

prefabricados estructurales cerámicos

para cubierta en la ciudad de Cuenca

Universidad de Cuenca - Facultad de Arquitectura y Urbanismo Cuenca - Ecuador 2016. Director: Msc. Arq. Juan Pablo Astudillo Cordero. Autoras: Nataly Lorena Cordero Durán y Andrea Francisca Orellana Lliguaipuma.

RESUMEN

A lo largo de la historia, el hombre ha buscado protegerse de las inclemencias del tiempo y ha ido desarrollando diferentes sistemas constructivos y materiales para cubrir sus espacios. En este proceso los productos cerámicos juegan un papel muy importante, ya que marcan un antes y un después en la construcción de las civilizaciones. El presente trabajo busca conocer a fondo las materiales, procesos y desarrollo de las piezas cerámicas a nivel mundial y local con el fin de poder utilizarlas de forma estructural para el armado de cubiertas.

Este trabajo plantea un sistema constructivo de fácil puesta en obra y buena resistencia, que cumpla con los requerimientos necesarios de una cubierta y utilizando materiales tradicionales que identifican a la construcción cuencana. Para esto, se parte del diseño de una pieza cerámica que forma parte de un sistema de cubierta a dos aguas. Se realizan análisis y estudios para comprobar la eficiencia funcional, estructural, energética, económica y social del sistema.

Palabras clave: cubierta, piezas estructurales, piezas cerámicas, teja, ladrillo

ABSTRACT

Over the course of history, men has sought to protect themselves from the inclemencies of weather developing a variety of constructive systems and materials to cover their spaces. Ceramic products played a very important role in this process by marking the before and after in the construction of civilizations. This document presents a study of materials, processes and development of ceramic pieces with a local and global view as a tool for structural construction of covers assembly.

This work introduces a resistant and easy-to-build constructive system for a cover that meets the functional and aesthetic requirements using traditional materials from constructions of Cuenca by using the design of a ceramic piece as a part of a system gable roof. Analysis and studies were carried out to verify the functional, structural, ecological, economical and social efficiency of the system.

Key words: roof, structural pieces, clay pieces, tile, brick

INTRODUCCIÓN

Objetivos	13
Marco teórico	14
Problematización	16
Metodología	17
Bibliografía y fuentes fotográficas	19

CAPITULO I ANÁLISIS DE LA CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS EN CUENCA

1.1	Definición de cubierta	23
1.2	Características y condiciones que debe cumplir una cubierta	24
1.3	Partes de la cubierta	26
1.4	Clasificación de cubiertas	28
1.5	Materiales usados en cubiertas en Cuenca	32
	1.5.1 Ciclo de vida de los materiales	37
	1.5.2 Análisis de huella de carbono de los materiales.....	38
	1.5.3 Análisis de eficiencia energética de los materiales.....	40
	1.5.4 Análisis de eficiencia económica de los materiales.....	42
	1.5.5 Análisis de eficiencia estructural de los materiales.....	44
	1.5.6 Análisis de eficiencia social de los materiales.....	44
1.6	Sistemas constructivos usados en cubiertas en la ciudad de Cuenca	46
	Conclusiones	51
	Bibliografía	52
	Fuentes fotográficas	53

CAPITULO II PRODUCTOS CERÁMICOS EN EL MUNDO

2.1	Definición de producto cerámico	57
2.2	Proceso de elaboración de productos cerámicos.....	58
	2.2.1 Proceso de producción artesanal.....	60
	2.2.2 Proceso de producción semi-industrial.....	62
	2.2.3 Proceso de producción industrial.....	64
2.3	Propiedades de los productos cerámicos.....	66
2.4	Catálogo cronológico de principales productos cerámicos existentes en el mundo.....	68
2.5	Análisis de casos de piezas cerámicas	74
	2.5.1 Piezas cerámicas auto-portantes.....	74
	2.5.2 Piezas cerámicas con refuerzo.....	76
	Conclusiones.....	79
	Bibliografía.....	80
	Fuentes fotográficas.....	81

CAPITULO III PRODUCTOS CERÁMICOS EN CUENCA

3.1	Generalidades.....	85
3.2	Fuentes de materia prima que abastecen a los productores de cerámica.....	88
3.3	Principales zonas de abastecimiento de productos cerámicos para la ciudad de Cuenca.....	90
	3.3.1 Localización de ladrilleras en el cantón Cuenca.....	91
	3.3.2 Localización de ladrilleras en el cantón San José de Balzay.....	92
	3.3.3 Localización de ladrilleras en el cantón Sinincay.....	93
3.4	Proceso de elaboración de piezas cerámicas en Cuenca.....	94
	3.4.1 Proceso de producción artesanal.....	96
	3.4.2 Proceso de producción semi-industrial.....	98
	3.4.3 Proceso de producción industrial.....	100
3.5	Propiedades y aplicaciones de las piezas cerámicas realizadas en Cuenca.....	102
	3.5.1 Clasificación de piezas cerámicas.....	104
3.6	Catálogo de los principales productos cerámicos existentes en la ciudad de Cuenca.....	106
	Conclusiones	117
	Bibliografía.....	118
	Fuentes fotográficas	119

CAPITULO IV REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS EN CUENCA

4.1	Generalidades.....	123
4.2	Necesidades de las cubiertas inclinadas.....	124
4.3	Protección contra el agua: Impermeabilización.....	126
4.4	Protección contra el viento.....	130
	4.4.1 Estructura.....	130
	4.4.2 Soporte.....	132
	4.4.3 Recubrimiento.....	134
4.5	Aislamiento acústico y térmico.....	138
	4.5.1 Soluciones térmicas.....	138
	4.5.2 Soluciones acústicas.....	139
	4.5.3 Conductividad térmica y absorción acústica.....	140
4.6	Mantenimiento, puesta en obra y facilidad de transporte.....	142
	Conclusiones.....	145
	Bibliografía.....	146
	Fuentes fotográficas.....	147

CAPITULO V PROPUESTA

5.1	Generalidades.....	151
5.2	Descripción de la propuesta.....	152
5.3	Diseño funcional.....	154
	5.3.1 Morfología.....	160
	5.3.2 Ensamblajes.....	162
	5.3.3 Impermeabilización.....	164
	5.3.4 Aislamiento.....	166
	5.3.5 Experimentación con el prototipo.....	167
	5.3.5.1 Prototipo longitudinal.....	168
	5.3.5.2 Prototipo de yeso.....	170
	5.3.5.3 Prototipo de arcilla.....	172
5.4	Diseño estructural.....	174
	5.4.1 Análisis estructural de cubierta.....	176
	5.4.2 Análisis tensional de la pieza.....	178
	5.4.3 Soporte de piezas cerámicas.....	180
5.5	Pruebas de laboratorio.....	182
	5.5.1 Análisis granulométrico.....	182
	5.5.2 Ensayos de absorción de humedad.....	184
	5.5.3 Ensayos de resistencia a la compresión.....	186
	5.5.4 Ensayos de resistencia a la flexión.....	190
	5.5.5 Ensayos de resistencia de diferentes materiales.....	192
5.6	Comportamiento térmico y acústico.....	194
5.7	Rendimiento de materiales.....	196
5.8	Análisis de costos.....	198
5.9	Elaboración del prototipo.....	204
5.10	Manual de construcción.....	208
	Conclusiones.....	211
	Bibliografía.....	212
	Fuentes fotográficas.....	214

CONCLUSIONES

Beneficios.....	219
Impactos.....	219
Diseño y construcción.....	219
Económico.....	220
Social y cultural.....	220
Líneas futuras de investigación.....	220
Recomendaciones.....	221
ANEXOS.....	225



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Nataly Lorena Cordero Durán, autora de la tesis "Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta 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 Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 19 de Febrero del 2016



Nataly Lorena Cordero Durán
C.I.: 0106653637



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Andrea Francisca Orellana Lliguaipuma, autora de la tesis "Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta 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 Arquitecta. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora.

Cuenca, 19 de Febrero del 2016



Andrea Francisca Orellana Lliguaipuma
C.I.: 0105047914



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Nataly Lorena Cordero Durán, autora de la tesis “Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta en la ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de Febrero del 2016

Nataly Lorena Cordero Durán
C.I: 0106653637

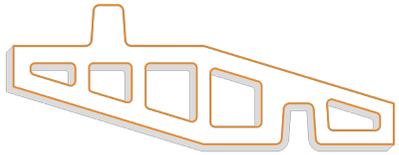


Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Andrea Francisca Orellana Lliguaipuma, autora de la tesis “Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta en la ciudad de Cuenca”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 19 de Febrero del 2016

Andrea Francisca Orellana Lliguaipuma
C.I: 0105047914



AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro sincero agradecimiento a los docentes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, por habernos transmitido sus conocimientos a lo largo de nuestra formación académica.

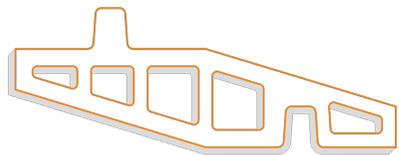
Al Arq. Juan Pablo Astudillo, nuestro director de tesis, quien nos guió en la ejecución de este trabajo.

Al señor Manuel Riera por brindarnos su apoyo desinteresado e incondicional durante la elaboración de las piezas cerámicas y las pruebas en su fábrica de ladrillos.

Al Arq. Edison Castillos por guiarnos en las pruebas de laboratorio y ayudarnos con las simulaciones de las piezas para determinar sus cargas.

Al Ing. Luis Cordero por su ayuda en la elaboración de la matriz.

A nuestros familiares y amigos que han estado a nuestro lado a lo largo de este trabajo, siempre dispuestos a colaborar.

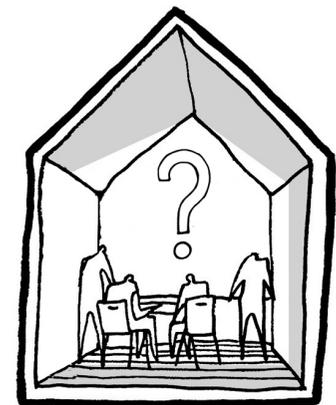


DEDICATORIA

Esta tesis esta dedicada a todas las personas que han aportado en nuestra formación académica. Especialmente a nuestros padres que nos han brindado su apoyo incondicionales en todo momento.



INTRODUCCIÓN





OBJETIVOS

GENERAL

Desarrollar un sistema constructivo estructural como una alternativa para la construcción de cubiertas, utilizando como material principal la cerámica cocida, que permita economizar tiempo y recursos.

ESPECÍFICOS

-Generar piezas pequeñas de cerámica cocida que con ayuda de refuerzos funcionen estructuralmente. Se probaran diferentes formas de piezas, uniones y refuerzos para lograr el desarrollo de un sistema constructivo que pueda ser utilizado para la construcción de cubiertas.

- Analizar los materiales que se usan en la construcción de cubiertas actualmente en la ciudad de Cuenca, su consumo energético, costos, tiempos de construcción, función estructural y aceptación social.

- Analizar la industria de producción cerámica en Cuenca y determinar su aceptación en la sociedad.

- Analizar las propiedades de la cerámica cocida y sus procesos de fabricación para poder conocer sus características estructurales, formales y la factibilidad de ser usado para cubiertas.

- Generar material de consulta que posteriormente pueda ser aprovechado como base para el desarrollo del uso de cerámicos en cubiertas.

- Establecer y marcar la importancia de la utilización de un material local (tierra cocida) reforzando la identidad reflejada en una tradición estética.

- Evaluar las características acústicas y térmicas del nuevo prototipo.

MARCO TEÓRICO



01 La ciudad de Cuenca vista desde Turi

¿Bajo qué circunstancias se está expresando actualmente nuestra forma de vivir, nuestra cultura? El ingreso de nuevos materiales, tendencias arquitectónicas, sistemas constructivos ¿acaso imponen y determinan el diseño de la ciudad, transformando nuestra forma de habitar, nuestros estilos de vida?

Creemos que en este contexto se imponen nuevos diseños en la arquitectura desplazando las formas y los sentidos que una vez fueron la riqueza de la identidad y la pertenencia de nuestra ciudad. Sin embargo el ingreso de nuevos materiales y tendencias no anulan nuestras tradiciones locales, si no que se condiciona a como nos adaptemos a estas transformaciones, buscando significaciones actuales.

Explorando en esta búsqueda de significaciones actuales nos enfocaremos en la utilización de productos cerámicos en la construcción, con la intención clara y definida de conservar y difundir los pocos materiales que siguen siendo expresión de nuestra cultura arquitectónica.

Los productos cerámicos que se consumen en la ciudad, provienen principalmente del norte de Cuenca, sus puntos de fabricación se encuentran ubicados concretamente en Racar, Río Amarillo, y otros. El banco principal de suministro de materia prima proviene de Cumbe y del mismo sector. Su fabricación consiste en convertir la arcilla conformada por sílice, agua, alúmina, óxido de hierro, magnesio y otros materiales alcalinos, en una pieza. A estas tierras arcillosas

se moldea comprime y somete a calor.

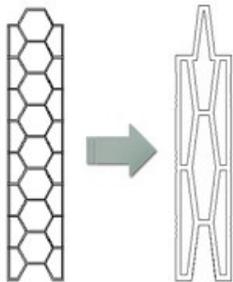
Estas piezas pueden utilizarse en toda clase de construcciones por su forma muy regular y fácil manejo, como en viviendas, edificios, muros, revestimientos decorativos y cubiertas.

Son varios los tipos de ladrillo que se fabrican, entre los más importantes se puede mencionar: el ladrillo de obra, panelón, visto, tochana que presentan también diversas dimensiones, lo que ayuda a que se pueda dar varios usos y se acople a las construcciones de una mejor manera, cumpliendo las expectativas de construcción y durabilidad para usarlos en interiores y exteriores, y sigue siendo hoy en día uno de los materiales de construcción muy utilizados.

En Cuenca un gran porcentaje de la población tiene la cubierta de sus viviendas de arcilla cocida (tejas). En este contexto, se pretende experimentar las posibilidades de utilizar cerámica estructuralmente en cubiertas.

Se conoce al ladrillo como material resistente a la compresión, pudiendo ser utilizado para elementos soportantes como cimientos, columnas y sobre todo en nuestro medio, para muros, pero es nula su utilización estructural en cubiertas. Por lo que se busca no quedarse con soluciones tecnológicas y constructivas típicas, sino, por el contrario, pensar que el manejo del material nos permitirá resolver una cubierta estructural que responda a las diferentes necesidades funcionales y tecnológicas.

En cuanto a los últimos avances en la tecnología de piezas cerámicas podemos encontrar que en Francia se ha diseñado y fabricado un ladrillo que obtuvo el premio y mención de honor al mejor trabajo de investigación 2014 en la “International Conference related to research on Mechanical, Design Engineering & Advanced Manufacturing” por las nuevas geometrías de sus celdas, convirtiéndose en un nuevo sistema constructivo, más eficiente y competitivo para la construcción.



02 Hexbrick, ladrillo desarrollado en Francia

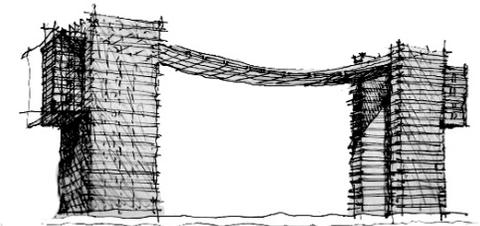
En cuanto a sistemas constructivos con ladrillo se puede constatar que desde la antigüedad se han elaborado estructuras de ladrillos comunes conformadas por el “arco”, la “bóveda” y la “cúpula”, producto de la herencia dejada por la arquitectura romana en los últimos 2000 años. Esta técnica se basa en la geometría del círculo utilizando soluciones tecnológico-estructurales conformadas por el “arco de medio punto” como elemento estructural básico para luego ampliarse a las bóvedas y cúpulas de ladrillo.

En España, en torno a la industrialización de bóvedas de ladrillo se ha desarrollado un “tejido cerámico”, cuyas aplicaciones son variadas en el campo de la arquitectura actual. El sistema español Flexbrick permite disponer, en una cuadrícula formada por finos alambres de acero inoxidable, ladrillos de diferentes dimensiones y colores, formando así “alfombras” de cualquier longitud, y de ancho modular con la dimensión del ladrillo, que pueden disponerse de cualquier manera: colgadas, apoyadas simplemente sobre la tierra o recibidas en mortero.



03 Flexbrick, ladrillo desarrollado en España

En Córdoba, Argentina se han realizado cubiertas basándose en una curva catenaria que descarga su peso sobre dos muros que se complementan con contrafuertes de ladrillo armado.



04 Cubierta de ladrillo en Cordova

Así podemos encontrar al rededor del mundo diferentes aportes relacionados con las piezas cerámicas y con las soluciones tecnológicas expuestas anteriormente. Podemos concluir que el ladrillo cocido puede ser utilizado masivamente en la construcción y no solo como un elemento de cierre de espacios arquitectónicos sino también como parte estructural de la cubierta. Sus posibilidades constructivas son innumerables y variadas, porque son el resultado de un material de construcción sostenible con un gran potencial y capacidad de cubrir las necesidades actuales y futuras de la sociedad.

Con esto se quiere expresar finalmente, que cada sociedad tratará de asimilar las transformaciones del sector de la construcción; identificando y acoplándose a estas nuevas formas de construir que posiblemente permitirán realizar una aproximación a la identidad de cada sociedad, sin dejar que la presencia de materiales exteriores influya en nuestro sentido de existencia y pertenencia es decir auto identificarnos como sociedad, para acoplarnos al nuevo concepto de “construir”.

PROBLEMATIZACIÓN

¿Cómo se podría generar una solución estructural para cubiertas en la ciudad de Cuenca utilizando los procesos cerámicos de la pequeña industria?

En la actualidad las cubiertas que se realizan en la ciudad de Cuenca son en su mayoría elaboradas con estructura de madera o metálica con planchas de asbesto, zinc, aluminio y regularmente con recubrimiento de teja debido a su tradición estética según una encuesta realizada. En estas circunstancias la identidad de la ciudad está marcada por la presencia de tendencias arquitectónicas y constructivas externas que influyen en el momento de identificarnos como sociedad, es por eso que creemos necesario mirar desde nuestra particularidad y crear una propuesta actual que responda a las necesidades de la ciudad con un material propio como es la arcilla cocida.

Por otro lado los productos cerámicos son materiales muy usados en la construcción cuencana y brindan soluciones constructivas para la cubierta. Es un material muy accesible en nuestro medio y con un correcto diseño podría ser utilizado como parte estructural de la cubierta de las viviendas. Además nos permitiría explorar nuevas significaciones en la construcción que se plasmarían en un prototipo cerámico contemporáneo.

DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio contempla la problemática del costo de construcción y consumo energético que tiene la construcción de una cubierta común en la ciudad de Cuenca, se pretende crear una alternativa para sustituir el actual sistema de cubierta de las viviendas por uno elaborado en

base a prefabricados estructurales cerámicos de fácil armado, que reduzcan los tiempos de construcción, costo energético, y mejoren el aislamiento térmico y acústico sin dejar de lado la correcta impermeabilización.

JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

Actualmente son muchos los cambios que se están produciendo en el sector de la construcción arquitectónica, entre estos los elevados costos de la vivienda, su impacto medioambiental, los nuevos materiales que ingresan al país, etc.

Pero el problema no se centra únicamente en los cambios, sino también en la rapidez con la que debemos adaptarnos a ellos. Así, frente a este escenario, creemos que el desarrollo de un prefabricado cerámico nos permite un acercamiento a la base de nuestra profesión, pues una parte importante de dicha enseñanza es posible conseguirla a través de la teoría pero sobre todo con la práctica.

Los proyectos de investigación de vivienda de la universidad de Cuenca han determinado la necesidad de innovar respecto al tema, y nuestro trabajo podría servir de apoyo para estos trabajos.

JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL

Las empresas constructoras son muy conscientes de la necesidad de mejorar la calidad de sus productos optimizando su competitividad y productividad. Es por esta razón que vemos necesario investigar acerca de piezas cerámicas en Cuenca, acerca de su producción, su consumo energético, su resistencia, su estética etc., ya que debido a la falta de innovación en materiales locales como la arcilla,

la demanda de productos importados es cada vez mayor. Por ello, es importante que se desarrollen modelos y sistemas que sirvan de base para generar productos nuevos que se puedan concebir en la propia industria cuencana, forzando así al progreso de la producción ladrillera. Todo ello, exige una mayor profesionalización del sector constructivo dedicado a la producción de cerámicos.

JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El estudio de una nueva alternativa en el uso de un sistema constructivo se manifiesta como un aporte social al dar solución a problemáticas como disminuir el tiempo de construcción de la cubierta tradicional, reducir el costo energético, dar la posibilidad de un módulo de bajo costo e incentivar la pequeña industria.

Por esta razón el dar una alternativa con un nuevo sistema constructivo el cual pudiera resultar de menor costo y que además pudiera darnos mejores resultados, nos podría ampliar las expectativas de satisfacer las necesidades en la construcción de viviendas.

- Contribuir a la reducción del impacto ambiental.
- Posibilitar la auto-construcción con una tecnología sencilla y económica, mediante el desarrollo de elementos constructivos de bajo peso y fácil manipulación.
- Reemplazar en parte sistemas constructivos importados que producen a la larga el deterioro del medio ambiente.
- Establecer y marcar la importancia de la utilización de un material local (tierra cocida) reforzando la identidad reflejada en una tradición estética.

METODOLOGÍA

En la primera fase de este trabajo se realizara un estudio de la forma de construir cubiertas en la ciudad de Cuenca. Se establecerá los materiales y sistemas constructivos que se usan con mayor frecuencia para la construcción actual de cubiertas en la ciudad, esto se realizara mediante la recolección de información de diferentes fuentes bibliográficas, visitas a obras y entrevistas a constructores. Se clasificara estos resultados de acuerdo a estructura, soporte y recubrimiento más usados.

Una vez reconocidos los materiales y sistemas constructivos se dividira en cuatro periodos (Fabricación, construcción, vida útil y desecho) y en cada una se analizara: Eficiencia energética, eficiencia económica, eficiencia social y eficiencia estructural.

Para medir la eficiencia energética nos basaremos en parámetros como: Impacto ambiental, consumo de recursos, producción de CO2 y consumo energético, transporte, residuos generados, necesidad de sistemas de ventilación o calefacción, mantenimiento y emisiones de residuos tóxicos al aire o agua, emisión de desechos tóxicos, posibilidad de reutilización, tiempo que tarda en descomponerse y poder ser materia prima, etc.

Para medir la eficiencia económica nos basaremos en los siguientes parámetros: Costo de materias primas, costo de transporte, costo de maquinaria y equipo, costo de mano de obra, costo de mantenimiento, costo de reposición, frecuencia de reposición, costo de demolición y costo de reutilización o reciclaje.

En cuanto a la eficiencia estructural se encontrara datos en las diferentes fuentes de investigación bibliográfica. Para medir la eficiencia social se realizara encuestas a constructores acerca de los diferentes materiales utilizados en cubiertas en la ciudad de Cuenca.

En la segunda fase de este trabajo se analizará el mercado de los productos cerámicos, se realizaran dos capítulos, uno de los productos que se realizan alrededor del mundo y otro centrado en los productos que ofrece la industria cuencana, se elaborara catálogos en los que constaran los procesos de fabricación de las piezas, su forma, usos y propiedades (resistencia, peso, color, etc).

En el caso del producto cerámico a nivel mundial se obtendrá la información de fuentes bibliográficas y se realizara un estudio de casos del uso del ladrillo.

Para el caso de los productos cerámicos en Cuenca se buscará la información mediante visitas a ladrilleras y obras construidas con este material. Se realizará también, la ubicación de las principales zonas de abastecimiento de productos cerámicos para la ciudad y mediante encuestas se medirá el nivel de aceptación social de la cerámica cocida en la ciudad de Cuenca.

En una tercera fase se analizará los requerimientos técnicos para la construcción de cubiertas en la ciudad de Cuenca, para esto se buscara en diferentes fuentes bibliográficas, en visitas a obras y con la asesoría de expertos, información sobre las necesidades estructurales

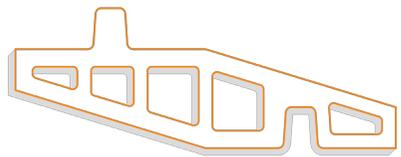
de las cubiertas y los diferentes sistemas de impermeabilización y aislamiento que se podrían usar en la propuesta.

Después de recolectar todo el conocimiento teórico se seguirá con la fase de la propuesta, en la que primeramente se diseñará y analizará la morfología de la pieza propuesta, de manera que funcione de forma estructural, acústica y térmica. Se tendrá también en cuenta, dentro de los parámetros de diseño, la facilidad de transporte y puesta en obra que debería cumplir el prototipo propuesto.

Posteriormente se realizara un prototipo con la forma, ensamble y refuerzos establecidos en el diseño con la ayuda de expertos en el tema. Se trabajara en la fábrica de ladrillos RIERA, que cuenta con maquinaria para elaboración semi-industrial de piezas cerámicas.

Una vez que se obtenga el prototipo se realizaran pruebas de laboratorio en las que se determinara el peso, resistencia estructural, resistencia a la humedad etc., las mismas que se realizaran en los laboratorios de ingeniería la Universidad de Cuenca. Se realizaran también pruebas para determinar el comportamiento térmico y acústico del prototipo, estos parámetros se medirán utilizando el software de simulación y análisis ambiental ECOTECT y pruebas mediante sonómetro.

Finalmente se realizara la comparación del sistema propuesto y el sistema habitual de construcción de cubiertas para encontrar sus ventajas y desventajas.



BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES FOTOGRÁFICAS

Afanador García, Nelson, Gustavo Guerrero Gómez, y Richard Monroy Sepúlveda . «Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería .» Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 2012: 43-58.

Fernández Pérez, Marta, Jorge Costal Blanco, y Juan Ignacio del Campo Domínguez. Construcción de cubiertas cerámicas. España: Ideas Propias, 2004.

Franco, José Tomás. "Experiencia pedagógica en Argentina: nuevas posibilidades de construcción con Ladrillo Armado". 03 de Junio de 2014. <<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-362717/experiencia-pedagogica-en-argentina-nuevas-posibilidades-de-construccion-con-ladrillo-armado>> (último acceso: 21 de 07 de 2014).

Gatani, Mariana P. «Ladrillo de suelo-cemento: mampuesto tradicional en base a un material sostenible.» Informes de la construcción, 2000: 37-47.

Guillermo J, Jacobo. «El Ladrillo cerámico cocido como materializador de la estructura en la edificación arquitectónica.» Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, 2006.

Ramírez Ponce, Alfonso. «Curvas de suspiro y barro. El ladrillo recargado:Una técnica milenaria y moderna.» Vitruvius, 2002.

Grupo Díaz Redondo. Cara Vista, Fachada Ventilada y Transventilada. Toledo, 2008.

Fundación Rogelio Salmona. Fundación Rogelio Salmona: arquitectura:política, ética y poética. 2010. <http://www.fundacionrogeliosalmona.org/> (último acceso: 14 de 8 de 2014).

Sarrablo, Vicente. «Prefabricados para cubiertas laminares de cerámica armada.» Conarquitectura, s.f.: 73-83.

Ureña Moctezuma, Pedro. Análisis integral del costo-beneficio en la construcción con ladrillo aparente en el valle de Colima. México: Universidad de Colima, Facultad de Arquitectura y Diseño, s.f.

FUENTES FOTOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO

Portada: Gráfico de cubiertas de ciudad de Cuenca **Fuente:** Gráfico realizado por Leonardo Gárate

Gráficos de capítulo: Bocetos ilustrativos de los respectivos temas **Fuente:** Gráficos realizados por los autores

01 La ciudad de Cuenca vista desde Turi **Fuente:** <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=659788&page=4>

02 Hexbrick, ladrillo desarrollado en Francia **Fuente:** http://www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=innovacion/articulo.jsp&id_articulo=225&id_tipo_articulo=3

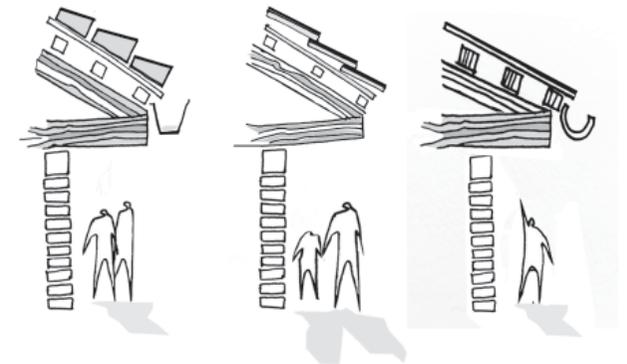
03 Flexbrick, ladrillo desarrollado en España **Fuente:** <http://www.flexbrick.net/en/rethink/>

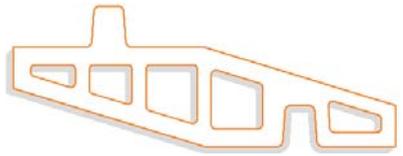
04 Cubierta de ladrillo en Cordova **Fuente:**<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-362717/experiencia-pedagogica-en-argentina-catenaria-de-ladrillo-armado/537a7633c07a80d85900001b>



CAPÍTULO I

Análisis de la construcción de cubiertas en Cuenca





1.1 DEFINICIÓN DE CUBIERTA

“Solo si somos capaces de habitar podemos construir”
Heidegger

Inicialmente, la idea de proyectar y desarrollar construcciones se origina con la necesidad de crear espacios cubiertos, el hombre desde un principio busco protegerse de las inclemencias del tiempo, y tener cobijo sin necesidad de refugiarse en cuevas o estructuras existentes.

