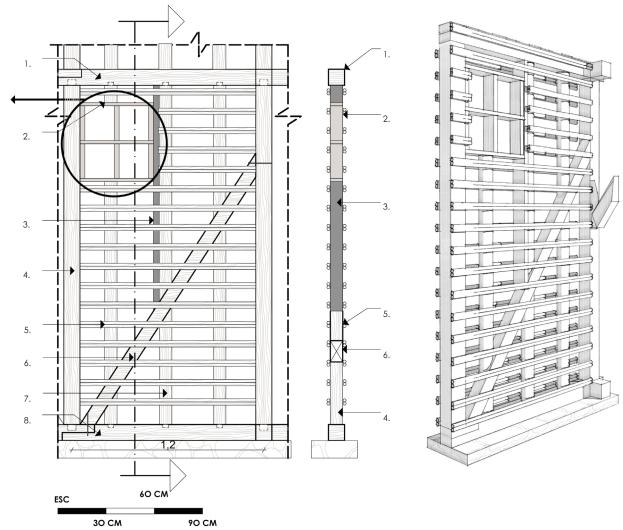
DETALLE Nº 1

Descripción de detalle

Detalle de ventana: ventana apoyada en pilar y alféizar de pieza de madera que en su base se asienta sobre la riostra, técnica constructiva: uniones realizadas con clavo.



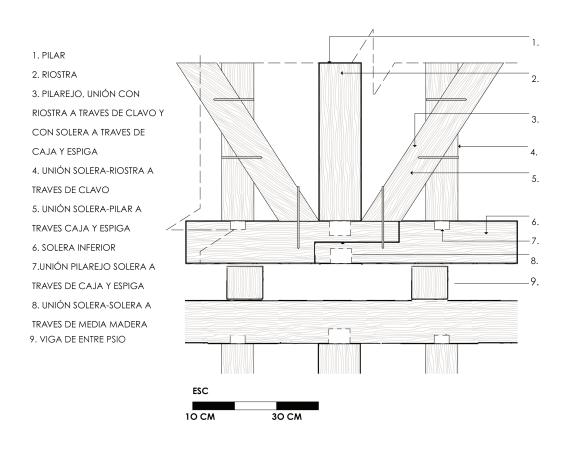
- 1. SOLERA SUPERIOR
- 2. MARCOS DE VENTANA APOYADOS A PILAR Y ALFEIZAR MEDIANTE CLAVO
- 3. ALFEIZAR DE MADERA APOYADO A PILAREJO Y RIOSTRA
- 4. PILAR
- 5. CARRIZO AMARRADO CON CABUYA
- 6. RIOSTRA
- 7. PILAREJO
- 8. SOLERA INFERIOR
- 9. ENLACE ALFEIZAR-SOLERA-RIOSTRA A TRAVES DE CLAVO
- 10. DINTEL Y ANTEPECHO REALIZADO CON TABLONCILLO APOYADO EN EL PILAR Y ALFEIZAR Y UNIDO MEDIANTE CLAVO

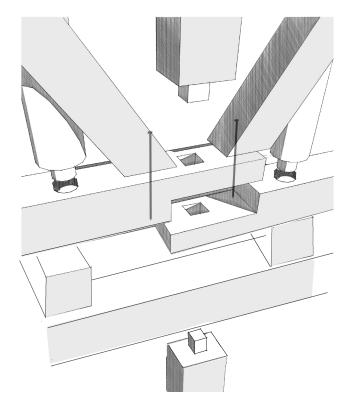


DETALLE N° 2

Descripción de detalle

Detalle de ventana: ventana apoyada en pilar y alféizar de pieza de madera que en su base se asienta sobre la riostra, técnica constructiva: uniones realizadas con clavo.







		CODIGO: Casa Quingeo													Ubi	cac	ción: Centro Parroquial Quingeo	
							CAL	JSAS	S DE	DE	ΓERIO	ORC)					1
			lı	ntríno	ceco	as				Е	xtríno	cec	as					
				1AM			BIC	LÓ	GIC.				CAS	S				
	Valo	ración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	CO	alta de mantenimiento	Materiales usados	Hongos, líquenes		nsectos xilófagos	Animales	Microorganismos	Esfuerzo excesivo	Agua	Viento	emperatura	Decoloración	Descripción de patología	nivel de deterioro
		Basas	<u> </u>				一		_		_	ш					la solera inferior han sido seriamente afectadas por la humedad,	
	ión	Cimiento corrido de piedra		3	3								3				consecuencia de que el cimiento no se eleva sobre el nivel del	
	imentaci	Solera inferior		3	_		3	3	3				3		2	1	suelo y deja a la solera inferior propensa al ataque de la humedad de la tierra.	
		Cadena de hormigón							10 6	xiste							nomedad de la lierra.	
		Sobrecimiento						r	10 6	existe								
3 NE		Otros																2
REC		Estructura de madera			3		3	3	3				3			2	A causa de las inclemencias del clima y la falta de	
\forall	ν̈	Carrizo															mantenimiento, El revestimiento de las paredes se ha desprendido	
BA	Muros	Revoque, empañete, encalado			3			1		1		1	2	2	2		en gran parte; dejando la estructura de madera y carrizo vista y en proceso de pudrición avanzado. La presencia de humedad	
Œ	Σ	Uniones				1	3		3				3				generada a nivel de cubierta también ha afectado de forma	
ES [Otros															contundente la estructura de madera.	3
Ä	0	Vigas					2		2				2				A causa de la humedad generada a nivel de cubierta, Vigas de	
Ä N	Entrepiso	Tiras o tablonsillos	Ī														entrepiso, cielo raso y piso se encuentran en avanzado estado de	
ЛРС	I tre	Cielo raso (enchagllado o tabla)	Ī														pudrición y a poco de llegar al colapso.	
COMPONENTES DEL BAHAREQUE	ш	piso	Ī															3
O	Enchagllado+barro	Enchagllado+barro															Tejas desplazadas de su posición original, aparición masiva de	
		Pares			3		3		3	1			3	1	1		goteras, generación de humedad en toda la estructura.	
	Cubierta	Correas			3		3		3	1			3	1	1		Piezas de madera de cubierta podridas en gran porcentaje por la humedad generada, colapso de la estructura.	
	S	Теја	ĺ														nomedad geriorada, colapso de la estideleta.	
		Otros (cielo raso de aleros)			1		1		1	1			1	1	1			3
	Estado general de la edificación												B-B	UEN	IOR		-REGULAR M-MALO	٨



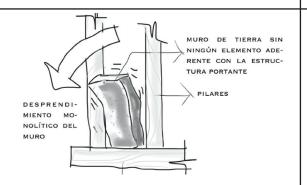
CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: CQ

1. PRESENCIA DE VEGETACIÓN EN MUROS

:Producto de la falta de mantenimiento, y la ausencia de sobrecimiento en la fachada posterior existe abundante presencia de vegetación, siendo una inequívoca señal de presencia de humedad dentro de la pared por ende en las piezas de madera. Además, la calle que pasa junto al muro es de tierra y no tiene la debida canalización, siendo un frecuente foco de humedad para la edificación. 2. FALTA DE ADHERENCIA ENTRE LA ESTRUCTURA PORTANTE Y EL MURO: Producto de una falla constructiva, En la zona posterior de la edificación en el área del volado se puede evidenciar un área del muro hecha de barro que se encuentra entre dos pilares que se ha desprendido a falta de un soporte que le de adherencia con la estructura(carrizo).

3. DIFERENCIA DE MATERIALES: Falla constructiva, la diferencia de comportamiento entre los diferentes materiales componentes de la construcción, en este caso la estructura de madera y barro y el muro de adobe, han producido grietas de gran envergadura dado el comportamiento particular de cada material a las cargas en ellos generadas y la diferencia de retracciones de los mismos.





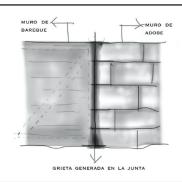






FOTO Nº 48 CIMIENTOS-HUMEDAD-VEGETACIÓN-CQ



FOTO N° 49. MURO-TIERRA-TRABA-DERROCAMIENTO-CQ



FOTO N° 50 MURO-DIFERENCIA DE MATERIAL-GRIETA-CQ

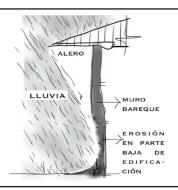


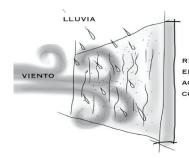
CÓDIGO DE CASO DE ESTUDIO: CQ

4. DESPRENDIMIENTO DEL REVOQUE: A causa de la inclemencia del clima, gran parte del revoque de cal se ha desprendido de la fachada posterior de la edificación llevándose consigo el la base de barro y teja. Dado la gran altura de la edificación del alero de la cubierta no llega a proteger toda la pared, dejando a merced de la lluvia las 3/4 partes de la misma.

5. DESINTEGRACIÓN DEL EMPAÑETE: La acción del viento y de la lluvia ha provocado constantes cambios de estado en los empañetes y revoques pasando de estar húmedos ha secos siendo este un fenómeno recurrente. Lo que ha generado un proceso de erosión y desintegración severo en los muros dado que la mayoría de estos ya no tienen ninguna clase de protección lo que ha generado fisuras y grietas.

6. HUMEDAD EN MADERA: La madera expuesta al medio ambiente se encuentra en un acelerado proceso de pudrición sobre todo las vigas y soleras que por su posición horizontal que tienden a retener el agua en su superficie propiciando el ataque de hongos e insectos. Además, es evidente que la madera no tuvo ninguna clase de tratamiento para estar expuesta a la intemperie.





REVOQUE Y EMPAÑETE EROSIONADOS POR LOS AGENTES ADMOSFÉRI-COS





FOTO N° 51 REVOQUE-TIERRA-CAL-DESPRENDIMIENTO-CQ



FOTO N° 52. EMPAÑETE-FISURAS-EROSIÓN-CQ



FOTO Nº 53 PIEZAS MADERA-INTEMPERIE-PUDRICIÓN-CQ



2.1 RESULTADOS, DETERIOROS MAS COMUNES EN LA CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE.

Una ves tabulada la información de las fichas realizadas en los 5 casos de estudio se procedió a la tabulación de los mismos entregando los siguientes resultados:

		Т									CALLEA	S DE DETE	PIOPO									1			
		ŀ									CAUSA	3 DE DEIE	KIOKO									ł			
			HUMANA		Intrínceco	IS			BIOLÓGI	CA				-	xtríncecas	FÍSICAS									
	Valc	oración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	Falla constructiva	F. de mantenimiento	Materiales usados	SUMA INTRINSECAS	% INTRINSECAS	Hongos, líquenes	Plantas y musgos	Insectos xilófagos	Animales	Microorganismos	SUMA EXTRINSECAS BBIOLOGICAS	% EXTR. BIOLOGICAS	Esfuerzo excesivo	Agua	Viento	Temperatura	Decoloración	SUMA EXTRÍNSECAS FÍSICAS	% EXT. FÍSICAS	SUMA TOTAL	% TOTAL	POR COMPONENTES
	_ [Basas	0	0	2	0	2	4,08%	0	2	0	0	0	2	4,00%	0	0	0	0	0	0	0,00%	4	0,61%	
1 1	흥	Cimiento corrido de piedra	0	10	6	0	16	32,65%	2	4	0	2	0	8	16,00%	0	7	0	0	0	7	20,00%	31	4,69%	
	ğ	Solera inferior	4	10	9	0	23	46,94%	14	6	14	0	0	34	68,00%	4	12	0	4	2	22	62,86%	79	11,95%	
	je [Cadena de hormigón	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0	0,00%	0	0,00%	
	ō	Sobrecimiento	0	4	0	2	6	12,24%	0	2	0	2	2	6	12,00%	0	4	0	2	0	6	17,14%	18	2,72%	
1 -	_	Otros	0	2	0	0	2	4,08%	0	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0	0,00%	2	0,30%	00.076
-	_	SUMA CIMENTACION	4	26	17	2	49	100,00%	16		14		2		100,00%	4	23	0	6	2	35	100,00%	134		20,27%
1 ± -	_	% CIMENTACION	8,16%	53,06%	34,69%	4,08%	100,00%	07.1.407	32,00%	28,00%	28,00%	8,00%	4,00%	100,00%	10.0.101	11,43%	65,71%	0,00%	17,14%	5,/1%	100,00%	110101	3	1.4.5007	
BAHAREQUE	ŀ	Estructura de madera	4	0	9	0	13	37,14%	15	10	15	0	3	43	63,24%	4	15	8	5	8	40	44,94%	96	14,52%	
ARE	S.	Carrizo	0	0	4	0	15	11,43%	1	0	1	2	0	4	5,88%		10	0	- 10	0	2	2,25%	10	1,51% 9,83%	
¥	∮	Revoque, empañete, encalado Uniones	0	0	15	0	15	42,86%	0	4	0	5	0	9	13,24%	5	13	13	10	0	41	46,07%	65 21	3,18%	
1 2 1	-	Otros	0	0	2	- 1	3	8,57% 0,00%	0	0	0	0	0	12	17,65% 0,00%	0	0	0	0	0	0	6,74%	0	0,00%	
DEL	-	SUMA MUROS	0	0	30	0	35	100%	Ü	Ů	22	7	0	68	100%	10	35	01	15	8	00	_	192	0,00%	29,05%
1 2 -	-	% MUROS	11,43%	0.0097	85,71%	2,86%	100,00%	100%	22 32,35%	20,59%	32,35%	10,29%	4,41%	100,00%	100%	11,24%		21	16,85%	8,99%	100,00%	100%	3		29,03%
COMPONENTES	⊣	Vigas	11,43/6	0,00%	7	2,00%	13	46,43%	12	_	32,33/6	10,27/6	4,41/6	23	36,51%	11,24/6	12	23,60%	10,00/6	0,77/6	100,00%	36,73%	54	8,17%	
0	SS	Tiras o tablonsillos	0	0		0	13	0,00%	12	0	11	0	0	23	12,70%	0	12	0	0	0	10	8,16%	12	1,82%	
≥	ē.	Cielo raso (enchagliado o tabla)	0	0	6	0	6	21,43%	9	0	9	0	1	19	30,16%	0	9	0	2	2	13	26,53%	38	5,75%	
ŏ	Entre	piso	0	0	9	0	0	32,14%	7	0	6	0	0	17	20,63%	3	7	0	2	2	14	28,57%	36	5,45%	
1 -	-	SUMA ENTREPISO	0	6	22	0	28	100%	32	0	30	0	1	63	_	9	32	0	4	4	49		140	0,4070	21,18%
1 -	┪	% ENTREPISO	0,00%	21,43%	78,57%	0,00%	100,00%	100%	50,79%	0,00%	47,62%	0,00%	1,59%		100,00/6	18,37%	65,31%	0,00%	8,16%	8.16%	100,00%	100%	3		21,10/0
-	-	Enchagllado+barro	0,00,0	0	6	0,00,0	6	13,95%	0	0,00,0	0	0,00,0	0	0	0,00%	2	6	2	0,10,0	0,.370	10	13,33%	16	2,42%	
	₽	Pares	0	0	15	0	15	34,88%	15	0	15	4	0	34		8	15	8	2	0	33	44,00%	82	12,41%	
	je l	Correas	0	0	15	0	15	34,88%	15	0	15	2	0	32	41,56%	0	15	4	2	0	21	28,00%	68	10,29%	
	ž	Teja	0	0	5	0	5	11,63%	0	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0	0,00%	5	0,76%	
	~ l	Otros (cielo raso de aleros)	0	0	2	0	2	4,65%	4	0	5	2	0	11	14,29%	0	5	4	2	0	11	14,67%	24	3,63%	
	7	SUMA CUBIERTA	0	0	43	0	43	100%	34	0	35	8	0	77	100%	10	41	18	6	0	75		195		29,50%
_	┪	% CUBIERTA	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	44,16%		45,45%	10,39%	0,00%		7.	13,33%	54,67%	24,00%	8,00%	0,00%	100,00%	0,00%	3		, , , , ,
	ı	SUMA TOTAL	8	32	112	3	155	4	104	28	101	19	6	258	4	33	131	39	31	14	248		661	100,00%	100,00%
	ŀ	% TOTAL	1,21%			0,45%			15,73%			2,87%	0,91%			4,99%		5,90%	4,69%	2,12%			100.00%		
	ı	POR INTRINSECAS Y EXTRINSECA	1,2170	1,0 170	. 5,7 776	5, 1570	23,45%		. 5,7 570	1,2 170	. 0,2070	2,0,70	5,7 .70	39,03%		1,,,,,	17,0270	5,7570	1,0770	2,1270	37,52%		100,00%		



2.2. CONCLUSIONES DE LOS DAÑOS.

Los resultados obtenidos en la investigación evidenciaron hechos interesantes, un porcentaje importante de daños dado por el 25,45% se debía a causas de deterioro intrínsecas, siendo el 16,94% por falta de mantenimiento de las edificaciones, seguido por la causal falla constructiva con el 4,84%. El restante 76,55% de las causas de deterioro fueron extrínsecas, siendo un 39,03% para causas biológicas y un 37,52% para causas físicas.

En cuanto a las causas extrínsecas biológicas (39,03 % del total de daños), los hongos y los insectos xilófagos fueron los que mayor incidencia de deterioro tuvieron, siendo el 15,73% y 15,28% del total respectivamente, denotando la relevante importancia que tiene el cuidado de la madera en este tipo de construcción.

En las causas de deterioro extrínsecas físicas (37,52 % del total de daños), siendo el 19,82% es a causa del agua, constituyéndose como el aspecto que produce el mayor daño a la edificación. De esta manera, como pasa en la mayoría de materiales de construcción, el agua se posesiona como el mayor factor de deterioro para una edificación de bahareque.

	CAUSAS DE DETERIORO																	
	I	ntríncecas			Extríncecas													
HUMANA	\					BIOLOGIC	CA						FISICAS					S
Falla de diseño	Falla constructiva	F. de mantenimiento	Materiales usados	SUMA INTRINSECAS	% Intrinsecas	Hongos, líquenes	Plantas y musgos	Insectos xilófagos	Animales	Microorganismos	SUMA EXTRINSECAS BBIOLOGICAS	% EXTR. BIOLOGICAS	Esfuerzo excesivo	Agua	Viento	Temperatura	Decoloración	useca ss
1,21%	4,84%	16,94%	0,45%			15,73%	4,24%	15,28%	2,87%	0,91%			4,99%	19,82%	5,90%	4,69%	2,12%	
				23,45%							39,03%							37,52%

GRÁFICO Nº 19 RESUMEN DE TABULACIÓN DE RESULTADOS DE FICHAS, FUENTE: AUTOR

La normalización de este tipo de construcción en el Ecuador todavía esta muy lejos de ser un aporte para solventar los problemas que en ella se generan, la Norma Ecuatoriana de la Construcción en la sección destinada a "viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m" en su página 60 hace una brevísima reseña de la técnica constructiva Quincha; refiriendo su diseño a la "Norma peruana de construcción con Quincha." sin embargo, hasta el momento no existe esta norma en Perú aunque si existe la "Norma Técnica E.100" referente al uso del bambú, que funciona de forma similar al bahareque pero que termina difiriendo sustancialmente en cuanto a forma de calculo y diseño estructural, así como en el manejo de enlaces.



2.2.1. CONCLUSIONES DE CIMIENTOS

									C	AUSAS DE	DETERIOR	RO									
				Intrínd	cecas							E	Extríncecas	5							
			BIOLÓGICA													S					
	\	Valoración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	Falla constructiva	e mar	Materiales usados	% INTRINSECAS	Hongos, líquenes	Plantas y musgos	Insectos xilófagos	Animales	Microorganismos	% EXTR. BIOLOGICAS	Esfuerzo excesivo	Agua	Viento	Temperatura	Decoloración	% EXT. FÍSICAS	% TOTAL	POR COMPONENTES
BAŀ	_	Basas	0	0	2	0	4,08%	0	2	0	0	0	4,00%	0	0	0	0	0	0,00%	2,99%	
DEL 1	iór	Cimiento corrido de piedra	0	10	6	0	32,65%	2	4	0	2	0	16,00%	0	7	0	0	0	20,00%	23,13%	
ω.	ţα	Solera inferior	4	10	9	0	46,94%	14	6	14	0	0	68,00%	4	12	0	4	2	62,86%	58,96%	
Ë	le l	Cadena de hormigón	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	
短	G.	Sobrecimiento	0	4	0	2	12,24%	0	2	0	2	2	12,00%	0	4	0	2	0	17,14%	13,43%	
9		Otros	0	2	0	0	4,08%	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0,00%	1,49%	
OMP		SUMA CIMENTACION	4	26	17		100,00%						100,00%	4	23	0	6	2	100,00%		100,00%
ŏ		% CIMENTACION	8,16%	53,06%	34,69%	4,08%	100,00%	32,00%	28,00%	28,00%	8,00%	4,00%	100,00%	11,43%	65,71%	0,00%	17,14%	5,71%	100,00%		
		% TOTAL	2,99%	19,40%	12,69%	1,49%		11,94%	10,45%	10,45%	2,99%	1,49%		2,99%	17,16%	0,00%	4,48%	1,49%	100,00%		
		% POR INTRINSECAS Y EXTRINSECAS																			

GRÁFICO № 20. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE FICHAS REFERENTE A CIMIENTOS, FUENTE: AUTOR

Los principales problemas generados en el cimiento fueron de tipo superficial, siendo el cimiento corrido de piedra y la solera inferior que se asienta sobre el, los elementos más afectados de la cimentación con un 23,13% y 58,96% respectivamente. EL problema fundamental se originó a raíz de la humedad presente en los cimientos, que siendo una causa extrínceca física, se vincula directamente con los factores intríncecos como la falla constructiva y la falta de mantenimiento, ya que si no existe un buen aislante de humedad y una revisión periódica es muy fácil que el agua suba por capilaridad por el cimiento y ataque la solera inferior, causando a su vez ataque de hongos e insectos (causa extrínceca biológica).

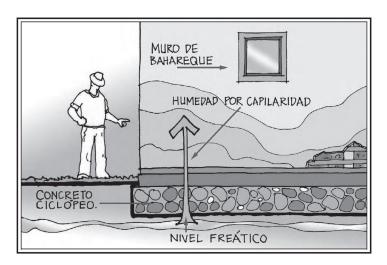
La pudrición de las soleras inferiores fue recurrente. Además, la presencia de vegetación abundante a nivel de esta zona también fue señal inequívoca de humedad y falta de mantenimiento. Se vinculó a la solera inferior con la sección cimientos dada la estrecha relación que tiene con las patologías que se generan en ellos.

El nivel de humedad que experimentaban las piezas de madera (soleras inferiores) por la escasa o nula altura de separación con el suelo o por la capilaridad de los materiales aglomerantes del cimiento, fue causa del ataque del insectos y de hongos.





FOTO N $^\circ$ 54, Solera inferior contigua a cimiento afectada por hongos causantes de pudrición blanca, fuente: autor



GRÁFICONº 21. FILTRACIONES DESDELOS CIMIENTOS: CARDONA A. OMAR, MANUAL DE EVACUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE EN VIVIENDAS DE BAHARE-QUE TRADICIONAL, PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. S/C, S/F, PP30

2.2.1.1. CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS CIMENTACIÓN:

los resultados del análisis son contundentes en cuanto a la repercusión que puede tener la humedad que se genera desde el suelo y las patologías que puede causar por su causa.

Con respecto a la cimentación, la norma Norma Técnica E.100 da las siguientes pautas:

"UNIÓN ENTRE CIMIENTO Y MUROS: Cada muro debe tener como mínimo dos puntos de anclaje conectado al a cimentación o al sobre-cimiento mediante conectores metálicos. Los puntos de anclaje no pueden estar separados a una distancia superior a 2,50 m. en caso de puertas habrá un punto de anclaje en ambos lados.

UNIÓN CON SOLERAS DE MADERA ASERRADA: en este caso las soleras se fijan a los cimientos con barras de fierros roscadas, y fijadas a estas con tuercas y arandelas que cumplan con lo establecido en la presente norma, la madera debe separarse del concreto o de la mamposteria con una barrera impermeable."¹

El sistema de cimentación debe ser pensado de tal manera que evite fundamentalmente el acceso de cualquier clase de humedad a la estructura, además de garantizar la óptima trasmisión de los esfuerzos al suelo y una buena fijación del cimiento a la estructura en caso que existan esfuerzos horizontales por sismo.

A parte de los requisitos citados de la norma a la que refiere la NEC, existen otros elementos que son de vital importancia y que a continuación se exponen para conseguir las soluciones mas adecuadas para lograr la solución óptima a los problemas que se han citado en el análisis de la cimentación.

¹ V.V.A.A.,Norma Técnica E. 100 Bambú, Perú Ministerio de Vivienda,Construcción y Saneamiento, Lima, 2012 pp. 28





GRÁFICO Nº 22. PREPARACIÓN DE PIEZA DE MADERA PARA EL CIMIENTO; FUEN-TE: V.V.A.A. CONSTRUYAMOS EN QUINCHA MEJORAD, INTERMEDIATE TECNHO-LOGY DEBELOPMENT GROUP, LIMA, 1993. PP18

2.2.1.1.1. CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES A MANERA DE ZAPATA:

En esta técnica, toda la estructura se sustentará directamente en los elementos verticales de madera ubicados en la planta baja, estos serán empotrados dentro de la tierra a una profundidad que será sugerida por el ingeniero estructural. Para su ejecución se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

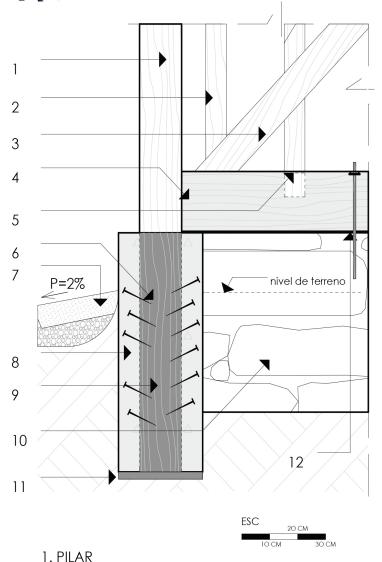
Primeramente se debe tratar la franja de la pieza de madera que será empotrada en el suelo, esta deberá estar colmada de clavos en toda su superficie con el fin de mejorar la adherencia con el hormigón, posteriormente se debe impregnar dicha área con creosota o brea para protegerla de los agentes destructores y de la humedad que pudiera ingresar a través de grietas en el hormigón.

Una vez que la pieza de madera esté lista, se preparará el hoyo en el que será colocada, fundiendo previamente una cama de mortero pobre en la base del mismo para evitar que la pieza quede en contacto con la tierra. Posteriormente se colocará la pieza en el hoyo cerciorándose que se encuentre a plomo y se fundirá el agujero con hormigón.

Es fundamental que la fundición quede al menos 20 cm de altura sobre el nivel del terreno, para garantizar que ningún elemento externo que venga del suelo pueda llegar a la estructura de madera.

Las soleras inferiores pueden ser reemplazadas por cadenas de hormigón armado que funcionarán como sobre cimientos, evitando exponer a las piezas de madera que se usan de solera a los constantes ataques de humedad a los que está propensa esta zona. Los pilarejos que usualmente empotrados en la solera inferior podrían ser fundidos en la cadena de hormigón.





- 2. PILAREJO
- 3. RIOSTRA

GRÁFICO $\,$ N° 23 DETALLE 2D CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES A MANERA DE ZAPATA; FUENTE: AUTOR.

- 1. PILAR
- 2. PILAREJO
- 3. RIOSTRA
- 4. SOLERA DE MADERA
- 5. PILAREJO EMPOTRADO EN SOLERA.
- 6. CLAVOS DE ADHERENCIA CON
- HORMIGÓN
- 7. DRENAJE DE ARENA Y RIPIO
- 8. ZAPATA DE HORMIGÓN EN LA QUE ES EMBEBIDO EL PILAR.
- 9. TRATAMIENTO DE BREA DEL PILAR
 10. CIMIENTO Y SOBRE CIMIENTO
 CORRIDO PARA SOLERA.
- 11. CAMA DE HORMIGÓN POBRE.
- 12. ANCLAJE DE SOLERA FUNDIDO EN CIMIENTO

Se puede usar como sobre cimiento bloques de piedra pómez dispuestos de tal manera que las caras huequeadas queden paralelas al suelo, dentro de los orificios se colocarán los pilarejos cerciorándose que se encuentren a plomo y se rellenarán los huecos del bloque con hormigón.