De esta necesidad nace lo que hoy conocemos como cubierta. La palabra cubierta proveniente del Latín coopertus, es un elemento constructivo que protege a los edificios en la parte superior, su objetivo principal es impedir el paso de los agentes ambientales.

Actualmente se ha desarrollado gran cantidad de cubiertas, variando en su forma, materiales, acabado, estructura, etc. La morfología de la cubierta depende, entre otros factores, del clima del lugar, de la cultura, del diseño formal, del uso del edificio, además es el elemento que siendo la capa de separación entre el interior y el exterior debe controlar los flujos que tienden a alterar las condiciones de habitabilidad interiores como: Radiación solar, pérdidas de calor, lluvias, impactos y todas aquellas acciones exteriores debidas a agentes atmosféricos. Todas estas acciones encuentran en las diferentes soluciones de cubierta el elemento ideal que configura las óptimas condiciones de confort de espacios interiores.

Debemos tener en cuenta de forma general y básica lasdiferencias entre los tipos de cubierta:

Por **tejado** se entiende a la cubierta con faldones planos, con inclinaciones que no permiten la circulación de personas y garantizan la rápida evacuación de aguas lluvias. Se denominaban tejados a las cubiertas resueltas con tejas sin embargo, actualmente se llaman así a todas la cubiertas inclinadas, aun así su recubrimiento no sea de teja.

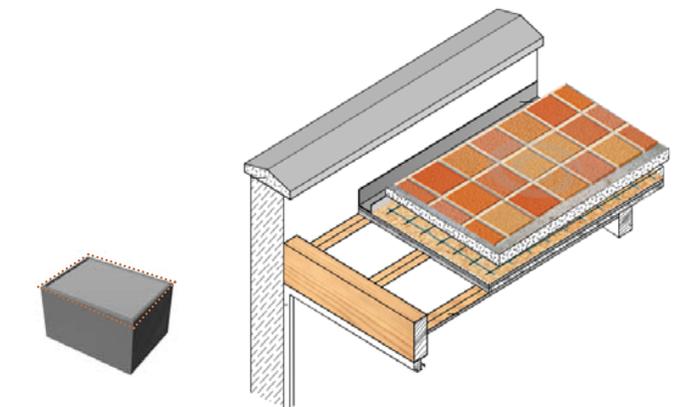
El termino **azotea o terraza** se aplica a cubiertas resueltas con faldones planos y horizontales, en los cuales la evacuación de aguas lluvias se resuelve con una pendiente mínima.

Se define al termino **techo** como el plano visual bajo la cubierta, siendo este un elemento estético y funcional que puede colocarse colgado a ser auto portante. (García & García Antonio, 2001).

En nuestro medio la cubierta es quizá el elemento que más expresa la identidad de la ciudad. Los tejados, en conjunto, proporcionan la imagen de un estilo arquitectónico único que queda marcado por la presencia de teja en la mayoría de cubiertas. Se puede observar en el centro histórico una arquitectura ligada a los materiales del lugar, al clima, y a la tradición, sin embargo, actualmente se ve modificado este paisaje por la influencia de nuevas formas de construir, por ejemplo podremos encontrar materiales para cubierta como fibrocemento, zinc, plástico, vidrio, etc.



01 Tejado o Cubierta inclinada con teja



02 Azotea, terraza o cubierta plana.

1.2 CARACTERÍSTICAS Y CONDICIONES QUE DEBE CUMPLIR UNA CUBIERTA



La cubierta, al ser una de las partes esenciales de las edificaciones, debe solventar diferentes necesidades que varían de acuerdo al lugar, al clima, al sistema constructivo, a los recursos existentes, etc. Actualmente existen infinidad de soluciones que se ven reflejadas en la construcción de cubiertas.

Por ejemplo en el caso de la cubierta inclinada la conformación de distintos planos de escorrentía por medio de la inclinación de soportes y solape de piezas ha sido el recurso constructivo que la arquitectura tradicional ha utilizado para favorecer la evacuación del agua, sin embargo actualmente existe un gran aporte tecnológico de sistemas constructivos tanto de impermeabilización como aislantes acústicos o térmicos para la cubierta que deben cumplir con las siguientes exigencias para garantizar su correcto funcionamiento:

- Aislamiento térmico
- Aislamiento acústico
- Iluminación cenital (opcional)
- Ventilación
- Resistencia al fuego
- Mantenimiento fácil y económico, con resistencia necesaria para soportar circulaciones eventuales.
- Aislamiento Hidrófugo (impermeabilizantes)
- Resistencia respecto a la lluvia y granizo.
- Ligereza del material para no sobrecargar la armadura.
- Resistencia mecánica.
- Recolección de aguas lluvias.
- Protección ante condensaciones.

Resumiendo, una cubierta debería dar una respuesta a todas estas exigencias con sus tres componentes principales:

- ESTRUCTURA: Resistir mecánicamente
- SOPORTE: Brindar un cierre estanco o casi estanco.
- RECUBRIMIENTO: Con fin estético y de drenaje del agua.

De la misma forma desde un punto de vista resistente o ya sea como datos que aportan para el diseño de una cubierta, se deberán tomar en cuenta los factores naturales, artificiales y acciones mecánicas y térmicas que actúan de forma continua en la cubierta como calor solar, lluvia, viento, humos, gases industriales, diferencias de temperatura, deformación bajo cargas, etc.(García Dieguez & García Mariñez, 2001)

A continuación se muestra una tabla del Código Ecuatoriano de la Construcción con las cargas que debería resistir mecánicamente una cubierta dependiendo de su inclinación.

“Cuando estén involucradas cargas uniformes de cubierta, en el diseño de elementos estructurales arreglados de modo que exista continuidad, el análisis puede limitarse a la consideración de la carga muerta total sobre todas las luces, en combinación con la carga viva total sobre luces adyacentes y sobre luces alternadas. La carga sobre luces alternadas no necesita considerarse cuando la carga viva uniforme de cubierta es 100 kg/m² o más.” (INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2001, pág. 4)

Por lo tanto las cubiertas deberán diseñarse según los parámetros establecidos en la Tabla 1:

Tabla 01. Cargas vivas mínimas para cubiertas en kg/m²

Inclinación de la cubierta	Área tributaria de cargas en metros para cualquier elemento estructural		
	0 a 20	21 a 60	Sobre 60
Plana o con pendiente menor que 33.33%.	100 kg/m ²	80 kg/m ²	60 kg/m ²
Pendiente de 33.33% a menos de 100%.	80 kg/m ²	70 kg/m ²	60 kg/m ²
Pendiente de 100% y mas.	60 kg/m ²	60 kg/m ²	60 kg/m ²
Marquesinas, excepto cubiertas con tela.	25 kg/m ²	25 kg/m ²	25 kg/m ²
Invernaderos y edificios agrícolas.	50 kg/m ²	50 kg/m ²	50 kg/m ²

Fuente: INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2001). Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos Generales de Diseño. Quito, Pichincha, Ecuador.

Además, al proyectar una cubierta se debe tomar en cuenta la adaptabilidad formal del material y el sistema de recubrimiento. Es decir que los componentes del sistema permitan resolver las múltiples formas y problemas que presenta la cubierta.

Cuando se resuelva la cubierta de forma adecuada, todas las piezas tanto en la estructura, soporte y recubrimiento deben acoplarse y adaptarse de tal forma que se solucionen los encuentros entre elementos. De la misma manera es importante que la puesta en obra sea rápida y la reposición de piezas sea fácil y con un mantenimiento económico. (García & García Antonio, 2001).

Por lo antes mencionado la cubierta deberá resolver los siguientes aspectos:

a) Un sistema de formación de planos con inclinaciones y solapes de piezas ya sea la cubierta plana o inclinada. Además debe tener una cohesión y estabilidad suficientes frente a las solicitaciones mecánicas y térmicas.

b) Un sistema de evacuación de aguas, que puede constar de canalones, sumideros y rebosaderos, dimensionado según el cálculo.

c) Una capa de impermeabilización cuando la cubierta sea plana o cuando esta sea inclinada y el sistema de formación de pendientes no tenga la pendiente exigida o el solapo de las piezas le den una protección insuficiente.

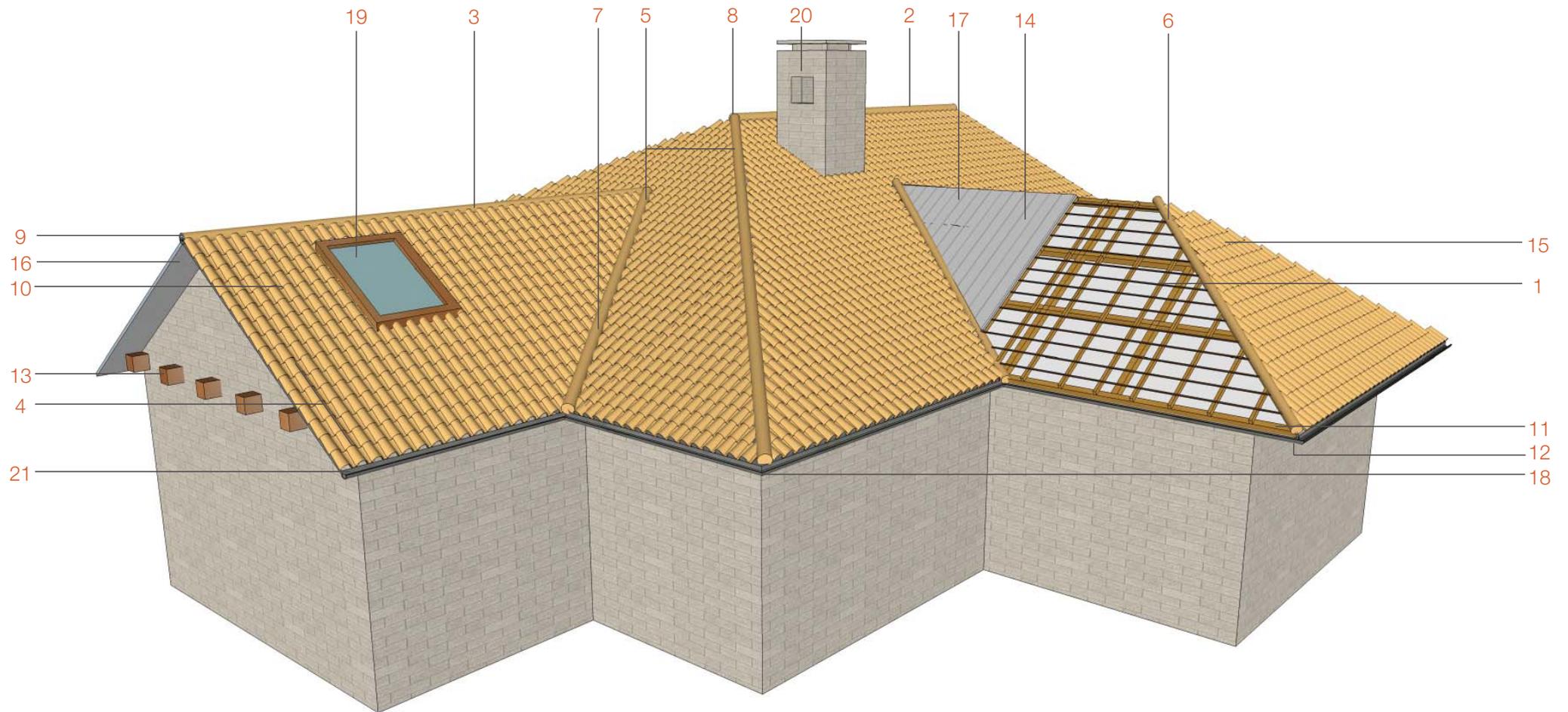
d) Contar con un aislante térmico, que puede ir abajo o encima de la capa de impermeabilización, ambos materiales deben ser compatibles. Cuando el aislante térmico se coloque encima de la capa de impermeabilización y quede visto o en contacto con el agua, este aislante deberá tener unas propiedades adecuadas para esta situación.

e) El control, mantenimiento y reposición de piezas de la cubierta realizada. (Anónimo, s.f.)

A modo de resumen, en la ilustración 4 enunciaremos algunos criterios que se deben aplicar en la construcción de una cubierta:

04 Criterios en la Construcción de una Cubierta.

1.3 PARTES DE LA CUBIERTA



05 Partes de la cubierta

1 Estructura: Se trata del armazón o esqueleto que soporta la cubierta pueden ser de madera o metálica y sirve de apoyo para el soporte y recubrimiento. Las estructuras son elementos constructivos con el objetivo principal de soportar un conjunto de cargas. Estas cargas son variadas y pueden darse una serie de combinaciones entre ellas, debiendo la estructura soportar la combinación más desfavorable para lograr, estabilidad, resistencia y una deformación limitada de la cubierta.

2 Caballete: Es la arista superior o lomo de la cubierta, sirve para realizar el recubrimiento de las cumbreras y limatesas.

3 Cumbrera: Es el remate de la cubierta que solapa la última hilada de la limatesa.

4 Pendiente: es la inclinación con las que se hacen los planos de la cubierta para desalojar el agua lluvia.

5 Limas: Son las aristas que se forman de la intersección de dos faldones.

6 Limatesa: Es el ángulo convexo que se forma en la intersección de dos faldones, separan las aguas lluvias, dirigiéndolas hacia las pendientes.

7 Limahoya: Es el ángulo cóncavo que se forma en la intersección de dos faldones que se juntan, este corresponde a la parte más baja del faldón y llevara el agua lluvia por el ángulo que se forman.

8 Nudo: Es el vértice de encuentro de limas y caballete.

9 Hastial: Parte superior triangular de un muro, en la cual descansan las dos vertientes de la cubierta.

10 Faldones: Vertientes triangulares o planos inclinados que definen la cubierta, limitados por el cumbrero y las dos limatesas.

11 Solera: Elemento asentado sobre la viga o sobre el muro, sirve para dar mejor empotramiento a la cubierta, transmiten parte del peso de la cubierta hacia las paredes de la edificación.

12 Aleros y cornisas: Parte inferior del tejado que definen los bordes de los faldones, sobresale de las paredes exteriores y sirve para desviar de ella el agua de lluvia.

13 Canecillo (soporte secundario de cubierta): Cabeza de una viga del techo interior sobre el muro, a veces es la prolongación de las vigas de cielo raso o una pieza independiente.

14 Soporte: Son elementos que se encuentra de manera transversal a la estructura, lugar en donde se sitúan otros elementos para que sirva como barrera impermeable y de protección térmica y eventualmente acústica. Es la base sustentante sobre la cual se apoya por lo general la capa de acabado o recubrimiento.

15 Recubrimiento: Son elementos que se encuentran

directamente en el exterior, y soportan la exposición a diferentes factores climáticos y otros fenómenos que pueden provocar su destrucción. Es el acabado final de la cubierta que tiene como objetivo proteger y brindar un terminado estético.

16 Recubrimiento interior: Se refiere al plano visual bajo la cubierta que tiene una finalidad estética y puede colocarse colgado o ser auto portante. En muchos casos el soporte queda visto para la parte de abajo y este es el terminado interior final de la cubierta.

17 Elementos complementarios: Son los elementos adicionales que intervienen en la ejecución y fijación de la cubierta como impermeabilizantes, tornillos, ganchos, platinas, planchas de aislamientos, elementos que se usan para complementar y garantizar el funcionamiento de la cubierta.

18 Canaletas: Es un conducto que recolecta y conduce las aguas lluvias, que se encuentra en el borde del alero, en la parte inferior de la cubierta.

19 Claraboya: es una abertura en el techo para iluminar un espacio.

20 Chimenea: Conducto vertical destinado a dar salida a humos u otro tipo de gases.

21 Goterón: elemento constructivo cuya función es impedir que el agua lluvia se escurra por una superficie.

1.4 CLASIFICACIÓN DE CUBIERTAS

1) Según su forma:

Las cubiertas que podemos encontrar en nuestro medio se clasifican de acuerdo al número y forma de planos inclinados que la conforman. Existen cubiertas convexas y cóncavas que se dividen en las siguientes:

Cóncavas

(Azoteas y terrazas)

Cubiertas casi horizontales, cuentan con la inclinación suficiente para llevar a cabo el drenaje y evacuación del agua hacia los sumideros; generalmente con una pendiente inferior al 5%. Este tipo de cubiertas además permiten la circulación de las personas por su superficie, así como la colocación de elementos o maquinaria.

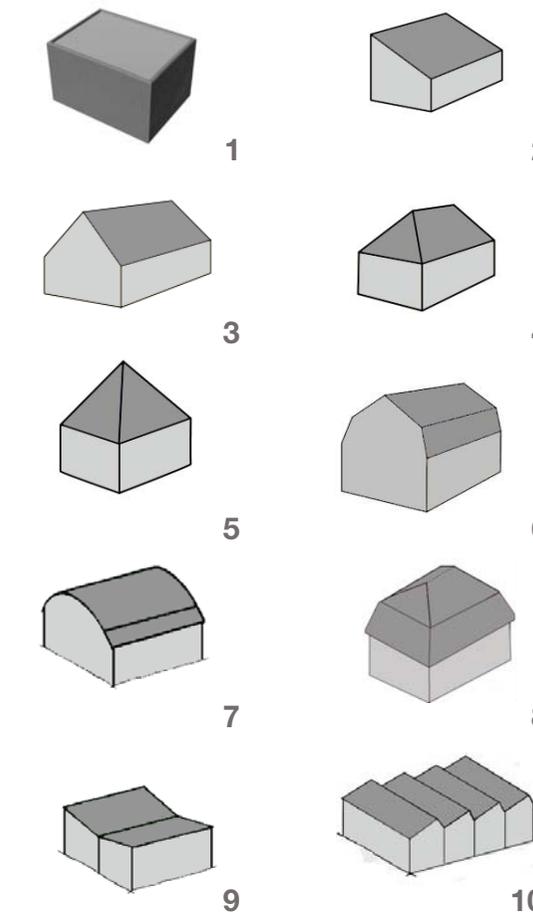
1 Cubiertas planas

Convexas

(Cubiertas y Tejados)

Cubiertas formadas por faldones dispuestos con una inclinación mayor del 10%. De acuerdo al número y forma de sus faldones se clasifican en:

- 2 Cubierta a una agua.
- 3 Cubierta a dos aguas.
- 4 Cubierta a cuatro aguas.
- 5 Cubierta pabellón.
- 6 Cubierta mansarda.
- 7 Cubierta abovedada.
- 8 Cubierta compuesta.
- 9 Cubierta mariposa.
- 10 Cubierta en diente de sierra.



06 Clasificación de la Cubierta según su forma.

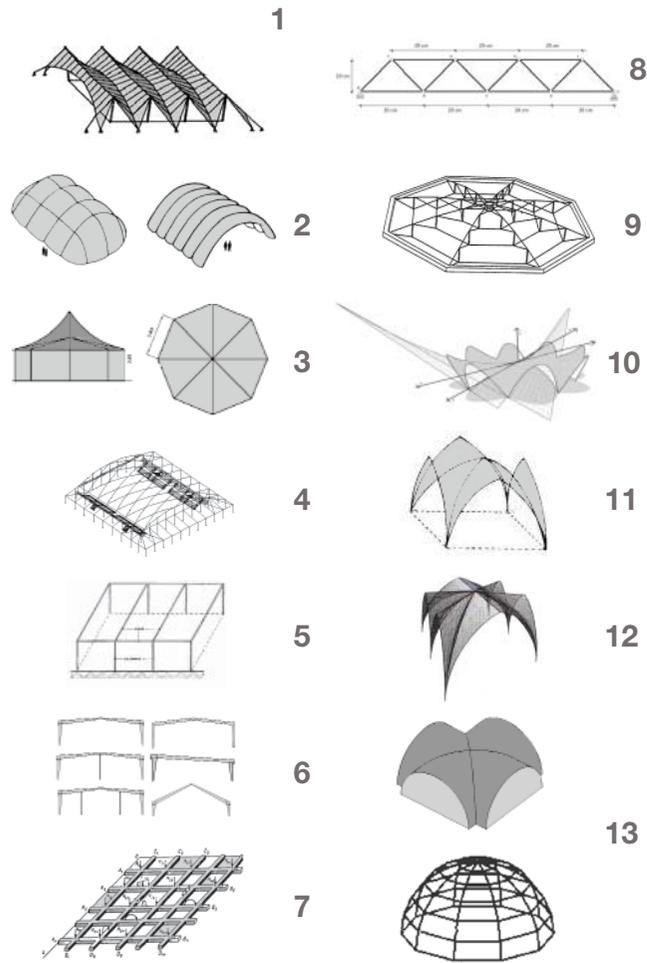
2) Según su sistema estructural portante:

Se clasifican conforme al sistema de estructura ya sea arcos, vigas, barras, retículas planas triangulares que según (García & García Antonio, 2001) los clasifica de la siguiente manera:

Tabla 02: Sistema estructural según tipo de carga.

Tipo de carga	
<p>FORMA ACTIVA (compresión tracción)</p> <p>Son sistemas portantes de un material no rígido y flexible, en los que la transmisión de cargas es a través de su forma material.</p>	<p>1 Cables</p> <p>2 Neumáticos</p> <p>3 Carpas</p> <p>4 Arcos</p>
<p>MASA ACTIVA (flexión)</p> <p>Actúa debido a la masa y continuidad de la materia.</p>	<p>5 Vigas</p> <p>6 Pórticos</p> <p>7 Emparrillados</p>
<p>VECTOR ACTIVO (compresión o tracción)</p> <p>Sistemas portantes formados por elementos lineales. Actúa por la colaboración de sus componentes.</p>	<p>8 Triangulaciones Planas</p> <p>9 Triangulaciones Estéreas</p> <p>10 Plegaduras</p>
<p>SUPERFICIE ACTIVA</p> <p>Actúan principalmente por continuidad superficial y por su forma.</p>	<p>11 Bóvedas.</p> <p>12 Cúpulas Doble</p> <p>13 Cúpulas Regladas</p>

Fuente: García, R., & García Antonio. (2001). Introducción a la Construcción Arquitectónica. Sevilla, España. Recuperado el 15 de Mayo de 2015



07 Tipos de sistemas estructurales.

3) Según su pendiente:

1 Inclinadas.

Es una solución constructiva formada por varias superficies inclinadas que facilitan la evacuación del agua lluvia.

Se consideran así a las cubiertas que tengan como mínimo un 5% de pendiente. La principal característica de este tipo de tejados es que el solape longitudinal y el transversal no son estancos, es decir, funcionan mediante la evacuación del agua por gravedad.

La inclinación con la que se hacen las cubiertas para desalojar con facilidad las aguas lluvias de acuerdo a los materiales utilizados en nuestra ciudad son las siguientes:

Tabla 03: Pendientes según los materiales

Material	Pendiente
Planchas sintéticas	5% al 15%
Planchas galvanizadas	8% al 15%
Zinc	10% al 25%
Fibrocemento	10% al 27%
Teja	30% al 60%
Pizarra	50% al 60%

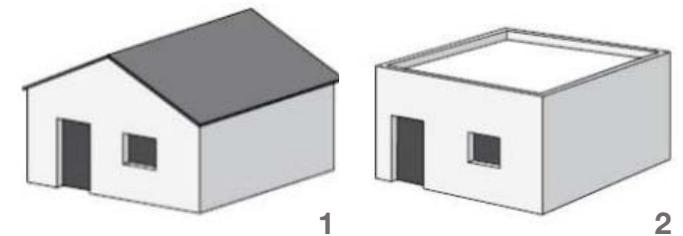
Fuente: Código Técnico de la Edificación de España (DB HS1), España, 2006

2 Planas.

Se consideran así las cubiertas que tengan pendiente inferior al 5%. La principal característica de este tipo de sistemas es que tanto el solape longitudinal como el transversal han de ser estancos por inundación.

Conceptualmente, el funcionamiento de una cubierta plana y un tejado o cubierta inclinada son distintos: mientras que el tejado trata de evacuar el agua, la cubierta plana la recoge para conducirla hacia los sumideros. (García & García Antonio, 2001)

Las cubiertas planas se utilizan generalmente en climas secos, donde el problema de la lluvia es episódico y el de nieve casi desconocido. También se utilizan como recurso estético y funcional en edificios para lograr terrazas.



08 Tipos de pendientes.

4) Según su uso:

Las cubiertas planas generalmente tienen la posibilidad de generar diversos usos, y estos se clasificarán según su transitabilidad en:

Cubiertas Transitables.

Son aquellas que tienen una capa de protección que permite la circulación peatonal por su superficie, la capa de protección utilizada para las camineras o tránsito peatonal no debería ser la de los propios elementos de los que está conformada la cubierta, es decir, aunque un elemento de cobertura sea transitable según su fabricante, sólo lo será para uso y mantenimiento propio de la cubierta y nunca para uso y mantenimiento de otros elementos existentes.

Cubiertas No Transitables.

Son aquellas en las que no se ha previsto caminos de uso y mantenimiento diferentes al elemento de cobertura principal. Sin embargo, aunque este tipo de cubiertas no permitan el tránsito sobre ellas, están preparadas con una protección conveniente a fin de efectuar su mantenimiento periódico.

Cubiertas Ajardinadas.

Son las superficies exteriores de cobertura que están preparadas para la colocación de especies vegetales, es decir, integrar la vegetación con la cubierta. Es una capa exterior de cobertura de una base de pequeño espesor de especies vegetales de poco o nulo mantenimiento. Además, se puede utilizar como terraza, patio, zona de recreación, etc.



09 Cubiertas transitables de hormigón en casa Juan Jaramillo de Cuenca.



10 Cubiertas no transitables de hormigón

11 Cubierta Ajardinada.

5) Según su material de cobertura:

Las cubiertas que encontramos en nuestro medio se pueden clasificar según el material de recubrimiento en:

Cubierta de teja: La teja es una de las soluciones de cobertura más tradicionales en la ciudad de Cuenca. Este sistema está formado por un elemento en forma de canal, para cubrir por fuera la cubierta. Aparentemente no ha cambiado en el transcurso del tiempo, sin embargo, este sistema ha ido incorporando paulatinamente algunos avances tecnológicos de otros sistemas constructivos. A pesar de que su material no se ha modificado, este ha experimentado un fuerte proceso de caracterización, pues ahora se tiene un control de sus principales propiedades como color, textura, resistencia mecánica, coeficiente de absorción, ausencia de eflorescencia, etc.

Cubierta de Hormigón Armado: Se utilizan en losas planas, inclinadas, abovedadas, plegadas, nervadas, etc. Mientras más simples sean, más fácil será su encofrado y por tanto, resultarán más económicas.

Cubierta de zinc: Cubierta de planchas metálicas, muy utilizada en nuestro medio por su bajo costo y facilidad de colocación.

Cubierta de vidrio: Se utiliza para dar iluminación al interior de la vivienda. Se coloca una estructura de hierro o madera sobre la cual va colocado el vidrio.

Cubierta de Asbesto cemento (fibrocemento): Estas cubiertas se han venido usando en un alto porcentaje en programas de vivienda social, según los datos del Proyecto de Investigación “Sustitución de sistemas y productos industriales no sustentables utilizados en la vivienda social en el Ecuador”, debido a que su aplicación requiere una armadura sencilla, fácil colocación, consiguiendo un menor tiempo de culminación. De igual forma en la encuesta realizada se constató que el fibrocemento entre los diversos materiales de construcción, responde a las máximas posibilidades de utilización en cubiertas ya que se los utiliza inicialmente como acabado final y posteriormente se coloca el recubrimiento en otra etapa de construcción de la vivienda.

Cubierta de plástico (policarbonato): Se utiliza en algunos casos como soporte para el acabado final y también, al igual que el vidrio, puede ser usado sin revestimiento cuando este es transparente en lugares en los que se necesita entradas de luz.

Cubierta de piedra pizarra: Es de alto costo en nuestro medio, no es un recubrimiento común en la ciudad. Es una piedra natural o artificial que se recorta de tal forma que se pueda colocar traslapada, después de haber realizado la estructura, un entablado, impermeabilizante se coloca sobre tiras en las cuales se fijan las piezas.



12 Cubierta de teja roja, Cuenca



13 Cubierta con losa plana de hormigón



14 Cubierta de zinc



15 Cubierta de vidrio



16 Cubierta de fibrocemento



17 Cubierta de piedra pizarra

1.5 MATERIALES MÁS USADOS PARA CUBIERTAS EN CUENCA

Fotografías de cubiertas de la ciudad de Cuenca

Con el fin de entender mejor el contexto de la ciudad de Cuenca y la variedad de cubiertas que se pueden encontrar, se realizó un recorrido fotográfico por la ciudad. Se pudo encontrar gran variedad de materiales, formas, texturas y colores que dan expresividad a cada una de las viviendas, y en conjunto forman un paisaje que debe ser tomado en cuenta.

En este recorrido por la ciudad se encontraron cubiertas planas e inclinadas principalmente, realizadas con diferentes materiales para su estructura, soporte o revestimiento.

Los materiales que se utilizan están marcados por la oferta de productos en el mercado. En el centro histórico de la ciudad, en el que se conservan construcciones antiguas con sistemas constructivos tradicionales, se puede encontrar un predominio de la teja en cubierta.

Conforme nos alejamos del centro histórico comienzan a aparecer materiales alternativos, diferentes a la teja, aparecen materiales que no son autóctonos de la ciudad, sino provenientes de la globalización, como el fibrocemento, el plástico, el metal, etc.

En este capítulo se realizó un análisis de los materiales que más se utilizan en la ciudad de Cuenca, en estructura, soporte y recubrimiento.



18 Vivienda con cubierta inclinada de teja de cemento



19 Vivienda con cubierta inclinada de teja cerámica



23 Piscina con cubierta abovedada metálica



24 Edificio con cubierta plana no transitable de hormigón armado.



20 Vivienda con cubierta inclinada de pizarra



21 Vivienda con cubierta inclinada de ladrillo



22 Vivienda de cubierta inclinada de fibrocemento con acabado de pintura.



25 Edificación con cubierta abovedada de hormigón



26 Vivienda con cubierta hiperbólica de hormigón armado



27 Vivienda con cubierta inclinada de teja vidriada verde

Estructura

Funciones que cumple la estructura:

La estabilidad de una estructura se refiere a las condiciones de estática que cumple cuando es sometida a acciones exteriores (no vuelca).

Resistencia se refiere a que al aplicarle cargas a la estructura, todos los elementos que la forman sean capaces de soportar la fuerza a la que se verán sometidos sin romperse o deformarse.

La deformación limitada implica que la estructura mantenga su forma después de aplicarle fuerza, y que los cambios producidos estén dentro de un rango admisible.

Materiales:

1.- Hormigón armado: Se utiliza en estructura de cubiertas planas y se lo refuerza con acero en forma de varillas. Se utiliza también en vigas prefabricadas de hormigón pretensadas o postensadas.

2.- Estructura metálica: Se utiliza en forma de perfiles de acero para estructurar cubiertas inclinadas y planas. También se utilizan en forma de estructuras reticuladas para cubrir extensas luces.

3.- Madera: Se utilizan vigas de madera por lo general de eucalipto existente en el sector y que por sus propiedades resistentes es idónea para estructura

4.- Mixtas: Son aquellas en las que se ocupa más de uno de los materiales anteriores.



28 Vigas prefabricadas de hormigón.



29 Estructura de aluminio y vidrio.



30 Estructura de aluminio reticulado.



31 Estructura con perfiles metálicos



32 Estructura de madera.



33 Estructura mixta.

Soporte

Funciones que cumple el soporte:

Es el elemento que cumple la función de transmitir las cargas en forma vertical sobre los elementos de apoyo, además de recibir el recubrimiento.

Materiales

Los materiales usados son variados, el más difundido y usado antiguamente era el machihembrado cerámico; luego comenzó a usarse el machihembrado de madera, evolucionando hacia soluciones como tableros fenólicos, con tratamiento ignífugo y actualmente los tableros de madera laminada.

Los principales soportes existentes en nuestro medio son:

- 1.- Planchas de fibrocemento (asbesto cemento):** utilizado en forma de planchas onduladas como soporte para las tejas y en algunos casos sin revestimiento. Se utiliza por su bajo costo, fácil puesta en obra.
- 2.- Planchas plásticas de policarbonato:** se utiliza como soporte para el acabado final y puede ser usado sin revestimiento cuando este es transparente, en lugares en los que se necesita entradas de luz
- 3.- Planchas de zinc:** se utiliza como soporte para las tejas y en viviendas de bajos recursos sin revestimiento.
- 4.- Planchas de madera laminada o conglomerada:**
- 5.- Planchas de acero galvanizado (con ondas, trapezoidal, acanalada, ondulada, etc.)**



34 Soporte de fibrocemento



35 Planchas de Policarbonato



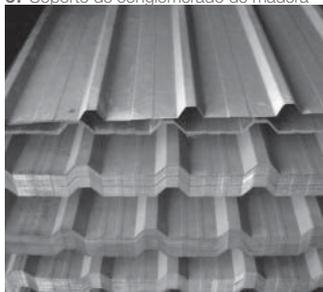
36 Plancha de Zinc



37 Soporte de conglomerado de madera



38 Soporte de duelas de madera.



39 Planchas metálicas

Recubrimiento

Funciones que cumple el recubrimiento:
Garantizar y facilitar la evacuación de agua lluvia a mas de evitar filtraciones al interior de la vivienda.
Igualmente tiene la función de dar un acabado estético a la cubierta.

Materiales

1.- Piezas Cerámicas (Tejas, ladrillos): se usan como revestimiento de cubiertas inclinadas, existe gran variedad de colores formas y texturas. También se utiliza ladrillo para estructura pero se deja visto en cubiertas planas, inclinadas, curvas o bóvedas.

2.- Vidrio: se utiliza como soporte y como acabado final en lugares en los que se necesita entradas de luz

3.- Pétreos (Pizarra y granillo): recubrimiento en cubiertas inclinadas, generando una textura celular plana.

4.- Transparentes plásticas: se utiliza como soporte y como acabado final para generar entradas de luz.

5.- Planchas fibrocemento, de zinc o aluminio: en casos donde el soporte también es el acabado final.

6.- Hormigón: Generalmente en losas transitables.

7.- Planchas plegadas de imitación de tejas: estas pueden ser de acero laminado, plásticas o de fibrocemento.



40 Cubierta de Teja.



41 Cubierta de Piezas Cerámicas.



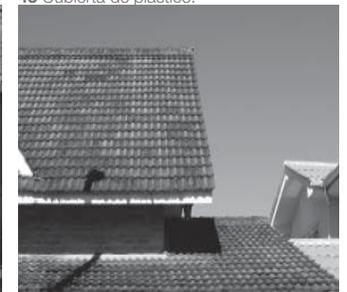
42 Cubierta de Vidrio.



43 Cubierta de plástico.



44 Cubierta de Fibrocemento



45 Planchas plegadas de imitación a teja.

Recubrimiento Interior

Funciones que cumple el recubrimiento interior:
Plano visual bajo la cubierta que tiene una finalidad estética y puede colocarse colgado o ser auto portante.

Materiales:

1.- Yeso cartón: se usa generalmente suspendido de la estructura o con una estructura independiente. Es un material muy utilizado por ser liviano y versátil.

2.- Planchas de madera: se utiliza planchas osb, o aglomerados. En algunos casos el soporte de la cubierta es también el recubrimiento interior.

3.- Machimbrado de madera: Se utilizan duelas de madera por lo general de seike para el acabado interior.

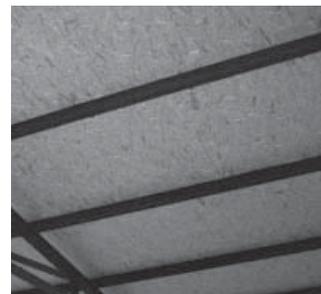
4.- Ladrillo: en estructuras de ladrillo se lo utiliza sin revestimiento, exterior ni interior, por lo tanto el acabado es la textura del mismo ladrillo estructural.

5.- Pintura: se utiliza para pintar el interior de soporte, o cualquiera de los recubrimientos anteriores.

6.- Estuco: Son piezas elaboradas con yeso y carrizo que son colocadas como acabado interior. A este material se le puede dar diferentes texturas y colores.



46 Recubrimiento de yeso cartón



47 Conglomerado de madera.



48 Recubrimiento de duela de madera.



49 Recolector de agua lluvia



50 Impermeabilizante



51 Aislante Térmico.

Elementos complementarios

Funciones que cumplen los elementos complementarios:
Son elementos extras que se adicionan en la cubierta para mejorar su funcionamiento. Se usan para mejorar la evacuación de agua, para garantizar la impermeabilización y el aislamiento acústico y térmico.

Materiales:

1.- Canales: Estos pueden ser de acero laminado, plástico o fibrocemento. Se usan para bajar el agua lluvia que se recoge en la cubierta hacia desagüe.

2.- Impermeabilizantes para cubiertas: Existen láminas asfálticas, pinturas impermeabilizantes, etc. y se utilizan para evitar el ingreso de agua al interior de la vivienda.

3.- Aislantes térmicos y acústicos: Pueden ser poliuretano, lana de vidrio, corcho, etc. Sirven para impedir el paso del calor, el frío y el sonido, garantizando el confort al interior de la vivienda.

4.- Rejillas drenantes para cubierta plana: se usan para escurrir el agua que se acumula en la cubierta.

5.- En el caso de cubierta ecológica (sustrato, roca volcánica, plantas, etc); placas drenantes, etc.



52 Canal de Zinc.



53 Membrana Asfáltica



54 Lana de vidrio

1.5.1 CICLO DE VIDA DE LOS MATERIALES



55 Ciclo de vida de los materiales de construcción

Todos los materiales de construcción tienen un ciclo de vida en el que se puede analizar su eficiencia energética, económica, estructural y social.

Para determinar el conjunto de etapas que componen el periodo de vida de los materiales, deben estudiarse criterios ambientales como:

Agotamiento de los recursos, efectos sobre la salud de las personas durante el proceso de manufactura, impacto ambiental global, daño sobre animales y vegetación, etc.

Teniendo en cuenta estos criterios hemos dividido el ciclo de vida de los materiales en 7 etapas que son:

Extracción: Es la explotación y extracción de la materia prima para la fabricación de los productos. Genera impactos ambientales, sociales y económicos en el entorno de donde se obtiene la materia prima.

Fabricación: Es el proceso en el cual la materia prima con ayuda de energía es transformada en un producto con unas características específicas. Se genera diferentes cantidades de emisión de gases al medio ambiente dependiendo del material que se fabrique.

Transporte: Es la etapa de movilización del producto de un lugar a otro, se da durante todo el ciclo de vida de los materiales, ya sea para transportar la materia prima, el producto o los desechos. Para esto se emplea combustible y se debe tener en cuenta el peso y la distancia de recorrido.

Construcción: Es el proceso en el cual se realiza la puesta en obra de una edificación con los diferentes materiales fabricados. Para estos procesos se utilizan recursos como agua y energía.

Vida útil: Es la etapa de uso y mantenimiento de la edificación que se calcula aproximadamente unos 50 años después de su construcción. Una buena propuesta arquitectónica, sistema constructivo y la correcta elección de los materiales garantizan una mayor vida útil de las edificaciones.

Reciclaje: Es la etapa en la que algunas partes de las edificaciones pueden ser reutilizadas una vez que termina su vida útil y son demolidas o desmontadas.

Desecho: Es el manejo adecuado de la disposición final de un material. Es necesario realizar una clasificación, traslado y separación de los residuos de la obra una vez retirados los materiales que puedan ser reciclados. Existen lugares como las escombreras donde se deshecha los materiales, y la cantidad de desechos que se generen depende de los materiales con los que se realizó la construcción, existiendo algunos que se degradan rápidamente y vuelven a cumplir el ciclo, y otros que tardan muchos años antes de poder volver a ser materia prima.

Para el posterior uso de las etapas en esta tesis las hemos agrupado en cuatro principales: fabricación, construcción, vida útil y desecho. (ver img. 55)

1.5.2 ANÁLISIS DE HUELLA DE CARBONO EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Comparando la huella de carbono que producen los diferentes materiales hemos realizado la siguiente infografía. En esta se compara el CO² producido por los materiales al construir una cubierta de una área de 150m² y la cantidad de árboles de eucalipto que se necesitan para absorber el CO² producido.

Se han escogido los materiales más usados en la construcción de cubiertas en Cuenca para realizar análisis comparativos en este capítulo.



En esta representación se observa que materiales como el hormigón y el acero son más contaminantes para el medio ambiente por su complejo proceso de producción, mientras que los materiales más naturales con procesos de elaboración más simples como la madera, las piezas cerámicas y los materiales pétreos generan una mínima huella de carbono. Se debe potencializar el uso de materiales menos contaminantes con el fin de preservar el medio ambiente.

Infografía realizada por los autores

Fuente de Datos:

1. Dato obtenido del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC), Chile.

CO² emitido por los materiales: Fuente de información medioambiental del ITeC (España) constituida por ciento sesenta y ocho materiales empleados en la construcción de edificios.

Cantidad de materiales necesaria para la construcción de una cubierta de 150m²: Cálculo realizado por los autores en una cubierta inclinada con 30% de pendiente.

ESTRUCTURA



Madera

se emite
0,207 toneladas de CO²
al construir una cubierta
de 150m²



se necesita 264.88 m² de
eucalipto para absorber
en un año el CO² emitido

ESTRUCTURA



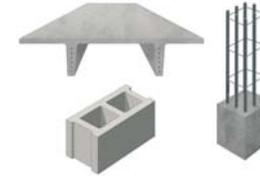
Acero

se emiten
8,36 toneladas de CO²
al construir una cubierta
de 150m²



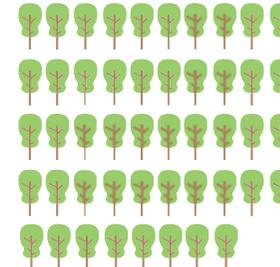
se necesita 27963,1m²
de eucalipto para
absorber en un año el
CO² emitido

ESTRUCTURA



Hormigón

se emiten
14,14 toneladas de CO²
al construir una cubierta
de 150m²



se necesita 47307.69m²
de eucalipto para
absorber en un año el
CO² emitido

SOPORTE

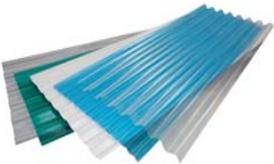
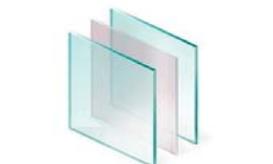
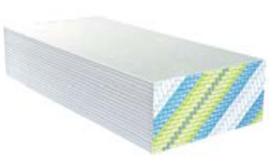
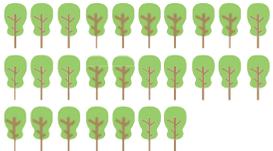


Fibrocemento

se emiten
1,86 toneladas de CO²
al construir una cubierta
de 150m²



se necesita 6220.73 m²
de eucalipto para
absorber en un año el
CO² emitido

SOPORTE	RECUBRIMIENTO	RECUBRIMIENTO	RECUBRIMIENTO	RECUBRIMIENTO	RECUBRIMIENTO	RECUBRIMIENTO
						
Plástico	Piezas cerámicas	Zinc	Vidrio	Materiales Pétreos	Pintura	Yeso-cartón
se emiten 0,75 toneladas de CO ² al construir una cubierta de 150m ²	se emiten 1,01 toneladas de CO ² al construir una cubierta de 150m ²	se emiten 3,18 toneladas de CO ² al construir una cubierta de 150m ²	se emiten 8,03 toneladas de CO ² al construir una cubierta de 150m ²	se emiten 0,1 toneladas de CO ² al construir una cubierta de 150m ²	se emiten 2.03 toneladas de CO ² al construir una cubierta de 150m ²	se emiten 0,17 toneladas de CO ² al construir una cubierta de 150m ²
						
se necesita 3825.767m ² de eucalipto para absorber en un año el CO ² emitido	se necesita 3399.062m ² de eucalipto para absorber en un año el CO ² emitido	se necesita 10662.47m ² de eucalipto para absorber en un año el CO ² emitido	se necesita 26857.34m ² de eucalipto para absorber en un año el CO ² emitido	se necesita 348,36 m ² de eucalipto para absorber en un año el CO ² emitido	se necesita 6808.284 m ² de eucalipto para absorber en un año el CO ² emitido	se necesita 583,57 m ² de eucalipto para absorber en un año el CO ² emitido

1.5.3 ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE MATERIALES

La eficiencia es la capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función, al hablar de eficiencia energética en este caso queremos comparar la capacidad de consumir o ahorrar energía que tienen algunos materiales.

Esta eficiencia se puede medir de acuerdo a algunos indicadores de consumo de recursos naturales, energéticos y de contaminantes del medio ambiente.

En el siguiente cuadro se realiza una comparación de los diferentes materiales utilizados en la construcción de cubiertas en la ciudad, se ha tomado en cuenta indicadores a lo largo de los periodos de la fabricación, construcción, vida útil y desecho de los materiales.

Se debe flexionar acerca del despilfarro energético que producen algunos materiales frente a otros que producen un gasto mínimo. Al realizar esta comparación se observa que materiales como la madera, las piezas cerámicas y los materiales pétreos son más eficientes energéticamente, por su bajo consumo energético, CO² emitido, impacto ambiental, transporte y posibilidad de reutilización.

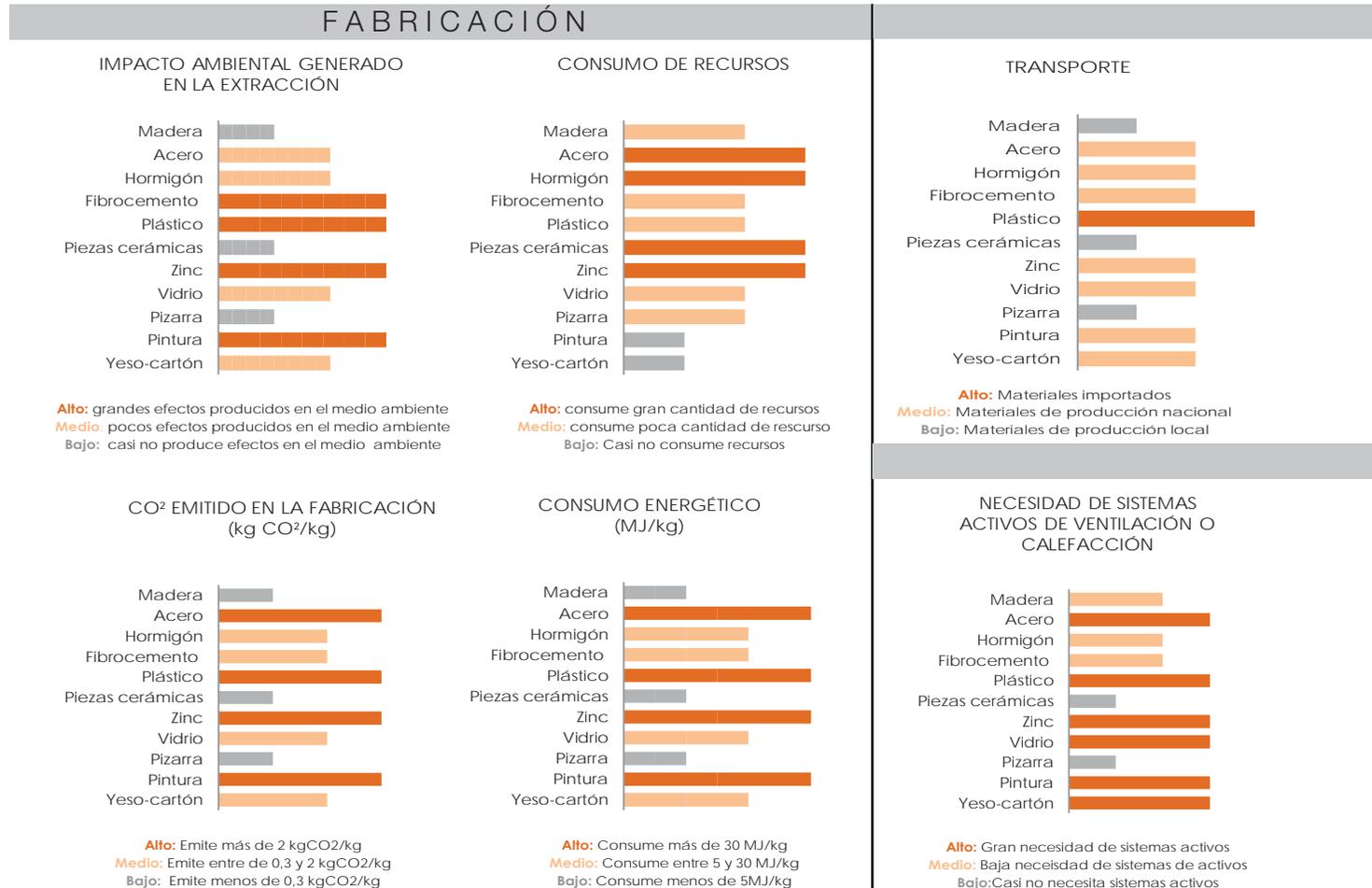
FUENTES DE DATOS:

Impacto ambiental, consumo de recursos, residuos de construcción generados, sistemas activos de calefacción o ventilación, CO₂ emitido en la fabricación, consumo energético en la construcción, mantenimiento, emisión de residuos tóxicos, posibilidad de reutilización, tiempo que tarda en regenerarse y consumo energético en el desecho:

Magwood, C. (2014). Making better buildings. Canada: New society publisher.
Mercader, M., Olivares, M., & Ramírez de Arellano, A. (2012). Modelo de cuantificación del consumo energético en edificación. Materiales de construcción,

Consumo energético en la fabricación: Schmitt, C. (2013). Fachadas vidriadas estructuradas en madera. Scielo.
Magwood, C. (2014). Making better buildings. Canada: New society publisher.

Transporte: Encuesta sobre materiales de construcción en Cuenca, realizada por el grupo de tesis. (Anexo 1)



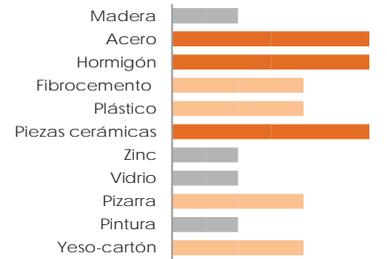
CONSTRUCCIÓN

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN GENERADOS



Alto: Genera gran cantidad de residuos
Medio: genera pocos residuos
Bajo: Casi no genera residuos

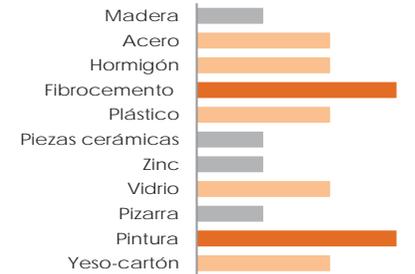
CONSUMO ENERGÉTICO MJ/m² construido



Alto: Consume más de 600 MJ/m²
Medio: Consume ente 200-600 MJ/m²
Bajo: Consume menos de 200 MJ/m²

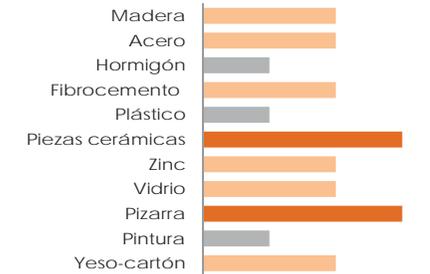
DESECHO

EMISION DE DESECHOS TÓXICOS



Alto: Gran emisión de desechos tóxicos
Medio: Poca emisión de desechos tóxicos
Bajo: Casi no emite desechos tóxico

POSIBILIDAD DE REUTILIZACION



Alto: Reutilizable completamente
Medio: Necesita de un proceso para ser reutilizado
Bajo: No puede ser reutilizado

VIDA UTIL

MANTENIMIENTO



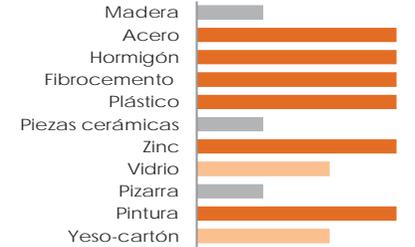
Alto: Necesita mantenimiento continuo
Medio: Necesita mantenimiento ocasional
Bajo: Casi no necesita mantenimiento

EMISIONES DE RESIDUOS TÓXICOS AL AGUA, AIRE O SUELO



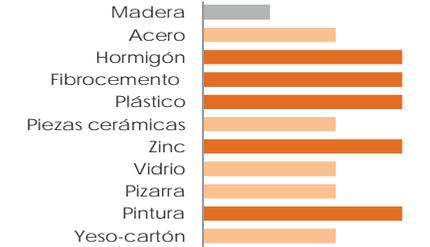
Alto: Gran emisión de residuos al medio ambiente
Medio: Poca emisión de residuos al medio ambiente
Bajo: Casi no emite residuos al medio ambiente

TIEMPO QUE TARDA EN DESCOMPONERSE Y PODER SER MATERIA PRIMA



Alto: Tarda mucho tiempo en regenerarse
Medio: tarda poco tiempo en regenerarse
Bajo: no se puede regenerar

CONSUMO ENERGÉTICO



Alto: Consume más de 30 MJ/kg
Medio: Consume ente 5-30 MJ/kg
Bajo: Consume menos de 5MJ/kg

1.5.4 ANÁLISIS DE EFICIENCIA ECONÓMICA DE MATERIALES

La eficiencia en el caso de la economía es la eficacia con la cual un sistema utiliza los recursos productivos con el fin de satisfacer sus necesidades. Es el uso de los recursos buscando maximizar la producción de bienes y servicios.

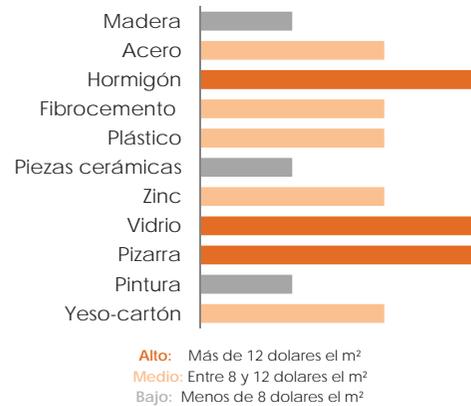
En este caso se analizó el costo basándonos en algunos indicadores de los cuales depende la eficiencia económica, como costo de materiales, maquinaria, equipo, mantenimiento, desecho, etc.

En el siguiente cuadro se muestra los diferentes materiales utilizados en la construcción de cubiertas de la ciudad para establecer cuales son más eficientes económicamente. Se ha buscado información de costos en los sistemas constructivos más usados en la ciudad. Estos datos se han obtenido mediante encuestas a los constructores de la ciudad, los cuales nos dieron sus opiniones a cerca de los materiales que preferían usar en la construcción con el fin de lograr economizar la construcción pero sin poner en riesgo su calidad y su estética.

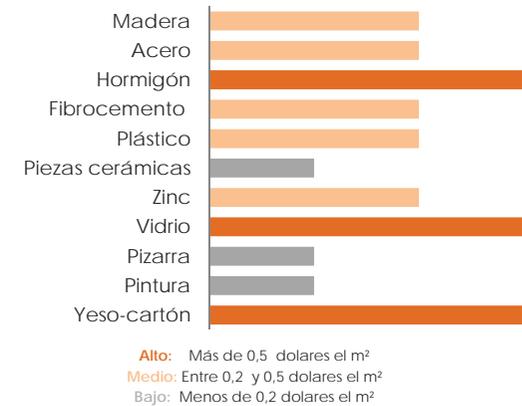
Con este análisis se puede observar que la madera y piezas cerámicas si bien tienen un bajo costo de materiales, su puesta en obra tiene un alto costo, sin embargo su posibilidad de reutilización y mantenimiento hacen de estos una buena opción para la construcción.

Es importante esta comparación ya que, si bien en los anteriores análisis observamos la eficiencia energética, y la contaminación, el factor económico se podría decir que es el más importante para el constructor, ya que muchas veces se busca economizar en materiales y mano de obra con el fin de obtener mayores ingresos.