FRÁFICO Nº 24. DETALLE 3D CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES A MANERA DE ZAPATA; FUENTE: AUTOR.

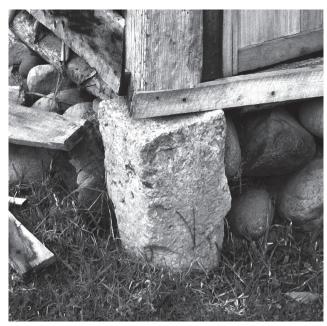


FOTO N $^\circ$ 55. CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES ASENTADOS EN BASAS; FUENTE: AUTOR.



FOTO N $^\circ$ 56. CIMENTACIÓN EN LA QUE LAS SOLERAS INFERIORES SE ASIENTAN EN BASAS : FUENTE: AUTOR.

2.2.1.1.2. COLUMNAS O PILARES ASENTADAS EN BASAS:

Otra variación del sistema citado anteriormente es el uso de basas, siendo estas estructuras de piedra labrada que son introducidas en el suelo a manera de zapata y que se encargan de traspasar las cargas de la madera al suelo.

Las basas son usualmente de forma trapezoidal y de planta cuadrada, su alto suele ser de aproximadamente 80 cm. En su cara superior se realiza un orificio redondo de aproximadamente 6 cm. De diámetro y 5 cm de profundidad, el mismo que funcionará a manera de caja y espiga con el pilar o columna.²

Estas basas se entierran en el piso hasta una profundidad aproximada de tres cuartos de su altura, la cuarta sobrante quedará sobresaliendo del suelo con el fin de evitar contacto con el suelo y humedad.

Las columnas o pilares serán conectados entre si a través de soleras de madera que pueden trabajar como vigas o ser asentadas sobre un sobre cimiento cimiento que a su vez descansará en un cimiento que usualmente tiene poca profundidad dado que las basas de las columnas se encargan de trasladar la mayoría de la carga.

Existe una estructuración interesante usada por los indígenas de Saraguro-Ecuador, en la que utilizan basas bastante grandes que sobresalen unos 20 a 30 cm del suelo, en ellas se asientan las soleras inferiores de la estructura y sobre ellas se asienta la columna con unión caja y espiga.

Esta técnica puede ser muy faborable ya que toda la estructura queda alzada del nivel del suelo, es una forma muy interesante de aislar la construcción de la humedad del suelo.

² CALDERÓN ALFONSO, SARAGURO HUASI LA CASA EN LA "TIERRA DEL MAÍZ" BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, QUITO, 1985 PP 42



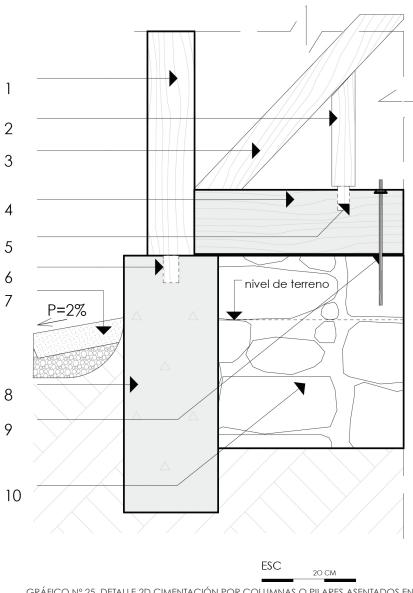


GRÁFICO N° 25. DETALLE 2D CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES ASENTADOS EN BASAS ; FUENTE: AUTOR.



- 2. PILAREJO
- 3. RIOSTRA
- 4. SOLERA

CIMIENTO

- 5. PILAREJO EMPOTRADO EN SOLERA.
- 6. UNIÓN CAJA Y ESPIGA
- 7. DRENAJE DE ARENA Y RIPIO
- 8. BASA DE MARMOL O PIEDRA
- 9.ANCLAJE DE SOLERA FUNDIDO EN
- 10. CIMIENTO Y SOBRE CIMIENTO CORRIDO PARA SOLERA.



GRÁFICO N° 26. DETALLE 3D CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES ASENTADOS EN BASAS; FUENTE: AUTOR.



FOTO N $^{\circ}$ 57. CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE EN CAÑAR, EN LA QUE SE USA CIMENTACIÓN CORRIDA ; FUENTE: ARQ. LOURDES ABAD.

2.2.1.1.3. CIMENTACIÓN CORRIDA:

Se utiliza cuando todos los elementos verticales de la estructura se asientan en la solera inferior de planta baja, la misma que a su ves se asentará en el cimiento y sobrecimiento, siendo el proceso el siguiente:

Se realizan las zanjas donde irán los cimientos cuyo ancho y profundidad será dispuesto por el criterio del ingeniero estructural, usualmente se maneja una profundidad de 60 cm y un ancho de 40cm, posteriormente se rellena el agujero con hormigón ciclopeo hasta alcanzar el nivel del terreno.

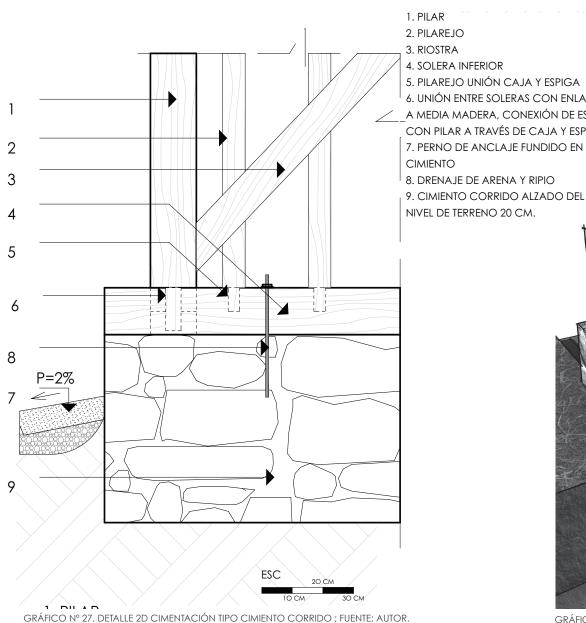
Se deja un sobre cimiento de mínimo 20 cm que tendrá la función de separar el terreno de la estructura, este será del mismo hormigón ciclopeo y puede tener el mismo ancho.

Para garantizar el buen trabado de la estructura de madera con los cimientos se funden anclajes metálicos en el sobre cimiento, los mismos que a su vez son aferrados a las soleras inferiores de madera, mejorando sustancialmente la respuesta de la misma ante cargas horizontales.

En este tipo de fundación es importante el aislamiento del cimiento con la solera de madera, para eso se utiliza una capa de geo membrana impermeabilizante que se coloca sobre la cadena y que evita cualquier tipo de humedad que por capilaridad pudiese estar subiendo hacia la estructura de madera.

Es importante recalcar que la cimentación que se escoja en cada proyecto deberá a ser avalada por un ingeniero estructural que discernirá su conveniencia en función del estudio de suelos del terreno y las cargas inherentes al proyecto, tomando en cuenta que se pueden combinar los diferentes criterios expuestos para conseguir la cimentación que más se adecue a las necesidades.





6. UNIÓN ENTRE SOLERAS CON ENLACE A MEDIA MADERA, CONEXIÓN DE ESTAS CON PILAR A TRAVÉS DE CAJA Y ESPIGA

GRÁFICO Nº 28. DETALLE 3D CIMENTACIÓN POR COLUMNAS O PILARES ASENTADOS EN BASAS; FUENTE: AUTOR.

75



2.2.2. RESULTADOS DE MUROS

_		CAUSAS DE DETERIORO																			
			Intríncecas					Extríncecas										-			
			HUMANA				BIOLOGICA					FISICAS								S	
	`	Valoración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	Falla constructiva	F. de mantenimiento	Materiales usados	% INTRINSECAS	Hongos, líquenes	Plantas y musgos	nsectos xilófagos	Animales	Microorganismos	% EXTR. BIOLOGICAS	Esfuerzo excesivo	Agua	Viento	Temperatura	Decoloración	% ext. físicas	% TOTAL	POR COMPONENTES
DEL I		Estructura de madera	4	0	9	0	37,14%	15	10	15	0	3	63,24%	4	15	8	5	8	44,94%	50,00%	
	S	Carrizo	0	0	4	0	1171070	1	0	1	2	0	5,88%	1	1	0	0	0	2,25%	5,21%	
NENTES	۱ آد	Revoque, empañete, encalado	0	0	15	0	42,86%	0	4	0	5	0	13,24%	5	13	13	10	0	46,07%	33,85%	
一	2	Uniones	0	0	2	1	8,57%	6	0	6	0	0	17,65%	0	6	0	0	0	6,74%	10,94%	
0		Otros	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0,00%	0,00%	
OMP		SUMA MUROS	4	0	30	1	100%	22	14	22	7	3	100%	10	35	21	15	8	100%		100,00%
$\ddot{\circ}$		% MUROS	11,43%	0,00%	85,71%	2,86%	100%	32,35%	20,59%	32,35%	10,29%	4,41%	100%	11,24%	39,33%	23,60%	16,85%	8,99%	100%		
		SUMA TOTAL	4	0	30	1	1	22	14	22	7	3	1	10	35	21	15	8	1	100,00%	100,00%
,		% TOTAL	2,08%	0,00%	15,63%	0,52%		11,46%	7,29%	11,46%	3,65%	1,56%		5,21%	18,23%	10,94%	7,81%	4,17%	100,00%		

GRÁFICO Nº 29 TABULACIÓN DE RESULTADOS DE FICHAS, FUENTE: AUTOR

En las causas de deterioro intrínsecas, la falta de mantenimiento es la predominante ya que afecta a las estructuras con un porcentaje de 15,63%, esta causa es evidente dado la fragilidad que experimentan los revestimientos del muro que necesariamente se deben un mantenimiento constante para funcionar optimamente. Las otras causas intrínsecas casi no tienen incidensia en el deterioro de los muros.

En cuanto a los actores excéntricos, el agua con un 18,23 % y el viento con un 10,94% desgataron y erosionaron el revoque en varios sectores de las estructuras estudiadas, lo que produjo el paso de humedad a la estructura de madera.

El revoque en la mayoría de los casos estudiados se encontró en estado de desprendimiento avanzado quedando ya menos del 60% del mismo en los muros, dejando la estructura de madera expuesta a la pudrición a causa de la humedad.

Fruto del ingreso de la humedad a la estructura, las fibras de madera llegaron a saturar sus fibras con agua, lo que generó un ambiente óptimo para los hongos e insectos xilófagos causantes del 22,92% de deterioro en los muros, los mismos que al alimentarse de los componentes que estructuran la madera como la lignina y celulosa; produjeron la desintegración y perdida de resistencia del material.

Las diferentes patologías que se determinaron entre intrínsecas y extrínsecas, terminaron por afectar principalmente a la estructura de madera, concentrando un 50% del daño de muro en la estructura, siendo esta el pilar fundamental de la estabilidad de la edificación.



2.2.2.1. CONCLUSIONES SOBRE RESULTADOS DE MUROS

En el muro, las patologías más recurrentes fueron ocasionadas sin duda por los agentes ambientales como la lluvia (18,23%) y el viento (10,94%) siendo una de las zonas mas afectadas los revoques (33,85%) presentando graves problemas de erosión, desprendimiento del material.

Los factores extríncecos físicos como los cambios violentos de temperatura de la región que oscilan entre 1,6 y 25,1 °C y la humedad relativa que varía entre 87%-89 %, provocaron impactos que perjudicaron a los muros, generando retracción, erosión, desintegración o desprendimiento de los revestimientos.

La exposición de las paredes a la lluvia y a los rayos solares, ha sido muy perjudicial a raíz del desprendimiento del empañete o el encalado de los muros, generando una fuente sustancial de humedad que estuvo en contacto directo con la estructura de madera y que afectó la integridad de la misma.

Los ciclos de humedecimiento y secado generados por la lluvia, viento y cambios de temperatura produjeron cambios volumétricos del revestimiento lo que provocó fisuras y desprendimiento del material. En síntesis, toda degradación de los recubrimientos terminó por afectar directamente a la estructura de madera.

La importancia del mantenimiento de los revestimientos en las estructuras de bahareque es indispensable ya que con el paso del tiempo y el normal accionar de los agentes climáticos como el viento y la lluvia, los revoques y empañetes llegan a deteriorarse y perder las propiedades que protegen a la estructura de madera. Se debe prever de manera periódica (mínimo cada dos años) la reparación de los revestimientos deteriorados de los muros.

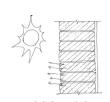
Existen materiales que mezclados con el material del revestimiento pueden mejorar la respuesta ante la humedad y el viento como los mucilagos, los empastes de cal entre otros, pero estos solo extenderán la durabilidad del revestimiento por algún tiempo, lo que no excluye de ninguna manera el mantenimiento periódico de los muros.

A continuación, en función de las patologías encontradas en las edificaciones se expone como es que se presenta el deterioro en los muros por los agentes climáticos para poder comprender el como debe ser concebida una pared de bahareque para que pueda responder correctamente a la lluvia o viento.

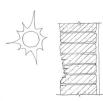
En cuanto al manejo de la estructura de madera del muro, este tema se tratará de forma integral cuando se analice los resultados del fichaje de la estructura de entrepiso y cubierta.





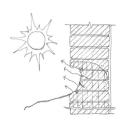


cuando la humedad se evapora las sales minerales migran hacia la superficie de la pared

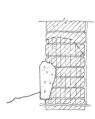


la sal se cristaliza en la superficie de la pared acelerando la erosión

GRÁFICO Nº 30. PROCESO DE HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE PAREDES DE BARRO, FUENTE: THE TECHNICAL STAFF, ADOBE CONSERVATION A PRESERVATION HANDBOOK, SUNSTONE PRESS, SANTA FÉ, 2006, PP54



la absorción capilar causando erosión de la base del muro



si es reparada la erosión basal con mortero de cemento, la humedad capilar se vuelve mayor



la nueva erosión ocurre sobre la reparacion de cemento

GRÁFICO Nº 31. CICLO DE ABSORCIÓN CAPILAR EN LAS PAREDES DE TIERRA, FUENTE: THE TECHNICAL STAFF, (2006), PP54

2.2.2.1.1. CAUSAS DEL DETERIORO DE LOS REVOQUES EN LOS MUROS DE TIERRA EN EL BAHAREQUE.

Las principales causas de deterioro de las construcciones de tierra son ocasionadas principalmente por dos aspectos; la alta sensibilidad a la humedad y su baja resistencia estructural.

La lluvia al golpear las superficies de muros las erosiona o disuelve al igual que la acción del humedecimiento por capilaridad, esta humedad al entrar en las estructuras modifica su forma, dimensiones y resistencia, causando fisuras y grietas por contracciones y modificaciones cíclicas.

El proceso de humedecimiento y secado (gráfico 30) es usualmente el que lleva al deterioro de las paredes, ya que la humedad generada dentro del muro se evapora y sale a la superficie junto con las sales, estas quedan situadas en la zona en que se produjo la evaporación y a la postre se cristalizan en el exterior de la pared acelerando su erosión³.

Las sales son las que por reacciones electroquímicas producen la cohesión de las partículas de la tierra, sin ellas reaccionando internamente el barro empieza a convertirse en polvo.

La humedad generada por la absorción capilar (gráfico 31) es uno de los agentes más destructores de la arquitectura en tierra. Usualmente se produce a causa del nivel freático del suelo que es absorbido por capilaridad por el barro del muro y a partir del humedecimiento y secado se consolida la erosión del mismo.

Un recurso muy utilizado es recubrir la pared con un material que evite la aparición de humedad como el mortero cemento o la cerámica (gráfico 31), sin embargo estos solo ocultan el daño que posteriormente aparece sobre el area cubierta.

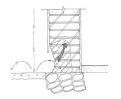
³ THE TECHNICAL STAFF, Adobe Conservation a preservation handbook, Sunstone Press, Santa Fé, 2006, PP54



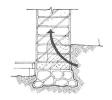




bajante mal instalada aumenta absorción capilar de humedad



lluvia sobre suelo duro genera revote de agua a la pared erosionando el pañete

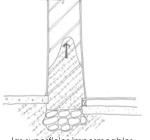


cuando nivel interior es más bajoque el exterior, la humedad del suelo es absorbida por capilaridad

GRÁFICO Nº 32. DEFECTOS CONSTRUCTIVOS QUE CONTRIBUYEN AL DETERIORO DE LA PARED EN TIERRA, FUENTE: THE TECHNICAL STAFF, (2006), PP55



jardinera adosada a la pared absorción capilar severa



las superficies impermeables impiden el normal desalojo de la humedad del suelo

GRÁFICO Nº 33. DEFECTOS CONSTRUCTIVOS DE LA PARED EN TIERRA, FUENTE: THE TECHNICAL STAFF. (2006), PP55

Las bajantes mal instaladas o deterioradas (gráfico 32) también pueden ser muy peligrosas en paredes de tierra ya que serán un foco activo de humedad en las mismas. Dado la intermitencia de las lluvias, la humedad que generan las bajantes mal instaladas es oscilante produciendo ciclos de humedecimiento-secado.

La lluvia aunque no caiga directamente al muro también puede causar inconvenientes si cae en un suelo duro como la cerámica o cemento (gráfico 32, figura 2) ya que el impacto genera un revote continuo a la base de la pared humedeciendo el empañete.⁴

La colocación de jardineras contiguas a la pared (gráfico 33) también puede ser contraproducente si no se encuentra totalmente impermeabilizada ya que generará una absorción capilar severa.

También se debe cuidar de los empozamientos de agua que pudiesen darse contiguos a los muros ya que todo tipo de residuos que se copilen en la pared pueden generar absorción capilar.

Las superficies impermeables en los pisos tales como cemento, cerámica, gres, incluso plástico, (gráfico 32, figura 2) también pueden contribuir a la absorción capilar ya que el agua del terreno al buscar un camino hacia la superficie se encontrará con materiales que le impiden su paso produciendo que esta siga adelante y busque un canal que le permita lograr su evaporación siendo este usualmente el muro de tierra ya que tiene capacidad de transpirar.⁵

La problemática puede ser empeorada si el zócalo colocado en la pared de tierra también es impermeable, ya que el agua seguirá ascendiendo hasta la zona que le permita filtrarse a la superficie, siendo en este caso el muro de tierra sobre el nivel del zócalo.

⁴ Ibid. PP55

⁵ lb.

Capítulo 2: ANÁLISIS DE CONSTRUCCIONES EN BAHAREQUE.

Sintetizando, las causas de la degradación de los pañetes de los muros puede venir de agentes naturales o de la mano del hombre, siendo estas las más comunes.

Fuego: causado o natural

Erosión: causada por el viento, lluvia o granizo pueden generar la erosión del yeso, adobe y madera.

Vegetación: la presencia de plantas cerca de las paredes puede generar humedad y causar erosión en la base de las paredes.

Plagas, roedores y bajantes rotos.

Mal sistema de drenaje.

Aleros cortos

Malas intervenciones como adición de superficies con mortero de cemento

Circunstancias ajenas a la construcción como el vandalismo, la actividad sísmica, etc también pueden destruir la edificación.⁶

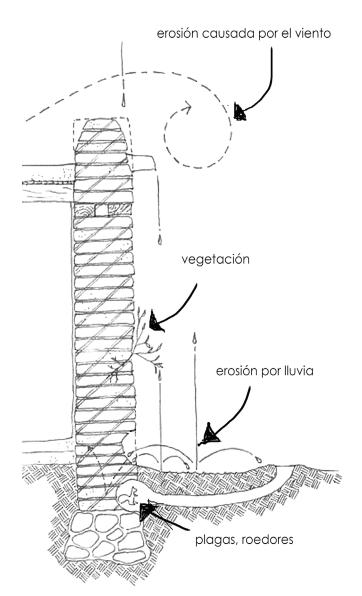


GRÁFICO Nº 34. CAUSAS COMUNES DEL DETERIORO DE LOS MUROS DE TIERRA, FUENTE: THE TECHNICAL STAFF, (2006), PP52

⁶ Adobe Conservation a preservation handbook, Sunstone Press, , 2006, Ob. cit. PP54



Tipo de barro	Distribución granulométrica	Propiedades
Arcilloso	20% de arena, 20 % de limo y 60 % de arcilla	Mayor retracción-Mayor cohesión-Menor resistencia.
Franco	40 % de arena, 40 % de limo y 20 % de arcilla	
Franco-Arenoso:	65% de arena, 20 % de limo y 15 % de arcilla	
Arenoso:	90% de arena, 5% de limo y 5% de arcilla.	Menor retracción-Menor cohesión-Mayor resistencia.
Franco-Limoso	20 % de arena, 65% de limo y 15 % de arcilla	
Limoso:	5% de arena, 85 % de limo y 10 % de arcilla	Retracción media-Buena cohesión- resistencia media.

GRÁFICO Nº 35. COMPOSICIONES GRANULOMÉTRICAS SEGÚN LUIS GUERRERO, GERRERO LUIS, 1994 OB. CIT. PP 24

Tipo construcción	Distribución granulométrica
Adobe y bahareque	40% arena, 40% de limo y 20% de arcilla.
Adobe comprimido	65% de arena, 20% limo y 15% de arcilla.
Tapial	90% arena, 5% de limo y 5% arcilla

GRÁFICO Nº 36. COMPOSICIONES GRANULOMÉTRICAS ÓPTIMAS PARA LA COSNTRUC-CIÓN SEGÚN LUIS GUERRERO, GERRERO LUIS, 1994 OB. CIT. PP 24

2.2.2.1.2. PREPARACIÓN, TRATAMIENTO Y TRABAJO DEL BARRO PARA LA CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE

La tierra esta compuestas por varios componentes, siendo estos: las gravillas, arenas, limos y arcillas, la combinación de estos elementos es la que da los distintos tipos de suelo que podemos encontrar en un terreno. (gráfico 35)

En el proceso de construcción de una estructura de bahareque existen varias etapas en las que se requerirá el uso de distintas composiciones de barro, siendo estas las siguientes:

Embutido: Composición del barro es la misma necesaria para realizar una adobe y rellena el interior de los paneles de carrizo, en la misma puede haber presencia de material grueso como piedras, retazos de teja o grava.

Revoque: El tipo de barro para esta capa, tiene que ser de composición granulométrica mucho mas fina (gráfico 36) (40% arena, 40% de limo y 20% de arcilla), se debe evitar en lo posible la retracción.

Empañete: esta es la capa final en la que se suele utilizar guano de caballo y arcilla tipo caolín, es imprescindible evitar totalmente la retracción del barro.

Por lo tanto, es indispensable analizar las proporciones de la composición de la tierra de cada sitio en el que se va a intervenir y determinar si será necesario modificar la dosificación de los elementos del barro para ajustar sus propiedades a las necesarias en cada capa.

Una vez identificado el tipo de tierra que se posee para el trabajo y elegido el tipo de estabilización que se va a usar, se debe proceder a preparar el barro siguiendo los siguientes pasos:





FOTO N° 58. NOQUE- DEPOSITO DONDE SE BATE EL BARRO; FUENTE: AUTOR



FOTO N $^{\circ}$ 59. PREPARACIÓN DE MEZCLA DEL BARRO CON ESTABILIZANTES; FUENTE: HTTP://CARLOSBARONBLOG.FILES.WORDPRESS.COM

- 1) Se debe adecuar o fabricar un depósito de aproximadamente 50 cm de profundidad con un área que se acople a la cantidad de barro que se quiera lograr o al espacio que se disponga para trabajar. Usualmente estos depósitos se realizan cavando una surco en el terreno. (foto 61)
- 2) Al tener el depósito listo se colocan en él los terrones de barro, componiendo capas de 15 a 25 cm de alto de material extendido en toda el área de la excavación, acto seguido se llena de agua hasta cubrir el barro y se deja reposar de 2 a 4 días, al cabo de estos el barro se habrá podrido y se conseguirá una masa blanda de fácil manipulación y mezclado. (foto 62)
- 3) En este período del proceso se anexarán a la mezcla los estabilizantes que se haya decidido que necesita el barro para conseguir un buen comportamiento y solventar las deficiencias identificadas en el análisis inicial del suelo.
- 4) posteriormente será necesario el mezclado del barro ya sea con los pies, con animales, o elementos mecánicos hasta lograr una masa uniforme que deberá reposar un día o dos.

Es necesario de dejar reposar la mezcla de 12 a 48 horas para incrementar la cohesión del barro pues debido a la atracción electroquímica entre los diferentes minerales arcillosos se favorece una estructura más compacta y ordenada. ⁷

El barro si es muy rico en arcilla y finos deberá ser complementado como arena y grava para incrementar su resistencia a compresión. Los agregados antes de ser añadidos a la mezcla siempre tendrán que ser humedecidos. Se pueden agregar elementos como pelos, estiércol de vaca, brezo, paja, cascaras, aserrín y materiales similares, estos servirán para evitar la retracción e incluso para incrementar el aislamiento térmico. 8

⁷ Ob. Cit.MINKE Gernot (2001) PP44 8 ibid.



ANÁLISIS DE GRIETAS												
		GRIETAS										
MEZCLA	CONTRACCIÓN LATERAL (mm)	ANCHURA (mm)	PROFUNDIDAD	CONTINUIDAD (SI/NO)	DIRECCIÓN DE FIBRAS (SI/NO)							
BARRO	3,5	1,5 – 2,5	Muy profundas	Si	-							
B + PAJA 3%	0,5 – 1,5	0,1-0,6	Bastante superficiales	Poca	Si							
B + PAJA 4%	0,5 – 1,5	0,1-0,5	Superficiales	Poca	Si							
B + ESPARTO 3%	0,5 – 1,0	0,1-0,2	Muy superficiales	Si	Si							
B + ESPARTO 4%	0,3 – 0,5	0,1-0,6	Superficiales	Si	Si							
B + SISAL 3%	0,5 – 1,0	0,1-0,4	Bastante superficiales	Si	Si							
B + SISAL 4%	0,3 - 0,5	0,1-0,3	Superficiales	Si	Si							

GRÁFICO Nº 37. CUADRO DE RETRACCIONES DEL BARRO PROBADO CON DIFERENTES ESTABILIZANTES. FUENTE: GONZALO VANESA, 2012 PP 106

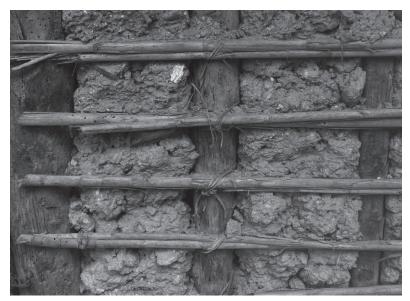


FOTO Nº 60. EMBUTIDO EN EL CARRIZO, FUENTE: AUTOR.

El cortado de la paja o de las fibras no debe ser mayor que el espesor del elemento constructivo. El barro y la paja se mezclan ya sea vertiendo el barro sobre la paja o sumergiendo la paja en el barro, los tallos deben quedar totalmente cubiertos.

Al añadir fibras la retracción del barro (gráfico 37) se reduce ya que el contenido relativo de arcilla también disminuye y parte del agua es absorbida por los poros de las fibras. Además, la aparición de fisuras se verá ostensiblemente disminuida debido a que las fibras harán la función de malla de refuerzo dentro del barro oponiéndose a las fuerzas de retracción. Mientras más tiempo se mezcla y amasa el barro mejor respuesta a la fisuración y deformación tendrá.

Los estabilizantes como suero, cuajada descremada, orina, aceite de linaza doblemente cocido, cola de cal y caseína también pueden aumentar la cohesividad de barro pobres en arcilla.

EL EMBUTIDO: El embutido es el proceso previo a la colocación del revoque, es el material que se deposita en el interior de los muros de bahareque, esta conformado por tierra y otros materiales como residuos de teja o piedra.

Este material va colocado dentro de la cámara que queda entre los paneles interior y exterior de carrizo del muro. Con este fin, el carrizo es colocado con una separación de 5 a 10 cm para permitir que una mano pueda ingresar por el espacio y depositar el material del embutido.

El embutido se realiza con un barro de la misma composición del usado para la ejecución del adobe, es decir 40% arena, 40% limo y 20 % arcilla. Sin embargo en la ejecución del embutido también pueden participar otro tipo de materiales como residuos de teja y material pétreo de tamaño reducido.

⁹ ib. PP48



FOTO N° 61. REVOCADO DE LA ESTRUCTURA, FUENTE: AUTOR.