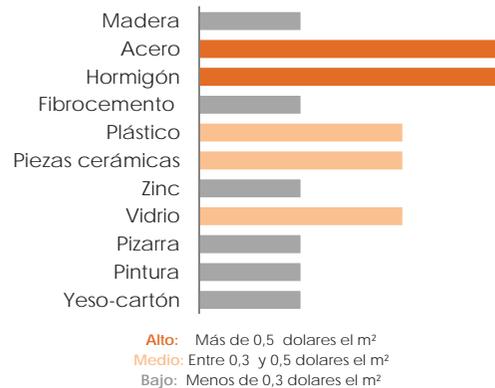
COSTO DE MATERIALES (Dólares/m²)



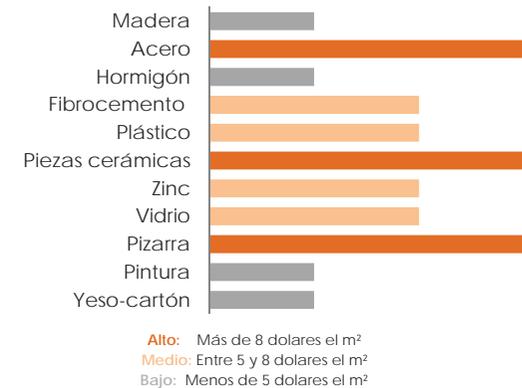
COSTO DE TRANSPORTE (Dólares/m²)



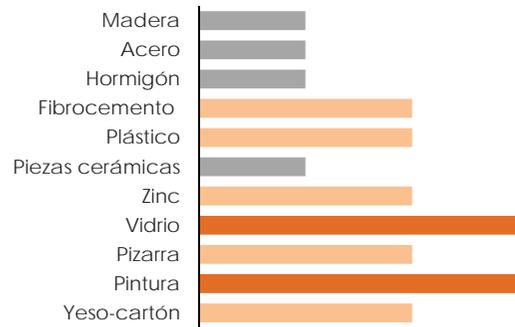
COSTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO (Dólares/m²)



COSTO DE MANO DE OBRA (Dólares/m²)

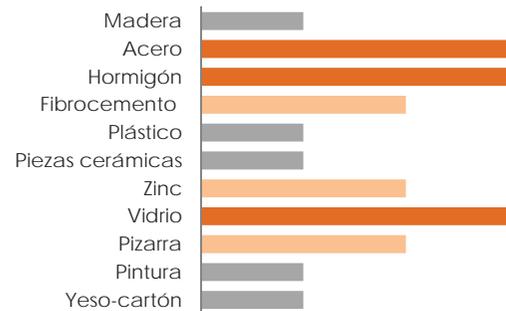


COSTO DE MANTENIMIENTO



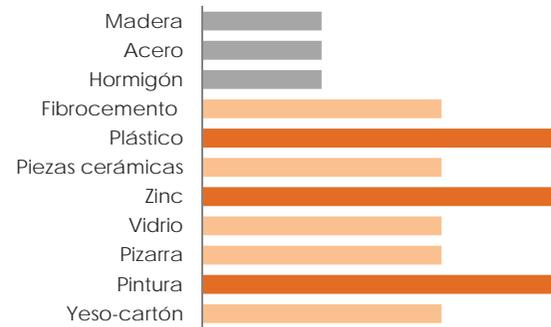
Alto: Necesita mantenimiento frecuente
 Medio: Necesita poco mantenimiento
 Bajo: Casi no necesita mantenimiento

COSTO DE REPOSICIÓN



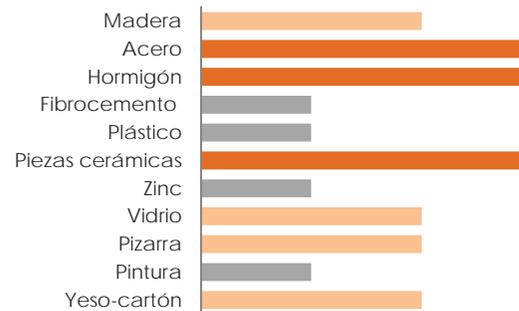
Alto: Reposición costosa
 Medio: Reposición de costo medio
 Bajo: Reposición de bajo costo

FRECUENCIA DE REPOSICIÓN



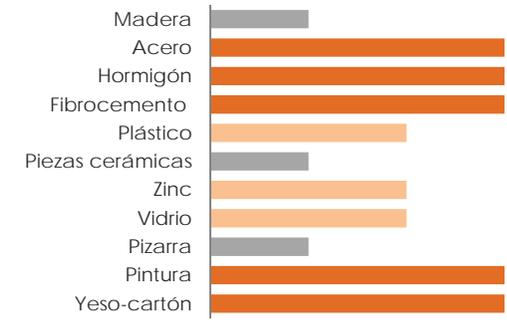
Alto: Reposición del material muy frecuente
 Medio: Reposición del material poco frecuente
 Bajo: Casi no necesita de reposición

COSTO DE DEMOLICIÓN



Alto: Demolición tiene un alto costo
 Medio: Demolición tiene un costo medio
 Bajo: Demolición no es costosa

COSTO DE RECICLAJE



Alto: Proceso de reciclaje muy costoso
 Medio: Proceso de reciclaje tiene un costo medio
 Bajo: Proceso de reciclaje tiene un costo mínimo

FUENTES DE DATOS:

Costo de materiales, costo de transporte, costo de maquinaria y equipo, costo de mano de obra:

Servicio Nacional de contratación pública. (2015). Compras publicas. Recuperado el 29 de Junio de 2015, de https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe%3FArchivo%3D2rqOfH4PNHvwhZIXmcn7J-SAft_mugyFBHNCVBZ9LLNwE,+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec

Cifras domus. (2015). Domus, 33-53.

Encuesta realizada por los autores (Anexo 1)

Costo de mantenimiento, frecuencia de reposición, costo de reposición, costo de demolición, costo de reciclaje:

Magwood, C. (2014). Making better buildings. Canada: New society publisher.

Consulta a expertos y proveedores en el mercado local

1.5.5 ANÁLISIS DE EFICIENCIA ESTRUCTURAL DE LOS MATERIALES

1.5.6 ANÁLISIS DE EFICIENCIA SOCIAL DE LOS MATERIALES

EFICIENCIA ESTRUCTURAL

Con respecto a la eficiencia estructural de los materiales de construcción se realizó un cuadro comparativo de los diferentes materiales en el cual se contrastan diferentes propiedades físicas y mecánicas.

Con el conocimiento de las distintas propiedades de los materiales se puede encontrar un uso adecuado para ellas en la construcción sin desperdicia sus capacidades logrando así generar un ahorro económico, energético y de tiempo en la construcción.

Existen materiales muy resistentes como el acero y hormigón, sin embargo las propiedades de las piezas cerámicas no se quedan atrás en los diferentes parámetros analizados, siendo una buena opción como material de cubierta.

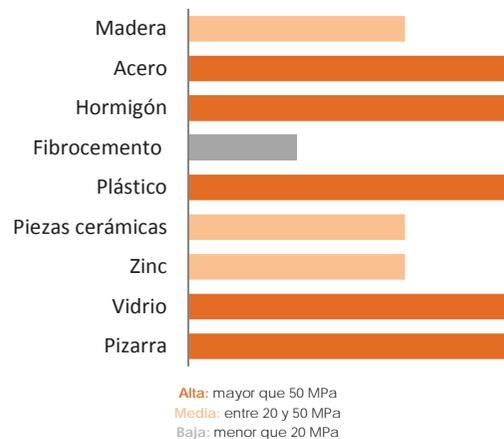
EFICIENCIA SOCIAL

La eficiencia social pretende medir la aceptación de los diferentes materiales usados en cubierta y su impacto en la sociedad cuencana.

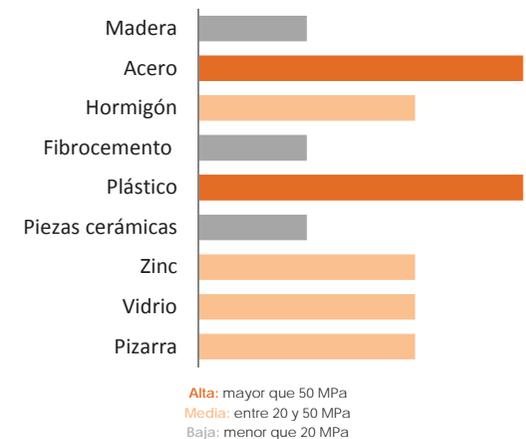
Para analizar este aspecto se comparo los valores sociales de los materiales y como estos influyen en la sociedad de manera positiva o negativa, se ha tomado como indicadores el valor histórico-cultural, el fomento de empleo, las tradiciones y la facilidad constructiva de los sistemas más usados actualmente.

En esta comparación se observa una preferencia por la piezas cerámicas, madera y cemento como materiales tradicionales y que fomentan el empleo local.

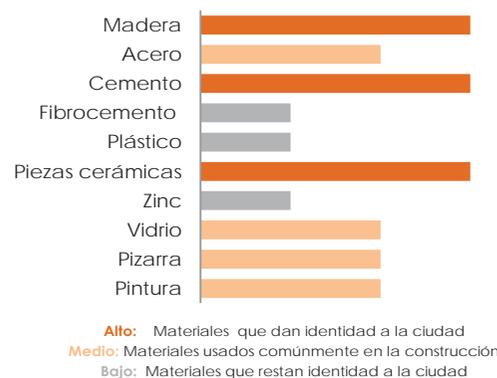
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



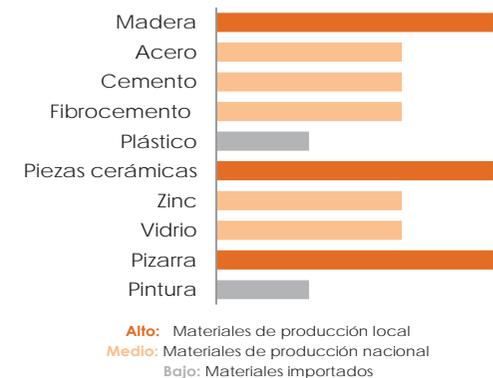
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN



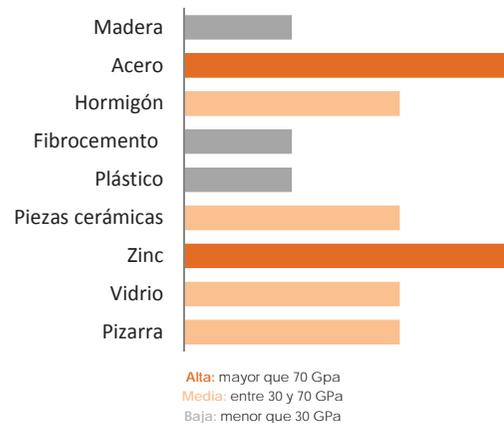
VALOR HISTÓRICO-CULTURAL



FOMENTO DE EMPLEO Y OFICIOS LOCALES



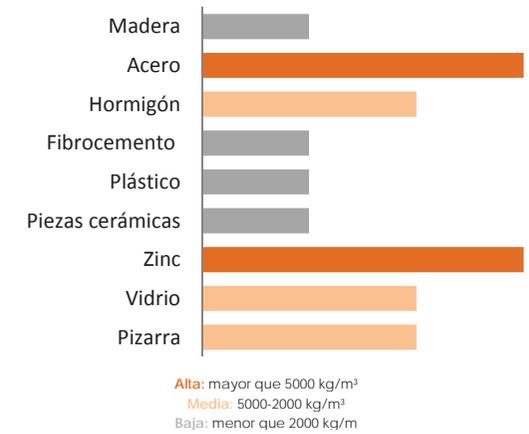
MÓDULO DE ELASTICIDAD



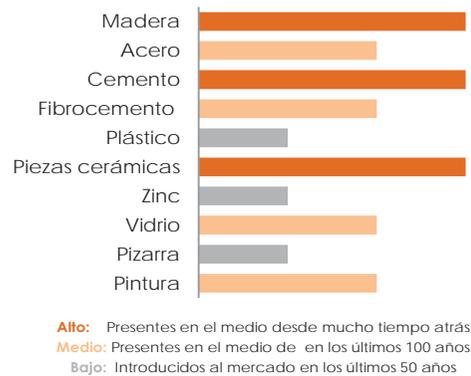
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA



DENSIDAD



RELACIÓN CON LAS TRADICIONES CONSTRUCTIVAS



FACILIDAD CONSTRUCTIVA (AUTOCONSTRUCCIÓN)

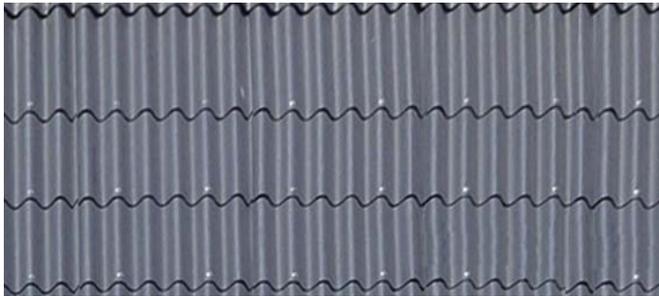


FUENTES DE DATOS:

Eficiencia estructural:
Madera: http://www.infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf
Acero: http://www.ahmsa.com/Acero/Complem/Manual_Construccion_2013/Capitulo_1.pdf
Hormigón: <http://es.wikipedia.org/wiki/Hormig%C3%B3n>
Fibrocemento: <http://www.bdigital.unal.edu.co/962/1/02598010.2001.pdf>
Plástico: <http://www.bdigital.unal.edu.co/962/1/02598010.2001.pdf>
Piezas cerámicas: <http://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/248>
Zinc: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfco.77a/doc/bmfco.77a.pdf>
Vidrio: <http://www.saint-gobain-sekurit.com/es/glazingcatalogue/propiedades-del-vidrio>
Pizarra: http://www2.etcg.upc.edu/asg/engeol/pdf_files/curs11_12/Tema4.pdf
Pintura: http://www.edutecne.utn.edu.ar/tecn_pinturas/A-TecPin_I_a_V.pdf
Yeso-cartón: http://oa.upm.es/12284/2/INVE_MEM_2011_110774.pdf

Eficiencia social: Encuesta realizada por los autores sobre materiales de construcción en la ciudad de Cuenca. (Anexo 1)

1.6 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS USADOS EN LAS CUBIERTAS DE CUENCA



56 Recubrimientos de cubierta

Después de revisar en este capítulo las formas de cubierta, los materiales usados, y las encuestas realizadas a los diferentes constructores se ha podido concluir que en la ciudad de Cuenca la cubierta más usada es la **inclinada** con un 33% de pendiente, con diferentes recubrimientos entre los más comunes están **la teja, el fibrocemento**, y en menor cantidad la pizarra.

Es por eso que a continuación se han elaborado los diferentes detalles constructivos, tanto en corte como en axonometría, para el mejor entendimiento de los sistemas constructivos usados en la ciudad.

Como ya se ha dicho anteriormente en este capítulo la cubierta de teja y la cubierta de fibrocemento son las más utilizadas en la ciudad pero su forma de construir puede variar en su estructura y soporte. Por esta razón se han analizado sistemas constructivos con estructura de madera que es utilizada desde años atrás.

También se han revisado las cubiertas metálicas realizadas con perfiles y cajas, ya que son las utilizadas actualmente en la construcción de viviendas por su rápida colocación y la homogeneidad de las piezas.

Se ha dejado de lado las cubiertas metálicas realizadas con cerchas o con grandes vigas (I) de acero ya que no son de uso común en viviendas, sino tienen un uso más característico en edificaciones de mayor escala.

Tampoco se ha realizado el análisis de las cubiertas de hormigón armado ya que en la ciudad no hay un uso de estas en cubiertas inclinadas. Otro uso del hormigón en cubierta es mediante vigas pretensadas, pero tampoco se han considerado en este análisis por no ser un sistema muy utilizado actualmente en la construcción de viviendas.

En cuanto a los materiales usados en soporte hemos realizado los sistemas constructivos en los que se podría utilizar planchas de fibrocemento, zinc o plástico que son los más utilizados en el medio y que a pesar de ser diferentes materiales al momento de construir su presentación y dimensiones son las mismas por lo que solo varía el material de la plancha.

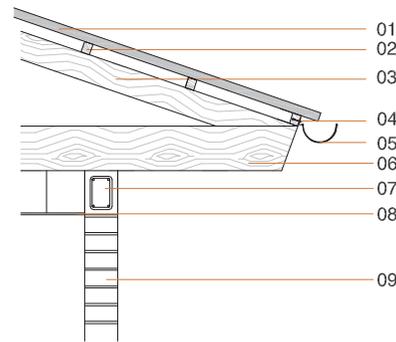
Cabe recalcar que se han realizado los sistemas más comunes encontrados en las viviendas y que se ha consultado con constructores, sin embargo existe una gran cantidad de variaciones que se puede hacer a los sistemas dependiendo del conocimiento y las necesidades del constructor.

Se ha considerado que los seis sistemas expuestos en este capítulo son claros y suficientes para entender el funcionamiento y estructuración de la cubierta con el fin de saber los diferentes problemas que se deberán resolver con nuestra propuesta.

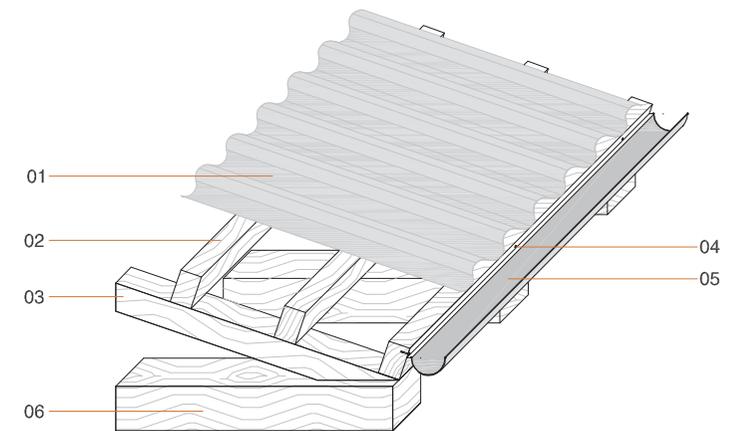
ESTRUCTURA: Madera

SOPORTE: Fibrocemento, zinc o plástico

- 01 Plancha de fibrocemento, zinc o plástico
- 02 Correas de madera de 4x5cm cada 80cm
- 03 Cabios de madera de 10x15cm cada 60cm
- 04 Tirafondo de fijación del canal
- 05 Canal redondo de zinc d=150 mm
- 06 Viga de madera de 20X20 cm
- 07 Cadena de hormigón de 20x15 cm
- 08 Cielo raso de estuco
- 09 Mampostería de ladrillo e=15cm, juntas de mortero 1cm



57 Corte y axonometría de cubierta de madera y fibrocemento

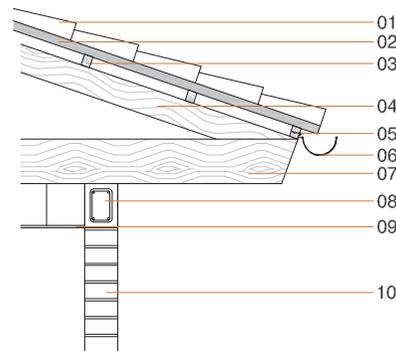


ESTRUCTURA: Madera

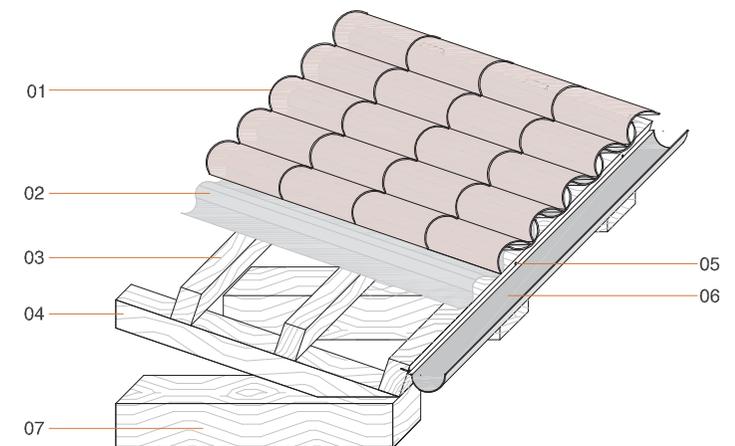
SOPORTE: Fibrocemento

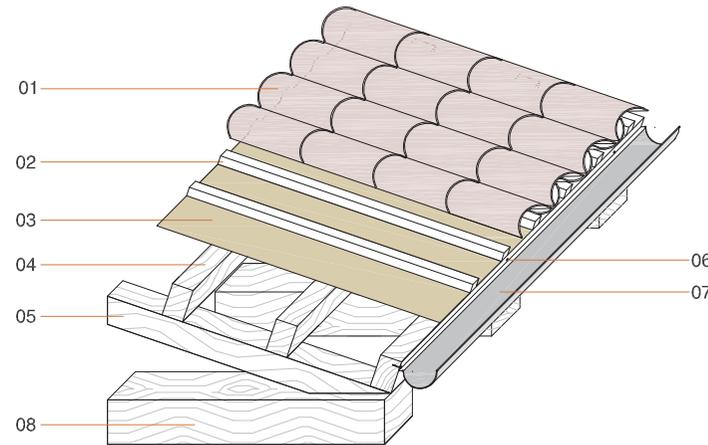
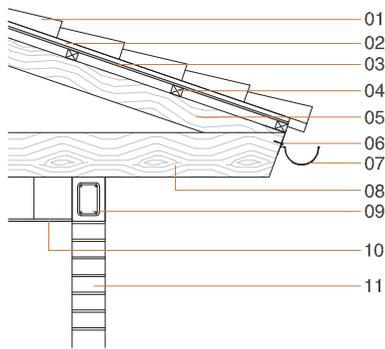
REVESTIMIENTO: Teja cerámica

- 01 Teja cerámica curva
- 02 Plancha de fibrocemento
- 03 Correas de madera de 4x5cm cada 80cm
- 04 Cabios de madera de 10x15cm cada 60cm
- 05 Tirafondo de fijación del canal
- 06 Canal redondo de zinc d=150 mm
- 07 Viga de madera de 20X20 cm
- 08 Cadena de hormigón de 20x15 cm
- 09 Cielo raso de estuco
- 10 Mampostería de ladrillo e=15cm, juntas de mortero 1cm



58 Corte y axonometría de cubierta de madera, fibrocemento y teja

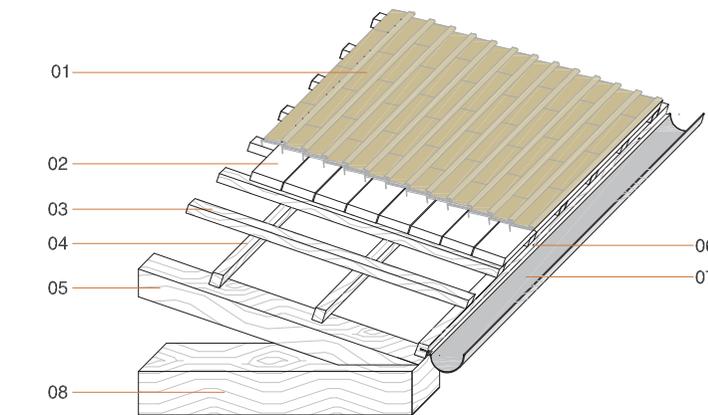
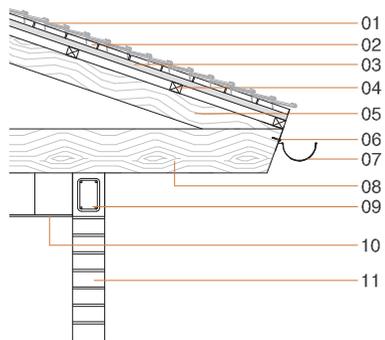




ESTRUCTURA: Madera
 SOPORTE: Madera
 REVESTIMIENTO: Teja cerámica

- 01** Teja cerámica curva
- 02** Latillas de madera de 2x2cm cada 10 y 20cm
- 03** Lamina impermeabilizante (Geomembrana)
- 04** Tiras de madera de 4x4cm cada 40cm
- 05** Cabios de madera de 10x15cm cada 60cm
- 06** Tirafondo de fijación del canal
- 07** Canal redondo de zinc d=150 mm
- 08** Viga solera de madera de 15x15cm
- 09** Cadena de hormigón de 20x15 cm
- 10** Cielo raso de estuco
- 11** Mampostería de ladrillo e=15cm, juntas de mortero 1cm

59 Corte y axonometría de cubierta de madera y teja



ESTRUCTURA: Madera
 SOPORTE: Madera
 REVESTIMIENTO: Pizarra

- 01** Pizarras fijadas con gancho de punta de acero inoxidable
- 02** Tabla de 2.5 x15 cm con juntas de 5mm
- 03** Tira de madera de 4x4 cm
- 04** Tiras de madera de 4x6cm cada 40cm
- 05** Cabios de madera de 10x12cm cada 60cm
- 06** Tirafondo de fijación del canal
- 07** Canal redondo de zinc d=150 mm
- 08** Viga solera de madera de 15x15cm
- 09** Cadena de hormigón de 20x15 cm
- 10** Cielo raso de estuco
- 11** Mampostería de ladrillo e=15cm, juntas de mortero 1cm

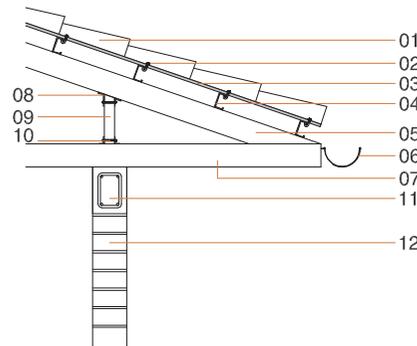
60 Corte y axonometría de cubierta de madera y pizarra

ESTRUCTURA: Metálica

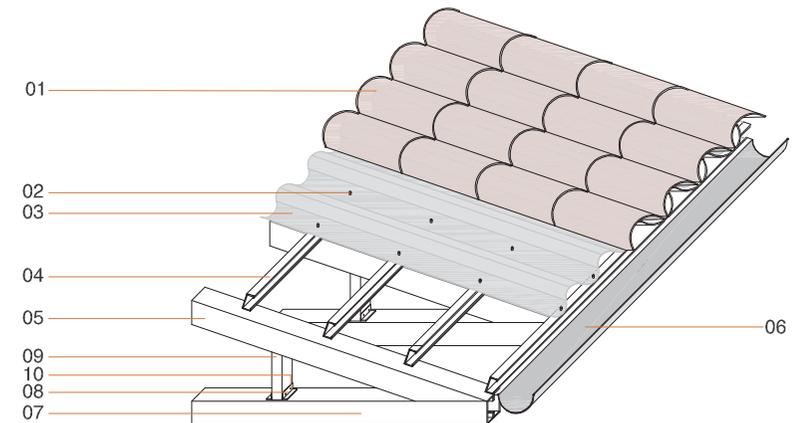
SOPORTE: Plancha de fibrocemento

REVESTIMIENTO: Teja cerámica

- 01** Teja curva cerámica
- 02** Ganchos J de 4 pulgadas
- 03** Planchas onduladas de fibrocemento de 120x240x1cm
- 04** Perfiles G de 60x30x2mm soldados a los cabios
- 05** Cabios metálicos: 2 perfiles G de 100x50x3mm
- 06** Canal redondo de zinc d=150 mm soldado a la viga
- 07** Viga metálica formada por 2 perfiles G de 100x50x3mm
- 08** Ángulo metálico e= 3mm soldado a la estructura
- 09** Tocho metálico de 2 perfiles G de 60x30x2mm
- 10** Perno pasante. Conjunto de perno, arandelas y tuerca.
- 11** Cadena de hormigón de 15x20cm
- 12** Mampostería de ladrillo e=15cm, juntas de mortero 1cm



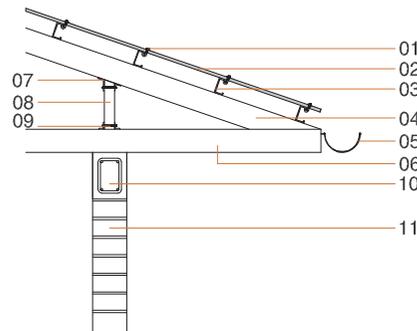
61 Corte y axonometría de cubierta metálica con teja



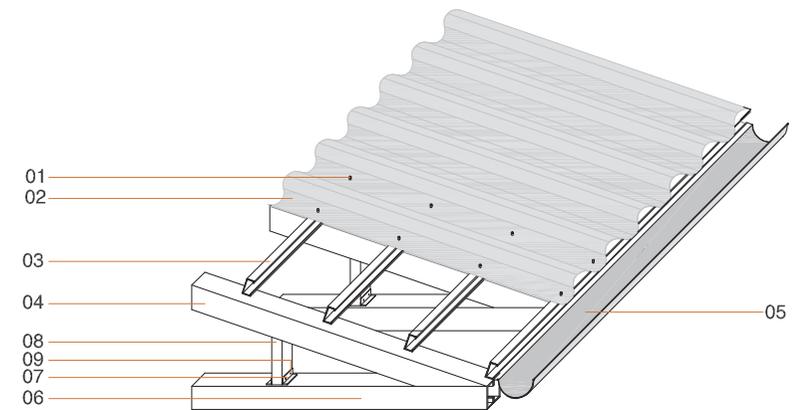
ESTRUCTURA: Metálica

SOPORTE: Plancha de fibrocemento

- 01** Ganchos J de 4 pulgadas
- 02** Planchas onduladas de fibrocemento de 120x240x1cm
- 03** Perfiles G de 60x30x2mm soldados a los cabios
- 04** Cabios metálicos: 2 perfiles G de 100x50x3mm
- 05** Canal redondo de zinc d=150 mm soldado a la viga
- 06** Viga metálica formada por 2 perfiles G de 100x50x3mm
- 07** Ángulo metálico e=3mm soldado a la estructura
- 08** Tocho metálico de 2 perfiles G de 60x30x2mm
- 09** Perno pasante. Conjunto de perno, arandelas y tuerca.
- 10** Cadena de hormigón de 15x20cm
- 11** Mampostería de ladrillo e=15cm, juntas de mortero 1cm



62 Corte y axonometría de cubierta metálica con fibrocemento



CONCLUSIONES

CAPÍTULO I

Después de realizar este capítulo sobre la construcción de cubiertas en Cuenca podemos concluir que:

- Conocer que es una cubierta, cuáles son sus características y las principales condiciones que debe cumplir, nos ayuda a entender mejor el objetivo de nuestro prototipo. **El sistema constructivo que se desarrolle debe cumplir con todos los parámetros mencionados en este capítulo.**
- Conocer las partes de la cubierta y cómo funciona el sistema constructivo tradicional nos sirve para desarrollar propuestas que puedan igualar o superar las funciones de los elementos ya existentes. Supone un reto suplir los sistemas y materiales existentes en el mercado que han ratificado su funcionamiento a lo largo de los años, por nuevas piezas que, aunque tratemos de rescatar materiales tradicionales existentes en el medio, cambian la concepción sistema constructivo. Por esta razón al conocer que la cubierta tradicional está formada por estructura, soporte y revestimiento sabemos a lo que nos enfrentamos al producir una **nueva pieza que pueda cambiar la forma de construir en la ciudad.**
- Con la clasificación de las cubiertas que hemos realizado en el capítulo se puede entender que la forma de la cubierta es un aspecto que marca la morfología y las soluciones que deberán ofrecer nuestras piezas. El sistema estructural, además de guiarnos hacia la forma de las piezas, nos da pautas de las características que deberán tener los materiales. La pendiente es importante

para la evacuación de agua, por lo tanto al conocer su clasificación podemos escoger cual es adecuada para nuestro medio en base al clima y al material que se usara. Es por eso que consideramos que el tipo de cubierta al que debemos apuntar con nuestro proyecto es a **la cubierta inclinada de dos aguas, con un 33% de pendiente, ya que es la más utilizada en la ciudad.**

- Entender las características de cada uno de los materiales que se usan en la ciudad y su ciclo de vida nos ayuda a escoger un material idóneo que cumpla varias condiciones. El material elegido debe poseer un valor paisajístico, un valor tradicional que rescate técnicas de valor histórico, un valor medio ambiental, que no consuma demasiados recursos energéticos, económicos ni naturales. Con los cuadros comparativos realizados se puede **contrastar los diferentes valores de los materiales** y acercarnos al más favorable para nuestro sistema constructivo.
- Se tomo la decisión de utilizar **piezas cerámicas** para llevar a cabo nuestro sistema, ya que:
 - ✓ Es un producto de bajo impacto, que si bien consume gran cantidad de recursos no utiliza procesos químicos fuertes ni produce grandes cantidades de CO₂ en su fabricación.
 - ✓ Una vez construido, por su inercia térmica, existe una baja necesidad de calefacción o ventilación por el clima de la ciudad.

- ✓ Cuando es desechado es factible su reutilización o demolición sin contaminar el medio.
- ✓ Si bien el costo de la mano de obra para la colocación de piezas cerámicas es alto se compensa con el bajo costo del material y su transporte.
- ✓ Posee una larga vida útil con un bajo costo de mantenimiento y reposición que hacen de este un material sustentable económicamente en la construcción.
- ✓ En el aspecto estructural es un material que cumple con los parámetros estructurales necesarios para funcionar con las cargas y necesidades de la cubierta.
- ✓ Posee un valor histórico y cultural que identifica a la ciudad de Cuenca y sus tradiciones constructivas
- ✓ Su producción tanto industrial como artesanal, y su puesta en obra generan gran cantidad de plazas de empleo para el sector, y
- ✓ Rescatan el legado de tradiciones constructivas que tiene la zona.

BIBLIOGRAFÍA DEL CAPÍTULO

Agenda de la construcción sostenible. (2000). Recuperado el 25 de marzo de 2015, de <http://www.csostenible.net/castellano/default.htm>

Anónimo. (s.f.). Construcción I - Cubiertas. Recuperado el 15 de Mayo de 2015, de <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/3456/1/clase%20cubiertas.pdf>

Argüello Méndez, T. d., & Cuchi Burgos, A. (2008). Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de construcción empleados en las viviendas de bajo coste del programa 10x10 con Techo-Chiapas del CYTED. Chiapas.

Cepeda Gutiérrez, M., & Mardaros Larrañaga, I. (2003). Cuantificación energética de la construcción de edificios y el proceso de urbanización. *conarquitectura*, 65-80.

Chassi, J., Peñafiel, M., & Serpa, H. (1982). Cubiertas en la vivienda. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Cladera, A., Etxeberria, M., & Schiess, I. (2007). Tecnologías y materiales en la construcción para el desarrollo. *Construmática*.
Cifras domus. (2015). *Domus*, 33-53.

D. K. Ching. (1997). *Diccionario Visual de la Arquitectura*. México: Editorial GG.

García, E. (2013). Tesis previa a la obtención de título de arquitecto: Criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares. Cuenca: Universidad de Cuenca.

García, R., & García Antonio. (2001). *Introducción a la Construcción Arquitectónica*. Sevilla, España. Recuperado el 15 de Mayo de 2015, de http://fama2.us.es/earq/mdd/construccion1/Objetos%20de%20Aprendizaje/apuntes%20tema%2018_edificio_y_cubierta.pdf

INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2001). *Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos Generales de Diseño*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Jaya Sucozhañay, J., & Gomezcoello Vázquez, J. L. (2012). Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles. Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana.

Magwood, C. (2014). *Making better buildings*. Canada: New society publisher.

Mercader Moyano, M. (2010). Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO2 producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Mercader, M., Olivares, M., & Ramírez de Arellano, A. (2012). Modelo de cuantificación del consumo energético en edificación. *Materiales de construcción*, 567- 582.

Pérez, D. (2011). Teoría sobre albañilería básica. Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de <http://fpdonaire-tab.blogspot.com/>

Salazar Jaramillo, A. (2012). Determinación de propiedades físicas, y estimación del consumo energético en la producción, de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional utilizados en la construcción de edificaciones. Santiago de Cali: UPME Y PNUD.

Servicio Nacional de contratación pública. (2015). *Compras públicas*. Recuperado el 29 de Junio de 2015, de https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe%3FArchivo%3D2rqOfH4PNHVwhZIXmcn7JSAft_mugyFBHNCVBZ9LNwE,+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec

Zabala Bribián, I., Díaz de Garayo, S., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S. (13 de enero de 2014). Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida. *Ecohabitar*.

FUENTE BIBLIOGRÁFICA DE TABLAS:

Tabla 01 Cargas vivas mínimas para cubiertas en kg/m². **Fuente:** INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2001). *Código Ecuatoriano de la Construcción. Requisitos Generales de Diseño*. Quito, Pichincha, Ecuador.

Tabla 02 Sistema Estructural según tipo de carga. **Fuente:** García, R., & García Antonio. (2001). *Introducción a la Construcción Arquitectónica*. Sevilla, España. Recuperado el 15 de Mayo de 2015

Tabla 03 Pendientes según los materiales **Fuente:** Código Técnico de la Edificación de España (DB HS1), España, 2006w

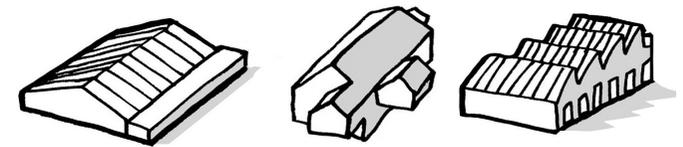
FUENTES FOTOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO

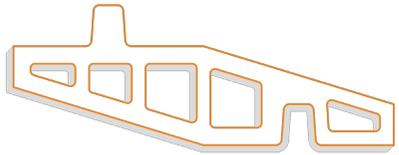
- 01** Tejado o Cubierta inclinada con teja. **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores.
- 02** Cubierta plana. **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores.
- 03** Boceto de definición de cubierta. **Fuente:** http://alojamiento.ulpgc.es/congresos/jornadas_cte/paginas/docencia/jornada1/documentos/sesion07/HS1-CubiertasGeneralidades-AJuarez.pdf
- 04** Criterios en la Construcción de una Cubierta. **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores.
- 05** Partes de la cubierta inclinada **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores.
- 06** Clasificación de la Cubierta según su forma. **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 07** Tipos de sistemas estructurales.
Fuentes:
CABLES: http://2.bp.blogspot.com/-4AJYEjznWc/Um5_R4wfstl/AAAAAAAAO5Q/ds-7QuJ9sRN8/s1600/10.gif
CARPAS: <http://soloplanos.com/wp-content/uploads/2012/08/plano-estructural-carpas.png>
ARCOS : http://www.uclm.es/área/ing_rural/JALopezPerales_archivos/image012.gif
VIGAS: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/aleph/www_f_spa/icon/construcción/2/8_clip_image006.jpg
PORTICOS: <http://www.dovalbuilding.com/wp-content/uploads/2011/11/tipos-de-porticos-1.jpg>
EMPARRILADOS: http://1.bp.blogspot.com/-ss0sreKvVY8/T5GRS2xVotI/AAAAAAAE-V0/5fAQH9_KsSE/s1600/3.gif
TRIANGULACIONES PLANAS: <http://image.slidesharecdn.com/dimensionadoconcursoespaguetis2014-140305051822-phpapp02/95/dimensionado-cerchas-concurso-espaguetis-2014-sistemas-estructurales-grado-en-arquitectura-201314-universidad-ceu-san-pablo-2-638.jpg?cb=1416911801>
TRAINGULACIONES ESTEREAS: <http://www.tectonica-online.com/art/imagen/34t34.jpg>
PLEGADURAS: <http://image.slidesharecdn.com/tipologasestructuralesysuscaracteristicasgeomtricas-130626164148-phpapp02/95/tipologas-estructurales-y-sus-caracteristicas-geomtricas-1-638.jpg?cb=1372283478>
BOVEDAS: <https://estudiandoloartistico.files.wordpress.com/2014/10/tipos-de-bovedas.jpg>
CÚPULAS DOBLES Y RECARGADAS : <https://estudiandoloartistico.files.wordpress.com/2014/10/tipos-de-bovedas.jpg>
- 08** Tipos de pendientes. **Fuente:** <http://es.slideshare.net/mbellmunt0/tema-1-tema-1-funcin-tcnica-y-conservacin-del-arte>
- 09** Cubiertas transitable de hormigón en casa Juan Jaramillo Cuenca **Fuente:** <http://www.archivo.trama.ec/espanol/revistas/articuloCompleto.php?idRevista=49&numero-Revista=116&articuloId=509>
- 10** Cubiertas no transitables de hormigón en un edificio de la Universidad de Cuenca **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 11** Cubierta Ajardinada. **Fuente:** <http://www.greenroofargentina.com/imagen/foto-extensivo01.jpg>
- 12** Cubierta de teja roja **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 13** Cubierta con losa plana de hormigón
- 14** Cubierta de zinc **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 15** Cubierta de vidrio **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 16** Cubierta de fibrocemento **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 17** Cubierta de piedra pizarra **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 18** Vivienda con cubierta inclinada de teja de cemento **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 19** Vivienda con cubierta inclinada de teja cerámica **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 20** Vivienda con cubierta inclinada de pizarra **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 21** Vivienda con cubierta inclinada de ladrillo **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 22** Vivienda de cubierta inclinada de eternit con acabado de pintura. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 23** Piscina con cubierta abovedada de zinc **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 24** Edificio con cubierta plana no transitable de hormigón armado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 25** Edificación con cubierta abovedada de hormigón **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 26** Vivienda con cubierta de hormigón armado con plegaduras **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 27** Vivienda con cubierta inclinada de teja vidriada verde **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 28** Estructura de vigas prefabricadas en hormigón. **Fuente:** http://aim-andalucia.com/gilva/web/correas_cub_naves_b.htm
- 29** Estructura de aluminio y vidrio. **Fuente:** <http://www.ecodeporte.es/cubiertas-piscina/cubiertas-piscina-habitables>
- 30** Estructura de aluminio reticulado. **Fuente:** http://www.constructalia.com/espanol/productos/cubiertas/recubrimientos_y_materiales_para_cubiertas#.VZbDqPI_NBd
- 31** Estructura con perfiles metálicos **Fuente:** http://www.constructalia.com/espanol/galeria_de_proyectos/holanda/parktoeren_y_rijntoren#.VilWO34rLIUJ
- 32** Estructura de madera. **Fuente:** <http://cutecma.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/02/tejad0s-1.jpg>
- 33** Estructura mixta. **Fuente:** <http://manuelmonroy.com/la-casa-del-tejado-hasta-el-suelo-continuacion-2/>
- 34** Soporte de fibrocemento. **Fuente:** http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/cubierta-placas-1652-2022349.jpg
- 35** Planchas de Policarbonato **Fuente:** <http://www.archiproducts.com/es/productos/73930/policarbonato-celular-arcoplus-626-reverso-dott-gallina.html>
- 36** Plancha de Zinc **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 37** Soporte de conglomerado de madera. **Fuente:** <http://es.onduline.com/sites/default/files/styles/large/public/SOPORTE%20CUBIERTA%20VL0gTV89>
- 38** Soporte de duelas de madera. **Fuente:** <http://manuelmonroy.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/11/interior-cubierta-2.jpg>
- 39** Planchas de Aluminio. **Fuente:** http://www.ec.all.biz/cubierta-zinc-g9901#.VZbDu-fi_NBd
- 40** Cubierta de Teja. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 41** Cubierta de Piezas Cerámicas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 42** Cubierta de Vidrio. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 43** Cubierta de plástico. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 44** Cubierta de Fibrocemento. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 45** Planchas plegadas de imitación a teja. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 46** Recubrimiento de yeso cartón. **Fuente:** <http://etoviedoeiciente.blogspot.com/2015/01/instalacion-de-placas-de-yeso-laminado.html>
- 47** Recubrimiento de conglomerado de madera. **Fuente:** http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/cubierta-placas-1652-2022349.jpg
- 48** Recubrimiento de duela de madera. **Fuente:** http://img.archiexpo.es/images_ae/photo-g/cubierta-placas-1652-2022349.jpg
- 49** Recolector de agua lluvia. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 50** Impermeabilizante **Fuente:** http://m/m-s1-p.mlstatic.com/rollo-de-impermeabilizante-350mm-400mm-y-450mm-3247-MLM409974440_9344-O.jpg
- 51** Aislante Térmico. **Fuente:** <http://www.arkigrafico.com/lana-de-vidrio-como-aislante-termico-y-acustico/>
- 52** Canal de Zinc. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 53** Membrana Asfáltica **Fuente:** <http://www.expo canal.es/sites/default/files/styles/producto/public/sites/default/files/articulos/000196.jpg?itok=ZwUckWgv>
- 54** Lana de vidrio. **Fuente:** http://www.hagaloustedmismo.cl/data/images/img_aislar_un_entretecho/104694-2.jpg
- 55** Ciclo de vida de los materiales de construcción **Fuente:** Ilustración elaborada por el grupo de tesis
- 56** Recubrimientos de cubierta **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.
- 57** Corte y axonometría de cubierta de madera y fibrocemento **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 58** Corte y axonometría de cubierta de madera, fibrocemento y teja **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 59** Corte y axonometría de cubierta de madera y teja **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 60** Corte y axonometría de cubierta de madera y pizarra **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 61** Corte y axonometría de cubierta metálica con teja **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 62** Corte y axonometría de cubierta metálica con fibrocemento **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores



CAPÍTULO II

Productos cerámicos en el mundo





2.1 DEFINICIÓN DE PRODUCTO CERÁMICO

Los materiales cerámicos son sólidos, no orgánicos ni metálicos que utilizan tratamientos térmicos a altas temperaturas para su elaboración.

En este trabajo entenderemos entonces como productos cerámicos a las diferentes piezas formadas por tierras arcillosas, moldeadas, comprimidas y sometidas a calor, mediante cocción en horno o secado al sol.

Las piezas cerámicas son los materiales de construcción más antiguos fabricados por el hombre. En un principio se fabricaban con tierra cruda (adobe), y posteriormente entre los años 3100-2900 a.C. comienzan a ser cocidos. Su éxito y subsistencia a lo largo de los años se debe a la facilidad de moldeado y a que se adaptan a cualquier tamaño que el hombre desee. Su materia prima, la tierra, es muy asequible en cualquier parte del mundo, lo que facilita su producción.

En la construcción, estas piezas tienen un papel importante y son usadas principalmente en: mampostería (ladrillos), recubrimiento (baldosa y terracota) y en cubierta (tejas). Las piezas cerámicas más usadas son los ladrillo y tejas.

LADRILLO:

La palabra proviene del latín Ladre, del acusativo later del vocablo latino later, lateris (bloque o pieza diversa de barro cocido). Es un elemento constructivo formado a partir de barro cocido, su forma rectangular permite construir diferentes tipos de mampostería. (Real Academia Española, 2015).

TEJA:

La palabra teja viene del latín tegula un diminutivo a partir de la raíz de tegere (cubrir, ocultar, proteger), de la que viene también el participio tectus (cubierto), que origina la palabra “techo”. Entonces teja es una elemento que tiene forma de canal con el objetivo de recibir y canalizar el agua lluvia, o el granizo que recibe la cubierta. (Real Academia Española, 2015)

MATERIA PRIMA

La arcilla es fundamentalmente, materia prima utilizada para la producción de piezas cerámicas. Este material está constituido de rocas sedimentarias disgregadas cuyas partículas tienen dimensiones inferiores a 0.002 mm, está compuesta, principalmente, de sílice, alúmina, agua y cantidades menores variables de óxidos de hierro y otros materiales alcalinos, como los óxidos de calcio y los óxidos de magnesio, formando todos ellos silicatos. (Deleg Quichimbo, 2010)

Las arcillas adecuadas para la elaboración de piezas cerámicas deben ser plásticas al mezclarse con el agua, de tal manera que puedan ser moldeadas o extruidas. Sus partículas deben tener suficiente adhesión para mantener la estabilidad de la unidad después del moldeado y ser capaces de fundirse al momento de la cocción.

Estas arcillas provienen de la descomposición de las

rocas feldespáticas, provocada por la acción corrosiva del aire y la disolvente mecánica del agua. Se presenta formando extensos depósitos en el terreno de alusión, alternando a menudo con filones de arena. (Norton, 1972)

Son entonces las arcillas superficiales las adecuadas para la fabricación piezas cerámicas. Este tipo de arcillas son las más fáciles de explotar porque corresponden a una formación sedimentaria reciente y, por lo tanto son las más empleadas. Dependiendo de las condiciones y factores que influyeron en la formación de las arcillas, éstas presentarán diferentes características propias de cada tipo que determinarán las propiedades que va a tener la mezcla de la cual formen parte. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Dependiendo de su composición las arcillas pueden ser clasificadas en:

- Arcillas Calcáreas: contienen alrededor de un 15% de carbonato de calcio y producen piezas de color amarillento

- Arcillas No Calcáreas: compuestas de silicato de alúmina, tienen un 10% de óxidos de hierro y feldespato, están mezcladas con cantidades apreciables de arena y limo.

Habitualmente las mejores arcillas son las impuras, con alrededor de 33% de arena y limos, estas reducen contracciones y agrietamientos en el momento de secado y quemado.

2.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS CERÁMICOS

El modo de fabricación de los productos cerámicos ha ido cambiando con el pasar de los años, en un inicio este proceso era manual pero hoy en día se realiza industrialmente convirtiendo a las piezas cerámicas en un material de construcción de uso global.

El proceso de fabricación de piezas cerámicas, independientemente de su forma de producción, consta de cinco etapas:

Selección de la materia prima

La materia prima se extrae de manera manual o con medios mecánicos. Una vez extraída es necesario dejarla reposar para que se genere el proceso de pudrición, (meteorización), en el cual los agentes atmosféricos (aire, lluvia, sol, etc.), se encargan del homogeneizado de la masa al disolver sales, pudren impurezas orgánicas, como raíces, piedras, pedazos de caliza etc. (Bianucci, 2009)

Para eliminar partículas superiores a 5 mm, se pasa la tierra por un tamiz. Esto asegurará una eficiente compactación y un correcto uso y mantenimiento de los equipos mecánicos empleados.

Preparación de la mezcla

El siguiente paso después de la selección es la mezcla de las diferentes arcillas, la principal dificultad en esta etapa radica en la elección de una mezcla correcta de diferentes tipos de arcillas. Por ejemplo, aquellas que son

muy grasas se las mezcla con materiales desgrasantes como la arena. (Robusté, 1969)

Después se procede al amasado de la mezcla con agua libre de sales. Es importante la cantidad de agua que se coloque en la mezcla ya que de esto dependerá la facilidad del moldeado.

Moldeado

En esta etapa se da a la arcilla la forma deseada, la pasta debe tener una humedad entre 5 y 15% con suficiente rigidez para no deformarse fresca y tener una baja contracción al secar.

Secado

El proceso de secado consiste en el desprendimiento del agua unida físicamente a la pasta. Dentro del proceso de secado hay un proceso conocido como pre-secado, el cual consiste en dejar a la pieza recién moldeada, en el mismo lugar donde fue hecho, durante un tiempo para que pierda humedad y sea posible su manipulación.

Cocción

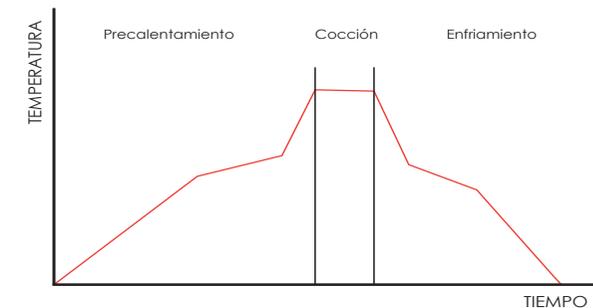
Se somete las piezas cerámicas previamente secadas a condiciones de alta temperatura por tiempos prolongados en hornos, con el fin de mejorar sus propiedades físicas, químicas o mecánicas.

Existen tres fases en el proceso de cocción: pre-calentamiento, cocción y enfriamiento.

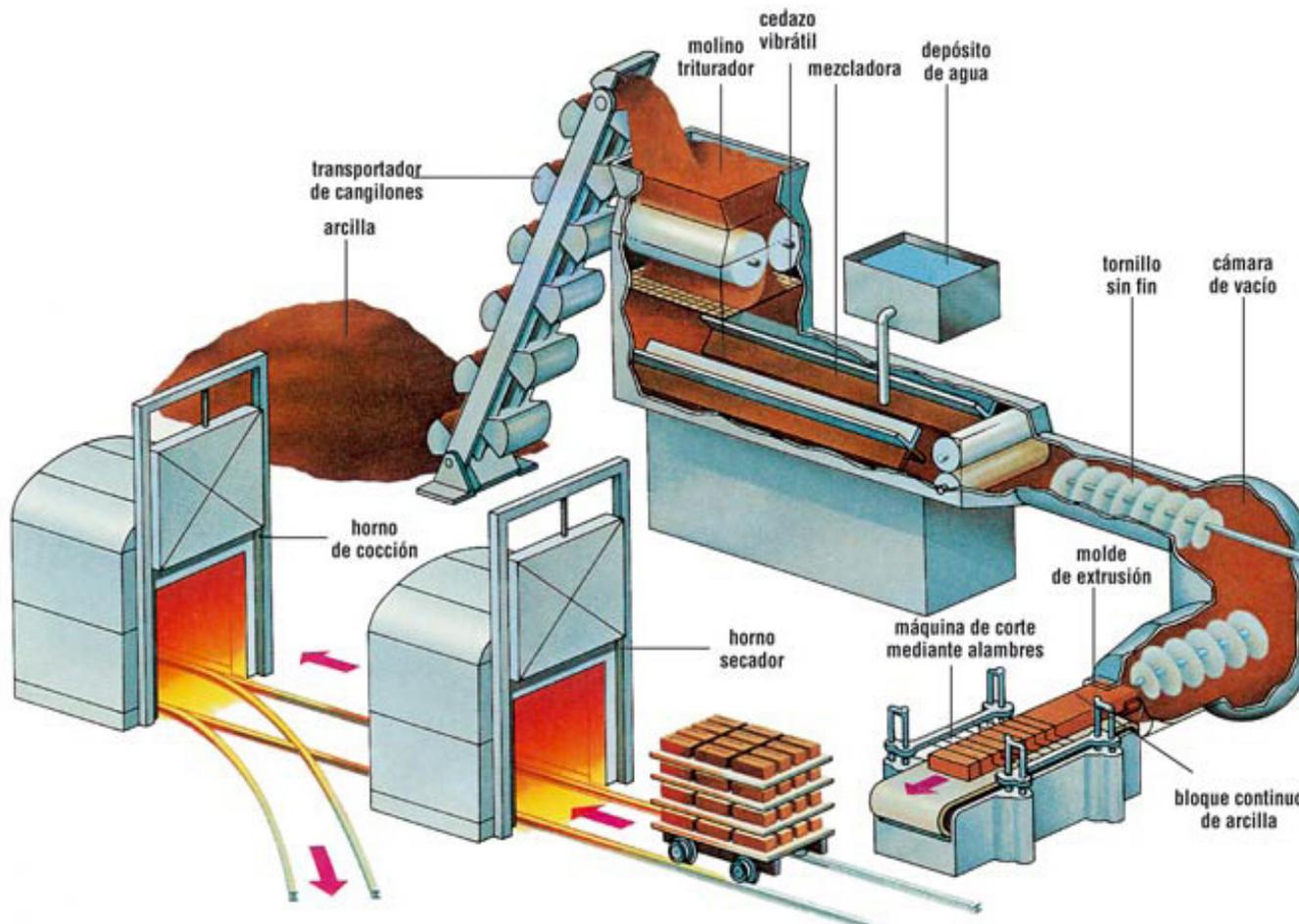
En la fase de pre-calentamiento se elimina paulatinamente el agua impregnada en la arcilla. El agua es removida por aire continuamente renovado y aumenta constantemente la temperatura.

En la fase de cocción el horno alcanza temperaturas hasta de 1000°C, y es donde se da la eliminación del agua químicamente unida a la arcilla y la maduración del producto.

Finalmente en la fase de enfriamiento la temperatura desciende desde la de cocción hasta la normal, esto debe realizarse paulatinamente para garantizar la dureza, resistencia y el color de las piezas elaboradas. El enfriamiento de las piezas está definido por su tamaño, mientras mayor es el tamaño de las piezas, la temperatura normal se alcanza con mayor lentitud. Los productos cuyo enfriamiento se realiza lentamente son muy resistentes a las acciones mecánicas, por el contrario las que enfrían rápidamente son frágiles. (Anfalit, 2002)



01 Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla.



02 Esquema de fabricación industrial de ladrillos

Formas de producción

Artesanal

Es el proceso en el cual las piezas cerámicas son fabricadas con procedimientos predominantemente manuales. Se realiza la mezcla y el moldeado a mano y los hornos son de fabricación artesanal. Se puede distinguir estas piezas por pequeñas variaciones de unidad a unidad, estas no son completamente iguales, varían en tamaños, color y textura.

Semi-industrial

Es el proceso en el cual se fabrican las piezas con procedimientos manuales y mecánicos conjuntamente. El proceso de moldeado se realiza con maquinaria elemental que extruye la pasta de arcilla. Los hornos que se ocupan son realizados artesanalmente con ladrillo. Las piezas cerámicas realizadas con este proceso se caracterizan por presentar una superficie lisa, un tamaño prácticamente uniforme entre piezas y un color que varía de acuerdo a la forma de cocción del producto.

Industrial

Es el proceso en el cual las piezas se fabrican con maquinaria sofisticada que amasa, moldea y prensa o extruye la pasta de arcilla. Los hornos que se utilizan son industriales. Las piezas cerámicas realizadas con este proceso se caracterizan por su uniformidad en forma, textura y color.

2.2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL



03 Selección y extracción de materia prima en la fabricación artesanal.



04 Preparación de la mezcla en el proceso de fabricación artesanal



05 Moldeado artesanal de piezas cerámicas

1. Selección de la materia prima

La extracción de arcilla en procesos de fabricación artesanal se realiza mediante excavación manual a una profundidad menor a dos metros.

2. Preparación de la mezcla

El amasado se realiza pisado por obreros o con caballos, que giran dentro del pisadero mezclando los elementos hasta obtener una masa plástica moldeable. No se realiza ningún control de la humedad ni densidad de la pasta, ya que todo el proceso se basa en la experiencia del operador y las cantidades se calculan empíricamente.

Esta operación puede durar hasta dos días. También se puede realizar el amasado con una rueda metálica accionada por un motor, por lo que reduce el tiempo de mezclado. (Bianucci, 2009)

3. Moldeado

En esta etapa se lleva en carretillas la mezcla desde la zona de preparación hasta la zona de moldeado. Se coloca manualmente la mezcla en moldes generalmente de madera, que darán forma a las diferentes piezas cerámicas. Se compacta con las manos y después se alisa con una paleta.



06 Secado artesanal de las piezas cerámicas

4. Secado

El secado es natural y se realiza apilando las piezas al aire libre. Este proceso está condicionado por las características climáticas de la región y el tiempo de secado puede demorar 3 o 4 días dependiendo del clima. (Bianucci, 2009)

Primero se colocan las piezas recién moldeadas bajo techo hasta cuando hayan perdido humedad y sea posible manipularlas. Después se procede al raspado de las piezas para eliminar deformaciones y estas se apilan de forma que se permita una circulación de aire a través de ellas.



07 Cocción artesanal de productos cerámicos

5. Cocción

El horno se comienza a levantar en terrenos llanos y firmes con los propios adobes hasta llegar a una altura de aproximadamente 4 mts.

Los hornos están conformados por túneles en los cuales se coloca leña durante 12 horas, tiempo en el cual enciende el carbón mineral que se encuentra en las primeras filas. Por último se tapan los túneles, y el proceso continúa por sí solo. Este proceso dura aproximadamente 7 días hasta que el fuego alcanza la parte superior del horno y se terminan de cocinar las piezas.



08 Piezas cerámicas resultantes del proceso de fabricación artesanal

6. Producto

En el proceso de producción artesanal generalmente se produce un solo tipo de pieza cerámica, conocida como ladrillo común o panelón, de geometría rectangular. Algunas ladrilleras producen también piezas de geometría cuadrada y hexagonal bajo pedido.

Debido a que no hay un control de las variables del proceso, como la temperatura, el tiempo, el peso, no hay homogeneidad en la calidad del producto final. Variando de una pieza a otra en tamaño, color, textura y resistencia.

2.2.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN SEMI-INDUSTRIAL



09 Selección del material para el proceso de fabricación semi-industrial.



10 Preparación de la mezcla en fabricación semi-industrial



11 Moldeado del ladrillo semi-industrial mediante extrucción

1. Selección de la materia prima

La extracción de arcilla en procesos de fabricación semi-industrial se realiza con el empleo de maquinaria simple. La explotación se realiza a cielo abierto con palas excavadoras de cuchara o de cangilones.