FOTO Nº 62. RETRACCIÓN DEL BARRO CONSECUENCIA DEL SECADO DE LA ARCILLA; FUENTE: AUTOR

Sin embargo, el espacio interno del muro de bahareque no debe ser necesariamente rellenado con embutido ya que la capa de aire que se genera dentro del muro puede mejorar ostensiblemente las propiedades térmicas de la edificación ya que es un gran aislante térmico, el tema del relleno obedece más bien a temas de seguridad de la edificación.

Si es que se decide dejar las cámaras internas de los muros vacías para generar la capa de aire, se debe poner los carrizos sin separación entre ellos ya que se deberá garantizar que el barro tenga el soporte necesario en toda la superficie (gráfico 59). Posterior a esto, se procederá con el proceso de embarrado.

La colocación del embutido no debe ser necesariamente uniforme ya que el acabado heterogéneo y rugoso característico de este proceso es el que ayudará al revoque a ganar adherencia.

EL REVOQUE: Se lo utiliza para proteger al muro de las inclemencias del tiempo, golpes, rozamientos, para mejorar el aislamiento térmico y por las bondades estéticas que este brinda.

Los revoques están compuestos de arena y limo especialmente, usando una cantidad de arcilla que sea suficiente para activar la adherencia y posesividad de la mezcla, estos se adhieren muy bien a las superficies y se pueden aplicar sobre paramentos de barro, ladrillos, piedra natural, siendo indispensable que la superficie sea rugosa.

El revoque va colocado posterior al proceso de colocación del embutido. Siendo el revoque el encargado de proteger la estructura de madera de los agentes externos, es importante garantizar su correcta composición para que este pueda lograr una buena durabilidad, se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:



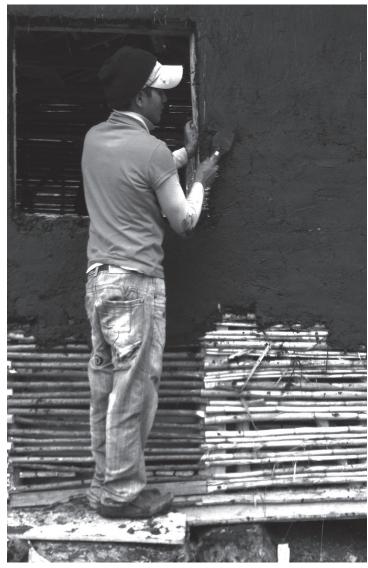


FOTO Nº 63. EJECUCIÓN DE UN REVOQUE SOBRE SUPERFICIE DE CARRIZO EN OBRA EJECUTADA POR LA ARQ. LOURDES ABAD UBICADA EN SECTOR RIO AMARILLÓ DE LA CIUDAD DE CUENCA. FUENTE: AUTOR.

- 1) El barro debe contener suficiente arena gruesa para evitar la retracción muy fuerte que podría generar la arcilla; además, se debe añadir fibra a la mezcla, pueden ser pelos de animal, fibras de coco o sigsal, paja o heno cualquiera de estos elementos debe estar debidamente desmenuzado. El exceso de fibra puede repercutir en la reducción de adherencia del revoque a la superficie.
- 2) Deben garantizarse el correcto amasado, tiempo de podrido del barro y la adecuada proporción del agua ya que dependerá de estos obtener una buena cohesividad del componente arcilla.
- 3) Se debe comprobar que la mezcla tenga una consistencia correcta, se puede verificar esto cuando al adherirse el barro al bailejo y colocarlo de forma vertical este no se despega y así mismo si al lanzarlo sobre el soporte se despega del bailejo en su totalidad.
- 4) Para revoques exteriores que están expuestos a las inclemencias del tiempo las exigencias serán mayores pues deberán ser resistentes a los cambios climáticos, los revoques deberán ser más elásticos que el soporte en el que fueron colocados ya que este sufrirá cambios por las influencias hídricas y térmicas y el revoque tendrá que soportar las retracciones y dilataciones sin que aparezcan fisuras.
- 5) En climas fríos y lluviosos es indispensable que el revoque de barro cuente con un adecuado alero, una buena protección de zócalo y una buena pintura que evite la entrada de agua pero permita respirar a la pared.
- 6) Los revoques interiores no tienen demasiada exigencia, la presencia de pequeñas fisuras no es demasiado problema ya que estas pueden ser selladas con pintura. Las superficies del revoque, después de haberse secado, pueden ser alisadas con una brocha previamente humedecida.



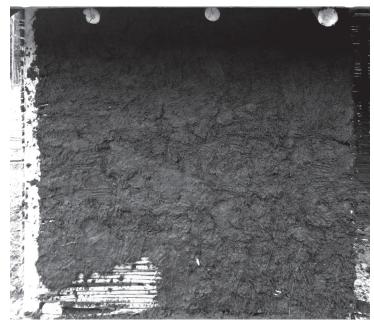


FOTO N $^{\circ}$ 64 Capa base o de adherencia colocada sobre el soporte de Carrizo, fuente: autor.



FOTO N $^{\circ}$ 65. COLOCACIÓN DEL CUERPO DEL PAÑETE MÁS FIBRA DE PAJA, FUENTE: AUTOR.

- 7) El anexar a la mezcla papel periódico desmenuzado y desecho en cola y agua puede reducir la retracción. 10
- 8) Se aconseja realizar el frotado y el alisado de la superficie luego de algunas horas e incluso un día después de colocado.

APLICACIÓN DEL REVOQUE: La aplicación del revoque comprende de tres capas:

A) Capa base o de adherencia (embarrado): Se arroja el revoque enérgicamente al soporte, la capa debe asegurar la adherencia entre el muro y la segunda capa llamada cuerpo del pañete.

Se procura que la superficie quede rugosa. Esta capa debe contener más arcilla y agregado grueso que la segunda, si en la superficie de este revoque aparecen fisuras, es incluso conveniente, ya que estas darán mayor adherencia al siguiente revoque.

La buena conexión entre soporte y revestimiento es un factor clave para garantizar la durabilidad del paramento, un revestimiento se adhiere mejor al soporte si ambos presentan rigideces similares. Una buena adherencia garantiza un trabajo conjunto entre el muro y el revestimiento y merma la generación de tensiones internas frente a cualquier esfuerzo evitando las grietas.

B) Cuerpo del revoque: De dos a ocho días después se aplican una o dos capas más hasta llegar a un espesor de 8 a 20 mm. Esta capa debe ser resistente e impermeable, se la llana con el bailejo para mejorar la compacidad y cerrar las micro fisuras.

Se suele colocar fibra de paja horizontal y verticalmente en esta parte del revoque para evitar la retracción del barro y mejorar la <u>adherencia</u> de la siguiente capa.

10 ib. PP48



TIPOS DE ACABADO PARA EMPAÑETE

Pañete de tierra: Se utiliza la misma tierra del muro con un poco más de arena, estabilizado con productos naturales que aporten fibra.

Pañete tierra y cemento: Se utiliza una porción de cemento con diez porciones de tierra, esta ayuda a impermeabilizar y a estabilizar el material.

Pañete de tierra con cal: Se utiliza una porción de cal con cinco a diez porciones de tierra, esta ayuda a impermeabilizar y a estabilizar el material.

Pañete de arena cemento y cal: es un revoque muy fuerte, se utiliza en proporción de 200 a 500 kg de ligante (cemento, cal) por cada metro cúbico de arena. La proporción de cemento/cal va de 1 a 1/3.

Pañete reforzado con fibras: la fibra artificial o natural aumenta la resistencia del pañete a los golpes y al deterioro y evita las micro fisuras, por cada metro cúbico de tierra se aumenta 20 a 30 kg de fibra.

Pañete con caolín y guano de caballo: se realiza con boñiga de caballo y caolín en una proprción 50%-50%, se deja podrir la mezcla por una semana antes de ser aplicada.

- **C) Empañete:** Es una capa de 3 a 6mm, esta deberá ser la que menos retracción genere, La fibra que contiene el guano del caballo ayuda a contrarrestar la retracción. ¹¹ Existen aspectos importantes a tomar en cuenta al momento de colocar el revoque en los bastidores de la estructura de bahareque, estos son:
- 1. la superficie de barro a ser revocada debe estar suficientemente seca para que no haya más retracción.
- 2. Todo material suelto debe ser quitado raspando el área.
- 3. La superficie debe ser suficientemente rugosa. Si fuera necesario se debe humedecer y raspar.
- 4. Previa a la colocación del empañete se debe humedecer la superficie para que se ablande y expanda de tal manera que el mortero pueda adherirse.
- 5. La mezcla debe lanzarse con fuerza para que se impregnen las partículas de barro con las capas exteriores de la superficie. Alcanzando así una mejor cohesividad provocada por el impacto.
- 6. Se deben tomar en cuenta los cambios de las propiedades físicas provocados por aditivos o pinturas especialmente respecto a la resistencia a la difusión de vapor.
- 7. Es aconsejable colocar en las esquinas de las paredes elementos de madera, ladrillo u otros ya que los revoques en estos puntos son susceptibles a impactos mecánicos.
- 8. Se puede colocar clavos y alambre en el soporte a manera de malla para mejorar la adherencia del revoque. También se puede crear rugosidad en la madera gastándola con una azuela para madera o colocando una malla a su alrededor.¹²

¹¹ Ob. Cit. CRAterre (1990) PP60(todos las consideraciones numeradas son recopiladas de esta cita) 12 Ob. Cit. MINKE Gernot (2001) PP 116 (todos la numerasión expuesta es recopilada de esta cita)







FOTO N $^{\circ}$ 66. COLOCACIÓN DE EMPASTE DE CAL EN LA PARED DE TORRE DE LA IGLESIA DE SAN FRANCISCO DE CUENCA, INTERVENCIÓN A CARGO DE LA ARQ. LOURDES ABAD. FUENTE: AUTOR.

EMPASTES DE CAL O ENCALADOS: Es la técnica más utilizada para dar el acabado final de las edificaciones ya que brinda una gran protección al muro y evita el ingreso del agua a las paredes; dado que la cal absorbe humedad durante todo su período de fraguado el mismo que puede durar muchos años.

El empaste usa cal apagada en estado dúctil, esta debe ser colocada cuando el empañete todavía se encuentra húmedo, ya que en estado seco no se logra la adhesión adecuada, su espesor será de 3 a 5mm.

La caseína¹³ puede mejorar el comportamiento del empaste ya que al entrar en contacto con la cal forman albuminato de calcio, componente resistente al lavado. Además la adición de caseína reduce la absorción de agua del revoque de cal aunque también dificulta la difusión del vapor.

La cal debe estar bien mezclada con la cuajada descremada formando una pasta cremosa y dejada reposar. Para un acabado final aplicado con brocha se puede usar la proporción 1:6:25 de cuajada, cal y arena.¹⁴

Se debe imprimar la superficie con una lechada de cal y caseína, posteriormente se aplica el empaste. Las retracciones que se puedan generar se las sellara pasando una brocha embebida en una lechada de cal y frotando con un bailejo, el proceso de curado requiere de humedad por lo que debe prevenirse que la pared este protegida del sol directo y del viento.¹⁵

Es recomendable colocar un zócalo de 30 a 50 cm de alto que proteja la pared de la humedad y las lluvias, así como un buen alero que proteja la zona superior.

¹³ Especie de cuagulo, plasma.

¹⁴ Ob. Cit. MINKE Gernot (2001) PP 122

¹⁵ Ibid.



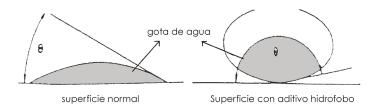


GRÁFICO Nº 38. ESQUEMA DEL FUNCIONAMIENTO DE UNA SUPERFICIE HIDRÓFO-BA. FUENTE: AUTOR

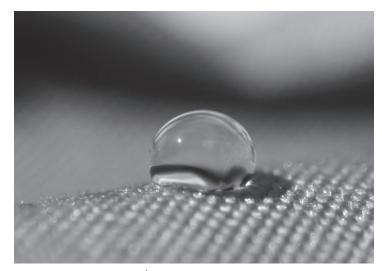


FOTO N° 67. SUPERFICIE HIDRÓFOBA, FUENTE;HTTP://UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG/WIKIPEDIA/COMMONS/C/C7/FILE-WATER_DROPLET_AT_DWR-COATED_SURFACE1.JPG

LECHADA DE CAL: También se usa como acabado la lechada de cal, debe esta ser muy fina para que pueda penetrar profundamente en la superficie y cuando seque no hayan desconchados. Es recomendable aplicar tres o cuatro capas siendo la primera la más liquida.

La mezcla se puede hacer con 50 kg. de cal hidráulica disuelta en 60 litros de agua. Se puede agregar 1 a 2 kg de sal de cocina a la mezcla ya que esta es higroscópica y prolonga el tiempo en el que la mezcla se mantiene húmeda, asegurando un mejor curado de la cal.¹⁶

PINTURAS: Otro elemento importante de protección son las pinturas, usualmente estas deben ser hidrófugas y al mismo tiempo beben tener la capacidad de dejar micro poros para permitir la difusión del vapor hacia el exterior; por ello las pinturas látex no son las más recomendadas para este tipo de material. La pintura debe ser renovada cada cierto período de tiempo ya que ésta puede ser erosionada físicamente por el viento, la lluvia o luz ultravioleta.

En cuanto a la estructura portante de los muros, por ser un sistema integrado con el entrepiso y cubierta será analizado conjuntamente en las conclusiones de los resultados de entrepiso y cubierta.

¹⁶ lb. PP 117



2.2.3. RESULTADOS: ENTREPISO Y CUBIERTA

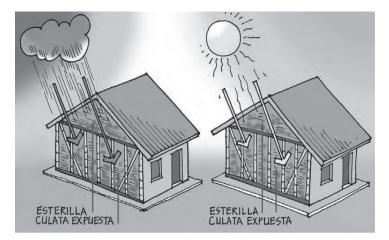
		CAUSAS DE DETERIORO													•						
				cecas		Extríncecas															
			HUMANA					BIOLOGICA						FISICAS							
	١	Valoración de grado de deterioro 1-Bajo 2-Medio 3-Alto	Falla de diseño	Falla constructiva	F. de mantenimiento	Materiales usados	% INTRINSECAS	Hongos, líquenes	Plantas y musgos	Insectos xilófagos	Animales	Microorganismos	% EXTR. BIOLOGICAS	Esfuerzo excesivo	Agua	Viento	Temperatura	Decoloración	% ext. físicas	% TOTAL	POR COMPONENTES
Е																					
BAHAREQUE	0	Vigas	0	6	7	0	46,43%	12	0	11	0	0	36,51%	6	12	0	0	0	36,73%	16,12%	
RE	Entrepiso	Tiras o tablonsillos	0	0	0	0	0,00%	4	0	4	0	0	12,70%	0	4	0	0	0	8,16%	3,58%	
Ì	1 #	Cielo raso (enchagllado o tabla)	0	0	6	0	21,43%	9	0	9	0	1	30,16%	0	9	0	2	2	26,53%	11,34%	
	ш	piso	0	0	9	0	32,14%	7	0	6	0	0	20,63%	3	7	0	2	2	28,57%	10,75%	
DEL		SUMA ENTREPISO	0	6	22	0	100%	32	0	30	0	1	100,00%	9	32	0	4	4	100%		41,79%
		% ENTREPISO	0,00%	21,43%	78,57%	0,00%		50,79%	0,00%	47,62%	0,00%	1,59%		18,37%	65,31%	0,00%	8,16%	8,16%			
E		Enchagllado+barro	0	0	6	0	13,95%	0	0	0	0	0	0,00%	2	6	2	0	0	13,33%	4,78%	
l 🖁	₽	Pares	0	0	15	0	34,88%	15	0	15	4	0	44,16%	8	15	8	2	0	44,00%	24,48%	
ΛPC	Cubierta	Correas	0	0	15	0	34,88%	15	0	15	2	0	41,56%	0	15	4	2	0	28,00%	20,30%	
COMPONENTES	13	Teja	0	0	5	0	11,63%	0	0	0	0	0	0,00%	0	0	0	0	0	0,00%	1,49%	
0		Otros (cielo raso de aleros)	0	0	2	0	4,65%	4	0	5	2	0	14,29%	0	5	4	2	0	14,67%	7,16%	
-		SUMA CUBIERTA	0	0	43	0	100%	34	0	35	8	0	100%	10	41	18	6	0			58,21%
		% CUBIERTA	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%		44,16%	0,00%	45,45%	10,39%	0,00%		13,33%	54,67%	24,00%	8,00%	0,00%	0,00%		,
		SUMA TOTAL	0	6	65	0	2	66	0	65	8	1	2	19	73	18	10	4	1	100,00%	100,00%
		% TOTAL	0,00%	1,79%	19,40%	0,00%		19,70%	0,00%	19,40%	2,39%	0,30%		5,67%	21,79%	5,37%	2,99%	1,19%	100%		·
		% POR INTRINSECAS Y EXTRINSECAS																			

GRÁFICO № 39. TABULACIÓN DE RESULTADOS DE FICHAS, FUENTE: AUTOR

Los principales problemas generados en la cubierta se dieron en los pares con un 24,48%, correas con un 20,30% y en le caso de entrepiso, las vigas con un 16,12%, piso y cielo raso con 10,75% y 11,34% respectivamente. Del mismo modo que en los muros, el proceso de deterioro comienza con la falta de mantenimiento en los elementos de la cubierta con un 19,40% del porcentaje de daño.

La cubierta al ser el elemento que protege precisamente de la lluvia a la estructura, al estar en un estado deteriorado no cumplió su función correctamente, dejando que el agua pueda entrar en todas las áreas de la estructura, incluyendo muros y entrepisos, producto de esto se produce un daño total en las estructuras de cubierta por el agua fue del 21,79% del total.

Los elementos que más propensos estuvieron al deterioro fueron los pares y correas y estructura de entrepisos expuestos a una constante presencia de humedad, degenerando en un ataque agresivo de hongos y silófagos siendo el 19,40% de los daños causados por estos. Al ser la madera, el esqueleto integral de todos los elementos de la estructura como cubierta, entrepisos y muros, y al estar comprometida por pudrición a causa de la constante humedad, provocó el colapso de la edificación en varios casos.



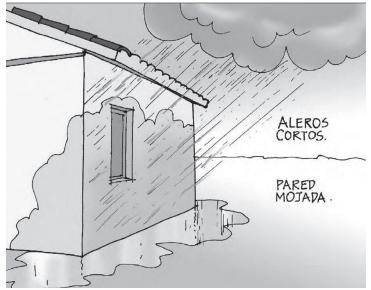


GRÁFICO Nº 40. PRINCIPALES CAUSAS DEL DETERIORO DE LOS REVESTIMIENTOS, FUENTE: CARDONA A. OMAR, MANUAL DE EVACUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE EN VIVIENDAS DE BAHAREQUE TRADICIONAL, PP 31-32

2.2.3.1. CONCLUSIONES DE CUBIERTA:

Los diversos factores extrincecos que intervienen en la cubierta, como viento, lluvia, animales, etc. generan que las tejas se muevan o se rompan empezando el proceso de deterioro. Si la teja sufre alguna rotura, el agua se deposita en el enchagllado de barro que a su vez pasa el agua por capilaridad a las piezas de madera de la cubierta.

La presencia de un alto porcentaje de goteras en una edificación puede llevar al colapso total de la estructura dado que afectará con focos de humedad varios sectores de la estructura que llegarán a la pudrición y que en un momento dado fracasarán ante la carga.

En la actualidad existen métodos más seguros para garantizar el buen funcionamiento de la cubierta, dado la vulnerabilidad que experimenta la cubierta con enchagllado de barro y teja. La prioridad debe ser lograr que el colapso de una teja no devenga en filtración de humedad hacia la estructura, para eso se debe pensar en materiales mas efectivos que remplacen la función de la teja para que esta solo sea un elemento decorativo dada la alta bulnerabilidad de la misma.

la cubierta también tiene la misión prioritaria de cubrir los muros con sus aleros, ya que estos protegen muy bien de la lluvia a las paredes. es vital usar aleros amplios para mejorar la protección.

Los tableros fenólicos OSB, membranas asfálticas, planchas de fibro cemento e incluso planchas de zinc, como soporte para la colocación de la teja, podrá garantizar de mejor manera que la estructura se mantenga integra aun incluso si el 100% de las tejas llegara a romperse. A continuación el metodo constructivo para la ejecución de la cubierta con planchas OSB.

UNIVERSIDAD DE CUENCA



GRÁFICO Nº 41. ESTRUCTURACIÓN DE CUBIERTA, FUENTE: AUTOR



GRÁFICO Nº 42. PLANCHAS OSB FUENTE: AUTOR



GRÁFICO Nº 43. ENTEJADO CON TEJA PLANA: FUENTE, AUTOR

Capítulo 2: ANÁLISIS DE CONSTRUCCIONES EN BAHAREQUE.

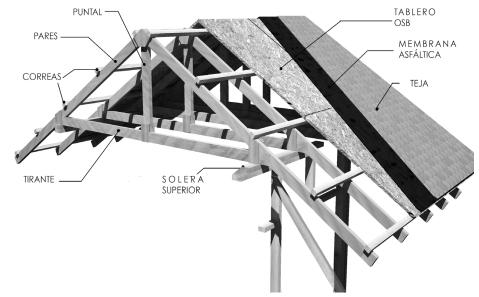
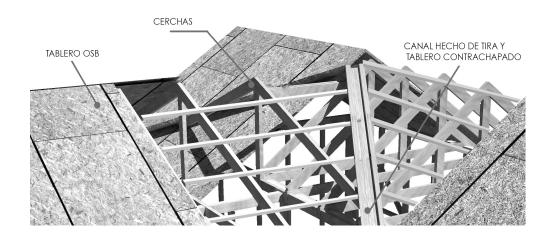


GRÁFICO Nº 44 Y 45: DETALLE DE ESTRUCTURACIÓN DE CUBIERTA





Capítulo 2: ANÁLISIS DE CONSTRUCCIONES EN BAHAREQUE.

La Norma Técnica E. 100 Bambú, a la que remite la NEC en cuanto a estructuras de bahareque, estipula las siguientes determinantes con respecto a la cubierta:

Estructura de cubierta:

Los elementos portantes de la cubierta debe conformar un conjunto estable para cargas verticales y laterales, para lo cual tendrán anclajes y arriotramientos requeridos.

La cubierta debe ser liviana:

Los materiales utilizados para la cubierta deben garantizar una impermeabilidad suficiente para proteger de la humedad a los bambues y a la madera.

Para alero mayores de 60cm deberá proveerse de un apoyo adicional, salvo que se justifique estructuralmente.

Recubrimiento de la cubierta:

Los materiales deben garantizar impermeabilidad que proteja de la humedad a los bambúes y a la madera de la estructura de soporte.

Cuando se utilicen materiales que trasmiten humedad por capilaridad, como las cubiertas de teja de barro, debe evitarse su contacto directo con el bambú, a fin de prevenir su pudrición.

el material utilizado deberá proteger la estructura de la radiación solar.

Cielo raso de la cubierta: En caso de colocar un cielo raso debe construirse con materiales livianos anclados a la estructura de entrepiso o de la cubierta y permitir la ventilación de cubiertas y entrepisos.¹⁷

¹⁷ V.V.A.A.,Norma Técnica E. 100 Bambú, Perú Ministerio de Vivienda,Construcción y Saneamiento, Lima, 2012 pp 31



FOTO N $^{\circ}$ 68. UNIÓN DE ESTRUCTURA DE BAHAREQUE MAL ESTRUCTURADA Y ATACADA POR HONGOS, FUENTE: AUTOR



GRÁFICO Nº 46. CORRECTO ARRIOSTRAMIENTO DE VIGAS DE ENTREPISO, FUEN-TE: CARDONA A. OMAR, MANUAL DE EVACUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE EN VIVIENDAS DE BAHAREQUE TRADICIONAL, PP 37

2.2.3.2. CONCLUSIONES DE UNIONES Y ESTRUCTURA DE MADERA:

Un elemento neurálgico del bahareque es el correcto manejo de los enlaces. Una gran cantidad de estructuras fracasan a raíz de una mala concepción de estos que al mínimo esfuerzo horizontal ceden, creando nuevos esfuerzos en los nudos y comprometiendo a la estructura. Los enlaces entre pilares, soleras, vigas de entre piso y estructura de cubierta debe ser bien concebidos con el fin de evitar fallas de la estructura, sin embargo ese tema se abordará en el capítulo 3 destinado a las uniones.

En los casos analizados la mayor patología que se encontró en las uniones fue el ataque de depredadores de la madera por la humedad con un 10,98 % del daño en el muro. Usualmente las uniones entre soleras en esquina quedan a la intemperie y son propensas a la humedad a causa de las lluvias y se convierten en focos de infección de hongos e insectos para toda la estructura.

Se debe considerar una protección adecuada con substancias hidrófobas e insecticidas propios de la madera y procurar el constante mantenimiento de las piezas con la renovación de las citadas capas protectoras. Del mismo modo, el mantenimiento periódico de las uniones mencionadas será muy importante para su buen funcionamiento, la renovación de las protecciones aplicadas a la madera deberá ser por lo menos anual.

Así mismo, en todas las edificaciones existió una constante, la Falta de riostra en el entrepiso o la ausencia de elementos rigidizantes colocados en el eje normal a las vigas de entrepiso ya que la falta de estos genera gran rigidez del un eje y la nula del eje normal. (gráfico 46)

por tal motivo se debe pensar en la colocación de arriostramiento entre las viguetas de entrepiso para mejorar su comportamiento ante fuerzas horizontales.

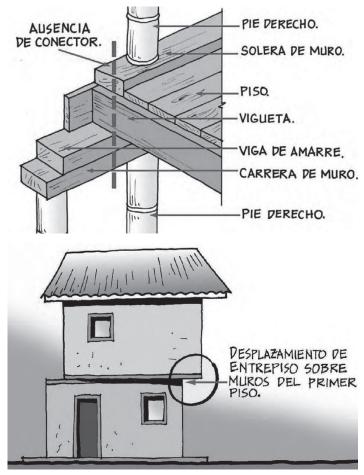


GRÁFICO Nº 47. FALTA DE CONTINUIDAD DE CARGAS ENTRE LA ESTRUCTURA DE PB. Y P.A. CUANDO PASAN POR EL DIAFRAGMA DE ENTREPISO, FUENTE: CARDONA A. OMAR, MANUAL DE EVACUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE EN VIVIENDAS DE BAHAREQUE TRADICIONAL, PP 59

Otra constante de las edificaciones analizadas fue la falta de conexión entre el sistema de entrepiso y los muros. Usualmente en las estructuras de bahareque de la región, no existe conexión para procurar la continuidad vertical de los esfuerzos entre los muros y el entre piso. Esto generaría una vulnerabilidad de la estructura ante un sismo ya que podrían producirse desplazamientos horizontales importantes que podrían comprometer la estructura (gráfico 47).

La obstrucción de esfuerzos verticales se puede remediar a partir de platinas de acero o elementos de madera que vayan colocadas verticalmente a lo largo del entre piso uniendo el pilar superior e inferior con el fin de que ayude a trasferir las cargas verticales. (frafico 48)

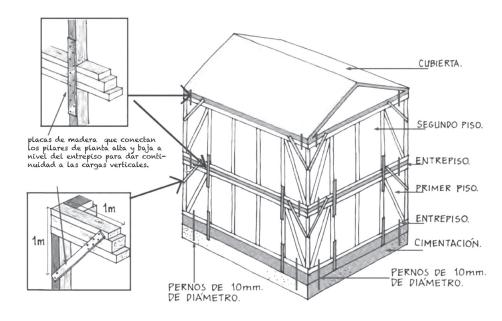


GRÁFICO Nº 48 OPCIÓN PARA GARANTIZAR LA CONTINUIDAD DE ESFUERZOS VERTICALES A TRAVÉS DEL DIAFRAGMA DE ENTREPISO, FUENTE: CARDONA A. OMAR, MANUAL DE EVACUACIÓN Y REHABILITACIÓN SISMO RESISTENTE EN VIVIENDAS DE BAHAREQUE TRADICIONAL, PP 81





La Norma Técnica E. 100 Bambú, a la que remite la NEC en cuanto a estructuras de bahareque, estipula las siguientes determinantes con respecto a la estructura de los muros:

ENTREPISOS: No se permiten entrepisos de losa de concreto para edificaciones con bambú construidas de acuerdo a la presente norma, salvo se justifique con el calculo estructural correspondiente. (el concepto se manejará de igual manera para madera)

En caso de vigas compuestas, conformadas por piezas de bambú superpuestos se tendrá que prever el arriostramiento necesario para evitar el pandeo lateral.