2. Preparación de la mezcla

La preparación de la mezcla en este proceso de fabricación se realiza con la ayuda de maquinaria que depura, tamiza, homogeneiza y proporciona un grado de humedad adecuado para el moldeo, dando la plasticidad necesaria para la fabricación de ladrillos.

Al ser este un proceso mecánico se tiene un mejor control de los factores que influyen en la correcta preparación de la mezcla, fabricando así piezas de mejor calidad que las producidas artesanalmente.

3. Moldeado

El moldeado de las piezas se realiza mecánicamente con una galletera de hélice o extrusora. Esta máquina está constituida por un cilindro horizontal, dentro del cual gira un eje provisto con una hélice que impulsa la pasta y la obliga a salir por una boquilla que le da forma a la pieza cerámica. La boquilla consiste en una pieza de madera o metálica sujeta con tornillos a una gruesa placa rectangular de fundición. Después de pasar por la boquilla y adquirir forma, la pieza pasa por una cortadora, que con 2 o 3 hilos de acero corta las piezas a la longitud deseada. (Moreno G, 1981)



12 Secado de las piezas cerámicas en la producción semi-industrial.

4. Secado

En este tipo de fabricación el secado, al igual que en el proceso artesanal, es natural y se realiza apilando las piezas al aire libre.

Una vez que las piezas han sido moldeadas se apilan manualmente al aire libre o en locales cerrados ventilados. El tiempo de secado en este proceso es mucho menor al secado en el proceso artesanal ya que las piezas salen de la extrusora con menos humedad.



13 Colocación en los hornos para la producción semi-industrial

5. Cocción

Para este proceso se cuenta generalmente con un horno tipo Hoffman, en el cual se carga las piezas secas. Las paredes del horno son gruesas y aisladas, las cuales minimizan la pérdida de calor al exterior. En el interior está dividido por cámaras, que permiten una producción continua. Está diseñado para que los ladrillos crudos sean cargados en la sección delantera del horno al mismo tiempo que los ladrillos quemados son descargados en la parte posterior del horno.



14 Piezas cerámicas resultantes de la fabricación semi-industrial.

6. Producto

En el proceso de fabricación semi-industrial se tiene más variedad de piezas producidas, ya que la forma de las mismas depende de la configuración que se le da a la extrusora.

Existe un mejor control en la dosificación, moldeado y quemado que en la producción artesanal, por lo que se logra una homogeneidad en la calidad del producto final. Sin embargo las piezas pueden variar ligeramente de un lote de producción a otro en tamaño, color y textura.

2.2.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL



15 Selección y extracción de la materia prima mediante dragalinas para la producción



16 Preparación de la mezcla para producción industrial de piezas cerámicas



17 Moldeado de piezas cerámicas de producción industrial

1. Selección de la materia prima

Para la elección de la arcilla que se usa en procesos de fabricación industrial primero se toma muestras de arcilla, las cuales son llevadas al laboratorio para determinar sus características y comprobar que sean idóneas para garantizar la calidad de las piezas a fabricarse.

La extracción de la arcilla se realiza mediante métodos mecánicos que emplean dragalinas y excavadoras de cucharas de diferentes tipos. Estos métodos requieren proporcionalmente menos área de excavación, pero hacen cortes profundos en el paisaje.

2. Preparación de la mezcla

La preparación de la mezcla en este proceso de fabricación se realiza con la ayuda de maquinaria avanzada con la cual se tiene un control minucioso de la depuración, tamizado, homogeneizado y grado de humedad adecuado para el moldeo. Esto genera que la mezcla tenga altos estándares de calidad y sea realizada en menos tiempo.

3. Moldeado

En el proceso industrial se utilizan, al igual que en el proceso semi-industrial, maquinaria que moldea las piezas por extrucción, pero en este caso las maquinas tienen mayor capacidad de producción y controlan que la compresión mecánica permita contenidos de humedad bajos, acortando así el periodo de secado y generando piezas muy uniformes.

El transporte de las piezas moldeadas se realiza mecánicamente y teniendo especial cuidado en no causar pequeñas deformaciones en las piezas.



18 Secado de piezas cerámicas en producción industrial

4. Secado

En este proceso de fabricación el secado se realiza artificialmente con el acondicionamiento de aire. Existen algunos tipos de secadores artificiales pero los más conocidos son los de cámara y los de túnel. Los productos a secar son llevados por medio de bandas y son sometidos a un proceso de secado regulando al contenido de agua de los productos.

El secado de las piezas es una de las partes más delicadas de la fabricación, pues un secado muy rápido puede producir fisuras y un secado incompleto puede impedir el buen cocimiento (Robusté, 1969)



19 Cocción industrial de productos cerámicos

5. Cocción

Para la producción industrial se usan sofisticados hornos de túnel. Son de producción continua y poseen varias cámaras.

En estos hornos se lleva un control de temperatura, logrando así una mayor eficiencia en la producción de unidades de arcilla con mejor calidad final.

En la producción industrial existe un paso extra después de la cocción, el empaquetado de las piezas cerámicas, esto garantiza que las piezas lleguen intactas al su lugar de destino.



20 Piezas cerámicas resultantes del proceso de producción industrial.

6. Producto

En el proceso de fabricación industrial se tiene una gran variedad y cantidad de piezas producidas.

Existe un control minucioso de la dosificación, moldeado y quemado, por lo que se logra una homogeneidad en la calidad del producto final. Al ser un proceso tan controlado mecánicamente las piezas resultantes son completamente iguales unas con otras en tamaño, color y textura. Al ser empacadas para transportarse garantizan su calidad hasta llegar a obra, ya que esto evita golpes, trizaduras, o desprendimientos.

2.3 PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS CERÁMICOS



21 Diferentes tipos de ladrillos cerámicos.

Propiedades generales

Las principales propiedades que poseen los productos cerámicos son:

- Color: Es la coloración final que tiene la pieza después de pasar por el proceso de fabricación.
- Textura: Es el efecto en la superficie o la apariencia que presenta la unidad.
- Resistencia a la compresión: Propiedad mecánica que le permite a la pieza cerámica soportar compresión.
- Absorción: capacidad que tienen las piezas cerámicas de retener una sustancia (agua) en estado líquido.
- Resistencia a la congelación: Capacidad de soportar bajas temperaturas sin perder sus propiedades ni sufrir fracturas.
- Resistencia al fuego: Propiedad física de los productos cerámicos que consiste en soportar altas temperaturas sin sufrir daños.
- Aislamiento térmico: Propiedad física que no permite la transferencia de calor, ya que tiene una baja conductividad térmica.
- Aislamiento acústico: Propiedad física que permite disminuir o atenuar el nivel sonoro en un determinado espacio.

Propiedades según el tipo de fabricación

Color:

El color de los ladrillos dependerá del horno en el que se realice la cocción. Un horno discontinuo bien diseñado puede proporcionar ladrillos con una cierta variedad de color dentro del apilamiento, pero casi constante de hornada a hornada. En un horno túnel se tiende a producir ladrillos con gran constancia de color. (García Verduch & Del Olmo Guillen, 1972). Es por eso que en el proceso artesanal las piezas varían en color unas con otras mientras que en la fabricación industrial y semi-industrial el color se puede controlar y es homogéneo en todas las piezas cerámicas.

Textura:

Las piezas realizadas artesanalmente poseen una apariencia tosca y caras rugosas, al ser moldeadas manualmente. Mientras que en los procesos industriales en los que se utiliza extrusoras o prensas la textura de las piezas es lisa y uniforme.

En los procesos industrial y semi-industrial es posible realizar un proceso de texturación en el cual se estampa una textura en la pieza fresca. Las texturas pueden ser longitudinales, transversales u oscilantes.

Resistencia:

Esta se garantiza con una correcta elección de materia prima, moldeado, secado y cocción. La producción mecanizada, al tener un mejor control de estos procesos, garantiza, de cierta forma, la resistencia de las piezas.

Propiedades según sus componentes

Color:

La presencia de hierro, en una cantidad menor al 7% proporciona una coloración rojiza, si se presenta un mayor porcentaje se presentará una coloración azul oscura. El óxido de magnesio, en un porcentaje menor a uno, proporciona una coloración amarilla. El óxido de hierro produce unidades rojas o blancas con porcentajes menores al 5%. (Barranzuela Lescano , 2014)

Textura:

La presencia de piritas de hierro en exceso puede generar la aparición de cuarteaduras sobre el producto obtenido. Existen algunos minerales tales como sílice, cal y feldespato que proporcionan compacidad a las unidades, de presentarse exceso de estos minerales, se perdería la cohesión y homogeneidad del material. (Gallegos & Casabonne, 2005)

Resistencia:

La presencia de sulfato de calcio produce piezas quebradizas con poca resistencia si se lleva a cabo una cocción débil. El óxido de magnesio produce deterioro por expansión de la superficie si se presentan cantidades mayores a 1%. El sulfuro de hierro al oxidarse, lleva a la destrucción de la homogeneidad y provoca rotura de la unidad. (Barranzuela Lescano , 2014)

Propiedades según su cocción

Color:

El color exacto de las piezas lo determina la temperatura de cocción, de acuerdo a esta temperatura se puede obtener los siguientes colores en las piezas:

- Rojo Naciente: 525 °C
- Rojo Oscuro: 650 °C
- Rojo cereza oscuro: 750 °C
- Rojo cereza: 850 °C
- Rojo cereza clara 900 °C
- Naranja intenso: 1000 °C
- Naranja claro: 1100 °C
- Amarillo brillante: 1200°C
- Blanco: 1300 °C
- Blanco Brillante 1400 °C

Resistencia:

Las piezas cerámicas demasiado cocidas son muy duras pero su resistencia es baja debido a las fisuras que se producen, mientras que las piezas poco cocidas o blandas, pueden desmoronarse fácilmente. Si la cocción se hace lentamente, se mejora la calidad, pero con ello aumentan los costos.

Las temperaturas que se usan según la resistencia que necesitan las piezas suelen ser las siguientes:

- 900 a 1000 °C: ladrillos y productos porosos para tejería.
- 1100 y 1300 °C: Productos semiporosos de loza y baldosas cerámicas.
- 1300 y 1500 °C: Productos impermeables de gres vitrificado. Porcelana y refractarios. (Cladera, Etxeberria, & Schiess, 2007)

2.4 CATÁLOGO CRONOLÓGICO DE PRINCIPALES PRODUCTOS CERÁMICOS EXISTENTES EN EL MUNDO

Adobe de Jericó
7600-6600 a.C.



Descripción:

Primer ladrillo de la historia, tiene forma rectangular irregular y marcas realizadas con dedos o espinas de pescado en la parte superior.

Dimensiones:

400 x 150 x 100mm

Aplicación:

Mampostería

País:

Palestina

Mortero:

Barro

Adobe de Egipto
1800 a.C.



Descripción:

Primeros ladrillos realizados en barro con moldes

Dimensiones:

280-320 x 150-160 x 75-100mm

Aplicación:

Paredes, bóvedas y arcos

País:

Egipto

Mortero:

Barro

Ladrillos de Mesopotamia
3100-2900 a.C.



Descripción:

Primeros ladrillos cocidos de la historia. Existieron cuatro tipos: Reimchen (de planta rectangular y sección cuadrada), Plana convexa, Rectangular y Cuadrada

Aplicación:

Paredes, arcos y bóvedas de edificios importantes

País:

Mesopotamia (actual Irak)

Mortero:

Bitumen

Ladrillo esmaltado
500-480 a.C.



Descripción:

Primer ladrillo esmaltado de colores. Macizo de forma rectangular, el esmaltado se realiza con un liquido acuoso que se vitrifica a altas temperaturas

Aplicación:

Decoración de edificios de importancia

País:

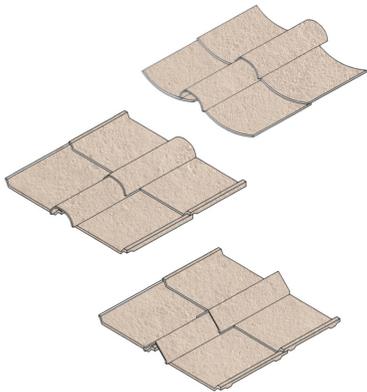
Susa (actual Iran)

Mortero:

Bitumen

Tejas de Grecia

2600 -2000 a.C.



Descripción:

Lanconio: Tejas curvas, alternadas la parte cóncava hacia arriba y hacia abajo.

Siciliano: Teja plana con los bordes levantados y una teja semicircular.

Corintio: Teja plana con los bordes levantados y una teja de caballete.

Dimensiones:

420 x 220 x 10mm

Aplicación:

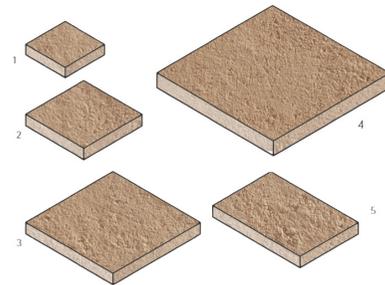
Cubiertas de viviendas

País:

Grecia

Ladrillos romanos

Siglo I d.C.



Descripción:

Ladrillos cocidos en Roma

Dimensiones:

Besalis: 200 x 200 x 45mm

Pedalis: 295 x 295 x 45mm

Sesquipedalis: 443 x 443 x 50mm

Bipedalis: 590 x 750 x 60mm

Lydios: 400 x 280 x 40mm

Aplicación:

Paredes, pisos, arcos y bóvedas

País:

Roma

Mortero:

Cal con puzolana

Tejas de Roma

Siglo I d.C.



Descripción:

Consta de la tegula (pieza plana con soportes en los bordes) y el imbrex (Teja semicircular que cubre el espacio entre las tegulas)

Dimensiones:

Entre 600 y 400 mm con espesor de 10mm

Aplicación:

Cubiertas de viviendas

País:

Roma

Ladrillos grabados

Siglo II d.C.



Descripción:

Rectangular macizo, tiene un grabado que se realiza antes de la cocción e incluían el nombre del terrateniente, del responsable de ladrillar, y la fecha.

Dimensiones:

400 x 280 x 40mm

Aplicación:

Paredes, arcos y bóvedas

País:

Roma

Mortero:

Cal con puzolana

Ladrillos planos

500 a.C. - 1000 d.C.



Descripción:

Grandes ladrillos cerámicos planos utilizados como revestimiento

Dimensiones:

Proporciones de 6:3:1 y de 8:4:1

Aplicación:

Revestimiento de pisos, paredes

País:

China

Mortero:

Cal y arena reforzado con gachas

Ladrillos Chinos

25 -220 d.C.



Descripción:

Existen 2 tipos, el de lengüeta y estriado, y el de mortaja y espiga. Diseñados para unir hiladas de bóvedas

Dimensiones:

400 x 200 x 100mm
250 x 120 x 60mm

Aplicación:

Arcos y bóvedas

País:

China

Mortero:

Cal y arena reforzado con gachas de arroz

Ladrillos de Pagan

1100 d.C.



Descripción:

Ladrillo rectangular macizo de tamaño mediano.

Dimensiones:

370-400 x 180-225 x 50mm

Aplicación:

Stupas y templos

País:

Pagan (actual Myamar)

Mortero:

Cal, barro o cola vegetal

Ladrillo vidriado

Siglos XIII - XVII



Descripción:

Piezas rectangulares macizas con acabado vidriado en sus caras vistas.

Aplicación:

Paredes y jambas de puertas y ventanas. Se usa alternando una hilada de ladrillo normal y una de ladrillo vidriado

País:

Alemania y Polonia

Mortero:

Cal

Ladrillos de Persia

1000 - 1450 d.C.



Descripción:

Ladrillos macizos por lo general cuadrados, con texturas. Algunas veces se les aplicaba una capa de vidriado.

Dimensiones:

180-310 x 40-70mm

Aplicación:

Decoración

País:

Persia (actual Irak e Iran)

Mortero:

Yeso

Ladrillo de Italia

1450 - 1650 d.C.



Descripción:

Ladrillos rectangulares Macizos.

Dimensiones:

Mattone era: 290 x 126 x 73 mm
Mezzana: 290 x 145 x 51 mm
Quadrucchio: 290 x 102 x 73 mm

Aplicación:

Paredes, Bóvedas y arcos

País:

Italia

Mortero:

Cal

Ladrillos de Norteamérica
1600 d.C.



Descripción:
Primeros ladrillos macizos usados en Norteamérica.

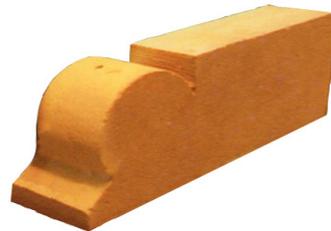
Dimensiones:
215-220 x 100 x 55-60 mm

Aplicación:
Paredes

País:
Estados Unidos

Mortero:
Conchas de moluscos quemadas y mezcladas con agua, arena y perlo de animal

Ladrillos de Londres
1666 d.C.



Descripción:
Ladrillos decorativos recortados los contornos con una caja guía y

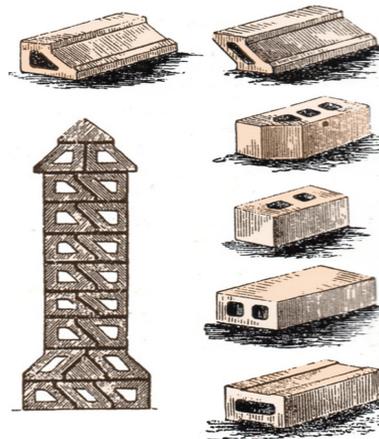
Dimensiones:
Variables de acuerdo al diseño

Aplicación:
Dinteles de puertas y ventanas

País:
Londres

Mortero:
Masilla de cal

Ladrillo para reforzar
siglo XIX



Descripción:
Piezas cerámicas huecas que facilitan el armado de las estructuras de hierro.

Dimensiones:
Variables, se realizo gran cantidad de patentes en 1851

Aplicación:
Paredes, arcos y decoración de fachadas.

País:
Francia

Mortero:
Cemento

Ladrillo artesanal común
Siglo XX - XXI



Descripción:
Ladrillos macizos realizados artesanalmente, por lo que su acabado no es uniforme ni liso

Dimensiones:
280 x 140 x 7 mm

Aplicación:
Paredes, arcos, bóvedas, piso

País:
Uso global

Mortero:
Cemento

Teja artesanal común
Siglo XX - XXI



Descripción:
Pieza de forma acanalada, que sirve para que el agua de la lluvia pueda resbalar por ella. Al ser artesanales su acabado es irregular y el tamaño puede variar ligeramente de una a otra

Dimensiones:
220 x 450 x180 mm con espesor de 1cm

Aplicación:
Revestimiento de cubiertas

País:
Uso global

Piezas cerámicas

Siglo XX - XXI



Descripción:

Ladrillo de diversas formas que se utilizan generalmente para decoración y para pisos.

Dimensiones:

200 x 200 x 30mm

Aplicación:

Decoración, pisos, revestimiento

País:

Uso global

Mortero:

Cemento

Ladrillo Macizo Industrializado

Siglo XX - XXI



Descripción:

Ladrillo rectangular macizo industrial. Primera pieza realizada con medios mecánicos.

Dimensiones:

230 x 110 x 50 mm

Aplicación:

Paredes

País:

Comienza en los países Europeos y se extiende su uso por el mundo.

Mortero:

Cemento

Ladrillo Hueco Industrializado

Siglo XX - XXI



Descripción:

Piezas rectangulares con perforaciones que pueden variar en número y geometría.

Dimensiones:

Las dimensiones pueden variar de un lugar a otro

Aplicación:

Cerramientos, muros divisorios y tabiques

País:

Uso global

Mortero:

Cemento

Ladrillo Hueco Industrializado Portante

Siglo XXI



Descripción:

Piezas rectangulares con perforaciones. Diseñadas para soportar cargas.

Dimensiones:

Las dimensiones pueden variar de

Aplicación:

Muros portantes

País:

Uso global

Mortero:

Cemento

Teja industrializada

Siglo XXI



Descripción:

Existe una gran variedad de forma de las piezas, pueden ser regulares o irregulares, planas o curvas, lisas o con acanaladuras y salientes.

Dimensiones:

400 x 200 x 12mm

300 x 150 x 14mm

Aplicación:

Recubrimiento de cubiertas.

País:

Uso global

Rasillones

Siglo XXI

**Descripción:**

Son piezas cerámicas planas y huecas. Pueden ser utilizadas como estructurales si se las combina correctamente con hormigón armado

Dimensiones:

300 x 900 x 40 mm

Aplicación:

Losas de entrepiso, cubiertas, tabiques y piso

País:

Uso global

Piezas para losas

Siglo XXI

**Descripción:**

Son piezas cerámicas diseñadas para armar losas de entrepiso o cubierta. Se usan como viguetas pretensadas con hormigón armado

Dimensiones:

110 x 250 x 380 mm

165 x 25 x 40 mm

Aplicación:

Losas de entrepiso y cubierta

País:

Uso global

Piezas diseñadas

Siglo XXI

**Descripción:**

Son piezas que se hacen industrialmente bajo pedido, pueden tener varias formas y usos. El constructor da las especificaciones técnicas al fabricante, que realiza las piezas cerámicas

Dimensiones:

Variables

Aplicación:

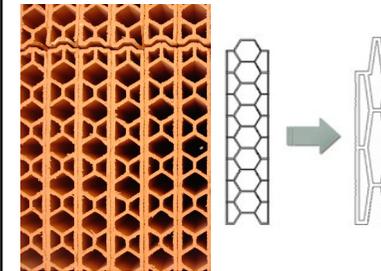
Decoración y estructurales

País:

Uso global

Hexbrick

Siglo XXI

**Descripción:**

Piezas cerámicas con huecos horizontales hexagonales que mejoran las características de absorción acústica de los ladrillos.

Dimensiones:

Exterior igual a la de un ladrillo convencional, en el interior los huecos presentan una superficie de 16 cm², siendo el espesor de sus paredes de al menos 5 mm.

Aplicación:

Piso, paredes y cubiertas

País:

Francia

Mortero:

Se puede usar cemento

Flexbrick

Siglo XXI

**Descripción:**

Tejido cerámico basado en un trenzado de alambres de acero que confina una retícula de piezas de arcilla cocida dispuestas en tabla.

Aplicación:

Piso, paredes, cubiertas y bóvedas

Dimensiones:

75-1000 mm de ancho por el largo requerido por el constructor

País:

España

Mortero:

Se puede usar cemento

2.5 ANÁLISIS DE CASOS DE PIEZAS CERÁMICAS EN CUBIERTA EN EL MUNDO

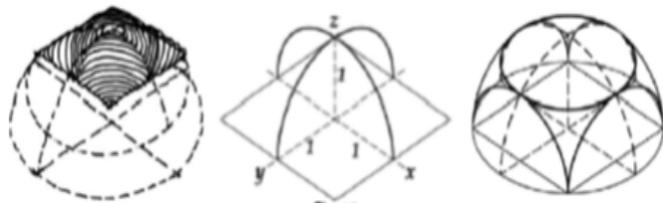
2.5.1 PIEZAS CERÁMICAS AUTO-PORTANTES

Las piezas cerámicas han sido muy usadas estructuralmente para cubrir espacios a lo largo de la historia. Las bóvedas estructurales y sin encofrado se han realizado desde tiempos pasados en civilizaciones tan antiguas como las egipcias, mesopotámicas y babilónicas

En la actualidad existen arquitectos que han estado trabajando en el uso de piezas cerámicas para cubrir espacios, uno de ellos es arquitecto mexicano Alfonso Ramirez Ponce, quien se ha dedicado al estudio y desarrollo de las cubiertas con ladrillos recargado y sin encofrado. Su trabajo se centra en México, donde ha realizado numerosas edificaciones usando este sistema constructivo, la mayoría viviendas particulares.

Con el desarrollo de esta técnica a logrado mejorar la calidad de las construcciones, ya que las bóvedas de ladrillo ofrecen textura y espacios de mucho interés arquitectónico.

Ramirez Ponce trabaja con las llamadas “bóvedas mexicanas” que se obtienen de secciones esferoidales. Y parten del principio del ladrillo inclinado o recargado.



22 Secciones esferoidales

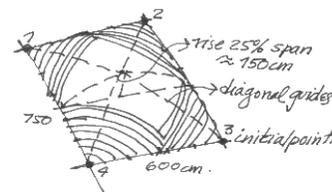
Para el cálculo matemático de estas estructuras se utiliza el “arco funicular” que resulta de invertir la catenaria.

Las bóvedas se realizan sin encofrado y no necesitan acero de refuerzo, el ladrillo cerámico es completamente auto-portante. Este sistema constructivo permite cubrir luces de hasta 10m.

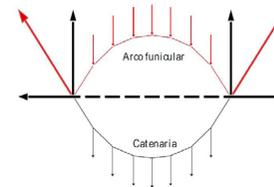
El material que utiliza el arquitecto para este tipo de construcciones es el ladrillo conocido en México como cuña, que miden 200 x 100 x 50mm y tiene un volumen de 1000cc. Su resistencia varía entre los 60 y 75 kg/cm² y un peso de 1.5 kg.

Estas bóvedas se realizan colocando los ladrillos de tal manera que los cantos quedan a la vista, adhiriendo los ladrillos por medio de su tabla, por lo tanto su aparejo es a soga.

Los ladrillos se disponen uno sobre otro, y el primer ladrillo base se coloca a 45° de la horizontal. De esta forma resultan los arcos sometidos a compresión. Al pegar los ladrillos por su tabla se produce un espesor de la bóveda de 10cm.



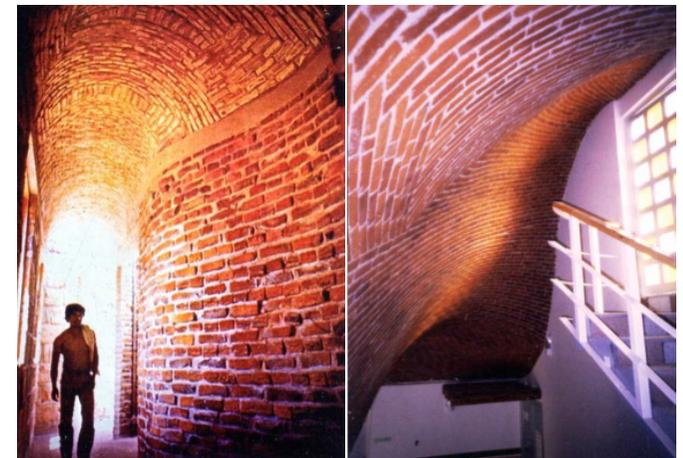
23 Esquema del armado de bóvedas



24 Arco funicular y catenaria



25 Cubiertas realizadas con ladrillo recargado por el Arq. Alfonso Ramirez Ponce



26 Vista interior de la bóvedas realizadas con ladrillo recargado

El mortero que se utiliza es una mezcla terciada de cal, cemento y arena. Este es de consistencia viscosa y aguada para lograr una mejor adherencia con el ladrillo que se pega en seco.

En cuanto a la mano de obra, un albañil con un ayudante pueden realizar alrededor de un metro cuadrado en 2 horas, lo que le da al sistema mejor eficiencia en comparación con una losa común de hormigón que necesita más tiempo de construcción.

Proceso:

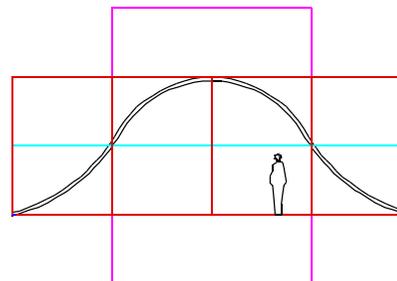
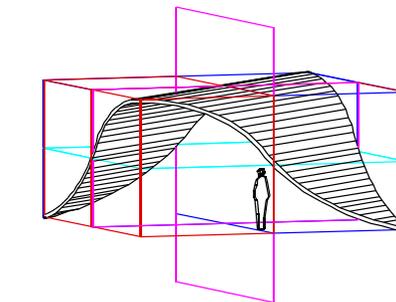
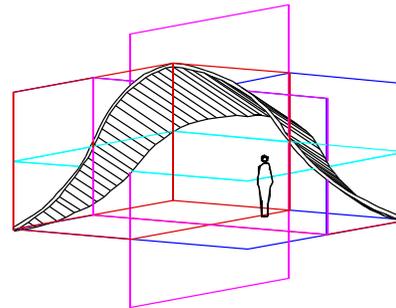
Este sistema se basa en el apoyo de un ladrillo sobre otro, entrelazando hiladas una sobre otra formando arcos sin colocar encofrado.

Las condiciones que deben cumplirse son:

- Utilizar ladrillo ligero,
- Apoyar las hiladas de ladrillo en las hiladas anteriores
- Siempre se debe formar arcos
- Pegar el ladrillo en seco.

Las bóvedas se pueden construir de superficie cuadrada, rectangular, en poliedros y curvas, en posición horizontal o inclinada.

El acabado interior generalmente queda de ladrillo visto que potencia el espacio interior por su fuerte textura. Para el acabado exterior se puede dejar de ladrillo visto o se puede recubrir con algún sistema impermeabilizante.