El recubrimiento del entrepiso debe ser con materiales livianos, con peso máximo de 120 Kg/m2 salvo se justifique con el calculo estructural correspondiente.

Si se construye cielo raso debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse la ventilación de los espacios interiores.

MUROS: Se debe lograr la continuidad estructural de los muros del primer y segundo piso, al igual que con la cubierta y los muros que la soportan.

Debe existir una viga de amarre a nivel de entre piso y de cubierta.

la estructura de entrepiso y del muro deben estar fijados de tal manera que garantice su comportamiento conjunto.

La estructura de la cubierta debe estar fijada a los muros de tal manera que garantice su comportamiento de conjunto.¹⁸

A continuación, con motivo de establecer las mejores formas de solventar una estructura de madera para el bahareque, se expondrán los métodos de construcción su correcta ejecución.

¹⁸ V.V.A.A.,Norma Técnica E. 100 Bambú, Perú Ministerio de Vivienda,Construcción y Saneamiento, Lima, 2012 pp 30



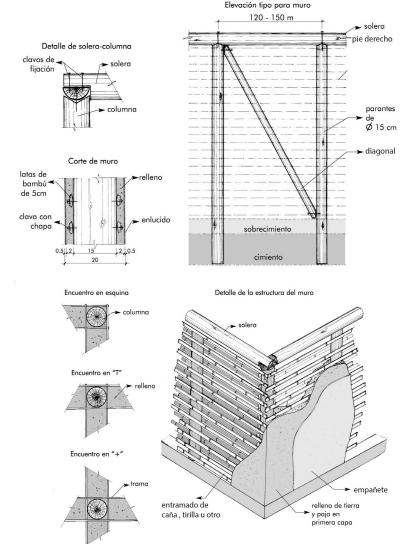


GRÁFICO Nº 49. DETALLE DE ESTRUCTURA REALIZADA POR MADERA TIPO ROLLIZO;-FUENTE: CARAZAS WILFREDO, ROVERO ALBA, BAHAREQUE , GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARASISMICA, CRATERRE, VILLEFONTAINE, 2002, PP14

2.2.3.2.1. MÉTODOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DEL BAHAREQUE Y SUS UNIONES.

2.2.3.2.1.1. ESTRUCTURA Y ENTRAMADO REALIZADO CON PIEZAS DE MADERA TIPO ROLLIZO.

En este tipo de estructura tanto columnas, soleras, dinteles, antepechos y pilarejos están compuestos con piezas tipo rollizo. Usualmente en este tipo de estructura se prescinde del uso de solera inferior en la planta baja.

Las columnas, las vigas y riostras son los elementos de mayor diámetro, después les preceden los dinteles y antepechos y por último los pilarejos que son de menor dimensión. Los vanos como ventanas y puertas necesariamente están confinados entre 2 columnas.

Las uniones de piezas tipo rollizo se realizan principalmente mediante el desbaste de la madera con el fin de buscar que las piezas lleguen a encajar entre si, una vez se ha logrado el acoplamiento se afianza la unión a través de clavos o tornillos. En el caso de dinteles y antepechos se realizan pequeñas incisiones en las columnas para dar apoyo a dichos elementos y se refuerza la unión con clavos.

En estructuras de rollizo, el soporte del barro se puede realizar con carrizo, tirilla, zuro o tiras de bambú, su disposición es horizontal y se lo coloca amarrado o clavado a las columnas en la parte externa como interna de los muros, confinando con la trama toda la estructura de madera. El espaciado entre carrizos será el suficiente como para que pueda ingresar el barro en el espacio interno del panel, por lo general dicha medida fluctúa entre los 5 y 10 cm.

También se puede dejar la capa de aire dentro del muro, colocando el material de soporte sin separación.



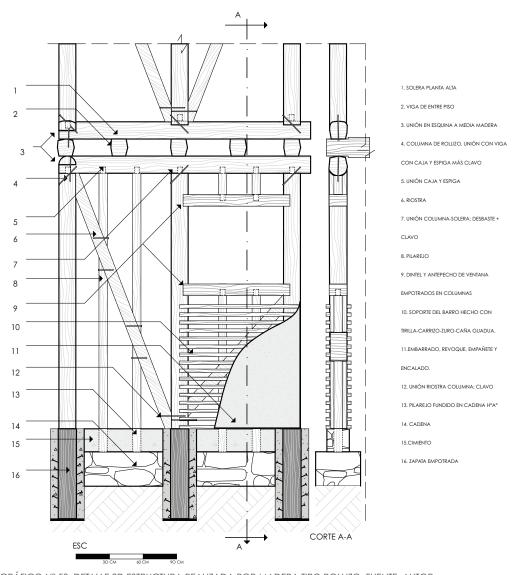


GRÁFICO Nº 50. DETALLE 2D ESTRUCTURA REALIZADA POR MADERA TIPO ROLLIZO; FUENTE: AUTOR.

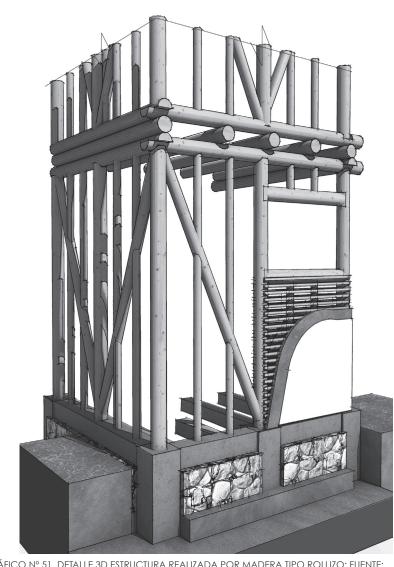
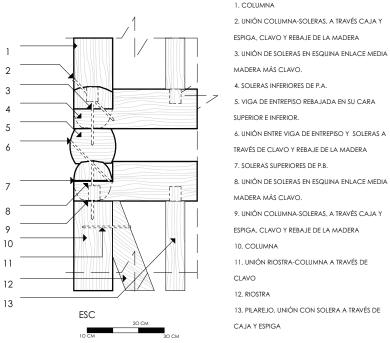
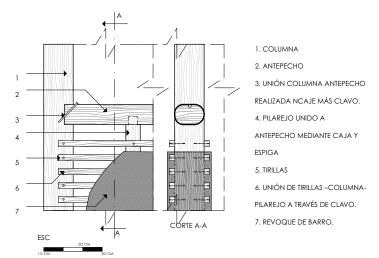


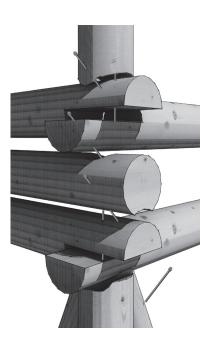
GRÁFICO Nº 51. DETALLE 3D ESTRUCTURA REALIZADA POR MADERA TIPO ROLLIZO; FUENTE: AUTOR.



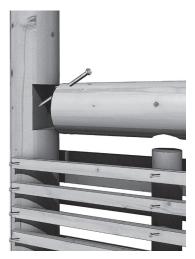
DETALLE Nº 52. DETALLE 2D UNIÓN EN ESQUINA DE ESTRUCTURA ROLLIZO; FUENTE: AUTOR.



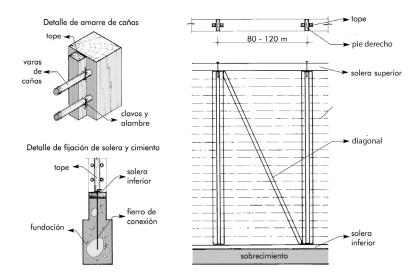
DETALLE N° 53. DETALLE 2D DE ANTEPECHO Y ENTRAMADO, MADERA ROLLIZO; FUENTE: AUTOR.



DETALLE N° 52. DETALLE 3D UNIÓN EN ESQUINA DE ESTRUCTURA ROLLIZO; FUENTE: AUTOR.



DETALLE N° 54. DETALLE 3D DE ANTEPECHO Y ENTRA-MADO, MADERA ROLLIZO; FUENTE: AUTOR.



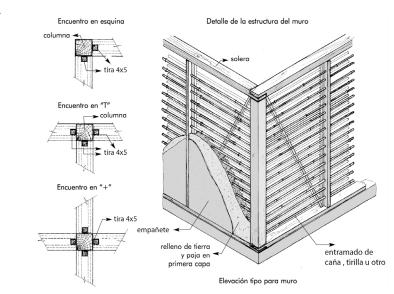


GRÁFICO N° 55. DETALLE DE ESTRUCTURA REALIZADA POR MADERA ASERRADA; FUENTE: CARAZAS WILFREDO, ROVERO ALBA, BAHAREQUE , GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARASISMICA, CRATERRE, VILLEFONTAINE, 2002, PP15

2.2.3.2.1.2. ESTRUCTURA Y ENTRAMADO REALIZADO CON PIEZAS DE MADERA ASERRADA.

Este tipo de estructura está realizada con madera preparada lo que hace que su manejo sea mas preciso, en esta técnica todos estos elementos son asentados en la solera inferior¹⁹ el cimiento necesariamente será tipo corrido.

El armado de la estructura comienza desde la solera inferior que se amarra a la cadena, sobre esta se colocan todos los pilares los mismos que van rematados por la solera superior, una vez creados los pórticos se colocan las riostras que rigidizarán toda la estructura. El segundo piso se concibe de la misma forma solo que este se levanta sobre las vigas de entrepiso que descansan sobre las soleras superiores de planta baja.

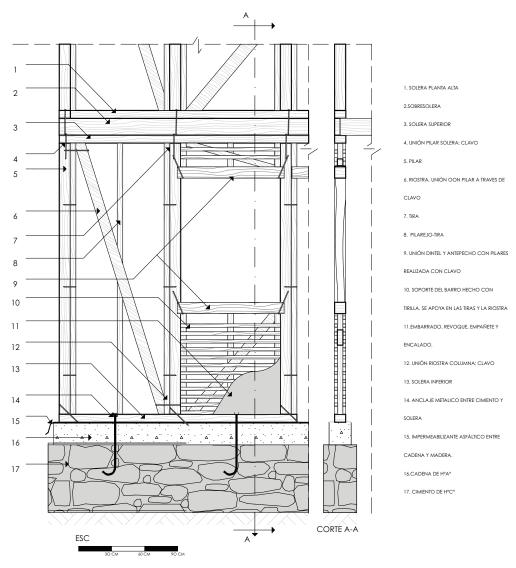
A diferencia de la madera de rollizo, el entramado de carrizo se amarra a soportes hechos con tiras de madera los mismos que son ubicados en las caras de los pilares que son perpendiculares a la pared. La disposición de los carrizos puede ser horizontal o vertical según el criterio del constructor.

Entramado horizontales: Para este tipo de entramado, se colocarán las tiras en las dos caras del pilar que son perpendiculares a la pared procurando que el centro geométrico de la tira quede alineado con el centro geométrico de la cara del pilar. Se deberá procurar que el ancho de la tira coincida con el de la riostra ya que los carrizos irán clavados en las tiras y a las diagonales.

Posterior a esto se clavarán los carrizos en las tiras colocadas en los pilares y en las diagonales, distanciados unos con otros de 5 a 10 cm (gráfico 5, figura 2). teniendo que ser colocados en la cara externa como interna de los muros dejando un espacio interior dentro del bastidor del ancho de la tira.

¹⁹ CARAZAS, WILFREDO, RIVERO ALBA, BAHAREQUE GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARASÍSMICA, CRATERRE-EAG, FRANCIA, 2002,PP15







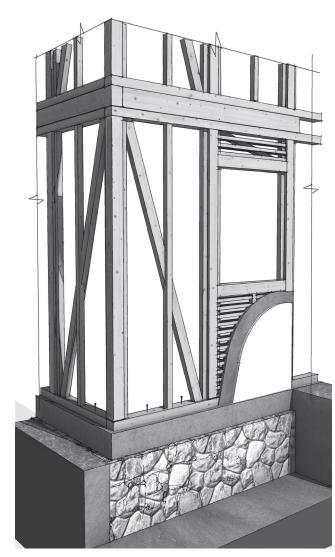


GRÁFICO N° 57. DETALLE 3D ESTRUCTURA REALIZADA POR MADERA ASERRADA; FUENTE: AUTOR.



Capítulo 2: ANÁLISIS DE CONSTRUCCIONES EN BAHAREQUE.

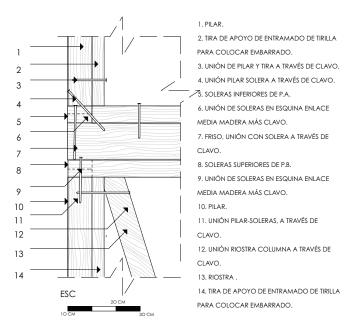
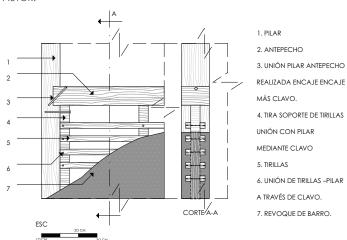


GRÁFICO N° 58.- DETALLE 2D UNIÓN EN ESQUINA DE ESTRUCTURA MADERA ASERRADA; FUENTE: AUTOR.



GRÁFICON° 59. DETALLE DE ANTEPECHO Y ENTRAMADO, MADERA ASERRADA; FUENTE: AUTOR.



GRÁFICO № 60. DETALLE 3D UNIÓN EN ESQUINA DE ESTRUCTURA MADERA ASERRADA; FUENTE: AUTOR.



GRÁFICO № 61. DETALLE 3D DE ANTEPE-CHO Y ENTRAMADO, , MADERA ASERRA-DA: FUENTE: AUTOR.

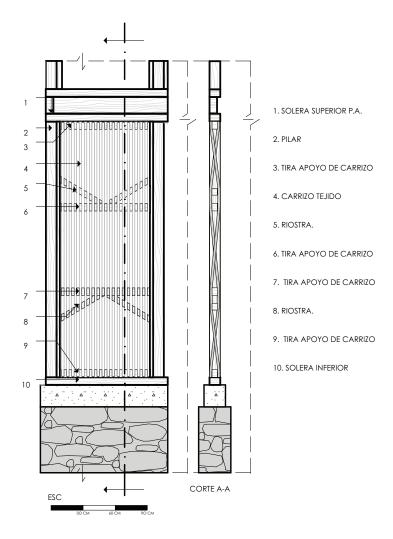


FOTO Nº 62. DETALLE 2D ENTRAMADO VERTICALES; FUENTE: AUTOR

Entramado verticales: Para este tipo de entramado, se colocarán tiras en la solera superior e inferior clavadas a las caras de la solera que dan a la pared, procurando que el centro geométrico de la tira quede alineado con el centro geométrico de la cara de la solera. (gráfico 62)

Se colocarán dos tiras más en el primer tercio y en el segundo tercio de la altura del pilar, procurando que estén alineadas con las tiras colocadas en las soleras. Para rigidizar los elementos será necesario colocar riostras en cada tercio del panel.(gráfico 62)

Posterior a esto, con un carrizo o zuro en posición vertical se comenzará a tejer el entramado haciendo pasar el carrizo entre las tiras de tal manera que quede rigidizado. La distancia entre carrizos será la mínima admisible ya que no existirán espacios internos entre los carrizos y no habrá necesidad de rellenar el interior.

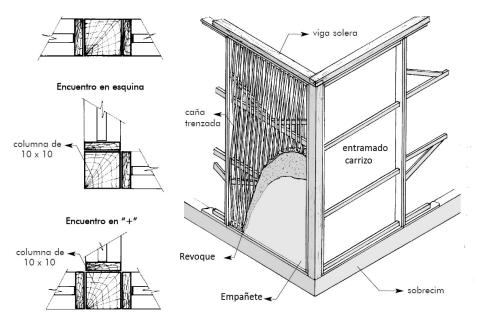


GRÁFICO Nº 63. DETALLE ENTRAMADO VERTICALES: : CARAZAS WILFREDO, ROVERO ALBA, BAHAREQUE , GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARASISMICA, CRATERRE, VILLEFONTAINE, 2002, PP16

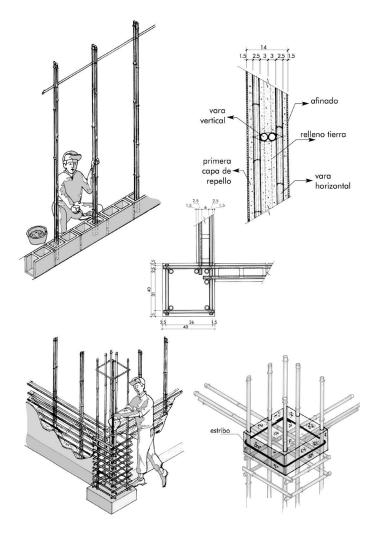


GRÁFICO Nº 64. ESTRUCTURACIÓN DE BAHAREQUE REALIZADO EXCLUSIVAMENTE CON CARRIZO; FUENTE: CARAZAS WILFREDO, ROVERO ALBA, BAHAREQUE, GUÍA DE CONSTRUCCIÓN PARASISMICA, CRATERRE, VILLEFONTAINE, 2002, ANEXO 7

2.2.3.2.1.3. ESTRUCTURA REALIZADA CON CARRIZO:

Esta técnica fue desarrollada por los antiguos habitantes de la ciudad llamada Joya de Cerén de El Salvador y elimina a la madera de la parte estructural y en su lugar se coloca carrizo en toda la estructura. Este tipo de bahareque se lo denomina Técnica Bahareque Cerén. ²⁰

Al no contar el carrizo con la resistencia necesaria para contener la estructura se usan varios en un mismo punto para mejorar su firmeza. Por el mismo motivo, en cada esquina de la construcción se coloca un contrafuerte realizado con carrizos.

El entramado de carrizo que se colocará en los contrafuertes será ejecutado con cuatro o más carrizos de diámetro de 1/4" confinados entre sí con estribos realizados del mismo carrizo y amarrados con alambre, formando un cuadrado de 40 cm de lado o según sea el diseño estructural. La estructura de carrizo de los contrafuertes tendrá en su parte inferior una zapata de unos 40 cm de profundidad y 20 de sobre cimiento.²¹

Los pilares o pilarejos de este tipo de bahareque van colocados cada 70 a 90 cm ya que la resistencia del carrizo es menor, estos serán conformados de dos carrizos amarrados con alambre y colocados y fundidos dentro de un bloque de pómez. Este tipo de estructura también se constituirá con solera superior e inferior además de diagonales realizadas con carrizo. Los vanos pueden ser realizados de madera o perfiles mecánicos.

Las concepciones de la estructura para bahareque expuestas en el presente capítulo no son las únicas, se pueden ejecutar variedad de estructuras; los conceptos expuestos aquí pueden ser fusionados entre sí. A continuación algunos ejemplos de estructuras

²⁰ IBID. PP 20

²¹ CARAZAS WILFREDO, APRENDIENDO A CONSTRUIR VIVIENDAS CON LA TÉCNICA BAHAREQUE CERÉN, CARITAS EL SALVADOR, SAN MIGUEL, 2010. PP23



FOTO Nº 69 VISTA DE LA EDIFICACIÓN UBICADA EN EL CENTRO HISTÓ-RICO DE CUENCA,; FUENTE: AUTOR.



FOTO N $^\circ$ 70. ESTRUCTURACIÓN DE LA MISMA EDIFICACIÓN, REALIZADA CON MADERA TIPO ROLLIZO, RIOSTRAS COLOCADAS CON DISPOSICIÓN TIPO CRUZ DE SAN ANDRÉS, ENTRAMADO REALIZADO CON TIRILLAS; FUENTE: AUTOR



FOTO N° 71 DETALLE DE COLOCACIÓN DEL ENTRAMADO; FUENTE: AUTOR.

CASA FAMILIA SOLÍS.

UBICACIÓN: CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CUENCA:



FOTO Nº 72. VISTA PANORÁMICA DE EDIFICACIÓN; FUENTE: AUTOR.



FOTO N° 73 LEVANTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA SOBRE PIEDRAS, FUENTE: AUTOR.





FOTO N° 74. DETALLE DE ARRIOSTRAMIENTO TIPO ROMBO; FUENTE: AUTOR.



FOTO N° 75. DETALLE DE COLOCACIÓN DEL ENTRAMADO; FUENTE: AUTOR.



FOTO N° 76. DETALLE DE ENTRAMADO: FUENTE: AUTOR.

REFUGIO.

UBICACIÓN: SAN JOSÉ DE PUTUSHI, CUENCA.



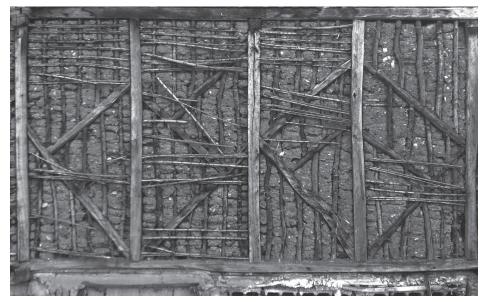


FOTO N° 77. DETALLE DE ARRIOTRAMIENTO TIPO ZIGZAG, CENTRO DE LA CIUDAD DE AZOGUES, FUENTE: AUTOR



EJEMPLOS VARIOS.



FOTO N $^{\circ}$ 78. ESTRUCTURA DE BAHAREQUE REALIZADA CON GUADUA, FUENTE: HTTP://INGENIEROENARQUITECTURAMEDIOAMBIENTAL.BLOGSPOT.COM/2012/04/EL-BAMBU-GUADUA.HTML

FOTO N $^{\circ}$ 79. VIVIENDA ANTIGUA DE 2 PISOS REALIZADA CON BAHAREQUE, CENTRO DE LA CIUDAD DE CUENCA; FUENTE: AUTOR.

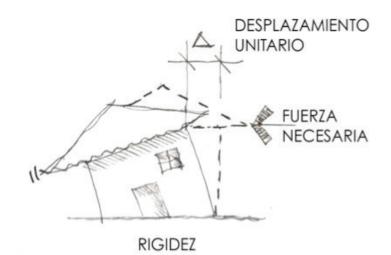


GRÁFICO Nº 65 .ILUSTRACIÓN DE RIGIDEZ, FUENTE: AUTOR

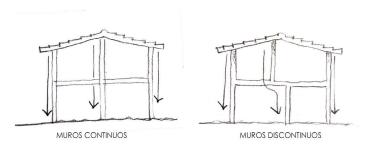




GRÁFICO Nº 66 ILUSTRACIÓN DE DIAGRAMA DE CARGAS VERTICALES, FUENTE: AUTOR

2.3 ANÁLISIS DEL POSIBLE COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS ESTRUCTURAS ANALIZADAS.

2.3.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Un elemento importante de análisis en las estructuras también es el comportamiento de las mismas ante una carga horizontal (sismo), para esto es importante analizar su conformación espacial en planta y elevación, con el fin de conocer la respuesta que esta tendría de acuerdo a los elementos que la componen. Para esto es primordial conocer ciertos conceptos relacionados a esta condición

Rigidez: Es la fuerza horizontal necesaria en una estructura para provocar un desplazamiento horizontal unitario. Una excitación sísmica es un efecto dinámico que induce movimientos en las estructuras, a estos movimientos las estructuras se oponen por su inercia y por su rigidez. ²²(gráfico 65)

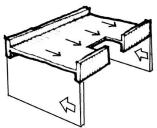
De este modo, cada estructura según sus propiedades necesitará mayor o menor fuerza para mover un mismo desplazamiento unitario, es decir para mover un centímetro habrán estructuras que necesiten 10 toneladas y otras de 100 toneladas dependiendo de la resistencia que estas den a la fuerza ejercida en ellas.

Diagrama de cargas verticales y laterales (load path): La estructura distribuye sus cargas verticales desde su cubierta hasta sus cimientos. La correcta conducción de las cargas garantizará el buen comportamiento de la estructura ante un sismo. (gráfico 66)

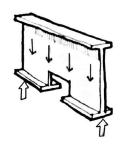
Es importante la continuidad de los elementos verticales de uno a otro piso. Las cargas laterales producidas por sismos a diferencia de las verticales viajan horizontalmente a través de toda la estructura en un circuito que comienza en el suelo llega a la zona más alta y regresa al suelo.

²² ROCHEL Roberto, Análisis y diseño sismo resistente de edificios, universidad Eafit, Medellin, 2008. PP 76









ANÁLISIS DE CARGAS EN UN DIAFRAGMA DISPUESTO COMO VIGA

GRÁFICO Nº 67.ILUSTRACIÓN DE DIAGRAMA ANALISADO COMO VIGA, FUEN-TE- ALITOR Las zonas más críticas en este tipo de cargas son los enlaces entre losas y columnas pues suelen fracasar al esfuerzo de corte en sus uniones.

Diafragma: el termino diafragma define a los elementos horizontales, (pisos y techos) que actúan transfiriendo fuerzas laterales entre elementos resistentes verticales (muros resistentes al cortante o marcos). ²³

El problema del análisis de diafragma en el diseño sismo resistente se origina cuando en cubiertas o pisos se tiene que introducir un tragaluz, escalera u otro elemento que corte la continuidad del diafragma, el tamaño y localización de estas aberturas son críticos respecto a la afectividad del diafragma.

Para comprender mejor el comportamiento del diafragma se le considera como una viga, como es lógico en una viga se recomienda hacer orificios lo más alejado a los extremos y lo más al centro de la sección de la viga, si estas condiciones no se presentan puede haber problemas y se deben tomar precauciones. (gráfico 67)

Ductilidad: es la propiedad de ciertos materiales para fallar solo cuando se presente una considerable deformación inelástica, es decir que el material ya no pueda regresar a su forma original después de la deformación sufrida. Los materiales como el concreto o la mampostería fallan súbitamente con mínima de deformación.

El concepto de ductilidad es usado para el diseño de estructuras, se diseñan las vigas de tal forma que en un sismo su ductilidad sea la que disipe la energía concibiendo deformaciones admisibles en la estructura siempre y cuando estas no se den en las columnas a este sistema se le llama rotula plástica. ²⁴

²³ ARNOLD Chistopher, REITHERMAN Robert, Manual de configuración y diseño sísmico de edificios, ediciones ciencia y técnica S.A., Mexico D. F., 1991 pg 50

²⁴ ibid. pg.44!

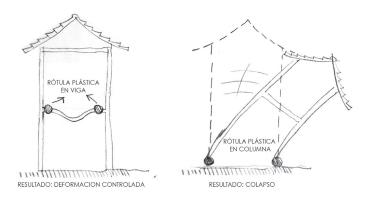


GRÁFICO Nº 68.ILUSTRACIÓN DE COLUMNA FUERTE-VIGA DÉBIL, ROTULA PLÁS-TICA, FUENTE: AUTOR

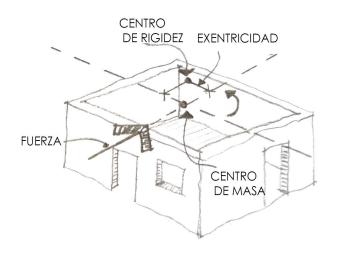


GRÁFICO Nº 69 .ILUSTRACIÓN DEL EFECTO DE TORSIÓN EN UNA EDIFICACION , FUENTE: AUTOR

Columna fuerte Viga débil: es importante recalcar que el sistema de rotula plástica se debe ejecutar solo en las vigas, pues el comportamiento plástico en los apoyos de las columnas podría llevar al colapso de la construcción. Se aconseja que para el diseño de la estructura, la suma de momentos en las columnas sea 20% mayor que la de las vigas. (gráfico 68)

Torsión: El fenómeno de torsión se da cuando el centro de masas de un objeto tiene excentricidad con respecto al centro de rigidez. Esta separación producirá un esfuerzo de torsión en la estructura siendo el punto de rotación el centro de rigidez y la fuerza aplicada la que se cargará en el centro de masas.(gráfico 69)

Centro de masa: es el punto donde se concentra toda la masa de la estructura, donde se concentrará el peso del edificio.

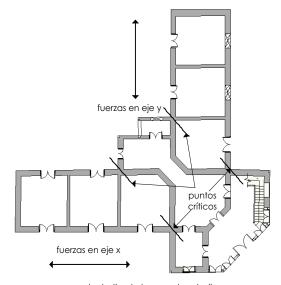
Centro de rigidez: es el punto donde se concentra toda la rigidez de la estructura, es decir la zona donde se acumulan más elementos rigidizantes como paredes o celosías.