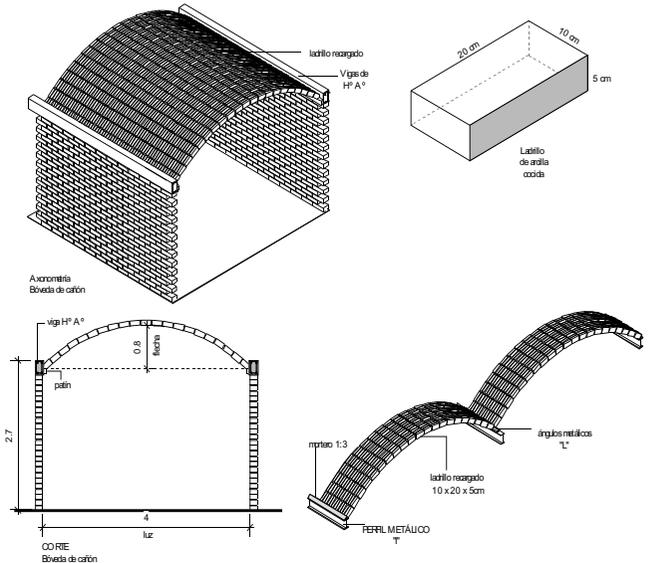


27 Modelos geométricos de la bóveda sin cimbra



28 Colocación de piezas inclinadas

29 Cubierta drecargada finalizada



30 Detalles de la bóveda sin cimbra de Arq. Alfonso Ramirez Ponce

2.5.2 PIEZAS CERÁMICAS CON REFUERZO

Las piezas cerámicas se han utilizado conjuntamente con otros materiales como el hierro y el hormigón para mejorar su resistencia a la tracción.

En este caso analizaremos el uso de piezas cerámicas en cubierta, en las obras del ingeniero uruguayo Eladio Dieste, quien ha estudiado y desarrollado sistemas constructivos para cubierta utilizando cerámica armada.

Eladio Dieste es un ingeniero uruguayo, uno de los mejores representantes de la arquitectura en su país. Su trabajo ha estado dedicado al perfeccionamiento de tecnologías derivadas del uso de piezas cerámicas. Ha experimentado las posibilidades formales y funcionales que tiene este material y que muchas veces no se valora.

Su trabajo se centra en el desarrollo de la cerámica armada, sistema con el cual ha construido varias edificaciones en su país.



31 Gimnasio Agostini para el Hogar Estudiantil DON BOSCO, Montevideo

La cerámica armada es un sistema constructivo en donde se emplean las piezas cerámicas (ladrillo) para soportar la compresión y se utiliza estructura de acero para soportar la tracción.



32 Acabado de la parte interior de la cubierta

En este sistema constructivo se realiza el armado de un encofrado sobre el cual se colocan las piezas cerámicas dispuestas en retícula de manera que exista continuidad longitudinal y transversal de las juntas. Se coloca entre las piezas el hierro en forma de red. Y posteriormente se rellena con mortero de cemento las juntas.

En sus bóvedas Dieste generalmente coloca primero ladrillo plano, el cual se dispone como parte del encofrado. Después coloca el ladrillo cuadrado que mide 250 x 250 x 120-80 mm, sobre el cual se coloca una chapa de compresión delgada, y la pinta de blanco para que refleje los rayos solares

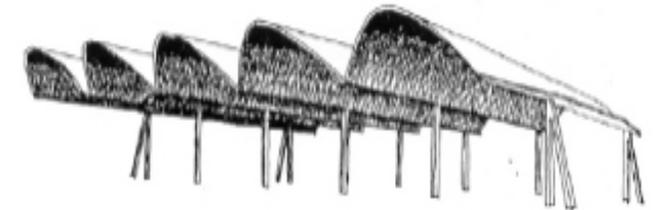
A lo largo de su trayectoria Dieste ha construido cubiertas de cerámica armada con luces de hasta 50m mediante bóvedas simples o de doble curvatura. Este Ingeniero ha trabajado mucho en el desarrollo de cubiertas como:

Cascarones auto-portantes de ladrillos:

Se coloca primero un encofrado, que ayuda a dar la forma adecuada al cascarón, luego se coloca sobre este las capas de ladrillos cerámicos, posteriormente se colocan el hierro entre los ladrillos y finalmente se cubre con una capa de mortero.

Como ejemplo de cascarones portantes se puede encontrar el caso del terminal de Buses de Salto donde Eladio Dieste construye una serie de bóvedas de cañón de doble voladizo, apoyados en una fila central de columnas. Los voladizos son de 11.5m a cada lado.

Todo lo realiza con ladrillo macizo amado. Se puede observar que el sistema da como resultado estético un acabado marcado por la trama del ladrillo y las curvas de la cubierta, esto logra un espacio exterior e interior muy interesantes. En los que predomina la textura de las piezas cerámicas.



33 Cascarones auto-portantes

CONCLUSIONES

CAPÍTULO II

Después de realizar este capítulo sobre las piezas cerámicas en el mundo podemos concluir que:

- Se puede escoger la arcilla adecuada para nuestras necesidades conociendo sus propiedades.
- El proceso de fabricación general de las piezas cerámicas nos permite experimentar en la pieza propuesta desde el momento de su creación, conociendo así las ventajas y limitaciones de la maquinaria, material y mano de obra a nivel general.
- Analizar los diferentes modos de fabricación que existen para las piezas cerámicas (artesanal, semi-industrial e industrial) podemos entender las diferencias que existen entre cada uno de ellos, reconociendo que de ellos depende el tiempo empleado en la elaboración, la maquinaria y material utilizado, tanto como el acabado final de las piezas, el color, la textura y el precio de las piezas.
- En cuanto a las propiedades de los productos cerámicos, saber sobre ellas nos ayuda a poder experimentar con el color, textura y resistencia al momento de escoger un modo de fabricación, la materia prima o la temperatura del horno, y nos da una base para experimentar con criterios en la creación del nuevo prototipo cerámico.
- Con la necesidad de conocer la oferta de productos cerámicos en el mundo y su evolución a lo largo de la historia hemos realizado un catálogo de piezas

cerámicas. Entendemos como estas piezas han influido en el estilo arquitectónico, en la forma de construir de cada época y región. Podemos ver que la arquitectura histórica de las diferentes partes del mundo está ligada a los materiales que están al alcance en sus épocas más trascendentales.

- Las piezas cerámicas han sido usadas de diferentes maneras en las culturas y cada una de ellas ha aportado con avances para tener la gran variedad de piezas que existen en la actualidad. También podemos notar, con esta cronología, que la industrialización de las piezas cerámicas ha generado un uso global de las mismas, en la actualidad podemos encontrar piezas cerámicas con facilidad en cualquier parte del mundo, su materia prima y maquinaria es asequible en cualquier lugar por lo que su producción es fácil y rápida.
- Por otro lado la industrialización le ha restado un poco de personalidad a la construcción en las diferentes culturas, ya que las piezas existentes tienen dimensiones, texturas y colores relativamente estandarizados a nivel mundial lo que genera que no existan piezas propias de cada lugar. Sin embargo se puede diferenciar la arquitectura de acuerdo a las técnicas constructivas y la forma de usar las piezas comunes en las diferentes partes del mundo, dependiendo de cada cultura.

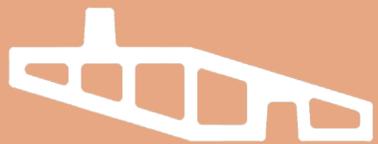
- Con el análisis del caso de la bóveda realizada con ladrillo recargado de Arq. Alfonso Ramírez Ponce se puede observar un uso estructural del ladrillo para cubrir grandes luces, en el cual se utiliza únicamente ladrillo común a compresión, y es la técnica constructiva y el diseño funcional lo que sustenta esta forma arquitectónica, esto nos sirve para buscar utilizar esta propiedad de las piezas cerámicas en nuestro prototipo.
- En el caso del Arq. Eladio Dieste quien concibe cubiertas de ladrillo reforzado con acero a partir del diseño de su forma, se puede observar que enriquece la forma arquitectónica de las edificaciones, alcanzando a cubrir mayores luces con el uso de refuerzos de acero. Esto podría ser útil en nuestro prototipo para compensar cargas a tracción en las que las piezas cerámicas no son suficientes.
- Las piezas cerámicas son un recurso que con la técnica y el diseño adecuado pueden ser utilizados en cubiertas de forma estructural y no solo como recubrimiento como es el caso de las tejas.
- Las posibilidades constructivas de las piezas cerámicas son innumerables y variadas, porque son el resultado de un material de construcción sostenible con un gran potencial y capacidad de cubrir las necesidades actuales y futuras de la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA DEL CAPÍTULO

- Afanador García, N., Guerrero Gómez, G., & Monroy Sepúlveda, R. (2012). Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 43-58.
- Anfalt. (2002). Diagnóstico de la industria ladrillera nacional. Bogotá: Camargo y Asociados Ingenieros Consultores.
- Barranzuela Lescano, J. (2014). Tesis previa a la obtención del título de ingeniero civil: Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura. Piura: Universidad de Piura.
- Bianucci, M. A. (2009). LADRILLO: Orígenes y desarrollo. Argentina: FAU-UNNE.
- Campbell, J., & Pryce, W. (2004). Ladrillo: Historia Universal. Barcelona: Blume.
- Cladera, A., Etxeberria, M., & Schiess, I. (2007). Tecnologías y materiales en la construcción para el desarrollo. Construmática.
- Deleg Quichimbo, N. (2010). Trabajo Final previo a la obtención del título de Ingeniero Químico: Definición de un proceso de producción semiindustrial de ladrillos en la Parroquia Susudel. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Duhamel Du Monceau, H.-L. (1763). *L'art du tuilier et du briquetier*. Suiza: Universidad de Lausanne.
- Fernández Pérez, M., Costal Blanco, J., & del Campo Dominguez, J. I. (2004). Construcción de cubiertas cerámicas. España: Ideas Propias.
- Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). Albañilería estructural. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García Verduch, A., & Del Olmo Guillen, L. (1972). Algunos aspectos tecnológicos de la fabricación de ladrillos. Madrid: Instituto de Cerámica y Vidrio Arganda del Rey.
- Gordejuela, I. (2004). Expansión por humedad de los productos cerámicos. *Conarquitectura*, 67-71.
- Guillermo J, J. (2006). El Ladrillo cerámico cocido como materializador de la estructura en la edificación arquitectónica. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*.
- Inspira Web, S.L. (24 de julio de 2013). ladrillo.es. Recuperado el 10 de febrero de 2015
- Jiménez Torrecillas, A., & Ramírez Pérez, M. (2001). Eladio Dieste 1943-1996. Montevideo: Junta de Andalucía.
- Mejía, N. (2007). Tesis: Sistemas Constructivos de Ladrillo en Cuenca. Análisis comparativo con México, Uruguay y Colombia. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Moreno G, F. (1981). El ladrillo en la construcción. Barcelona: CEAC.
- Norton, F. (1972). *Refractarios*. Barcelona: Blume.
- Ramírez Ponce, A. (2002). Curvas de suspiro y barro. El ladrillo recargado: Una técnica milenaria y moderna. *Vitruvius*.
- Real Academia Española. (2015). Real Academia Española. Recuperado el 8 de Mayo de 2015, de <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/drae>
- Robusté, E. (1969). Técnica y práctica de la industria ladrillera. Barcelona: CEAC.
- Rodhes, D. (1989). Arcilla y vidriado para el ceramista. España: CEAC.
- Rodríguez Montes, J., Castro Martínez, L., & del Real Romero, J. (s.f.). Procesos industriales para materiales no metálicos. Madrid: Vision net.
- Somayaji, S. (2001). *Civil Engineering Materials*. New Jersey: Prentice Hall.
- Taller de construcción. (2002). *Materiales Cerámicos*. Montevideo: Departamento de enseñanza de las tecnologías de la construcción.

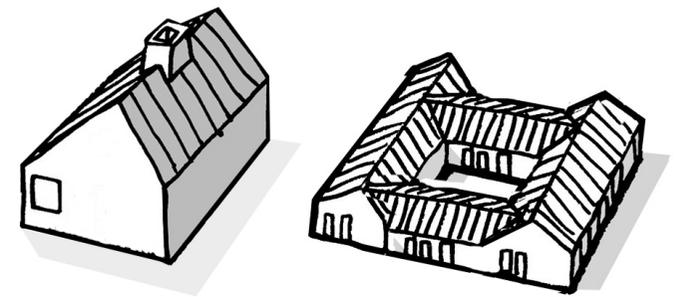
FUENTES FOTOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO

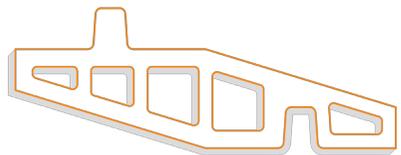
- 01** Ciclo de cocción típico de un producto de arcilla. **Fuente:** Gráfico elaborado por el grupo de tesis
- 02** Esquema de fabricación industrial de ladrillos **Fuente:** <http://occiarcillas.com/como-se-hace-un-ladrillo/>
- 03** Selección y extracción de materia prima en el proceso de fabricación artesanal. **Fuente:** <http://www.ladrilloslas3l.com.ar/artesanal.htm>
- 04** Preparación de la mezcla en el proceso de fabricación artesanal **Fuente:** <http://intermundos.org/residencias/casa-eco-eco-1-economica-y-ecologica-refugio-de-adobe-y-material-reciclado-parte-2/>
- 05** Moldeado artesanal de piezas cerámicas **Fuente:** <http://www.retabloceramico.net/articulo0414.htm>
- 06** Secado artesanal de las piezas cerámicas **Fuente:** <http://www.ladrilloslas3l.com.ar/artesanal.htm>
- 07** Cocción artesanal de productos cerámicos **Fuente:** <http://cadena10denoticiasandalgala.com/ecos-mineros/registro-provincial-de-ladrilleros-artesanales/>
- 08** Piezas cerámicas resultantes del proceso de fabricación artesanal **Fuente:** <http://www.ladrilloslas3l.com.ar/artesanal.htm>
- 09** Selección del material para el proceso de fabricación semi-industrial. **Fuente:** <http://www.ladrilleraergo.com/inicio.html>
- 10** Preparación de la mezcla para fabricación semi-industrial de piezas cerámicas. **Fuente:** <http://es.slideshare.net/geysonmoya/industria-del-ladrillo?related=1>
- 11** Moldeado del ladrillo semi-industrial mediante extrucción **Fuente:** <http://es.slideshare.net/geysonmoya/industria-del-ladrillo?related=1>
- 12** Secado de las piezas cerámicas en la producción semi-industrial. **Fuente:** <http://www.ladrilleraergo.com/inicio.html>
- 13** Colocación en los hornos para la producción semi-industrial de piezas cerámicas **Fuente:** <http://www.ladrilleraergo.com/inicio.html>
- 14** Piezas cerámicas resultantes del proceso de fabricación semi-industrial. **Fuente:** <http://ehp.niehs.nih.gov/121-a242/>
- 15** Selección y extracción de la materia prima mediante dragalinas para la producción industrial de piezas cerámicas **Fuente:** <http://www.palmarsa.com.ar/>
- 16** Preparación de la mezcla para producción industrial de piezas cerámicas **Fuente:** <http://www.palmarsa.com.ar/>
- 17** Moldeado de piezas cerámicas de producción industrial **Fuente:** <http://www.palmarsa.com.ar/>
- 18** Secado de piezas cerámicas para producción industrial **Fuente:** <http://www.palmarsa.com.ar/>
- 19** Cocción industrial de productos cerámicos **Fuente:** <http://www.palmarsa.com.ar/>
- 20** Piezas cerámicas resultantes del proceso de producción industrial. **Fuente:** <http://www.palmarsa.com.ar/>
- 21** Diferentes tipos de ladrillos cerámicos. **Fuente:** http://reportajes/herramientas-y-materiales/el-ladrillo-pieza-clave-de-la-albanileria_183380.html
- 22** Secciones esferoidales **Fuente:** <http://agitprop.vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/08.095/150/es>
- 23** Esquema del armado de las bóvedas **Fuente:** <http://ramirezponcearquitecto.blogspot.com/2012/10/toward-ethiopian-architecture.html>
- 24** Arco funicular y catenaria **Fuente:** Mejía, N. (2007). Tesis: Sistemas Constructivos de Ladrillo en Cuenca. Análisis comparativo con México, Uruguay y Colombia. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- 25** Cubiertas realizadas con ladrillo recargado por el Arq. Alfonso Ramírez Ponce **Fuente:** <http://agitprop.vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/08.095/150/es>
- 26** Vista interior de la bóvedas recargadas **Fuente:** <http://ramirezponcearquitecto.blogspot.com/2012/10/toward-ethiopian-architecture.html>
- 27** Modelos geométricos de la bóveda sin cimbra **Fuente:** Mejía, N. (2007). Tesis: Sistemas Constructivos de Ladrillo en Cuenca. Análisis comparativo con México, Uruguay y Colombia. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- 28** Colocación de piezas inclinadas **Fuente:** <http://agitprop.vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/08.095/150/es>
- 29** Cubierta de ladrillo recargado finalizada. **Fuente:** <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.095/150>
- 30** Detalles de la bóveda sin cimbra de Arq. Alfonso Ramírez Ponce **Fuente:** Mejía, N. (2007). Tesis: Sistemas Constructivos de Ladrillo en Cuenca. Análisis comparativo con México, Uruguay y Colombia. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- 31** Gimnasio Agostini para el Hogar Estudiantil DON BOSCO, Montevideo **Fuente:** <http://www3.mtop.gub.uy/salasaetz/fotosdieste.htm>
- 32** Acabado de la parte interior de la cubierta **Fuente:** Anderson, Stanford, Eladio Dieste: Innovation in structural Art, 2004, Princeton Architectural Press, New York.
- 33** Cascarones auto-portantes **Fuente:** <http://blog.buildllc.com/2009/04/heinz-isler-a-few-important-things/>
- 34** Terminal de Buses en Salto, Uruguay **Fuente:** <http://openbuildings.com/buildings/salto-bus-terminal-profile-39299#buildings-media/2>
- 35** Varias vistas de la estructura del Terminal de Buses de Salto **Fuente:** Mejía, N. (2007). Tesis: Sistemas Constructivos de Ladrillo en Cuenca. Análisis comparativo con México, Uruguay y Colombia. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- 36** Bóveda Gausa de Eladio Dieste **Fuente:** <http://blog.buildllc.com/2009/04/heinz-isler-a-few-important-things/>
- 37** Almacén para muebles de Montevideo, Uruguay **Fuente:** Jiménez Torrecillas, A., & Ramírez Pérez, M. (2001). Eladio Dieste 1943-1996. Montevideo: Junta de Andalucía.
- 38** Iglesia de Cristo Obrero, Obra de Eladio Dieste en la que utiliza cerámica armada tanto en paredes como en la cubierta. **Fuente:** <http://www.descubriendouruguay.com/auc.aspx?180537,1286>
- 39** Detalle en sección de la bóveda de Almacén de Muebles en el Puerto de Montevideo **Fuente:** Mejía, N. (2007). Tesis: Sistemas Constructivos de Ladrillo en Cuenca. Análisis comparativo con México, Uruguay y Colombia. Cuenca: Universidad de Cuenca.



CAPÍTULO III

Productos cerámicos en Cuenca





3.1 GENERALIDADES

RESEÑA HISTÓRICA:

La historia de la producción de cerámicos en Cuenca está relacionada con el progreso del Ecuador. Se diferencian diferentes épocas de acuerdo al desarrollo de los procesos productivos cerámicos, sus acontecimientos socio-económicos y su avance tecnológico.

Según la tesis de grado: “Diseño y acoplamiento a una prensa para la elaboración de contenedores de cerámica” de Francisco Carpio (2011) se explica: que la gran abundancia de restos cerámicos demuestra que se realizaba cerámica desde el periodo formativo y tardío, respondiendo a 1500 a 1200 años A.C. En el Azuay se encuentra una cerámica definida como Guapondelig, además consecutivamente se encuentran piezas cerámicas incas basadas en cerámicas cañarís es decir ocurre un mestizaje de la cerámica cañarís e inca.

Posteriormente, en el proceso de la conquista, con la invasión española se produce una desarticulación total del mundo andino, sus tradiciones, su cultura y tecnología. En varios lugares, como Chordeleg y Cuenca, se introduce técnicas mediterráneas como el torno, hornos casi domésticos que funcionan a leña, y vitrificantes con barniz de plomo transformando la función y diseño de las piezas cerámicas. También se difunden técnicas para mejorar la productividad en las artesanías, especialmente en la rama de la cerámica, introduciendo métodos conocidos en la Península Ibérica en la producción de materiales de construcción tales como ladrillos, tejas vidriadas, pasamanos, tubos de desagüe, adornos de cerámica. (Carpio, 2011).

En la época de la República la producción de tejas y ladrillos se da por medio de los artesanos que trabajaron en esta actividad sin ser dueños de los medios de producción, en esta época las piezas cerámicas se empiezan a utilizar con más intensidad que en la colonia en obras públicas como puentes, canales, edificios. etc.

Posteriormente se crean unidades de producción de cerámicos, así como pequeñas y medianas organizaciones, generalmente administradas por grupos familiares. La pequeña industria toma auge a partir de los años 60s, sin embargo a partir de los 70s estas pierden fuerza, pasando a ocupar un lugar primordial los insumos para la construcción como el metal, prefabricados de cemento y materiales cerámicos. Es así como la industria de cerámica del Azuay se inicia en los 70s, creando Cermod “Cerámica Moderna” (1966) en 1970 se denomina “Cerámica Andina” y en décadas posteriores se consolidan otras industrias en pisos y revestimientos. (Avilés & Granda, 2002).

Actualmente muchos pobladores de las zonas productoras de ladrillo se dedican a esta actividad, creando cerámica utilitaria, tejas, ladrillos artesanales e industriales para pisos y paredes, sin embargo; cada vez disminuye la producción, según datos proporcionados por los mismos fabricantes del sector de La Dolorosa de Balzay, un 60% han desistido de continuar en la actividad, a consecuencia de que han sido desplazadas por elementos que vienen del exterior con una tecnología y materiales difíciles de competir. (Carpio A., 2013, p. 112)



01 Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca.

Cerámica en Cuenca_ Identidad y sobrevivencia

“La identidad no se busca, te encuentra, aflora aunque no la persigas, es parte de tu hacer diario en todo orden de cosas, la materia es contemporánea si la haces parte de tu presente”
(Sol, 2009)

En Cuenca claramente se puede apreciar la existencia de una amplia variedad de piezas cerámicas en importantes obras públicas que forman parte de la expresión de nuestra cultura arquitectónica. Se puede observar cerámica popular y artesanal que son parte del diario vivir de sus habitantes y son testimonio de la historia y la identidad de la ciudad. Sin embargo con la presencia de un nuevo contexto cultural existe una entrada de materiales y tecnología nuevos provenientes de fuera, que debilitan los valores de identidad. Por esta razón el futuro de la identidad local dependerá de nuestra capacidad de asumir una posición definida en el contexto de un mundo interconectado.

El uso del ladrillo y la teja en la construcción de la ciudad ha sido uno de los ejes importantes para el desarrollo arquitectónico de Cuenca, podemos citar como claro ejemplo la Catedral de la Inmaculada Concepción; realizada en ladrillo por el hermano Juan Stiehle. El inicio de su construcción fue el 25 de octubre de 1885 y su finalización en 1967. En la construcción se elaboraron 11 tipos de ladrillos producidos en diferentes zonas de la ciudad, no se culminó su construcción por un error de cálculo arquitectónico, le faltan dos cúpulas, las mismas que van en la parte frontal de la iglesia. (Urgilés, 2010).



02 Ciudad de Cuenca.



03 Antigua Escuela de Medicina. (2015)

ANTIGUA ESCUELA DE MEDICINA

Edificación neo-renacentista, ubicada en la Av. 12 de Abril, creada el 15 de octubre de 1867, representó el logro de las élites progresistas regionales en la segunda mitad del siglo XIX al obtener la descentralización de la educación superior. Construida en ladrillo visto, únicamente en un nivel, los cuerpos laterales tienen pilastras que enmarcan cada ventanal, y sobre las cuales se levantan pequeños paramentos macizos que forman parte a su vez de la balaustrada de elementos torneados. Sobre los paramentos tiene vasos de fuego como elementos de coronación. El edificio se asienta sobre un zócalo de piedra.



04 Orfanato Antonio Valdivieso. (2015)

ORFANATO ANTONIO VALDIVIESO

La edificación se encuentra ubicada entre las calles Juan Jaramillo y Padre Aguirre, fue construida en 1920, completamente en ladrillo visto. Las dos alas que conforman la fachada en dos niveles se asientan sobre una plataforma sobre elevada. Las fachadas presentan columnas pareadas y pilastras, que enmarcan ritmos de tres en tres. Los detalles de la edificación como: los arcos de medio punto, canecillos del alero, el paramento curvo, se realizaron en ladrillo y mortero de cal. El material ha sabido responder estética y estructuralmente al paso del tiempo ya que no presenta fisuras o cuarteaduras.



05 Colegio Benigno Malo. (2015)

COLEGIO BENIGNO MALO

Se encuentra ubicada en El Ejido, marcando la entrada a la parte moderna de Cuenca. Es una de las mayores entidades laicas educativas de la ciudad, con una trayectoria de 150 años. El edificio fue construido en 1923 por el arquitecto Luis Donoso Barba, en el siglo XVII, es un claro ejemplo de arquitectura francesa del Renacimiento. Este edificio en su mayoría es de ladrillo visto, sus muros, columnas, arcos y ornamentación poseen distintos tipos de formato de ladrillo que son evidente en las fachadas, esto muestra el manejo de los materiales tradicionales en aquel momento. "La Cité". (Calle & Espinoza, 2003).

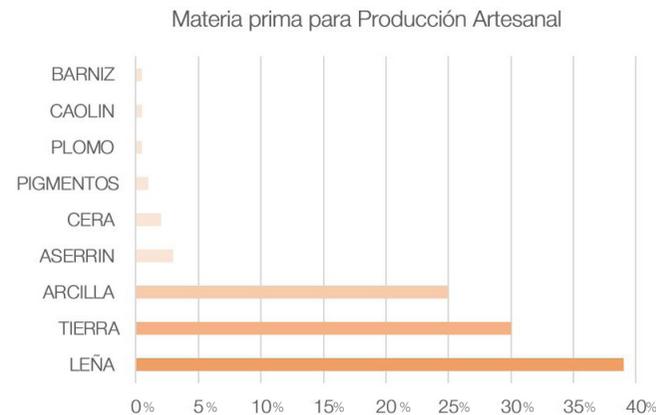
3.2 FUENTES DE MATERIA PRIMA QUE ABASTECEN A LOS PRODUCTORES DE CERÁMICA COCIDA

Situación General

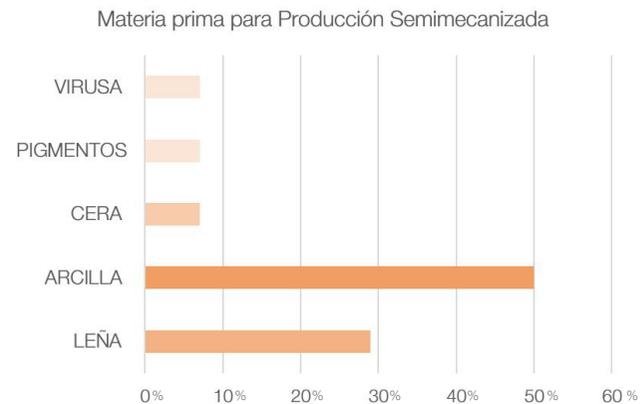
Para la producción de piezas cerámicas artesanales y semi-mecanizados son necesarios las siguientes materias primas: arcilla, leña, aserrín, tierra, cera, pigmentos, plomo, caolín, virusa, barniz. De acuerdo a las encuestas realizadas a los productores por EELA en el 2013 las materias primas compradas principalmente por el sector ladrilleros son la arcilla, leña y tierra.

Los problemas relacionados con la parte productiva se deben principalmente con la escasez de arcilla que es uno de los principales problemas que afectan al sector, antiguamente se extraían de minas que la Parroquia Sinincay. Además se menciona que existen materias primas que no se puede conseguir fácilmente como el plomo, la arena, arcilla y cera. Por ejemplo en el caso del plomo existe escases, los pigmentos se consiguen fácilmente pero los proveedores se encuentran en Guayaquil, con relación a la arcilla se manifiesta que los yacimientos de materia prima se han agotado y deben adquirirla en otros lugares.

Específicamente con relación a las fuentes de arcilla, en cada zona productiva existían minas muy cerca o junto al lugar de elaboración de los ladrillos, sin embargo en la actualidad estas son transportados desde otras localidades debido que la mayoría de ladrilleras han agotado la materia prima y deben explotar de canteras alejadas de los sitios de fabricación, por lo que tienen que pagar fletes para hacer llegar el material desde lugares como la parroquia de Cumbe. Se registran 7 proveedores de arcilla en el Azuay según la Agencia de Regulación y Control Minero.