2.3.2. ANÁLISIS DEL DISEÑO ANTI SÍSMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE BAHAREQUE REVISADAS:

Conocidos los conceptos básicos del comportamiento de una estructura ante sismo, se puede analizar bajo esta óptica los casos aquí tratados.

2.3.2.1. CONFIGURACIONES EN PLANTA Y ELEVACIÓN:

Las construcciones con plantas en forma de T, L, U, H (caso Quinta Bolivar) plantean 2 problemas fundamentales. El primero de ellos es que estas disposiciones tienden a producir variaciones de rigidez, y por tanto movimientos diferenciales entre diversas partes del edificio, provocando concentración local de esfuerzos en la esquina.



planta tipo L de caso de estudio

GRÁFICO Nº 70. PLANTA TIPO L DE CASO DE ESTUDIO QUINTA BOLIVAR

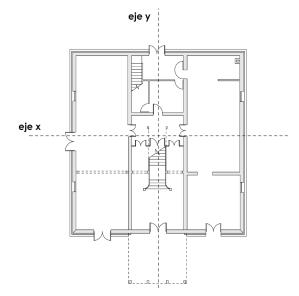


GRÁFICO Nº 71. PLANTA SIMÉTRICA DEL CASO MUSEO DE LOS METALES

En el caso quinta Bolivar, cada zona de la planta tendrá diferente rigidez las distintas áreas de la estructuras tratarán de moverse en forma diferente y la unión o esquina tenderá a moverse hacia dos direcciones, produciendo la separación de la estructura provocando grietas. (gráfico 70)

El segundo problema radica en la excentricidad de centros de masa y rigidez que esta disposición producirá, provocando rotación. La forma adecuada de resolver esta configuración es dejando juntas de separación en cada módulo para cada elemento pueda oscilar independientemente o reforzar con rigidizadores las zonas de enlace entre los módulos.²⁵

En el caso Quinta Bolívar dado las esquinas internas que se forman en el esquema de planta darán problemas. Para solucionar este tipo de inconveniente los bloques de las estructuras que forman la esquina deberían trabajar independientemente uno del otro y estar separados entre sí con una distancia tal que deje a cada uno oscilar a su propio ritmo. (gráfico 70)

El esquema mas correcto en para una buena respuesta sísmica es que la estructura sea simétrica en sus dos ejes, afortunadamente la experiencia empírica siempre ha tenido presente dicho consejo dado que las construcciones vernáculas son usualmente simétricas.

Las otras cuatro edificaciones analizadas, Museo de los Metales, las dos viviendas rurales, y la Casa Quingeo cumplían este requisito, ya que su concepción es bastante simétrica tanto en planta como en elevación. (gráfico 71)

²⁵ GIULIANI Hugo, RODRÍGUEZ Viriginia, Arquitectura sismo resistente: respuesta morfológica, Informes de la construcción, Vol. 46, España, 1994 pg 70



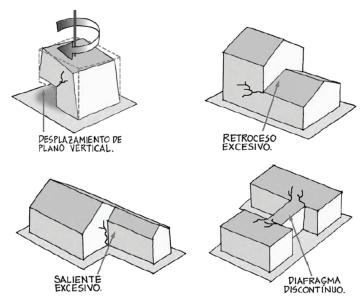


GRÁFICO Nº 72. CASOS DE ASIMETRIA EN ELEVACIÓN EN UNA EDIFICACION DE BAHAREQUE, FUENTE: V.V.A.A. MANUAL DE EVALUACIÓN, REHABILITACIÓN Y REFUERZO DE VIVIENDAS DE BAHAREQUES TRADICIONALES CONSTRUIDAS CON ANTERIORIDAD A LA VIGENCIA DEL DECRETO 052 DE 2002, PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA RED SE SOLIDARIDAD SOCIAL, COLOMBIA, S/F, PP11



GRÁFICO Nº 80. CASOS DE ASIMETRIA Y DIFERENCIA DE RIGIDESES ENTRE MATE-RIALES EN CASO QUINTA BOLIVAR, FUENTE: ARQ, LOURDES ABAD R.

La asimetría en elevación o planta tiende a concentrar esfuerzos en ciertas zonas de la estructura, rigidizando ciertos sectores más que otros y produciendo el fracaso de la estructura en estos puntos. (gráfico 72)

La morfología de la arquitectura vernácula, como es el caso de cuatro de las cinco edificaciones estudiadas, siempre ha sido por principio muy simétrica, por lo que se debería imitar este tipo de formas en la actualidad para garantizar el buen comportamiento de las estructuras ante sismo.

2.3.2.2. VARIACIONES DE RESISTENCIA Y RIGIDEZ

La simetría en las edificaciones vernáculas es muy usual, sin embargo, aunque geométricamente son estructuras simétricas, el tipo de materiales del que están hechos las plantas alta y baja es distinto; siendo la planta baja de adobe y la planta alta de bahareque.

Usualmente las viviendas del centro histórico están realizadas con muros de adobe en su planta baja y muros de bahareque en la segunda planta. Por supuesto, el adobe tiene mucho mayor rigidez que el bahareque dado el volumen y propiedades del mismo material. En caso de sismo, la fuerza horizontal generaría un desplazamiento de la planta alta con respecto a la planta baja,.

Este es el caso de la Quinta Bolívar cuyo muro de planta baja es de adobe siendo el de planta alta de bahareque, la Vivienda Rural 1 tambien posee muros de piedra en nivel subsuelo. Por tal motivo, se debería tomar precauciones importantes para reforzar las uniones verticales entre los distintos elementos que componen estas estructuras entre las dos plantas con el fin de que puedan resistir el esfuerzo de cortante que generaría un sismo.



UNIVERSIDAD DE CUENCA



FOTO Nº 81 VARIACIÓN DE MATERIALES PERIMETRALES ENTRE MURO DE ADOBE LATERAL Y DE BAHAREQUE POSTERIOR FUENTE: AUTOR



FOTO Nº 82 VARIACIÓN DE MATERIALES PERIMETRALES ENTRE MURO DE ADOBE Y MADERA FRONTAL Y DE BAHAREQUE POSTERIOR EN CASO EU5, FUENTE: AUTOR

Del mismo modo, en general en las edificaciones vernáculas o antiguas se usaba diferentes materiales para la fachada frontal y posterior. En las casas del centro histórico de la ciudad era común que la fachada frontal fuese de ladrillo o adobe dado que era la que iba soportar todas las pilastras, molduras y otros elementos decorativos de la época.

La constante también era subir las paredes laterales medianeras con muros gruesos de adobe en las dos plantas mientras que las paredes frontales y posteriores se realizaban de bahareque.

En las construcciones más rurales el fenómeno es similar, las paredes laterales son realizados con muros gruesos de adobe y las paredes frontal y posterior son configuradas con portales hechos con pilares de madera y paredes de bahareque.

Este fenómeno se puede apreciar en la Vivienda Rural 1 (gráfico 81) ya que su pared lateral norte está hecha de adobe con un ancho de 60 centímetros.

Del mismo modo la Casa Quingéo posee una pared de adobe de 60 centimetros en su fachada principal y otra en la pared intermedia de adobe del mismo espesor. (foto 82)

El diseño perimetral de la edificación con respecto a las rigideces de sus muros es fundamental para el buen comportamiento de una estructura en caso de sismo, si existe una amplia variación de resistencia y rigidez en las distintas zonas del perímetro se provocarán fuerzas de torsión que tenderán a causar rotación del edificio.

Cuando a un proyecto de estas características lo sacude un sismo los muros laterales serán más rígidos mientras que el frontal o posterior será más flexible, las paredes de la fachada frontal y posterior sufrirán grandes esfuerzos por la fuerza cortante y de torsión, produciendo posibles agrietamientos en las uniones.²⁶

Ob. Cit. ARNOLD Chistopher, REITHERMAN Robert, 1991, pg.84





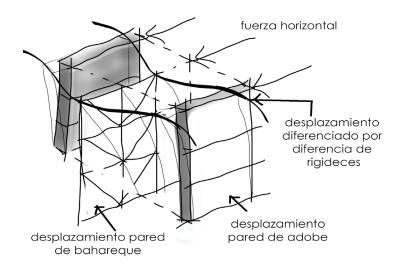


GRÁFICO Nº 73 VARIACIÓN DE MATERIALES PERIMETRALES ENTRE MURO DE ADOBE Y MADERA FRONTAL Y DE BAHAREQUE POSTERIOR EN CASO EU5, FUEN-TE: AUTOR

Como se ha expuesto, el diseño en planta y elevación de la estructura de la edificación debe ser muy bien pensado para lograr un equilibrio de rigideces en todos estos ejes y será un aspecto primordial a la hora de proyectar una edificación de este tipo.

Si es que por motivos de forma o resistencia se decidiera proponer una pared con rigidez mayor al bahareque en el diseño (caso del adobe o tapial) se deberá buscar la simetría de rigideces colocando otra pared del mismo material en un área opuesta.

Es importante que las estructuras de los diferentes niveles sean del mismo material para producir una rigidez similar, si es que esto no es posible se deberá procurar las uniones que conectan las estructuras de los niveles garanticen un buen comportamiento ante cargas horizontales para evitar que los esfuerzos de corte generados por las mismas vengan a desplazar los entrepisos.

Será fundamental generar uniones resistentes entre los elementos de la estructura como pilares o columnas, vigas, riostras y soleras, ya que si es que esta no funciona de forma conjunta ante un sismo todo esfuerzo de diseño será en vano.



2.3.3. DISEÑO DE UNA ESTRUCTURA DE BAHAREQUE:

En las estructuras de bahareque el diseño arquitectónico como el diseño estructural deben ser concebidos de forma paralela dado la estrecha interrelación que estos tienen, La distribución de las paredes, la distancia entre ellas y la continuidad de las mismas tanto en planta alta como en baja son los aspectos generadores del diseño de la arquitectura de bahareque.

Primero se debe proponer una modulación de diseño para la distancia entre pilares y una sección para la pieza del pilar. Por lo general las secciones de los pilares oscilan entre los 10 a 15 cm de lado mayor y la separación entre ellos de 60 a 120 cm. Se diseña la planta en función de las dimensiones seleccionadas procurando que las ventanas, puertas y vanos coincidan con la modulación propuesta.

Posterior a esto se calcula la factibilidad en función de las cargas que va a soportar la edificación y los esfuerzos admisibles de acuerdo a lo establecido en el capítulo 9 del Manual de diseño de maderas del grupo andino, esto determinará la idoneidad de la sección de lo contrario se deberá aumentar la sección de la pieza o disminuir el espacio entre pilares según el cálculo.

Si es que se realiza los pilares con secciones asimétricas se debe colocar la cara de la sección menor perpendicular al eje de la pared, ya que el arriostramiento reforzará la sección de mayor esbeltez. Las soleras inferiores de los pilares de planta baja deben procurar ser de peralte mayor o igual a 20cm. ya que soportarán más carga.

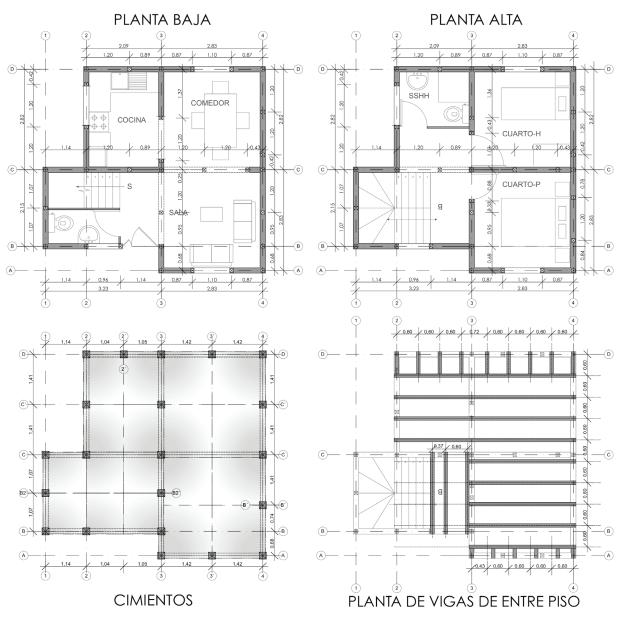
Las luces entre paredes deben manejarse de tal manera que su dimensión procure no sobrepasar los 4 metros so pena de aumentar el alto del entre piso, dado que para el diseño de las secciones de las vigas de entrepiso se considera que el peralte sea igual o mayor al 1/24 de la luz entre apoyos. Siendo así, para una luz de 3 metros será necesario un peralte de 12,5 cm. y para una luz de 5 metros será necesario un peralte de 20cm; siendo las piezas de madera en el mercado usualmente de secciones entre 10 a 15 cm,

Se aconseja que la luz entre paredes se circunscriba a máximo una distancia de 4 ml, es decir vigas de 16cm de peralte. Las vigas de entre piso pueden ir colocadas de 60 a 80 cm de separación.

Los pilares de planta alta deben procurar ser las proyecciones de los pilares de planta baja con el fin de no generar esfuerzos que carezcan de trasmisión directa de cargas al suelo. Se debe procurar la simetría estructural de la edificación, buscando que ninguna zona de la edificación se encuentre sobrecargada. Mismo concepto se aplica a las cimentaciones, se deberá procurar que ninguno de los cimientos, sobre todo si es que se trata del sistema de basas, reciba sobre cargas.

La sección y profundidad de los cimientos deberá concebirse en función de los esfuerzos que genera la estructura y de la capacidad portante del suelo.





Si se utiliza las basas de piedra es recomendable colocar una máximo cada 2 metros de separación para mejorar la distribución de las cargas. También se puede optar por colocar piedra de diámetro de 20 a 30 cm en el área entre las basas hasta rellenar el espacio entre la solera inferior y el suelo, esto ayudará a mermar los esfuerzos en las basas.

En el ejemplo del gráfico 74, se ha diseñado unas plantas de construcción para bahareque en las que se evidencia las características antes indicadas:

La distancia entre pilares no supera 1,20 m, los vanos de puertas y ventanas también se encuentran dentro de esta modulación.

La configuración de planta baja y planta alta estructuralmente es la misma, el eje de los pilares inferiores coinciden con los superiores.

Las luces entre paredes no superan los 4 metros, estableciendo un peralte aceptable para las vigas. La estructura en su totalidad es bastante simétrica, no existen puntos de esfuerzos sobrecargados.

La cimentación realizada con basas distribuye homogéneamente las cargas de la estructura al suelo, la separación entre ellas no supera los 2 m.

A continuación, la estructuración del esquema propuesto en el grá



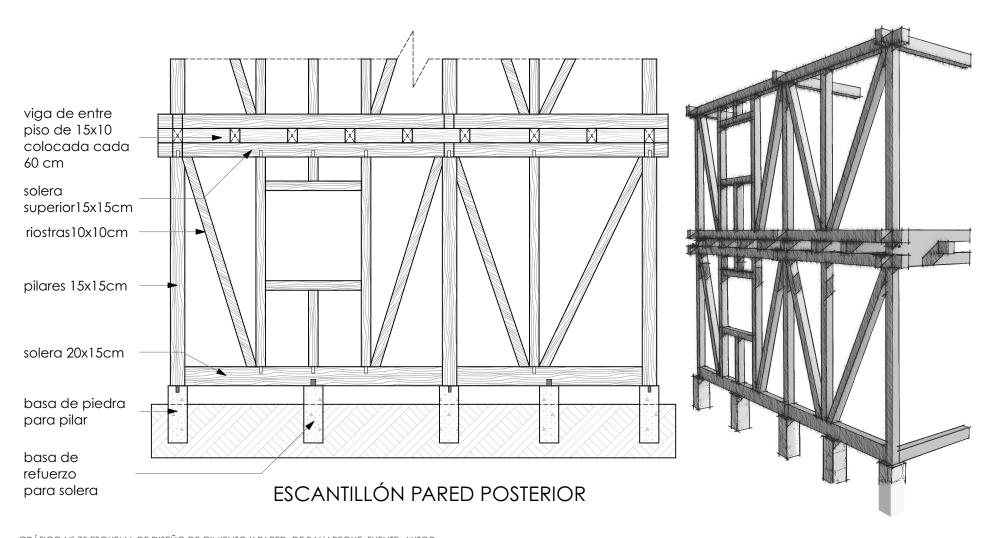
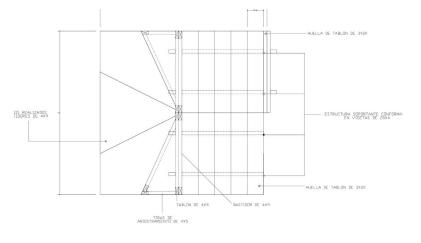
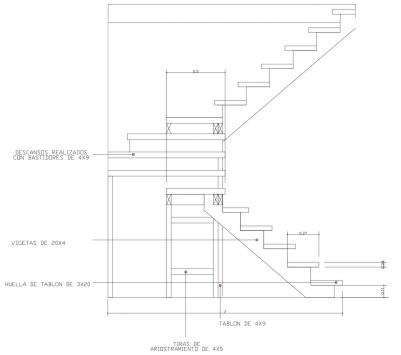


GRÁFICO Nº 75 ESQUEMA DE DISEÑO DE CIMIENTO Y PARED DE BAHAREQUE. FUENTE: AUTOR





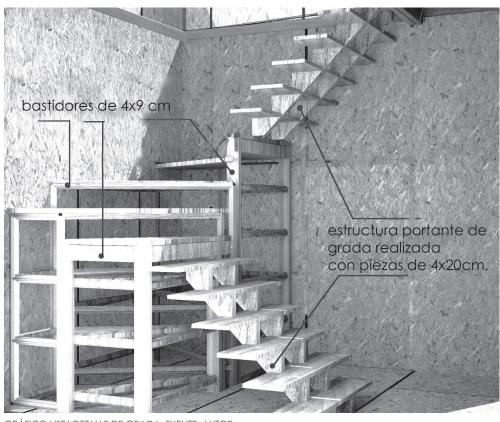


GRÁFICO Nº76 DETALLE DE GRADA, FUENTE: AUTOR

Capítulo 3: ENSAYOS



CAPÍTULO 3: ENSAYOS

Este capítulo está enfocado a la realización de pruebas de campo con materiales que configuran la técnica del bahareque con el fin de mejorar la durabilidad de las edificaciones. Este capítulo se enfoca exclusivamente en el análisis de uniones, tal como se ha propuesto en el protocolo de tesis.

Los diferentes ensayos que podrían realizarse para consolidar la mejora de durabilidad del bahareque como de compresión, flexión, corte con diferentes tipos de paneles de bahareque, así como el ensayo de revoques, empañetes o encalados usando diferentes tipo de estabilizante o fibra, no son parte de esta tesis ya que el universo de investigación seria extremadamente extenso y profundo, por tal motivo, el protocolo propuesto para la tesis enmarca muy concretamente los objetivos específicos en los cuales se define exclusivamente el ensayo de uniones en paneles de madera.

Las buenas practicas propuestas en el capítulo anterior se enfocan en solventar los temas referentes a mejorar los revoques, empañetes y estructura, consolidando de este modo el mejoramiento de la durabilidad recurriendo a la bibliografía existente, sin tener que recurrir a ensayos nuevos.

También se propuso de manera paralela, un ensayo complementario realizado de manera empírica, orientado al análisis de los soportes del barro del bahareque, usando diferentes tipos de soporte como guadua, madera y carrizo para este fin.



FOTO N $^\circ$ 83. ESTRUCTURA USADA PARA REALIZAR LOS ENSAYOS DE SOPORTE DEL BARRO. FUENTE: AUTOR

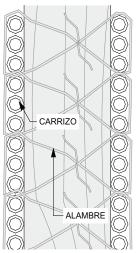




FOTO N $^{\circ}$ 84. ESTRUCTURA USADA PARA REALIZAR LOS ENSAYOS DE SOPORTE DEL BARRO, FUENTE: AUTOR

3.1 ENSAYO DE SOPORTES DEL BARRO

Siendo uno de los objetivos específicos buscar facilitar la colocación del carrizo o en su defecto sustituirlo con el fin de reducir el tiempo de colocación del barro y la optimización de recursos. Se propuso la consecución de una prueba de ensayo de los diferentes tipos de soportes del barro que dieran la misma funcionalidad del carrizo con el fin de descubrir cual era el más adecuado.

La mayoría de las técnicas usadas en el bahareque usan el carrizo como bastidor para el barro difiriendo únicamente en la posición vertical u horizontal. Sin embargo, sin duda no es el único material que pudiera utilizarse con este fin, elementos como tirillas, ramas de eucalipto o guadua en teoría podrían ejercer la misma función sin mayor problema.

3.1.1. DISEÑO DEL ENSAYO: Para este ensayo se empleó una estructura de bahareque que se encontraba en ejecución en la zona de río Amarillo siendo responsable de la misma la Arq. Lourdes Abad R. La estructura fue realizada con pórticos de luces de aproximadamente 2 metros con arriostramiento tipo rombo y pilarejos colocados aproximadamente cada 50 centímetros empotrados a la soleras y clavados a las riostras. Se escogieron los siguientes tipos de material para realizar las pruebas de ensayo:

- -Varas de carrizo colocadas horizontalmente sin separación entre ellas, amarradas mediante alambre galvanizado a las riostras y pilarejos.
- -Tirillas de eucalipto de 3x2 centímetros colocadas horizontalmente cada 1 cm clavadas a los pilares, riostras y pilarejos.
- -Tiras de bambú verde cortadas con un ancho de 5cm colocadas sin separación entre ellas y clavadas a los pilares, riostras y pilarejos.

121

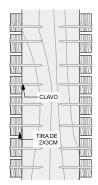




FOTO N° 85. SOPORTE DE TIRILLAS REALIZADO PARA EL ENSAYO, FUENTE: AUTOR



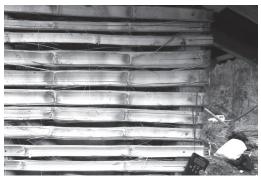
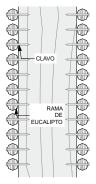


FOTO N° 86. SOPORTE DE TIRILLAS REALIZADO PARA EL ENSAYO, FUENTE: AUTOR



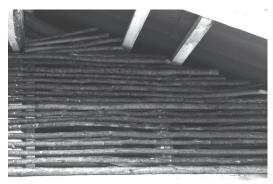


FOTO N° 87 SOPORTE DE TIRILLAS REALIZADO PARA EL ENSAYO, FUENTE: AUTOR

-Ramas de Eucalipto de 1,5 cm de diámetro con corteza colocadas sin separación entre ellas y clavadas a los pilares, riostras y pilarejos.

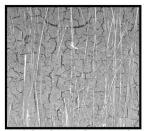
Ni la **NEC** ni **Norma Técnica E.100 ni tampoco la Norma Técnica E.80**, citan ninguna forma en particular para la consecución de ensayos para los soportes del barro, por tal motivo se ha realizado la prueba empíricamente.

Una ves realizada la colocación de los distintos soportes se procedió al embarrado de los distintos paneles con barro preparado con paja que fue dejado en reposo durante 36 horas. Se colocaron varias capas de barro costuriando con retazos de paja de 20 a 30 cm; en la primera capa se colocó la paja de forma horizontal y en la segunda capa de forma vertical con el fin de evitar la retracción del barro.

3.1.2. RESULTADOS DEL ENSAYO:

Una vez colocado el barro en los diferentes paneles de la estructura se dejo secar durante 3 semanas, una vez pasado este período se procedió a levantar la información del comportamiento que tuvo el barro con respecto a los diferentes soportes.

El panel realizado con carrizo experimentó retracciones fuertes con fisuras verticales de 1 a 5 mm en toda la superficie, acentuando el fisuramiento en las zonas en las que no se encontraba colocada la paja. El rendimiento obtenido con esta técnica fue de 0,26h/m2 necesitándose 30 metros lineales de carrizo para un metro cuadrado de soporte. La trabajabilidad del carrizo garantizó un trabajo ágil donde solo se necesito alambre.









4. SOPORTE RAMA

FOTO N° 88. REVOQUE DE BARRO EN LOS DIFERENTES SOPORTES. FUENTE: AUTOR

El panel realizado con tirillas experimentó retracciones con fisuras verticales de 1 a 8 mm en toda la superficie, el fisuramiento en las zonas ausentes de paja llega a tener 10 mm de ancho.

El rendimiento obtenido con esta técnica fue de 0,17h/m2 siendo 34 metros lineales de tirilla los necesarios para un metro cuadrado de soporte.; la trabajabilidad de la tirilla fué muy eficiente y solo se necesito clavo como material de unión.

El panel realizado con caña guadúa experimentó retracciones fuertes con fisuras verticales de 1 a 5 mm en toda la superficie, asentuando el fisuramiento en las zonas en las que no se encontraba colocada la paja.

El rendimiento obtenido con esta técnica fue de 0,12h/m2 contemplando el tiempo necesario para partir la guadua en retazos, siendo 20 metros lineales de guadua cortada de 4 cm de ancho los que entran en un metro cuadrado de soporte. (Costo 1,04 \$ por m2)

Las zonas realizadas con ramas de eucalipto con corteza fueron las que se ubicaban en los muros este y oeste entre la solera superior y los tirantes de cubierta, el barro en esta área experimentó retracciones fuertes con fisuras verticales de 1 a 5 mm en toda la superficie, acentuando el fisuramiento en las zonas en las que no se encontraba colocada la paja.

El rendimiento obtenido con esta técnica fue de 0,16h/m2; Este material en este caso tuvo costo 0\$, pero en la práctica tendría un costo muy bajo o incluso gratuito. Sin embargo, la rama de eucalipto podría experimentar una corta durabilidad dado el temprano desarrollo de su estructura celular y la humedad de sus fibras ya que no fue sometida a proceso de secado y fue colocada con su corteza, lo que la hace muy vulnerable a los xilófagos.



3.1.3. CONCLUSIÓN DE LOS ENSAYOS DE SOPORTE DE TIERRA:

Los resultados del ensayo de los cuatro materiales denotaron que el barro tendrá una respuesta similar en cualquiera de los soportes en cuanto a retracción, fisuramiento, concluyendo que el soporte no es verdaderamente vinculante en cuanto al comportamiento del barro.

Los resultados más bien dependerían de la composición del barro y la fibra utilizada para evitar la retracción. En suma, la diferencia del uso de los materiales de soporte testiados radicó en la durabilidad y trabajabilidad que tuvo cada uno de estos.

La rama de eucalipto y la tirilla tuvieron un rendimiento similar bordeando el 0,17 h/m2. Sin embargo, el costo de la tirilla es demasiado alto, por lo que la hace poco competitivo en cuanto al carrizo o la guadúa.

Del mismo modo, la rama de eucalipto, aunque tuviese valor despreciable y un buen rendimiento, es la que menos durabilidad brinda por su vulnerabilidad a los xilófagos, por lo que tampoco sería el mejor elemento para la consecución del soporte.

La caña guadúa denotó el mejor rendimiento dando un 0,12h/m2, y el costo por m2 sigue siendo beneficioso. Sin embargo, el rendimiento no incluyó el trabajo de cortado del mismo, además, el hecho de que la guadúa sea recién cosechada para poder ser cortada en tiras fácilmente, puede producir problemas de xilófagos por su alto contenido de humedad.

EL carrizo, aunque tiene un rendimiento un poco menor con respecto a los otros soportes testeados, se vuelve conveniente dado el bajo costo del mismo. Además, es el material usado por excelencia para el bahareque lo que garantiza su durabilidad que ha sido refrendada por las edificaciones antiguas.



MUROS DE CORTE, CARGA LATERAL SISMO O VIENTO

REQUISITOS DE RESISTENCIA Y RIGIDEZ

El conjunto de diafragmas y muros de corte debe diseñarse para resistir el 100 % de las cargas laterales aplicadas, tales como acciones de viento o sismo y excepcionalmente empuje de suelos o materiales almacenados.

Los diafragmas y muros de corte deben ser suficientemente rígidos para:

- a) Limitar los desplazamientos laterales, evitando daños a otros elementos no estructurales.
- Reducir la amplitud de las vibraciones en muros y pisos a límites aceptables.
- Proporcionar arriostramiento a otros elementos para impedir su pandeo lateral o lateral torsional

Las uniones de los diafragmas y muros de corte, tanto entre si como en otros elementos deben ser adecuadas para transmitir y resistir las fuerzas cortantes de sismo o vientos.

Deben ponerse especial atención en los anclajes de los muros de corte a la cimentación. Cada panel independiente debe estar conectado a la cimentación por lo menos en dos puntos y la separación entre ellas no debe ser mayor que 2 m

Los muros cuya relación de altura a la longitud en planta sea mayor que 2, no deben considerarse como resistencia.

Baio condiciones normales de servicio, como podrían ser sobrecargas de viento habitual o de sismos pequeños a moderados, deberá verificarse que las deformaciones de los muros no exceden de h/1200 ("h" es la altura del muro).

Cada muro de corte considerado por separado, debe ser capaz de resistir la carga lateral proporcional correspondiente a la generada por la masa que se apoya sobre el, a menos que se haga un análisis detallado de la distribución de fuerzas cortantes considerando la flexibilidad de los diafragmas horizontales.

La fuerza cortante actuante debida a la acción del viento o sismo se determinará a partir de lo que especifica la Norma E.030 Diseño Sismorresistente para ambos tipo de carga o mediante procedimientos más elaborados compatibles con la buena práctica de la ingeniería.

Para calcular la fuerza cortante actuante por sismo o viento en edificaciones de hasta dos pisos de altura, se puede utilizar lo dispuesto en el ANEXO C (INFORMATIVO): PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA FUERZA CORTANTE ACTUANTE POR SISMO O VIENTO EN EDIFICACIONES DE HASTA DOS PISOS DE ALTURA.

Los muros de corte de una edificación deben estar dispuestos en dos direcciones ortogonales, con espaciamiento menores de 4 m en cada dirección. La distribución de estos elementos debe ser más o menos uniforme, con rigideces aproximadamente proporcionales a sus áreas de influencia.

Si los espaciamientos de los muros son mayores que 4 m y la flexibilidad en planta de los diagramas (entrepisos, techos, etc.) es tal que no garantice un comportamiento en conjunto, este procedimiento no es aplicable.

Para el cálculo de la resistencia de los muros de corte, el profesional responsable puede tomar como referencia el artículo 8 "Muros de corte, carga lateral, sismo o viento", de la norma E.010 Madera, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

GRÁFICO Nº 77. CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURA DE BAHAREQUE EN CASO DE SISMO, FUENTE: V.V.A.A., Norma Técnica E. 100 Bambú, OB. CIT. PP 16

3.2 ENSAYO DE UNIONES EN PANEL DE MADERA BAHAREQUE

Siendo una de los objetivos específicos Mejorar las uniones convencionales de la estructura del bahareque mediante la uniones que optimicen su comportamiento estructural. Se propuso la consecución de una prueba de ensavo de las uniones de los paneles de bahareque ante una fuerza horizontal con el objetivo de probar las uniones en caso de sismo.

La Norma Ecuatoriana de la Construcción para el diseño de edificaciones en bahareque cita: Para el diseño de muros portantes de quincha tomar como referencia la Norma peruana de construcción con Quincha.1

La NORMA PERUANA E. 100 dedicada al bambú, a la que se refiere la NORMA ECUATORIANA, referencia un amplio tipo de uniones para la construcción de bahareque pero todas son referidas al material bambú²

La misma norma expone las exigencias de un muro de bahareque en caso de sismo en la que expone que las uniones de los diafragmas y los muros de corte, tanto entre sí como en otros elementos deben adecuarse para trasmitir y resistir las fuerzas cortantes de sismo y vientos. ³ (gráfico N°77) Siendo esta norma vinculante con la NORMA ECUATORIANA se debe entonces garantizar que las uniones de los paneles resista las fuerzas de sísmo.

La Norma Peruana E.010 Madera, a la que refiere la E. 100, en cuanto a las uniones de paneles de madera cita: "las uniones aquí consignadas se refieren a uniones clavadas y empernadas, se aceptará otro tipo de elementos de unión...siempre y cuando su fabricación cumplan con las normas extranjeras y nacionales" 4

¹V.V.A.A., Norma Ecuatoriana de la Construcción, sección viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Quito, 2014, pp.60

²V.V.A.A., Norma Técnica E. 100 Bambú, Perú Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, 2012 pp. 18

³ ibid pp 16

⁴V.V.A.A., Norma Técnica E. 010 Madera, Perú Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima,



Capítulo 3: ENSAYOS

"E.8.3.1 — Todos los miembros y elementos estructurales deberán estar anclados, arriostrados, empalmados e instalados de tal forma que garanticen la resistencia y rigidez necesarias para resistir las cargas y transmitirlas con seguridad a la cimentación

E.8.3.2 — El presente capítulo enumera algunas uniones entre elementos constitutivos del sistema constructivo con muros de bahareque encementado. Estas uniones han sido experimentadas con clavos, pernos, varillas y pletinas. Otras diferentes pueden utilizarse, siempre y cuando se demuestre su idoneidad, por medios experimentales."¹

GRÁFICO Nº 78: 1 V.V.A.A. La norma colombiana E-NSR-10, Título G, Estructuras de madera y estructuras de Guadúa, Ministerio del ambiente y desarrollo social, Bogotá, 1997, pp. G.64

Esto demuestra que en la NORMA PERUANA solo se ha normalizado el uso del clavo y del perno, dejando campo para nuevas formas de unión para ser probadas.

En el mismo aspecto el gráfico Nº78 cita lo que La NORMA CO-LOMBIANA E-NSR-10, TÍTULO E, en su capítulo E.8 –Entrepisos y uniones en bahareque acerca de las uniónes. Es interesante observar que, al igual que la NORMA PERUANA, la NORMA COLOMBIANA solo ha experimentado clavos, pernos, varillas y pletínas, para el trabajo con madera o bahareque.

La NORMA COLOMBIANA en cuanto a las uniones de madera con clavo comenta: Estas disposiciones son aplicables a uniones clavadas de dos o más elementos de madera estructural. Las uniones clavadas se reservan para solicitaciones relativamente bajas; su límite de utilización está determinado por el requerimiento de un número excesivo de clavos, incompatible con el tamaño de la unión y con la posibilidad de generar rajaduras en la madera debido a su cercanía...⁵

La citada norma recomienda más bien una unión empernada cuando las solicitudes de esfuerzo son relativamente grandes, también las recomienda en uniones de madera con concreto.⁶

Las normas hablan de las uniones normadas a utilizarse en paneles de bahareque, sin embargo, del diseño de los muros de corte para sismo, no establecen un método de ensayo de uniones ante una carga horizontal. La norma E-NSR-10 Título G, incluso expone en su Apéndice G-E, un listado de ensayos para la madera, referentes al análisis de sus propiedades pero no cita ninguno acerca de solicitudes horizontales en paneles de madera.

²⁰¹² pp.14

⁵ V.V.A.A. La norma colombiana E-NSR-10, Título E, casa de uno o dos pisos, Ministerio del ambiente y desarrollo social, Bogotá, 1997, pp. E.31

⁶ V.V.A.A. La norma colombiana E-NSR-10 Título G, Ob Clt, pp G 70



Requisitos de elaboración de los muretes: Los muretes deben elaborarse con los mismos materiales y bajo las mismas condiciones que se presenten en la estructura. El contenido de humedad de los materiales debe ser el mismo que se tiene en la estructura en el momento de construirse. La calidad de la mano de obra debe ser la misma que se va a utilizar en la construcción.

Determinación del valor de fy: El valor de fy , para una muestra debe ser el promedio mm obtenido del ensayo de 3 muretes de igual procedencia, pero no debe ser mayor del 125 por ciento del menor valor obtenido en los ensayos.

Dimensiones de los muretes: Los muretes deben tener un mínimo de 300 mm de altura y una relación altura-ancho mayor ó igual a 1.5 y menor ó igual a 5. Los muretes de mampostería de bloque de perforación vertical deben tener al menos el largo de una pieza completa. Los muretes de otros tipos deben tener al menos 100 mm de largo. El ancho y el tipo de construcción deben ser representativos del tipo de mampostería que se va a utilizar en la construcción.¹

GRÁFICO Nº: 79, REQUISITOS PARA ELABORACIÓN DE MURETE DE ENSAYO, FUENTE; V.V.A.A. La norma colombiana E-NSR-10, Título D, Mampostería Estructural, Ministerio del ambiente y desarrollo social, Bogotá, 1997, pp. D 18

Dado la falta de Norma para realizar el ensayo, se abrió la posibilidad de usar normas de otros tipo de material que ensayen muros consolidados. De esta forma se acogió la NORMA COLOMBIANA E-NSR-10 Título D "MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL" la misma que ensaya muretes de mampostería para determinar su resistencia a compresión, cuyas determinantes, pudiesen ser acopladas para este ensayo. El contenido Para la elaboración de los prismas se ha expuesto en el gráfico Nº 79.

Considerando las especificaciones de esta norma (gráfico N° 79)., se decidió realizar paneles arriostrados de bahareque a escala real para ser probados ante una fuerza horizontal en los que se consideraron los siguientes criterios para la ejecución del ensayo:

- Realizar 3 muestras o prismas por cada tipo de unión para obtener su promedio.
- Los paneles deben construirse en similares condiciones a los que se elaboran en obra considerando materiales, mano de obra y condiciones ambientales.
- -La madera utilizada en todos los paneles debe ser de la misma especie y tener las mismas características.
- -Las dimensiones del panel a ensayar responderán a las modulaciones recomendadas para este tipo de construcción.
- -La riostra a utilizar será la que ha tenido más injerencia en la ciudad, siendo esta la tipo diagonal.
- -Se aplicará la fuerza horizontal de tal forma que la riostra trabaje a compresión.

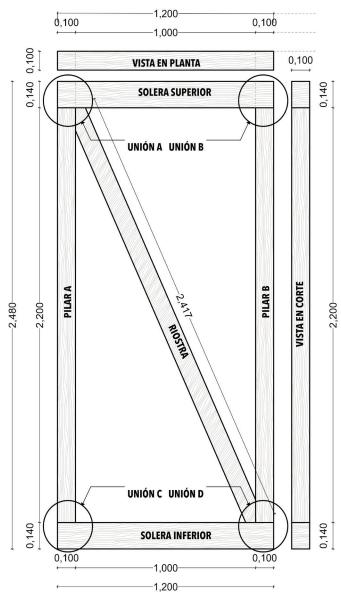


GRÁFICO Nº 80 DETALLE 2D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE : AUTOR

Los tipos de uniones a ensayar respondieron a 3 aspectos: realidad constructiva de la ciudad, tecnologías ya normalizadas, y nuevas tecnologías que pueden ser implementar para mejorar la resistencia y rendimiento de los paneles. Se optó por usar uniones de caja y espiga (como técnica tradicional de la región), clavo (unión ensayada en las normas) y tornillo (unión no normalizada que se encuentra en fase de experimentación)

3.2.1.DISEÑO DE PANEL PARA EL ENSAYO DE FUERZA HORIZONTAL.

Para el diseño del panel que sería ensayado se optó por realizar las muestras a escala real y según los criterios que deberían ser usados para lograr la construcción en obra, como dicta la norma E-NSR-10. Siendo así, se colocaron las uniones de tal forma que respondieran a las dificultades constructivas que conlleva la ejecución de estas en campo y las limitaciones en cuanto a ubicación y armado de las mismas.

Las dimensiones del panel se escogieron en base al sistema de modulación propuesto por el Manual De diseño para maderas del Grupo Andino que obedece al Módulo Base(MB) adoptado por los institutos de normas de varios países que es de 100mm.⁷

El citado manual recomienda para las edificaciones de madera el uso del modulo de 12MB debido a que los múltiplos y sub múltiplos de esta dimensión son compatibles con muchas de las distancias de la edificación, como alturas, anchos de habitaciones, vanos de ventanas etc.⁸

Por tanto, las medidas del panel elegidas con este criterio fueron las de 12MB de ancho por 24MB de alto, estructurando al panel con una solera inferior, una solera superior, dos pilares y una riostra.

8 Ibid PP4-15

⁷ Ob. Cit. Manual De Diseño Para Maderas Del Grupo Andino, 1984. PP4-14

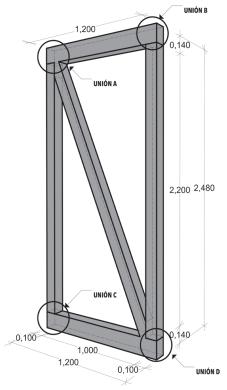


GRÁFICO Nº 81. DETALLE 3D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE :AUTOR

TIPO DE MADERA	SECCIÓN	U	COSTO METRO	U
EUCALIPTO	10X10	СМ	2,75	USD
EUCALIPTO	10X14	СМ	6	USD
AVÍO	10X10	СМ	7	USD
AVÍO	7X14	СМ	7	USD
PINO	12X12	CM	12	USD

GRÁFICO Nº 82. CUADRO DE REFERENCIA DE LOS COSTOS DE LAS MADERAS EN CUENCA, FUENTE: AUTOR

Se eligió la riostra común tipo diagonal, dado la facilidad de montaje que esta brinda y la buena respuesta estructural que posee. (Como extensión a esta investigación podría ser interesante realizar ensayos con los diferentes diseños de riostras que se pueden utilizar en un panel de bahareque para identificar la que mejor desempeño estructural entrega.)

La unión de la riostra con los otros elementos fue diseñada de tal forma que distribuya los esfuerzos tanto al pilar como a la solera, siendo el anclaje de la diagonal en sus extremos de tipo punta de lanza en función de la esquina de unión entre la solera y el pilar.

3.2.2. SELECCIÓN DE MATERIALES:

La elección de la madera se realizó en función de la accesibilidad de la madera en la ciudad y también de su costo. En este caso, la madera más común en la ciudad es la de eucalipto aunque también existen maderas como el avio, yumbingue, chanul, entre otros sin embargo estas vienen de otras regiones del país.

Se sondeó, tipos de madera, costos y secciones de las mismas con el fin de definir la que mejor se ajustara a lo requerido para el ensayo. Para esto se visitó varios locales de venta de madera dentro de la ciudad de Cuenca: Maderas Jaimito, Maderas Sandrita, Maderas Jorval, Maderas Valdez, Maderas San Carlos, Maderas Los Puentes, dando como resultado los valores referidos en el gráfico Nª 82 que referencia los costos de las maderas y las secciones que podrían ajustarse a las necesidades.

También había en stock maderas de secciones menores, sin embargo estas no fueron tomadas en cuenta para el análisis ya que no eran adecuadas para el ensayo, ya que este tipo de secciones no tenían función estructural.

Capítulo 3: ENSAYOS

				TAB	LA 7.1. ESF	UERZOS	ADMISIBLES	•			
		Fle	xión	Trac	ción	Com	presión	Co	mpresión		
Grupo		f	m	Para	alela ft	Pa	fc	Perpe	endicular	Corte fv	Paralelo
	М	Pa	Kg/cm²	M Pa	Kg/cm²	M Pa	Kg/cm²	M Pa	Kg/cm²	M Pa	Kg/cm²
A	21		(210)	14.5	(145)	14.5	(145)	4.0	(40)	1.5	(15)
В	15		(150)	10.5	(105)	11.0	(110)	2.8	(28)	1.2	(12)
С	10		(100)	7.5	(75)	8.0	(80)	1.5	(15)	0.8	(8)

(*) Estos esfuerzos son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca

	TABLA 7.2. M	ODULO DE ELAST	ICIDAD	
Gruno	E	mín	E pro	medio
Grupo	M Pa	Kg/cm²	M Pa	Kg/cm²
A	9500	95,000	13000	130.000
В	7500	75,000	10000	100,000
С	5500	55,000	9000	90,000

(*) Estos esfuerzos son para madera húmeda, y pueden ser usados para madera seca

GRÁFICO Nº 83 TABLA DE ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MADERA ESTRUCTURAL, FUENTE: OB. CIT. NEC-11 CAPÍTULO 7 CONSTRUC-CIÓN EN MADERA, MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA MIDUVI, QUITO. DECRETO EJECUTIVO Nº 705 DEL 06 DE ABRIL DEL 2011. PP 7-17

La variación de precio entre la madera de eucalipto de cualquier sección con cualquier otro tipo de madera fue evidente pues la variación de precio fue de dos y hasta tres veces más alto. Siendo este tipo de madera el más utilizado en la ciudad y por tradición el que se ha ocupado para realizar las construcciones de bahareque en el cantón, además por mucho el más económico, se optó por analizar la madera eucalipto como material primario a utilizarse para los ensayos.

Ahora, para discernir si el eucalipto era apto para funciones estructurales se acudió al Manual de Diseño antes citado en el que constan tres grupos para madera estructural "A", "B" y "C", que corresponden a las densidades: Alta, Mediana y Baja; dado que existe una estrecha relación entre la densidad y la resistencia a los diferentes esfuerzos del material, al respecto tenemos:

"A" densidad básica comprendida entre 0.71 a 0.90.

"B" densidad básica comprendida entre 0.56 a 0.70; y,

"C" densidad básica comprendida entre 0.40 a 0.55.

la citada norma contempla los esfuerzos admisibles y modulo de elasticidad según el tipo de densidad como se indica en el gráfico 132, el Manual De Diseño Para Maderas Del Grupo Andino coloca a la madera del eucalipto (Eucaliptus Globulus) con una densidad básica de 0.55.9

Al respecto, la tesis llamada "Propiedades Físico-Mecánicas Del Eucalipto Y Aplicación Al Diseño Estructural De Una Vivienda Parte De Una Granja Integral, Ubicada En El Lasa 1¹¹⁰ analiza al eucalipto con relación al Manual De Diseño Del Grupo Andino, y realizando una serie de ensayos con un promedio de 10 probetas por ensayo.

⁹ Ob. Cit. Manual De diseño para maderas del Grupo Andino, Junta Del Acuerdo De Cartagena, 1984.

¹⁰ Juan Carlos Siza Simbaña Jorge Esteban Martínez Escobar Propiedades Físico-Mecánicas Del Eucalipto Y Aplicación Al Diseño Estructural De Una Vivienda Parte De Una Grania Integral, Ubicada En El Jasa I, Escuela Politécnica Del Ejercito, Sangolquí, Marzo 2009



Tabla 2.3. Resultados obtenidos en masa por volumen del Eucalipto Globulus

MASA POR VOLUMEN										
					EUCALIPTO C	LOBULO				
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CAJA PETRI (gr)	156.00	156.00	156.00	156.00	156.00	156.00	156.00	156.00	156.00	156.00
CAJA PETRI + MERCURIO (gr)	804.50	802.50	806.30	804.70	806.00	806.80	805.20	804.30	803.30	805.10
PLATO (gr)	289.80	289.80	289.80	289.80	289.80	289.80	289.80	289.80	289.80	289.80
PLATO + Hg derramado (gr)	408.40	404.10	407.30	403.20	407.70	408.30	417.70	408.80	409.00	405.70
MASA Hg DERRAMADO (gr)	118.60	114.30	117.50	113.40	117.90	118.50	127.90	119.00	119.20	115.90
DENSIDAD DEL MERCURIO (gr/cm3)	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
VOLUMEN (cm3)	8.79	8.47	8.70	8.40	8.73	8.78	9.47	8.81	8.83	8.59
MASA DE MUESTRAS	7.40	7.40	7.60	7.60	7.40	6.60	6.50	6.70	6.90	6.70
DENSIDAD DEL EUCALIPTO (Kg/m3)	842.33	874.02	873.19	904.76	847.33	751.90	686.08	760.08	781.46	780.41
DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m3)					810.16					

GRÁFICO Nº 84, TABLA DE RESULTADOS OBTENIDOS EN MASA POR VOLUMEN DEL EUCALIPTO GLOBULUS FUENTE: OB. CIT. JUAN CARLOS SIZA SIMBAÑA, 2009 PP. 137 PP. 80

Los resultados obtenidos por la tesis son muy interesantes, el eucaliptus globulus obtiene una densidad promedio de 0, 8106 gr/cm3 ubicandolo como tipo A según el cuadro de densidades.

Sin embargo, los resultados obtenidos al realizar las pruebas mecánicas enmarcan al eucalipto por encima del grupo A. Como se puede observar en el siguiente cuadro de la citada tesis.¹¹

ESFUERZOS ADMISIBLES (MPa)					
GRUPO	FLEXION	TRACCION PARALELA	COMPRESION PARALELA	CORTE	
A	21	14.5	14.5	1.5	
В	15	10.5	11	1.2	
С	10	7.5	8	0.8	
EUCALIPTO GLOBULUS	28.15	72.36	19.48	2.21	

MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)				
GRUPO	E min	E promedio		
Α	9500	13000		
В	7500	10000		
С	5500	9000		
EUCALIPTO GLOBULUS	12387.8	17400.94		
EUCALIPTO GRANDIS	6889.26	8705.01		

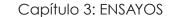
GRÁFICO Nº 85. TABLA DE ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD DE LA MADERA DE EUCALIPTO COMPARADO CON EL TIPO DE MADERAS DE DENSIDAD ALTA (A) MEDIA(B) Y BAJA(C), FUEN-TE: OB. CIT. JUAN CARLOS SIZA SIMBAÑA, 2009 PP. 137

Según el citado estudio, el eucalipto podría llegar a tener una resistencia superior a las maderas del grupo A denominadas duras, lo que garantiza su buen desempeño en el campo estructural. Al respecto, en Argentina el Ing. Martín Sanchez Acosta realizó un estudio sobre el eucalipto en el que fundamentado por ensayos concluye lo siguiente con respecto al mismo:

"Los valores de flexión estática y compresión axial indican que su comportamiento es comparable al de maderas nativas semipesadas a livianas... se ve que su comportamiento es muy bueno, ubicándose en la clasificación de "muy resistente" a "resistente"... En general la resistencia mecánica de los eucaliptos los hace aptos para la mayoría de los usos estructurales." 12

¹¹ Ibid. PP 137

¹² Martín Sanchez Acosta, EXPERIENCIA ARGENTINA EN EL USO DE LA MADERA DE EUCALIPTO, SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, Abril 1995, PP 75.



131



Al mismo estudio se anexa el cuadro de ensayos de las propiedades mecánicas del eucalipto en Argentina.

Propiedad (kg/cm ²)	E. camaldulensis	E. globulus	E. grandis	E. tereticornis	E. viminalis
Flexión					
estática	1.150	1.047	732	1.576	910
mod. rot.	101.000	105.000	98.345	133.200	95.500
mod. elast.					
Compresión					
axil	572	511	343	698	481
mod. rot.	128.000	119.600	150.543	163.800	121.500
mod. elast.					
Cota	muy	muy			
flexión	resist	resist	resist	resist	resist
Cota					
compresión	resist	resist	muy res.	muy res.	resist

FOTO Nº 86 TABLA DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS EUCALIPTOS EN ARGENTINA, FUENTE: MARTÍN SANCHEZ ACOSTA, EXPERIENCIA ARGENTINA EN EL USO DE LA MADERA DE EUCALIPTO, SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, SÃO PAULO, ABRIL 1995, PP 78.

De esta manera y bajo sustento científico, se pudo confirmar que la madera de Eucalipto glóbulus, usada desde épocas ancestrales para realizar la construcción de bahareque en la ciudad de Cuenca, es totalmente apta para realizar cualquier trabajo estructural.

Por consiguiente, el eucalipto glóbulus, forjador de gran parte de las estructuras de bahareque del casco histórico de la ciudad de Cuenca del siglo XIX y que hasta el día de hoy se mantienen en pie, fue el tipo de madera escogido para realizar los paneles ensayados.

Las secciones utilizadas para las piezas del panel fueron tomadas de la tabla 3.1 del Manual De diseño para maderas del Grupo Andino¹³ en el que se define una la sección para pilares de 9x9cm y la dimensión para soleras o vigas de 9x14cm. En este caso por motivos de accesibilidad comercial se opto por realizar las soleras de sección 10x14cm y los pilares de 10x10cm la riostra también se realizó con una pieza de sección 10x10cm.

¹³ Ob. Cit. Manual De diseño para maderas del Grupo Andino, Junta Del Acuerdo De Cartagena, 1984. PP3-4



DETALLE PANEL: UNIONES CON CAJA Y ESPIGA

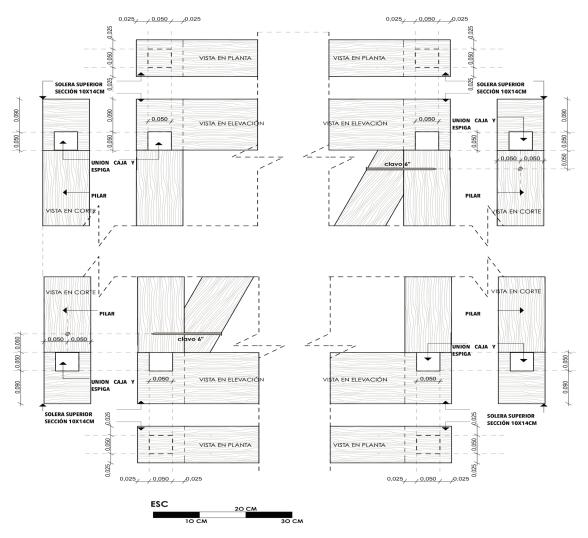


GRÁFICO Nº 86 DISEÑO DE UNIONES PARA PANEL DE ENSAYO REALIZADAS CON LA TÉCNICA CAJA Y ESPIGA, FUENTE: AUTOR

3.2.3. UNIONES A ENSAYAR.

Para elegir los tipos de unión a ensayar se analizaron a 3 aspectos: realidad constructiva de la ciudad, tecnologías ya normalizadas, y nuevas tecnologías que pueden ser implementar para mejorar la resistencia y rendimiento de los paneles.

3.2.3.1. UNIÓN CON CAJA Y ESPIGA: El primer tipo de unión se realizó con la técnica tradicional de caja y espiga dado que dicha técnica ha sido utilizada desde la época de la colonia y sigue realizándose en edificaciones de bahareque.

Para el ensayo, se rebajó la sección de los pilares en sus extremos hasta lograr una espiga de sección 5x5cm y 5cm de profundidad, del mismo modo se perforó tanto la solera superior como inferior un espacio de igual dimensión en las zonas en la que se debía encajar las espigas de los pilares.

El modo de unir la riostra con los pilares fue a través de clavos ya que, como se pudo constatar en los estudios de caso, esta es la forma de unión común para las riostras en las construcciones que usan caja y espiga en la región. Los clavos fueron colocados de forma perpendicular a los pilares ingresando primero en la riostra y terminando en el pilar, se coloco uno solo clavo por unión. (gráfico 86)



DETALLE PANEL: UNIONES CON CLAVO

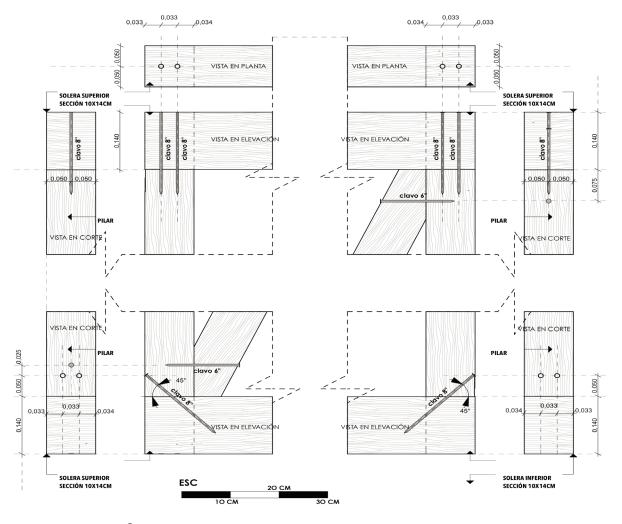


FOTO Nº 87. DISEÑO DE UNIONES PARA PANEL DE ENSAYO REALIZADAS CON CLAVO, FUENTE: AUTOR

3.2.3.2. UNIÓN REALIZADA CON CLAVO:

La unión en clavo, según las normativas revisadas, es una unión avalada por las normas, a diferencia del tornillo y la caja y espiga que no cuentan con el respaldo de la norma. Por tanto es importante realizar ensayos para comparar resultados entre estos.

En función de la sección de la madera de 10x10cm se usaron clavos de 8 pulgadas. En cada unión se colocaron dos clavos por punto de contacto.

El diseño de la disposición de los clavos se realizó en función de concebir el armado del panel en las condiciones reales de obra, asumiendo que la solera inferior de madera ya se encuentra instalada y confinada al sobre cimiento.

Por tanto, la unión solera inferior, pilar se realizó colocando 2 clavos ubicados en la cara exterior del pilar, a la altura de la solera inferior clavados con un ángulo de 45° con la horizontal. (gráfico 87)

La unión pilar-solera superior, al tener en obra acceso a la cara superior de la solera, se la realizo con 2 clavos por cada unión, incrustados desde la solera superior y dispuestos de forma perpendicular a la solera. (gráfico 87)



DETALLE PANEL: UNIONES CON TORNILLO

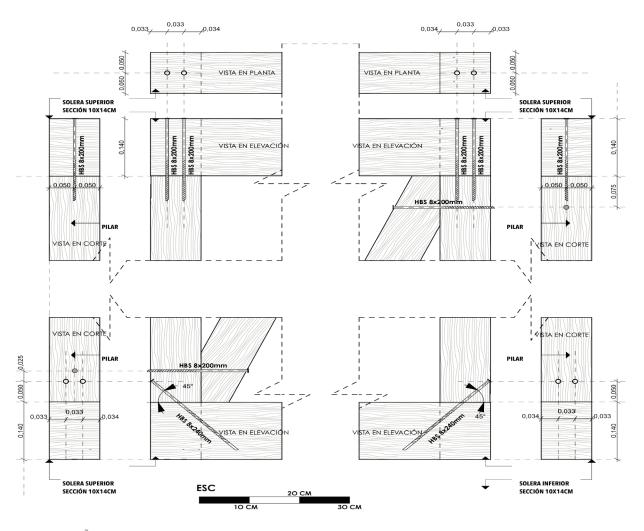


FOTO Nº 88. DISEÑO DE UNIONES PARA PANEL DE ENSAYO REALIZADAS CON TORNILLO, FUENTE: AUTOR

En la unión riostra-pilar-solera, los clavos fueron colocados de forma perpendicular a los pilares ingresando primero en la riostra y terminando en el pilar. Se colocó un solo clavo por unión, ya que la riostra iba a ser sometida a compresión por lo que no necesitaría mayor refuerzo para tracción. (gráfico 87)

Las perforaciones para el clavo se realizaron primero con taladro para evitar rajar la madera seca.

3.2.3.3. UNIÓN REALIZADA CON TORNILLO:

El tercer tipo de unión a ensayar fue el realizado con tornillos marca Rotho blaas, dicha empresa es una multinacional Italiana del sector de la construcción en madera. Las normativas del bahareque no consideran a la unión con tornillo dentro de las uniones normadas, siendo muy interesante ensayar este tipo de unión y comparar los resultados con respecto a las uniones testiadas. (gráfico 88)

Los criterios de diseño de las uniones fueron los mismos que los utilizados para las uniones con clavo. En función de la sección de la madera se usaron 2 dimensiones de tornillo para madera tipo HBS, la primera HBS 8x200mm para las uniones estándar y HBS 8x240mm para las uniones con tornillo dispuesto a 45°, En cada unión se colocaron dos tornillos por punto de contacto.



FOTO N° 89. ARMADO DEL PANEL, FUENTE: AUTOR



FOTO N° 90. PANEL ARMADO, FUENTE: AUTOR

3.2.4. CONSTRUCCIÓN DE PANELES PARA EL ENSAYO

Una vez identificado el tipo de madera a utilizar, dimensiones, y tipos de unión a ensayar, se procedió a la compra de la madera, se solicitó el corte y cepillado de 18 piezas de 1,2m. de largo de eucalipto seco de sección 14x10cm. Las mismas serían las componentes de las soleras superiores e inferiores.

También se solicitó 12 piezas de 2,2 m de largo de eucalipto seco de sección 10x10cm que serían destinadas a los pilares de los paneles, y 6 piezas de 2,3 m de largo destinadas a los pilares de los paneles que iban a ser ensayados con la técnica caja y espiga.

	sección 10x14 cm Largo 1,2 m	sección10x10 cm Largo 2,2 m	sección10x10 cm Largo 2,3 m
Panel unión tornillo	6	6	×
Panel unión clavo	6	6	x
Panel unión caja y espiga	6	×	6
Total	18 piezas	12 piezas	6 piezas

GRÁFICO Nº 89. TABLA QUE ESPECIFICA EL NÚMERO DE PIEZAS DE MADERA NECESARIAS PARA EL ENSA-YO, FUENTE: AUTOR

Se realizaron 9 prismas de prueba, 3 por cada tipo de unión para poder conseguir un resultado *promedio obtenido del ensayo de* los 3 prismas.

3.2.5. DISEÑO DE ENSAYO DE COMPORTAMIENTO DE PANEL DE BAHAREQUE ANTE CARGA HORIZONTAL.

El propósito de este ensayo fue analizar el comportamiento de las uniones del panel de madera ante una solicitud de carga horizontal.

La ausencia de laboratorios y maquinaria que permita la realización de los ensayos a la escala propuesta dió como resultado la búsqueda de formas alternas para su ejecusión.





FOTO Nº 91 ARMADO DE ESPACIO PARA ENSAYO FUENTE: AUTOR



FOTO N° 92 DETALLE DE PLACAS UPN, FUENTE: AUTOR

Analizando ensayos similares como el realizado por el Arq. Esteban Zalamea León, se acudió a la fábrica de prefabricados RFV cuyo representante es el Ing. Vladimir Carrasco quien brindo todo tipo de facilidades para la realización del ensayo en cuanto a infraestructura, maquinaria y personal.

Para esto, se necesito de varios elementos:

- -Gato de postensado
- -4 perfiles UPN
- -Cable de acero
- -Collarín de hierro
- -4 barillas de ½ pulgada, de 30 cm de largo
- -8 tuercas y 8 arandelas.
- -Viga postensada de 1m de alto, 45 cm de ancho y 5 metros de largo.

Para el ensayo se adecuó un espacio cuyo desnivel con la ubicación de el gato de postensado era de aproximadamente 3m. Se aprobecho esta condición para que el nivel de la gato fuera similar al que debería ubicarse la solera superior de los paneles a la que se debería aplicar la fuerza horizontal.

Dado que el desnivel era de 3 metros y los paneles tan solo tenían 2,4 m de altura, se colocó como base de los paneles una viga pretensada de 1 metro de peralte por 0,45 metros de ancho, para que la solera superior alcanzará la altura de 3 metros y quedara alineada a la gata hidraulica.

Para el anclaje de los paneles con la viga de hormigón prestensado, se acoplaron 2 perfiles UPN de 5 cm de alto, 10 cm de ancho y 20cm de largo soldados a las varillas de la viga pretensada y separados entre sí 60 cm. (foto 92)

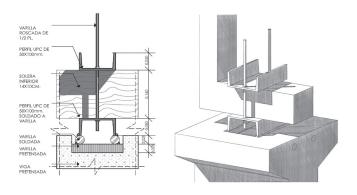


GRÁFICO Nº 90 ESQUEMA DE COLOCACIÓN DE PERFILES UPN, FUENTE: AUTOR

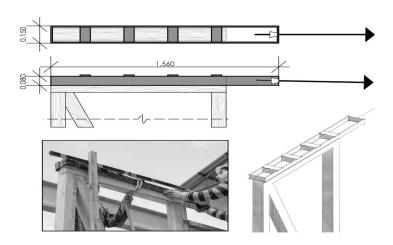


FOTO N° 93. DETALLE DE PLATINA, FUENTE: AUTOR

Los perfiles UPN previamente fueron perforados con 2 orificios de media pulgada a 5 cm de los bordes con el fin de introducir en ellos varillas enroscadas (gráfico 90). El objetivo es confinar la solera inferior del panel entre 2 perfiles UPN que apretados entre sí con una varilla roscada. Uno de los perfiles va soldado a la viga garantizando el empotramiento y la inmovilidad del panel. Este sistema es aplicado en dos puntos de la solera inferior del panel.

Para aplicar la fuerza horizontal en la solera superior del panel se optó por fabricar un collarín hecho de platinas, que confinaba la solera superior del panel. El colarín en su extremo fue amarrado a un cable, el otro extremo del cable se conectaba con el gato de preesfuerzo. (foto N° 93-gráfico N° 91)

Como soporte del gato de pre esfuerzo se utilizó la bancada de hormigón con soportes de acero que son usados para pre esforzar elementos de concreto, dichos elementos pueden soportar esfuerzos de empuje de alta magnitud, lo que garantizó el buen funcionamiento del ensayo. (gráfico Na 91)

Del mismo modo se instaló un testigo de deformación, colocado a la altura de la solera superior del panel en el cual se colocó un sistema métrico para poder contabilizar las deformaciones.

Para garantizar el plomo de los paneles, se amarró dos cuerdas al panel, las mismas que eran tensadas a los dos lados del panel por dos ayudantes hasta que el prisma fuera instalado y asegurado. se usó una escalera para poder dar lectura al testigo de desplazamientos del panel, así como para observar los efectos de la carga horizontal en las uniones superiores. (gráfico Nª 91)

Para la comprensión del comportamiento estructural interno del panel ensayado y posterior análisis de los resultados del ensayo, se realizó un diagrama de fuerzas del mismo (gráfico Nº92), se decidió colocar la riostra de tal forma que esta trabaje a compresión.

Capítulo 3: ENSAYOS

GRÁFICO Nº 91 ESQUEMA DE DISEÑO DEL ENSAYO, FUENTE: AUTOR Descripción DE GATA HIDRAULICA BLOQUE HORMIGÓN, APOYO DE GATA 13,059 HIDRAULICA PLATINA 1,56M X 0,15M CABLE DE 7/16 PANEL DE MADERA 2,4M X 1,2M **VIGA** PRETENSADA 1,950 1,05M X 5M ,050 0,607 5,000



DIAGRAMA DE FUERZAS DEL ENSAYO DEL PANEL DE BAHAREQUE CON UNA GRÁFICO Nº 92 Descripción FUERZA HORIZONTAL APLICADA EN LA ESQUINA SUPERIOR **FUERZA GENERADA POR** GATA HIDRÁULICA= F **REACCIÓN SOLERA SUPERIOR=0** Rcx UNIÓN A UNIÓN B Rdy Rcy₩ $\Sigma fx = F-Rcx=0$ Σ fy=-Rcy+Rdy=0 Rdy=+Rcy=2F F=Rcx $\Sigma Mc = -2.4F + 1.2Rdy = 0$ REACCION BIOSTRA-V REACCIÓN PILAR A=2F TRACCIONADO Rdy= (+2.4F)/1.2REACCIÓN PILAR B=0 Rdy=2F $\Sigma fx = -FC = 0$ $\Sigma fx = F-FEx+Fc=0$ FC=0 FEx=F+Fc $\Sigma fy = FB = 0$ Σ fy=-FD+FEy=0 FEx FB=0 FD=FEy FEy FB=0 FD $\Sigma fx = FA-FEx=0$ $\Sigma fx = -Rcx + FA = 0$ FA=Rcx=F FA=FEx=F Rcx $\Sigma fy = FD - Rcy = 0$ Σ fy=Rby-FB-FEy=0 FEx Rdy=FB+FEy FD=RcY=2F Rdy RdY=FEy FD=Rcy=FEy Rdy=2F=Rcy FEy=Rcy UNIÓN C UNIÓN D FEy=2F FEy=2F FD=2F REACCIÓN SOLERA INFERIOR=F $FE = \sqrt{(F)^2 + (2F)^2}$ TRACCIONADO REACCIÓN C X=F Rcy=2F **REACCIÓN D Y=2F** REACCIÓN C Y=2F





FOTO N° 93. EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE PANEL CON TORNILLO 1, FUENTE: AUTOR

3.2.6. RESULTADOS DEL ENSAYO

3.2.6.1.PANEL UNIÓN TORNILLO:

Para la recolección de datos del ensayo se convinó registrar los datos referentes al esfuerzo necesario para el fracaso total de la unión y el desplazamiento unitario de la solera superior a causa de la carga. El primer ensayo se realizó con los 3 prismas unidos con tornillo, se usó codificación T1, T2 y T3 para los 3 prismas. Se registró los siguientes datos.

RESULTADO ENSAYO TO	RESULTADO ENSAYO TORNILLO				
N° ensayo	Deformación	resistencia			
1	22cm	3000 lb			
2	18,3cm	2500 lb			
3	22,4cm	3000 lb			
Resultante	20,9cm	2833,33 lb			

desviacion estandar	288,77

FOTO Nº 93

RESULTADO ENSAYO CON TORNILLO, FUENTE: AUTOR



FOTO N° 94

GRÁFICO DE RESULTADOS DE ENSAYO CON TORNILLO, FUENTE: AUTOR

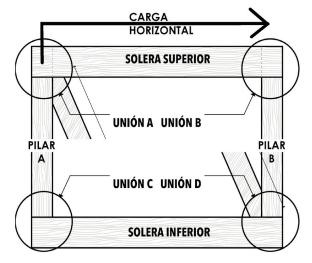


GRÁFICO Nº 95 DETALLE 2D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE : AUTOR

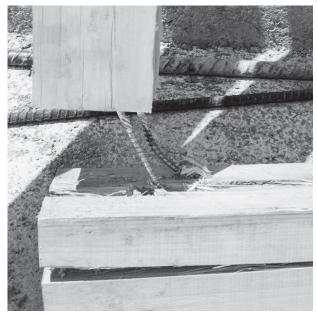


FOTO N° 94. DETALLE DE FALLA EN UNIÓN C DE PRISMA T1, FUENTE: AUTOR



FOTO N $^{\circ}$ 95. DETALLE DE FALLA EN UNIÓN C DE PRISMA T1, FUENTE AUTOR



FOTO N° 96. DETALLE DE FALLA EN UNIÓN C DE PRISMA T1, FUENTE: AUTOR

RESULTADO PANEL T-1: En el panel T-1 la unión A experimentó exigua deformación y trasmitió muy bien los esfuerzos a la unión C (Foto N^a 94) la cual falló con una carga de 3000 lb. Sufriendo la solera superior del panel un desplazamiento de 22 cm.

El tornillo que une la riostra con el pilar en su parte superior no experimentó ningún daño y se mantuvo en posición horizontal.

Los tornillos de la unión C fueron sometidos a esfuerzos de tracción y corte, experimentando deformación y provocando que más del 80% del cuerpo de los mismos sea sustraído de la madera (Foto Na 94-96). Sin embargo, los tornillos no fueron extraídos totalmente sustraídos.

producto de la carga horizontal, se generó un desplazamiento vertical del pilar A de 10cm.

Las cabezas de los tornillos ubicados en la unión C, generaron esfuerzos de aplastamiento en la madera dado el nivel de agarre que lograron estos con la solera inferior. (Foto95) los tornillos fueron arrastrados hacia el interior de la madera del pilar, sin embargo el tornillo mantuvo su empotramiento en la solera inferior.

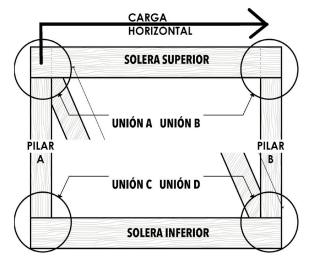


GRÁFICO Nº 96 DETALLE 2D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE : AUTOR



FOTO N° 97. DETALLE DE FALLA EN UNIÓN C DE PRISMA T1, FUENTE: AUTOR



FOTO N° 98. DETALLE DE FALLA EN UNIÓN C DE PRISMA T1, FUENTE: AUTOR



FOTO N° 99. DETALLE TORNILLO ARRASTRADO HACIA DENTRO DE LA MADERA FLIENTE: ALITOR



FOTO N° 100. DETALLE DE FALLA EN UNIÓN C DE PRISMA T1, FUENTE: AUTOR

RESULTADO PANEL T-2: El panel T-2 experimentó una resistencia de 2500 lb. La primera falla se dio en la unión C. Producto de la fuerza, el pilar se inclinó hasta toparse con la placa UPN (foto Nª98) produciéndose un fenómeno de palanca liberando el esfuerzo en la unión C y concentrándolo en la unión A que también llegó a fallar. (foto Nª100)

En la unión C el Pilar A se desplazó 4 cm verticalmente. Los tornillos llegaron a deformarse hasta quedar en posición vertical (foto Nº98) pero se mantuvieron agarrados a la madera con un 50% del tornillo todavía dentro de la solera inferior, las cabezas de los tornillos fueron tiradas hacia adentro de la madera. (foto Nº99)

En la unión A, la solera superior se desplazó verticalmente 3cm y horizontalmente 18,3cm. Los tornillos mantuvieron agarrados al pilar y las cabezas de los mismos generaron aplastamiento en la madera introduciéndose en la solera 5mm; se puede observar la madera desprendida que queda en los tornillos causa del agarre del tornillo. (foto N°100)

La riostra se mantuvo comprimida con la solera superior. En el tornillo de unión de la riostra en la zona superior, los esfuerzos generaron aplastamiento de la madera de la riostra al menos 2 cm.

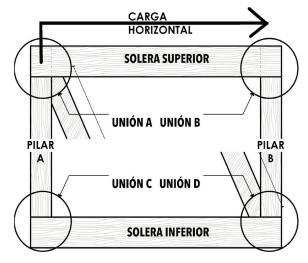


GRÁFICO Nº 97 DETALLE 2D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE : AUTOR



FOTO N° 101. DETALLE DE FALLA EN UNIÓN A DE PRISMA T1, FUENTE: AUTOR

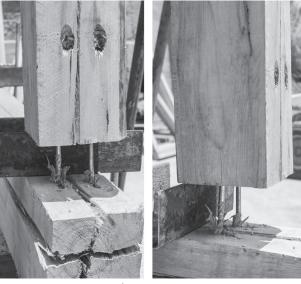


FOTO Nº 102 FALLA EN UNIÓN C DE PRISMA T1, FUENTE: AUTOR



FOTO N° 103 TORNILLOS INCRUSTADOS DENTRO DE LA MADERA EN UNIÓN A: FUENTE : AUTOR



FOTO N° 104. T TORNILLOS INCRUSTADOS DENTRO DE LA MADERA UNIÓN C, FUENTE : AUTOR

RESULTADO PANEL T-3: el panel T-3 se comporta de igual manera que el T-1 experimentando una resistencia de 3000 lb. La primera falla también se da en la unión C. Sin embargo, ahora no se da el fenómeno de palanca del pilar A con la placa UPN, aunque la unión A también llega a fallar (foto 101).

En la unión C, el Pilar A se desplaza 10 cm verticalmente. Los tornillos también se deforman hasta estar en posición vertical pero se mantiene el empotramiento en un 50% con la solera inferior (Foto 102)

Las cabezas de los tornillos de la unión C, también son tiradas hacia adentro pero el desplazamiento vertical es mucho más pronunciado pues los tornillos se hunden dentro del pilar mas profundamente. (Foto 104)

En la unión A, la solera superior se desplaza verticalmente 4cm y horizontalmente 23cm (foto 101).

Los tornillos mantienen su empotramiento en el pilar y las cabezas de los mismos son haladas hacia abajo desplazándose al interior de la solera superior al menos 1cm. (foto 103) el enlace de la riostra no sufre ninguna deformación o desplazamiento.





FOTO N° 105. EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE PANEL CON CLAVO, FUENTE: AUTOR

3.2.6.2.PANEL UNIÓN CLAVO:

En el ensayo de 3 paneles unidos con clavo, registró los siguientes datos.

RESULTADO ENSAYO CLAVO				
N° ensayo	Deformación	Resistencia		
1	22,6cm	2300 lb		
2	12,5cm	2000 lb		
3	24cm	1250 lb		
Resultante	19,7cm	1916,67 lb		

desviacion estandar	540,83

FOTO N° 98 RESULTADO ENSAYO CON CLAVO, FUENTE: AUTOR

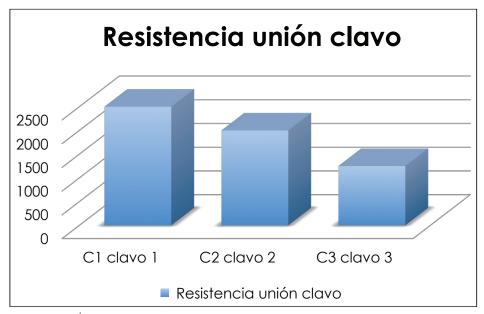
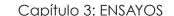


FOTO Nº 99 GRÁFICO DE RESULTADOS DE ENSAYO CON CLAVO, FUENTE: AUTOR





UNIVERSIDAD DE CUENCA

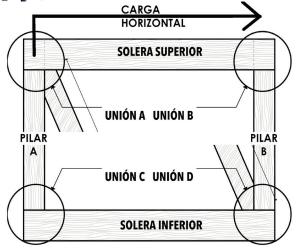


GRÁFICO Nº 100 DETALLE 2D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE :AUTOR



FOTO N° 106. DETALLE DE FALLA DE PRISMA C1, IMAGEN SUPERIOR: UNIÓN A; IMAGEN INFERIOR: UNIÓN C, FUENTE : AUTOR



FOTO N° 107 DETALLE DE FALLA EN UNIÓN C, DE PRISMA C1, FUENTE : AUTOR



FOTO N $^\circ$ 108. DETALLE DE CLAVO UBICADO EN LA UNIÓN DE RIOSTRA CON PILAR, FUENTE: AUTOR



FOTO N° 109, DETALLE DE CLAVO UBICADO EN LA UNIÓN DE RIOSTRA CON PILAR, FUENTE: AUTOR

RESULTADO PANEL C-1: En el panel C-1 la unión A es la que fracasa en su totalidad con una carga de 2300lb. Y un desplazamiento de 22cm de la solera superior. (foto N°106)

La unión C solo experimenta un ligero desplazamiento vertical del pilar A de 1cm. Los clavos no experimentan deformación ni la madera aplastamiento a causa de los mismos. (foto N° 107)

En la unión A, Los clavos son totalmente extirpados del pilar A, anulando totalmente el vinculo entre la solera superiror y el pilar A(foto Nº106), las cabezas de los clavos no sufren ningún tipo de hundimiento en la solera superior(foto Nº108), evidenciando que el clavo experimento muy poco o nulo esfuerzo de rozamiento con la madera.

La riostra en la unión A, experimenta un desplazamiento vertical de 9cm a causa del fracaso de la unión con clavo entre la solera y el pilar A.

la cabeza del clavo que sujeta la riostra o diagonal al pilar A, es arrastrado al interior del pilar por el desplazamiento de la riostra (Foto109) producto de esto, el clavo se deforma tomando una inclinación 45 grados con respecto a su posición original, desvinculándose casi por completo de la riostra.

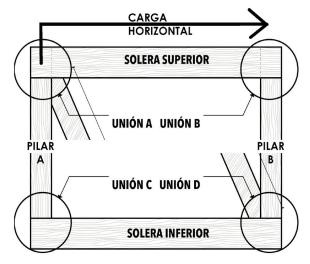


GRÁFICO Nº 72 DETALLE 2D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE :AUTOR



FOTO N° 110. DETALLE DE FALLA DE PRISMA C2, IMAGEN SUPERIOR: UNIÓN A; IMAGEN INFERIOR: UNIÓN C, FUENTE : AUTOR



FOTO N° 111 DETALLE DE FALLA DE PRISMA C2, IMAGEN SUPERIOR:



FOTO Nº 112 DETALLE DE CLAVOS DE UNIÓN C DESPUÉS DEL ENSA-YO, FUENTE: AUTOR



FOTO N° 113. DETALLE DE FALLA DE PRISMA C3, IMAGEN SUPERIOR: UNIÓN A: IMAGEN INFERIOR: UNIÓN C. FUENTE: AUTOR

RESULTADO PANEL C-2: En el panel C-2 la unión C es la que fracasa(fotoN° 111) siendo afectada en menor grado la unión A(foto N°110), estas fallan con una carga de 2000lb. Y se produce un desplazamiento horizontal de 12cm de la solera superior.

Los clavos de la unión C son parcialmente extirpados de la solera inferior y sufren deformación formando un ángulo de 60° (foto N°111) con la horizontal y rajando la madera en dirección paralela sus fibras (Foto112), sus cabezas no experimentan hundimiento en la madera. El pilar A advierte un desplazamiento vertical de 8 cm.

La unión A experimenta un desplazamiento vertical de la solera superior de 2 cm(foto Na110), no se produce hundimiento de las cabezas de los clavos en la madera, la riostra se encuentra comprimida y el clavo que la une con el pilar A no tiene mayor deformación.

RESULTADO PANEL C-3: la unión A, es la que fracasa en su totalidad con una carga de 1300lb. Y un desplazamiento de 24cm de la solera superior(foto N°113). La unión C no sufre alteración. Los clavos de la unión A son totalmente extirpados del pilar A, las cabezas de los clavos no sufren ningún tipo de hundimiento en la solera superior.





FOTO Nº 114. EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE PANEL CON CLAVO, FUENTE: AUTOR

3.2.6.3.PANEL UNIÓN CAJA Y ESPIGA:

En el ensayo de 3 paneles unidos con caja y espiga, registró los siguientes datos.

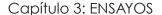
GRAFICO PARA CAJA Y ESPIGA				
N° ensayo	Deformación	resistencia		
1	10.9cm	1400 lb		
2	25cm	1150 lb		
3	21cm	1250 lb		
Resultante	23cm	1266,67 lb		

desviacion estandar	125,83

FOTO N° 73 RESULTADO ENSAYO CON CAJA Y ESPIGA, FUENTE: AUTOR



FOTO Nº 74 GRÁFICO DE RESULTADOS DE ENSAYO CON CAJA Y ESPIGA, FUENTE: AUTOR



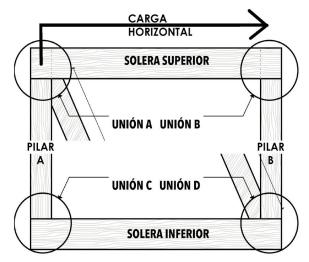


GRÁFICO Nº 75 DETALLE 2D DEL DISEÑO DEL PANEL A ENSAYARSE, FUENTE : AUTOR



FOTO Nº 115. EQUIPO DE TRABAJO DESPUÉS DE HABER REALIZADO



FOTO N° 116. DETALLE DE FALLA DE PRISMA CYA 1,2 Y 3 EN LA UNIÓN A FUENTE : AUTOR



FOTO N° 117. DETALLE DE FALLA DE PRISMA CYA 1,2 Y 3 EN



FOTO Nº 118. DETALLE DE FALLA DE PRISMA CYA 1,2 Y 3 EN LA UNIÓN

RESULTADO PANELES CAJA Y ESPIGA:

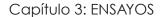
En el caso de este tipo de unión, los tres paneles ensayados tuvieron exactamente la misma respuesta ante la carga horizontal, todos los prismas fallaron en la unión C.

El empotramiento entre la solera superior y el pilar A perteneciente a la unión A se mantuvo siempre enlazado, trasladando los integramente esfuerzos al siguiente nudo(unión C).

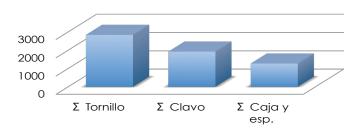
La caja de la unión C fue totalmente removida de la espiga en los tres ensayos, a raíz de la trasmición de carga que existió de la unión A a la unión C. (foto 116-117-118)

El primer panel alcanzo una resistencia a la fuerza horizontal de 1400 libras. Mientras que el segundo y el tercero 1150lb. Y 1250 lb Respectivamente.

En los tres prismas, Las piezas de 5x5x5 que conforman la caja de la unión C, no sufrieron ninguna rotura o daño, simplemente fueron sustraídas de las espiga. Las demás uniones no presentaron ningún tipo de daño.



Promedio de resistencias de los 3 tipos de ensayos



Promedio de resistencias de los 3 tipos de ensayos

FOTO N° 76 PROMEDIO DE RESISTENCIAS DE LOS 3 TIPOS DE ENSAYOS, FUENTE:

3.2.7. CONCLUSIÓN DE LOS ENSAYOS:

Tipo	Deformación	Resistencia	Resultante
tornillo 1	22cm	3000 lb.	Tornillo
tornillo 2	18,3cm	2500 lb.	2833,33 lb.
tornillo 3	22,4cm	3000 lb.	
clavo 1	22,6cm	2500 lb.	clavo
clavo 2	12,5cm	2000 lb.	1916,67 lb.
clavo 3	24cm	1250 lb.	
caja y esp. 1	10.9cm	1400 lb.	
caja y esp. 2	25cm	1150 lb.	caja y esp. 1266,67 lb.
caja y esp. 3	21cm	1250 lb.	1200,07 10.

FOTO N° 77. RESULTADO TOTAL DE ENSAYOS, FUENTE: AUTOR

3.2.7.1. CONCLUSIÓN CAJA Y ESPIGA: Siendo la técnica caja y espiga la que ancestralmente se ha utilizado en las construcciones de bahareque fue imprescindible su ensayo, sin embargo los resultados en comparación con los otros dos tipos de unión fueron bastante pobres.

El empotramiento generado en la unión C a través de la caja y espiga no suministró una resistencia lo suficientemente fuerte como para evitar el desencaje de la pieza. Lo sucedido en la unión C se da sin duda por la dimensión de la espiga, la elección de realizar una espiga de 5 cm de longitud responde al saber empírico de la construcción vernácula que usa este tipo de longitud en sus uniones.

La prueba demostró que el empotramiento de 5cm de la caja y espiga no brinda la penetración necesaria para soportar momentos de importante magnitud. Las estructuras vernáculas se mantienen con dicha unión dado que no se han presentado en ellas cargas importantes de este tipo. Además este patrón de cons-

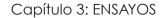






FOTO Nº 119. DETALLE DE UNIÓN CAJA Y ESPIGA REALIZADA EN UNA CONSTRUCCIÓN CON BAHAREQUE EN EL SECTOR RÍO AMARILLO, CUENCA, FUENTE: AUTOR

trucción trabaja monolíticamente entre todos sus elementos que actúan solidariamente entre ellos, sin embargo en caso de sismo los resultados pueden ser preocupantes.

Para mejorar la resistencia de este tipo de unión se debería aumentar al máximo la longitud de la espiga para con esto garantizar una mejor respuesta a los esfuerzos de momento generados por la fuerza horizontal, además de los esfuerzos de cortante que podrían presentarse.

Sería recomendable profundizar en el estudio de este tipo de unión y realizar nuevos ensayos en las mismas condiciones que el efectuado en esta investigación pero con las mejoras aquí aconsejadas o las que se consideren pertinentes dado que este tipo de enlace sin duda puede ser perfeccionado.

3.2.7.2.CONCLUSIÓN UNIÓN CON CLAVO: El panel ensamblado con clavos de 8 pulgadas tuvo una mejor respuesta que el de caja y espiga, sin embargo al final los clavos no fueron capases de mantener la cohesión de las piezas y fueron totalmente extraídos de la madera.

La NORMA COLOMBIANA es explicita en citar: Las uniones clavadas se reservan para solicitaciones relativamente bajas; su límite de utilización está determinado por el requerimiento de un número excesivo de clavos, incompatible con el tamaño de la unión y con la posibilidad de generar rajaduras en la madera debido a su cercanía...¹⁴

Dos de los tres paneles fallaron en la unión A, siendo los clavos totalmente substraídos de la madera. Este tipo de comportamiento responde a la textura lisa del clavo que no ofrece resistencia al momento de presentarse una tensión que hale hacia fuera el elemento.

¹⁴ V.V.A.A. La norma colombiana E-NSR-10, Título E, casa de uno o dos pisos, Ministerio del ambiente y desarrollo social, Bogotá, 1997, pp. E.31

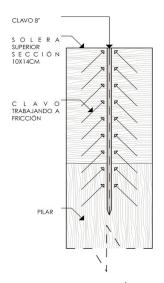


FOTO Nº 95. CLAVO TRABAJANDO A FRICCIÓN, FUENTE: AUTOR

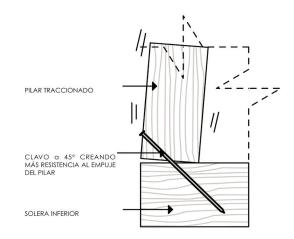


FOTO N° 96 CLAVO A 45° CON MEJOR RESISTENCIA QUE EL COLOCADO A 90°. FUENTE: AUTOR

Cuando el clavo ingresa a la madera lo hace comprimiendo las fibras de esta, las mismas que responden ejerciendo presión en el cuerpo extraño. Siendo así, la adherencia del clavo en la madera se basa principalmente por su capacidad de rozamiento o fricción la cual mejora sustancialmente mientras más estriada sea su superficie. El clavo también puede producir rajaduras en la madera.

En este caso la unión A, cuya disposición de los clavos era totalmente vertical, no pudo trasmitir los esfuerzos a la unión C ya que la reacción de rozamiento no fue capaz de sostener la carga y fracasó.

La posición de los clavos de la unión C también pudo haber contribuido a que la unión A sea la primera en fallar, ya que estos fueron colocados a 45° con la horizontal y en dirección contraria a la de la fuerza logrando que las fuerzas componentes resultantes horizontal y vertical pudieran distribuirse de mejor forma y brinden mas resistencia.

En la arquitectura vernácula el clavo solo es utilizado para las uniones de menor importancia como los pilarejos y las riostras, las uniones entre pilares y soleras siempre son realizadas con la técnica de la caja y espiga. Dado estos resultados resultaría conveniente combinar estos dos tipos de unión que podrían reforzarse mutuamente en las uniones que como ya se a demostrado tienen inconvenientes al momento de un esfuerzo horizontal.

La unión A del panel caja y espiga funcionó correctamente al igual que la unión C de el enlace con clavo, por lo que enlace caja y espiga en la unión C podría ser optimizado si es que también se aplicaran los 2 clavos en la disposición utilizada en el segundo tipo de ensayo. Del mismo modo, la unión de clavo de la unión A podría responder de mejor forma si es que se usara el enlace caja y espiga de 5cm.





FOTO Nº 120 TORNILLO RHOTOBLASS, TECNOLOGÍA AUTOPERFORANTE Y CABEZA CÓNICA FUENTE: AUTOR

3.2.7.3. CONCLUCIÓN UNIÓN CON TORNILLO:

El panel ensamblado con tornillos fue el que consiguió la mejor respuesta ante la carga horizontal, estas uniones nunca fueron totalmente desarticuladas y resistieron hasta un 53,15% más que el enlace con clavo y un 123,68% más que la unión caja y espiga.

Los tornillos RhotoBlass, con los que fueron ensayados los paneles, han sido diseñados para madera y por tanto llevan una tecnología mucho mayor a la de un tornillo común, dado que posee cabeza cónica, punta autoperforante, fresa a fin de rosca, galvanizado.

Este tipo de tornillos ha sido testeados y cumplen con las normas de construcción vigentes en toda Europa, el mismo catálogo de los tornillos usados menciona

"Los controles de calidad se efectúan de manera sistemática para cada lote de producción y prevén ensayos y pruebas adecuadas para determinar la conformidad del producto a los requisitos geométricos y mecánicos previstos por las normativas y los estándares de producción. Estos controles se efectúan directa-mente en el ámbito de la empresa; a veces se recurre a labo-ratorios externos (como por ejemplo la Universidad de Trento). Para los tornillos ha sido creado expresamente un procedimien- to de control de calidad conforme a la norma EN 14592."¹⁵

Del mismo modo, este producto posee certificaciones como: Certificado de homologación Zulassung nr.9.1.-xxx, Expedido por el Deutsches Institud fur bautechnik, Berlin ALemenia, Certificado de COnformidad con la norma DIN xxx(Norma alemana, Certificado de prueba expedido por la Universidad de Treno, Italia¹⁶

¹⁵ V.V.A.A., Rothofixing, Carpintería de Madera, catalogo 2011-2012, Madrid, 2011, pp8

¹⁶ ib. pp16

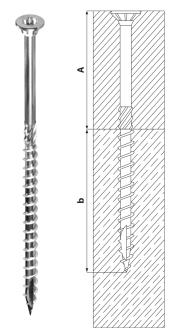


GRÁFICO Nº 97. DETALLE TORNILLO ROTHO BLAAS INCRUSTADO EN UNIÓN DE MADERAS, FUENTE: V,V,A,A, ROTHO FIXING, ROTHOBLAS, CORTACCIA, 2012, PP23

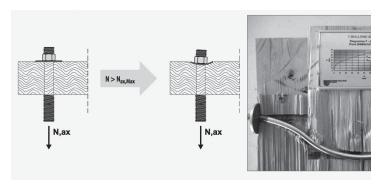


GRÁFICO Nº 98. DETALLE TORNILLO ROTHO BLAAS INCRUSTADO EN UNIÓN DE MADERAS, FUENTE: ,V,V,A,A, ROTHO FIXING, ROTHOBLAS, CORTACCIA, 2012, PP57

El nivel de cohesión logrado por los tornillos fue mucho más satisfactorio, las uniones pudieron trasmitir solidariamente las cargas hacia las demás para un mejor trabajo integral del panel.

Los tres paneles ensayados fallaron de la misma manera, la trasmisión de carga de la unión A hacia la unión C fue perfecta, siendo la unión C en donde se concentra la primera falla.

El comportamiento de estas uniones es muy interesante dado que llega un momento en el fallo en que el agarre del tornillo en la madera ya no sede ante la carga y procede a trasmitir la misma al siguiente enlace.

Otro aspecto importante que se pudo apreciar en la unión con tornillo lleva a fallar incluso por la falta de resistencia de las fibra de la madera que a cierta carga ya no resiste la tracción ejercida por el tornillo y se fractura siendo arrastrada hacia fuera.

A raíz del agarre que llega a tener el tornillo con la madera, se generó el fenómeno de aplastamiento de la madera; dado que al no ceder, el tornillo fue arrastrado dentro de la madera y la cabeza del mismo fue comprimiendo y rajando las fibras.

Para mejorar este tipo de comportamiento, existen arandelas propias de este tipo de tornillos que aumentan la sección de la cabeza de los mismos, evitando que sean arrastrados como indica el gráfico Na 98 lo que mejorará la respuesta de las uniones.

Capítulo 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación ha podido responder positivamente a la premisa con la que fue concebida, que es lograr que la construcción con bahareque pueda ser considerada como una elección coherente en el contexto constructivo actual, bajo parámetros concretos que responden a prácticas idóneas de su construcción.

El análisis de las 5 estructuras tuvo interesantes resultados dado la diversidad de los casos, la investigación arrojo respuestas puntuales a las patologías más comunes de este tipo de construcciones, consolidando este trabajo como un manual adecuado para comprender mejor el comportamiento del bahareque, sus materiales y las principales agentes de deterioro del mismo, así como las pautas para ejecutar una arquitectura en bahareque que garantice en gran medida la inmunidad de la edificación contra los agentes que causan su deterioro.

La estructuración de estudio que se propuso en la ficha de patologías generadas desde el estudio de Angelis D'ossat Guglielmo permitió analizar cada uno de los elementos que componen el bahareque de forma particular y profunda, solventando los problemas generados puntualmente.

La decosntrucción de las partes del bahareque y las causas de deterioro fue una herramienta fundamental para consolidar de forma sistemática y eficiente las patologías y poder exponer de forma ordenada y coherente las técnicas más adecuadas para solventar los problemas que estas causan.

EL fichaje expuso de forma contundente que el mayor depredador de las construcciones de bahareque, es el agua, sea causada por la lluvia, nivel freático, humedad, vapor, etc puede ser la causante del colapso total de una estructura de estas características,



siendo los principales focos de infección el techo y los cimientos dado que es por donde se suele filtrar el agua para contaminar las estructuras de madera hasta llevarlas a su total pudrición y colapso. Los métodos de revoque también se vuelven fundamentales para la protección de los muros ante la lluvia.

El segundo aspecto que más influyo en el deterioro de las estructuras y que esta totalmente vinculado a la humedad, fue el ataque de los hongos e insectos xilófagos, si bien la humedad fue causa directa de derrocamiento de las estructuras, la pudrición de la estructura portante causada por estos agente dió como consecuencia el colapso varias zonas de las edificaciones.

También se pudo evidenciar como una constante, el desprendimiento de los revestimientos de los muros a causa de las inclemencias del clima (lluvia, viento, cambios de temperatura) que sin duda también contribuyo en el detrimento de las estructuras portantes dado que el revoque es el que las protege de la humedad y de depredadores de la madera.

EL fichaje tuvo un buen resultado, ya que pudo exponer de forma clara y categórica las causas y efectos de cada deterioro generado en la edificación. Del mismo modo, se determino las patologías más recurrentes y sus posibles causas, se logró establecer los principales defectos en cuanto a sistema constructivo y tipo de materiales utilizado en este tipo de técnica.

El fichaje realizado y análisis cuantitativo como cualitativo de las construcciones, permitió plantear soluciones coherentes a partir de la normativa Peruana, Colombiana, la bibliografía referente al tema y el now how de los constructores tradicionales y de los profesionales de trayectoria a los que se consultó.

La investigación de las edificaciones evidenció que los daños que estas habían sufrido hubieran sido fácilmente reparados, pero al



no serlo degeneraron en daños irreversibles que devinieron en el colapso de varias zonas de las edificaciones, este particular expone de forma contundente que en este tipo de construcción es muy importante el mantenimiento periódico de las edificaciones para lograr un optimo rendimiento de las mismas a largo plazo.

La arquitectura en tierra tiene la particularidad de ser muy versátil en cuanto a la combinación de técnicas constructivas como el bahareque, el adobe y el tapial en una misma construcción. El análisis de estructuras mixtas como el caso de la Quinta Bolívar y Casa Quingeo, y Vivienda Rural 2, cuya estructura se componía de varios métodos constructivos y materiales, contribuyo a la comprensión del funcionamiento holístico de la estructura.

EL análisis de la fusión de distintas técnicas y materiales, su comportamiento en conjunto, su geometría en planta y elevación dio oportunidad de desarrollar un análisis enriquecedor que permitió exponer de forma clara el comportamiento sísmico que pueden tener estas estructuras y como puede influir el cambio de rigideces de los materiales, lo que a su vez permitió exponer la correcta concepción de diseño para una arquitectura anti sísmica en tierra.

Consolidando estos elementos, El trabajo expuso que la técnica y los materiales que conforman el bahareque pueden lograr una durabilidad importante si se aplican los procesos de construcción indicados de forma adecuada y utilizando los tratamientos necesarios para la optimización del material.

Enmarcándose ha las recomendaciones que se dan en esta investigación, una construcción de bahareque garantizará una durabilidad tan efectiva como la que han experimentado las construcciones del casco histórico de la ciudad de Cuenca que hasta el día de hoy se encuentran en condiciones estables datando con más de 200 años de antigüedad.



En síntesis, un correcto diseño de cimientos, cubierta y aleros serán determinantes al momento de juzgar positivamente o negativamente la durabilidad de la construcción de tierra con respecto a las técnicas actuales.

Del mismo modo, las construcciones en bahareque que se hagan en la actualidad pueden ser tan o más eficientes en su durabilidad, sustentabilidad, y costos con respecto a las construcciones con materiales actuales, ya que estas pueden durar dos, tres o cuatro generaciones sin mayor problema y terminado su ciclo de uso, simplemente vuelven a ser tierra fértil o ser reutilizadas para una nueva construcción.

A la par de esta investigación, se consideraría importante ahondar con nuevas investigaciones, temas que enfoquen y propongan nuevas posibilidades con respecto a los siguientes aspectos referentes al bahareque:

- -Ensayo de empañetes con fibras nativas de nuestro medio y que igualen o mejoren los niveles de retracción que se logran con el material paja.
- -Estudio comparativo del gasto energético que tiene una construcción de bahareque vs una construcción con materiales actuales.
- -Estudio comparativo por precios unitarios del costo que tiene una construcción de bahareque vs una construcción con materiales actuales.

La experiencia con los ensayos de campo también arrojo resultados interesantes, Primeramente se intervino en los ensayos de soportes para los revoques. Realizando las pruebas se pudo constatar la paridad de los soportes y la poca trascendencia de ellos en el comportamiento del barro dado que todos tuvieron comportamiento muy similar en cuanto a la retracción y adhesión al soporte.



Sin embargo, la prueba demostró que los soportes, siempre que tengan una superficie rugosa, pueden llegar a ser de lo más variados sin llegar a comprometer la resistencia, retracción o adherencia del revoque, siendo el límite del tipo de soporte la creatividad del constructor en función de la mejora de rendimientos y de costos de material.

El ensayo de uniones paneles de madera ante una fuerza horizonal, entregó resultados muy interesantes, al contrastar uniones de diferente talante, como la tradicional caja y espiga, la unión con clavo que ha tenido ya un largo camino en cuanto a ensayos, y la novedosa unión con tornillo que se ha empezado a abrir camino en este tipo de construcción.

La consecución de los ensayos de uniones de paneles ante una fuerza horizontal no pudo regirse a una normativa especifica dada la escaces de normativa con respecto ensayos en bahareque, por lo que el ensayo se realizó en fusión de la Norma colombiana E-NRS-10 referente a mampostería estructural, la cual determina un ensayo de murete de mampostería expuesto a una fuerza horizontal c. Aunque no se pudo replicar en su exactitud dado lo disimil de los dos paneles fue una guía adecuada para el ensayo.

La falta de laboratorios especializados en la universidad fue un aspecto determinante a la hora de realizar el ensayo, la falta de maquinaria, como en este caso una bomba hidráulica que pudiese ejercer fuerzas horizontales, fue un gran obstáculo.

La ausencia de equipo, obligo a buscar apoyo en empresas particulares o instituciones que tuviesen maquinaria que pudiera de alguna forma solventar las condiciones necesarias para los ensayos, en este caso fue la empresa RFV cuyo representante, el Ing. Raúl Carrasco facilitó las instalaciones para la consecución del ensayo.



Los resultados de los ensayos concluyeron en que la unión con tornillos fue por mucho la más eficaz, siendo la que mejor trasmitió los esfuerzos y mayor resistencia obtuvo, la eficacia de la unión fue muy interesante ya que incluso la madera fallo primero que el tornillo al ser esta la que se fracturara y permitiera la salida del tornillo. De este comportamiento se pudo concluir que a mayor resistencia de la madera que se vaya a utilizar mayor será la eficacia que tenga el tornillo.

Se pudo evidenciar que las uniones mas propensas a fallar son las que se encuentran ubicadas en la solera inferior, dado que en ellas es donde se concentra el esfuerzo, siendo así se debe procurar reforzar estas áreas siendo una opción aumentar el numero de elementos de unión en este caso tornillos.

La falta de respuesta al rozamiento que tuvieron los clavos deja claro, como citan las normas, que estos deben ser usados de forma secundaria ya que pueden ser un buen apoyo pero no logran llegar a resistencias adecuadas. Se debe pensar métodos o diseños optimicen la rugosidad de la superficie de estos para dar mayor capacidad de rozamiento, este criterio podría ser la base de una investigación.

La falta de longitud en la espiga de las uniones ensayadas con la técnica caja y espiga fue la causa fundamental de su pobre comportamiento ante la carga horizontal, dejando al descubierto que las dimensiones empíricas utilizadas para la caja y espiga en la construcción vernácula pueden requerir mayor dimensionamiento para mejorar su comportamiento estructural, como hipótesis la espiga debería por lo menos traspasar los dos tercios del alto de la solera para poder lograr un enlace que resista adecuadamente los esfuerzos horizontales, dicho postulado queda expuesto para que otras investigaciones desarrollen el tema.



Una respuesta interesante para usar las uniones de clavo como caja y espiga, podría ser combinándolas, esperando que estas pudiesen mutuamente solventar sus deficiencias y mejorar su rendimiento ante carga horizontal.

La construcción de la estructura de bahareque con uniones realizadas por tornillo, por suposición, puede ser un poco mas costosa, sin embargo el costo beneficio compensa la inversión. Ademas el montaje con tornillo es mucho mas eficiente dado que el tornillo usado en esta investigación posee características particulares como su tecnología autoperforante y cabeza cónica que repercuten directamente en eficiencia.

Se debe enfatizar que al ser tan extenso el tema de la optimización de la técnica del bahareque, el protocolo de tesis puntualizó los aspectos a los que se referiría la investigación con respecto a la durabilidad y en ese encuadre cumplió sus objetivos a cabalidad.

El estudio del mejoramiento de la durabilidad del bahareque es demasiado basto para poder abarcarlo en una tesis de posgrado, existen demasiadas variables sobre el tema que pueden ser profundizadas, por la extensión del tema deberían derivarse más bien a una tesis doctoral.



BIBLIOGRAFÍA:

Abruña, F., Materiales Y Procedimientos De Construcción, Futures Conceptions Ltd, Puerto Rico, 1989.

Anink, D., Boonstra, C., Y Mak, J.: Handbook Of Sustainable Building. An Environmental Preference Method For Selection Of Materials For Use In Construction And Refurbishment, Londres, 1996

Calderón Alfonso, Saraguro Huasi La Casa En La "Tierra Del Maíz", Banco Central Del Ecuador, Quito, 1985.

Carazas Wilfredo, Rovero Alba, Bahareque, Guía De Construcción Parasismica, Craterre, Villefontaine, 2002.

Craterre, P. Doat, A. Hays, H. Houben, S. Matuk, F. Vitoux, Construir Con Tierra Tomo II, Fondo Rotatorio Editorial Tecnología Apropiada Y Participación Comunitaria Enda America Latina Fe De Vivienda Dimen-Cion Educativa,, Bogotá, 1990.

Guerrero B. Luis Fernando, Arquitectura De Tierra, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapot-Zalco, Mexico, 1994.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (Inec) -Censo De Población Y Vivienda (Cpv-2001)

Minke Gernot, Manual De Construcción En Tierra, La Tierra Como Material De Construcción Y Su Aplicación En La Arquitectura Actual, Nordan Comunidad, Uruguay, 2001.

Gonzalo Vanesa, Morteros De Barro Estabilizados Con Fibras De Paja, Esparto Y Sigsal Para Su Uso Como Revestimientos, Universidad Politécnica De Madrid Escuela Universitaria De Arquitectura Técnica, Madrid, 2012.

Domínguez Manuel, . Fueyo José G, Henares José L. Y Cabezas José A., Procedimientos De Ensayo Para Conexiones Tipo Clavija En Estructuras De Madera, Departamento De Ingeniería Mecánica, Univer-Sidad De Salamanca, Salamanca, Inf. Tecnol. Vol.25 No.3 La Serena 2014.

The Technical Staff, Adobe Conservation A Preservation Handbook, Sunstone Press, Santa Fé, 2006.

Arango Johnson Alberto, Secado De La Madera, Centro Nacional De La Madera Sena, Medellin, 1998.

Cardona Omar, Manual De Evacuación Y Rehabilitación Sismo Resistente En Viviendas De Bahareque Tradicional, Presidencia De La República De Colombia. S/C, S/F.



Comité Ejecutivo De La Norma Ecuatoriana De La Construcción, Norma Ecuatoriana De La Construcción Nec-11 Capítulo 7 Construcción En Madera, Ministerio De Desarrollo Urbano Y Vivienda Miduvi, Quito, Decreto Ejecutivo Nº 705 Del 06 De Abril Del 2011.

De Angelis D'ossat Guglielmo, Guide to the methodical study of monuments an causes of the deterioration, Faculty of Architecture University of Rome ICCROM, Roma, 1982

Remancha Gete Andrés, Degradación De La Madera Por Los Organismos Xilófagos Vegetales, Universidad Politécnica De Madrid, Madrid, S/F.

Siza Simbaña Juan Carlos, Martínez Escobar Jorge Esteban, Propiedades Físico-Mecánicas Del Eucalipto Y Aplicación Al Diseño Estructural De Una Vivienda Parte De Una Granja Integral, Ubicada En El Iasa I, Escuela Politécnica Del Ejercito, Sangolquí, Marzo 2009

V.V.A.A., Tecnología De Tierra Y Su Aplicación En La ConstrucCión De Espacios Educativos: Curso De Conescal, A.C. México, D.F., Front Cover, 1982.

Viñuales Graciela María, Restauración De Arquitectura En Tierra, Cedodal, Buenos Aires, 2009.

V.V.A.A. Manual Para Autoconstructores Laká Uta, Asentamientos Humanos Sostenibles En El Antiplano Ahsa, La Paz, 2001.

V.V.A.A., Manual Del Grupo Andino Para La Preservación De La Madera, Junta Del Acuerdo De Cartagena, Lima, 1988.

V.V.A.A. Manual: La Construcción De Viviendas En Madera, Corporación Chilena De La Madera, Santiago De Chile, S/F.

V.V.A.A., Manual De Diseño Para Maderas Del Grupo Andino, Junta Del Acuerdo De Cartagena, Lima, 1984.

Zalamea León Esteban Felipe, Mampostería Post-Tensada: Una Alternativa Constructiva Para Ecuador, Tesis Previa A La Obtención De Magister En Construcciones (Msc), Universidad De Cuenca, Julio 2012.

V.V.A.A., Norma Técnica E. 100 Bambú, Perú Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima, 2012.

V.V.A.A., Norma Ecuatoriana de la Construcción, sección viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Quito, 2014.

V.V.A.A., Norma Técnica E. 010 Madera, Perú Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima. 2012



V.V.A.A. Norma colombiana E-NSR-10, Título E, casa de uno o dos pisos, Ministerio del ambiente y desarrollo social, Bogotá, 1997.

V.V.A.A. Norma colombiana E-NSR-10, Título G, estructuras de madera y estructuras de guadua, Ministerio del ambiente y desarrollo social, Bogotá, 1997.

V.V.A.A. Norma colombiana E-NSR-10, Título G, estructuras de madera y estructuras de guadua, Ministerio del ambiente y desarrollo social, Bogotá, 1997.



ANEXO 1

GLOSARIO DE TÉRMINOS



GLOSARIO:

CASEÍNA: Especie de coagulo, plasma que sale de los productos lácteos

CAJA Y ESPIGA: se refiere a la unión entre dos maderas que se forma a través de un orificio realizado en la una pieza y una estaquilla desbastada en el extremo de la otra pieza que será incrustada en el orificio.

CELULOSA: La Celulosa es la principal componente de las paredes celulares de los árboles y otras plantas. Es una fibra vegetal que al ser observada en el microscopio es similar a un cabello humano, cuya longitud y espesor varía según el tipo de árbol o planta

CREOSOTA: compuesto químico derivado del fraccionamiento de alquitranes procedentes de la destilación de carbones grasos (hulla) preferentemente a temperaturas comprendidas entre 900 y 1200 °C. El fraccionamiento mencionado se realiza entre 180 y 400 °C. La norma IRAM 9512 la define así: "Producto que consiste en una mezcla de compuestos destilados del alquitrán de hulla, libre de cualquier mezcla de aceite de petróleo o de aceites no derivados del alquitrán de hulla

CRUJÍA: espacio comprendido entre dos muros de carga, dos alineamientos de pilares (pórticos), o entre un muro y los pilares alineados contiguos.

CRUZ DE SAN ANDRÉS: tipo de riostra en forma de X

CUMBRERO: elemento de remate de una cubierta

DIAGONAL O RIOSTRA: elemento rigidizador de la estructura que triangula las estructuras para hacerlas indeformables.

EMBUTIDO: Material que es depositado dentro de la estructura de bahareque y que le da cuerpo al muro.

ENCHAGLLADO DE BARRO: soporte donde descansan las tejas, esta compuesto de carrizo y barro, y se lo coloca sobre las correas de la cubierta.

JAMBAS: elemento vertical que confina las caras laterales del vano de una puerta

MONTERILLAS: elementos de remate superior de una columna que ayudan a evitar los esfuerzos puntuales en la viga.

MURO DE CORTE: muro constituido por un entramado de pie derechos, solera superior e inferior, riostras y rigidizadores intermedios.



NIVEL FREÁTICO: nivel de agua que posee un terreno

NOQUE: Deposito donde se bate y deja podrir el barro que se usará para los revoques.

LIGNINA: Sustancia natural que forma parte de la pared celular de la madera, a la cual da dureza y resistencia.

PAR: elemento estructural de una cubierta que va desde el cumbrero al remate de las paredes.

PENDOLÓN: elemento de una sercha que une el cumbrero con el tirante.

PILAREJOS: elemento vertical de madera que se encarga de ser el soporte del carrizo en los paneles de bahareque.

PIEDRAS BASAS: piedra que se coloca en la parte inferior de los pilares o columnas de madera y que se encarga de transportar las cargas de una columna al suelo.

PRISMA: ensamble de piezas de mampostería con mortero de pega inyectadas o no de mortero de relleno usado como espécimen de ensayo para determinar las propiedades de la mampostería

QUINCHA: modo de llamar al bahareque en otros países de sudamerica bahareque

REVOQUE: elemento encargado de recubrir y proteger una pared.

SISCO: soporte de revoque usado en paredes de tierra, consiste en colocar tejas rotas incrustadas en el muro de tierra de tal forma que ayuden al mortero a ganar adherencia en el muro

SOLERA: elemento de madera que sirve de remate superior e inferior de un muro de tierra.

SOBRECIMIENTO: elemento que se encuentra sobre el nivel del terreno que se coloca sobre el cimiento y que sirve de amarre y protección de los muros

TIRANTE: elemento que une los pares opuestos.

XILÓFAGOS: organismos que se alimentan de la lignina y celulosa presente en la madera, pueden ser insectos u hongos.