06 Materia prima para Producción Artesanal.



07 Materia prima para Producción Artesanal.



08 Materia Prima en San Lucas.



09 Materia prima en Sigcho.

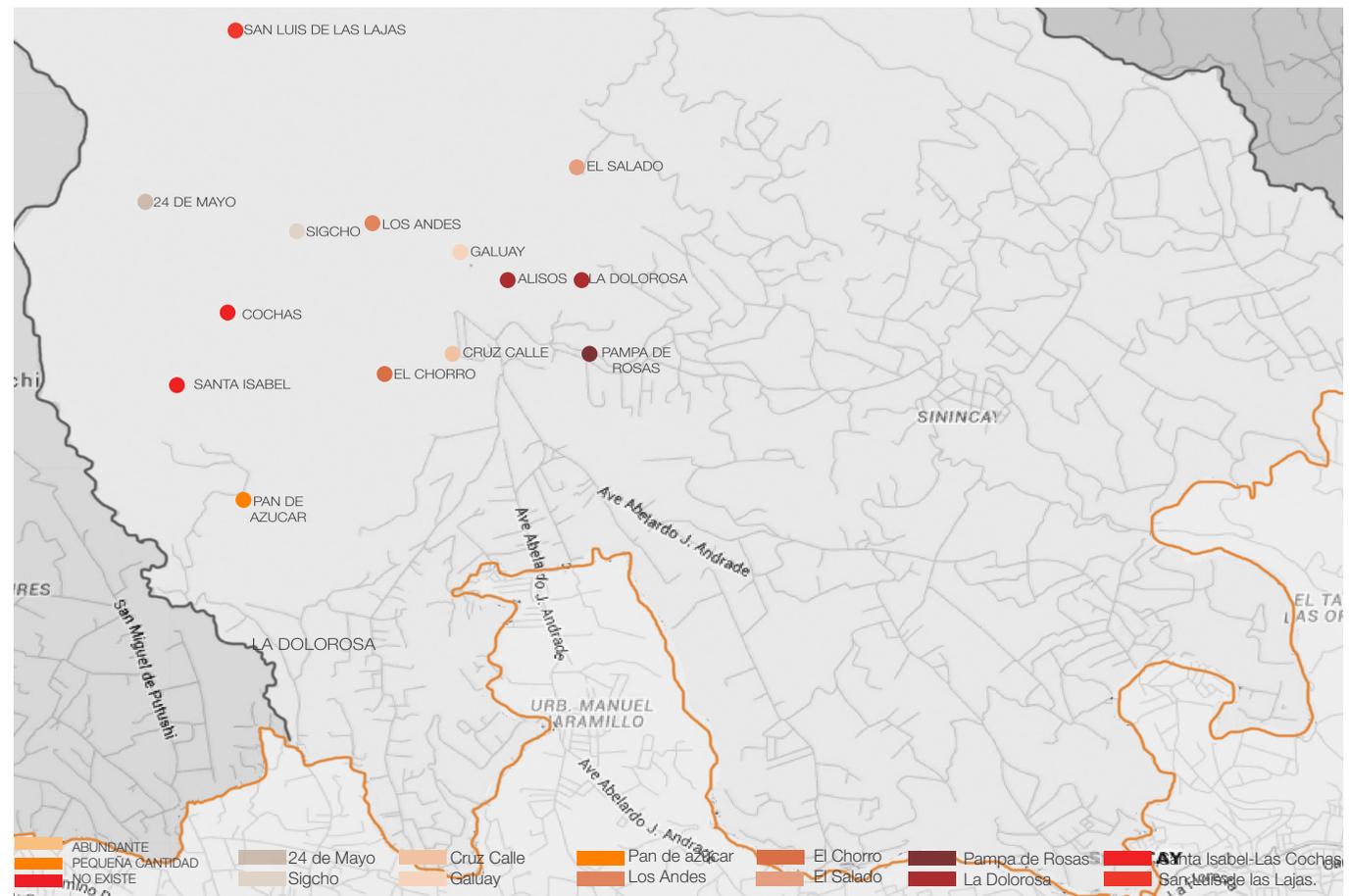
Situación específica de Sinincay



Ubicación Parroquia rural Sinincay

En el caso específico de Sinincay, se menciona que la materia prima escasea en la Parroquia según las encuestas realizadas por (EELLA, 2013) se afirma que existe un 44,44% de productores que tienen pequeñas minas de arcilla en Las Cochas pero que deben ser mezclados con otras arcilla de otras zonas. El 55,56% obtienen la materia prima a través volquetas. Sin embargo según (MAZA, 2011) existe este porcentaje de yacimientos de arcilla a nivel parroquial.

También según (MAZA, 2011) a medida que aumenta la altitud se puede encontrar aún la presencia de canteras de arcilla, como 24 de Mayo, Sigcho, Cruz Calle, Galuay, lo que ha permitido que los productores usen parte de la arcilla de estas reservas.



10 Cantidad de arcilla a nivel de las comunidades de Sinincay

3.3 PRINCIPALES ZONAS DE ABASTECIMIENTO DE PRODUCTOS CERÁMICOS PARA LA CIUDAD DE CUENCA

En Cuenca desde hace muchos años atrás el sector ladrillero se ha ido consolidando en algunos sectores de la ciudad, principalmente en las parroquias de Bellavista, Sinincay, Sayausi y Chiquintad, etc., En estos lugares se ha asentado una gran cantidad de ladrilleras, debido al alto consumo en nuestro medio, en la ciudad aun se mantiene el concepto del ladrillo dentro de la arquitectura, ya sea esta para edificación de vivienda, comercio, educación, administrativo, etc.

La actividad ladrillera en la actualidad se ve diferenciada, debido que en algunas fábricas se ha incrementado el uso de nueva tecnología que ha permitido la distribución de diferentes ladrilleras artesanales, industriales, semi industriales hornos y secaderos en nuestra ciudad. Se conoce que en el cantón Cuenca existen alrededor de unas 601 ladrilleras entre artesanales y semi mecanizadas, de éstas en Sinincay se han identificado unas 472 ladrilleras distribuidas en los siguientes barrios: Bellavista; Alisos; Racar; Pampa de Rosas; Pan de Azúcar; El Chorro; La dolorosa de Balzay; Cochas; San José de Balzay; Sigchos; Los Lirios; El Salado; Sinincay; Tixan; La dolorosa de Sinincay.

De los tipos de ladrilleras, 51 de estas corresponden a unidades productivas cuyo estado es abandonado o destruido y 36 de los 53 hornos registran este mismo estado. También según el proyecto Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales – EELA; se detalla la distribución geo referenciada de estas ladrilleras situadas en diferentes sectores del cantón en los mapas de Cuenca Balzay y Sinincay que se especifican a continuación .

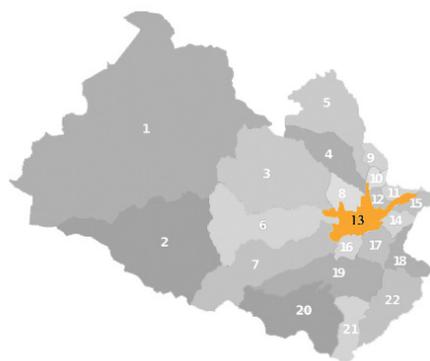
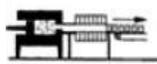
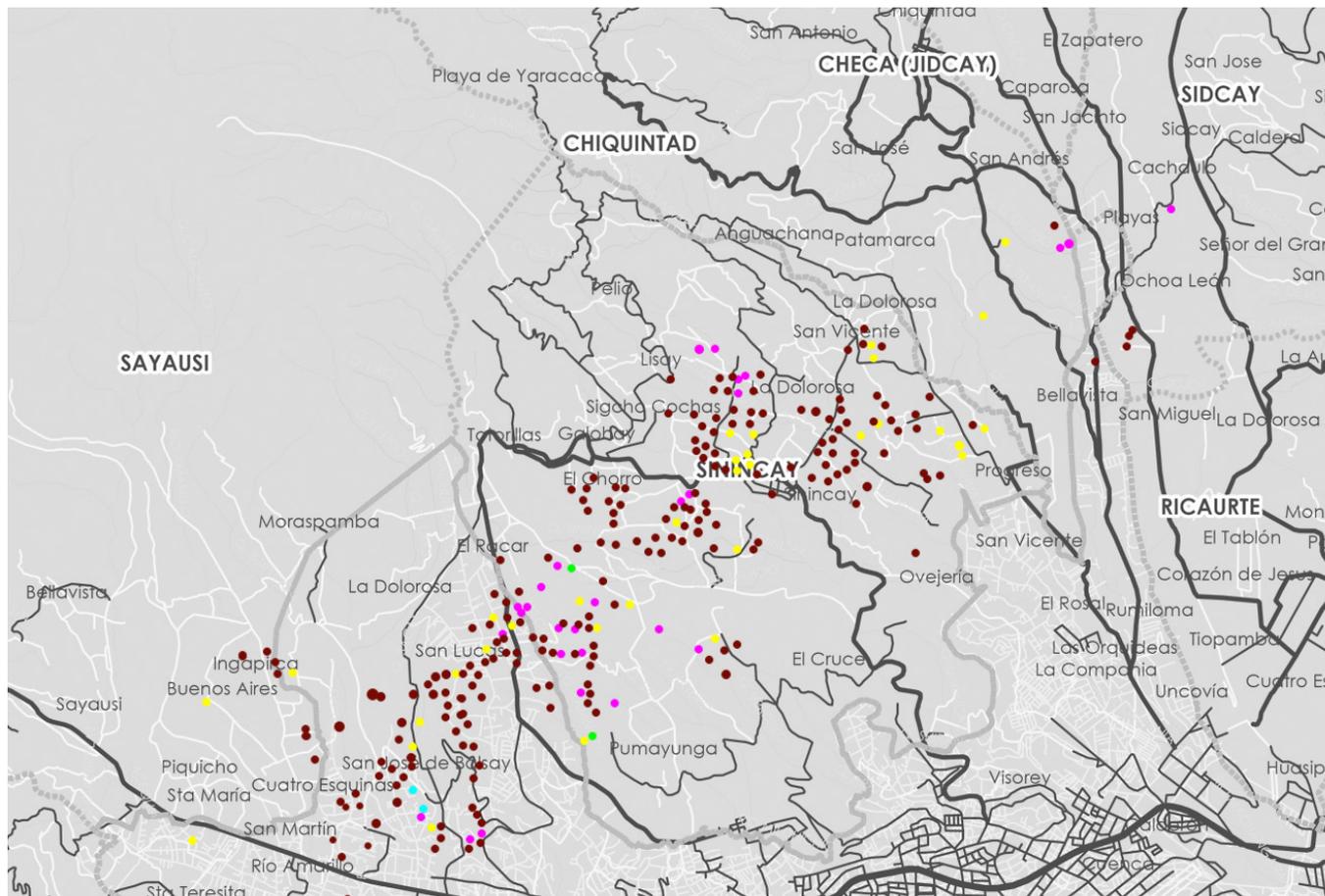


Tabla 01. Cantidad de ladrilleras por parroquia en la ciudad de Cuenca.

PARROQUIA	 LADRILLERA ARTESANAL	 LADRILLERA SEMI INDUSTRIAL	 LADRILLERA INDUSTRIAL	 HORNO	 SECADERO
Bellavista	7	2	2	1	
Chiquintad	7	3		1	
Sayausi	26	1		3	
Sinincay	437	32	3	44	3
San Sebastián	22	2		4	1
TOTAL: 601	601	40	5	53	4

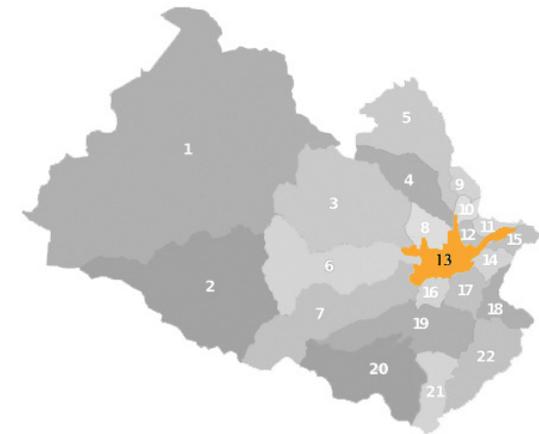
Fuente: ELLA, (2013).

3.3.1 LOCALIZACIÓN DE LADRILLERAS EN EL CANTÓN CUENCA



11 Ladrilleras en el cantón Cuenca.

Ubicación de la zona de estudio

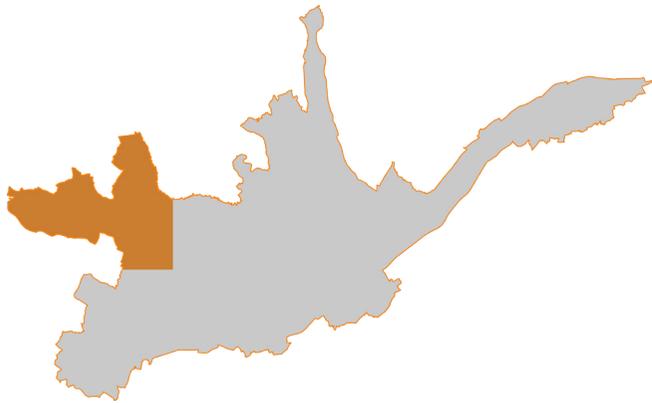


SIMBOLOGÍA

- Horno
- Ladrillera Artesanal
- Ladrillera Industrial
- Ladrillera Semi-industrial.
- Secadero Artesanal
- Hidrografía
- Vías principales
- Vías secundarias
- Caminos y senderos

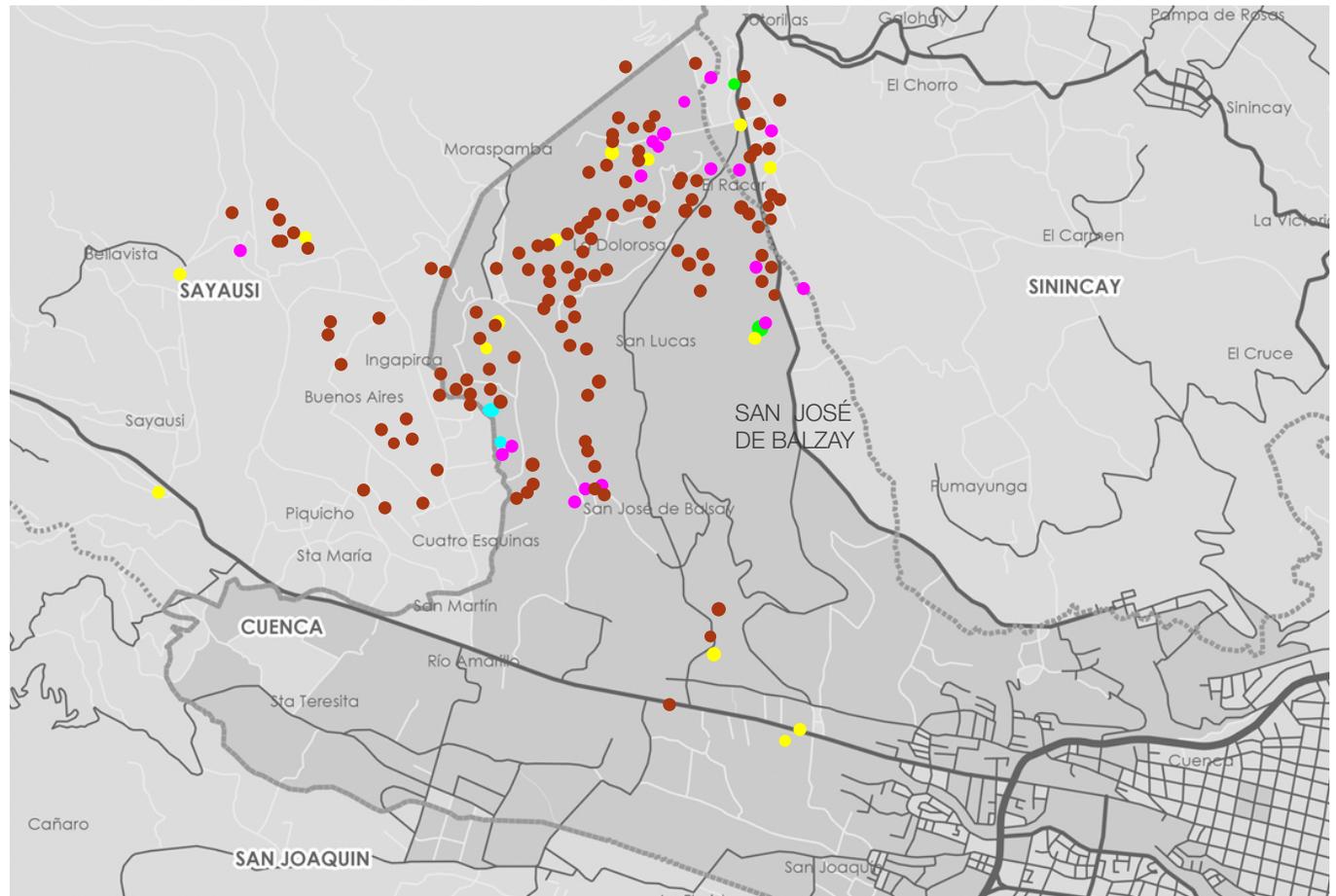
3.3.2 LOCALIZACIÓN DE LADRILLERAS EN SAN JOSÉ DE BALZAY

Ubicación de la zona de estudio



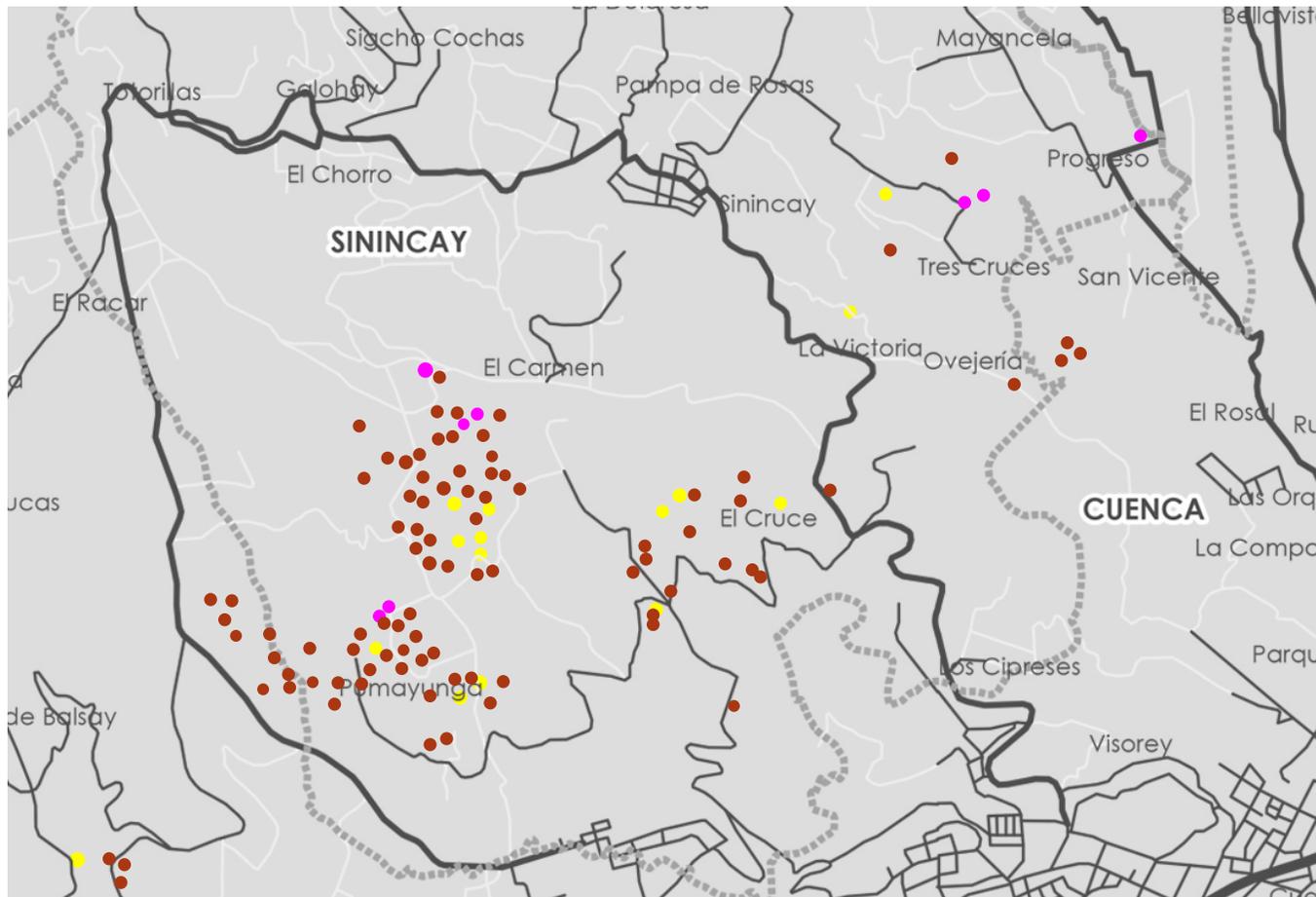
SIMBOLOGÍA

- Horno 8
- Ladrillera Artesanal 175
- Ladrillera Industrial 0
- Ladrillera Semi industrial 16
- Secadero Artesanal 3
- Hidrografía
- Vías principales
- Vías secundarias
- Caminos y senderos



12 Localización de ladrilleras en San José de Balzay.

3.3.3 LOCALIZACIÓN DE LADRILLERAS EN SININCAY



Ubicación de la zona de estudio



SIMBOLOGÍA

	Horno	45
	Ladrillera Artesanal	327
	Ladrillera Industrial	5
	Ladrillera Semi industrial	24
	Secadero Artesanal	1
	Hidrografía	
	Vías principales	
	Vías secundarias	
	Caminos y senderos	

13 Localización de ladrilleras en Sinincay.

3.4 PROCESOS DE ELABORACIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS EN CUENCA.

FORMAS DE PRODUCCIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS:



14 Formas de Producción Cerámica.

Desde hace varias generaciones, la fabricación de cerámicos ha sido, en nuestro medio una práctica habitual que se ha consolidado en sectores de la ciudad. Nuestro cantón Cuenca durante este proceso se obtuvo la distribución de ladrilleras en su gran mayoría artesanales e incluso algunas en abandono, a continuación se detalla la cantidad de ladrilleras existentes en la localidad.

En la tesis de grado realizado por Gómez sobre “Estudio y Análisis de las nuevas tipologías de ladrillos introducidos en Cuenca para la Autoconstrucción” publicada en el 2013, pp. 93-96, se explica:



15 Ladrillera Artesanal.

Ladrilleras Artesanales

Son talleres que producen productos de una manera rudimentaria, es decir elaboran piezas cerámicas de forma manual con operaciones elementales, desde la extracción de la materia prima hasta la quema del ladrillo, las herramientas de igual manera son generalmente caseras, no utilizan tecnología avanzada para fabricar sus productos. Se atribuye a este proceso de producción artesanal como el más perjudicial para el medio ambiente y la salud debido a la utilización de recursos como madera o combustible para la quema y cocción del producto. (Gómez, 2013).



16 Ladrillera Semi-industrial.

Ladrilleras Semi-Industriales

Este grupo está representado por productores que han ido adoptando tecnología como máquinas extrusoras y mezcladoras para agilizar su trabajo, se diferencian de las ladrilleras industriales ya que para el cargado y supervisión de las piezas requieren del trabajo del hombre, la extracción de material se lo realiza de minas, y la quema realizan en hornos artesanales, con la diferencia de que estos hornos han sido diseñados y construidos para el fuego se distribuya de mejor manera logrando así una quema eficiente y optimizando recursos como la leña y el combustible.



17 Ladrillera Industrial

Ladrilleras Industriales

En la ciudad de Cuenca son contadas las fábricas de este tipo, a este grupo pertenecen las industrias que cuentan con la tecnología que agiliza y facilita la producción de piezas cerámicas como mezcladoras, laminadoras, extrusoras, secaderos, y hornos mecánicos. Las piezas que resultan de este proceso poseen mayor tolerancia en los aspectos estéticos, estructurales, y formales. Sin duda estas ladrilleras son eficientes ya que todo el proceso de elaboración es mecanizado, siempre teniendo la supervisión del hombre en el proceso de producción.



18 Secaderos

Secaderos

Los secaderos son galpones techados de ventilación que están adaptados en función de el producto a secar. Las funciones que cumple el aire en el secado del material son:

- 1.- Evapora el agua, calienta el material, calienta los medios de soporte y la estructura propia del secadero.
- 2.- El aire además consume el agua que toma del material y lo seca al ambiente.

Los secaderos son fábricas que producen ladrillos pero las mismas no cuentan con hornos para su cocción.



19 Hornos.

Hornos

En general se puede definir un horno como una instalación en la que, por medio del calor, se producen transformaciones de un material determinado. Los hornos usados en las ladrilleras artesanales son de combustión, de diseño antiguo, de tipo 'fuego directo' en los cuales la cocción se realiza depositando los combustibles en el interior, sin ningún tipo de control de la temperatura. En general estos hornos son perjudiciales para el medio ambiente y la salud debido a la utilización de recursos como madera o combustible para la quema y cocción del producto.

3.4.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN ARTESANAL



20 Ladrillera Artesanal.

Para el proceso de producción artesanal, hemos tomado como referencia la ladrillera artesanal del Sr. Juan Sinche ubicada en la parroquia de Sinincay. El proceso de producción contempla las siguientes fases:



21 Deposito de arcilla para posterior mezclado.

Extracción de arcilla:

En este caso la materia prima se compró a un proveedor de Cumbe y se depositó la arcilla en el lote de la ladrillera, la dosificación se realizó según la experiencia del productor. Herramientas: palas, carretillas.



22 Batido y mezcla.

Batido y preparación de la mezcla:

Se batió la arcilla con la ayuda de animales en el noque hasta lograr una mezcla fina, El batido duró aproximadamente 8 horas hasta lograr una mezcla homogénea.



23 Moldeado de piezas cerámicas.

Moldeado y producción de ladrillos

La mezcla obtenida se la traslada al galpón mediante carretillas, se coloca la mezcla e los moldes y se da forma a la arcilla, luego se los deposita en el galpón.

Duración: 4min por molde.



24 Espacios techado de secado.

Secado

Se deja secar a los ladrillos que deben perder mas aguas que los ladrillos semi-mecanizados, aproximadamente de 15 a 30 días promedio dependiendo del clima, una vez secos los ladrillos se los raspa con un cuchillo dándoles forma.



25 Hornos de cocción.

Cocción:

Una vez trasladados y ubicados los ladrillos en el horno, se inserta el combustible en las bocas del horno, se enciende el material y se quema el ladrillo. El tiempo aproximado de cocción es de 24 horas. Al concluir la quema se abre el horno, y se deja enfriar los ladrillos, después se los descarga del horno y se los transporta para venderlos.

3.4.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN SEMI-INDUSTRIAL



26 Materia Prima.

Preparación:

La extracción de la materia prima se realiza mediante pala mecánica, haciendo una selección y disgregación del material pétreo que tenga más de 2cm, generalmente se usan dos tipos de arcillas, denominadas negra y lastre, y su dosificación se realiza según la experiencia del productor. El material se traslada mediante un minicargador para la fase de pre-elaboración que consiste en purificar y refinar el material para la reducción de pedazos de arcilla. Para el proceso de producción semi-industrial, se tomó como referencia la fábrica del Sr. Manuel Riera en San Lucas.



27 Mezclado Mecanizado

Mezclado:

Después que el agua es absorbida, se procede a triturar la arcilla, se la homogeneiza y se deja un tiempo en reposo. Esta fase se realiza mediante cintas transportadoras mecánicas, con la finalidad de disgregar la arcilla tanto en apariencia como en características físico-químicas, el material se coloca en distintas laminadoras con diferentes aberturas de masas desde 4mm, los materiales son reducidos a partículas más finas de acuerdo a la granulometría que se quiera dar al producto que se va a procesar. De esta manera se obtiene una consistencia uniforme.



28 Laminadoras de ladrillera Semi-industrial.

Amasado y humectación:

Esta fase tiene como objetivo conseguir la forma del objeto que se quiere producir mediante la extrucción de la mezcla por una boquilla. El moldeado, normalmente, se realiza utilizando vapor saturado a presión reducida. El objetivo es homogeneizarlo hasta que presente características de plasticidad y porosidad, transformando a la arcilla en un material totalmente uniforme para su adaptabilidad al moldeo, para su extrucción la consistencia necesaria para su plasticidad es alrededor de 12 a 15% en peso de agua, para producir una consistencia seca y tiesa.



29 Máquina Extrusora de piezas cerámicas.

Formación:

En las fábricas de ladrillo, el moldeado consiste en la extrusión de la arcilla, que puede ser de forma manual o mediante la extrusora.

En este caso se realizó mediante la extrusión, que consiste en introducir la arcilla por un orificio o matriz, que forma un largo prisma rectangular, llamado chorizo, que según el molde diseñado produce diferentes formas para los diversos tipos de ladrillo que se quiere producir. A medida que el material moldeado sale de la máquina extrusora, se corta de la dimensión longitudinal deseada, también se realiza el corte manualmente.



30 Secaderos

Secado:

Es una etapa en la que los elementos cerámicos son susceptibles a deformaciones, de esta fase depende el resultado final de la pieza. Cuando los ladrillos tienen suficiente consistencia para poder ser manipulados sin que se deformen, se los recoge del piso y se coloca en forma de una pared con espacios entre ladrillo y ladrillo para facilitar la circulación del aire, se lleva a cabo dentro de galpones techados, los cuales tienen aire caliente para acelerar el proceso. La masa moldeada debe secarse, para perder el agua que se le agregó en la etapa del moldeado, se demora aproximadamente de 15 a 20 días.



31 Horno

Cocción y almacenamiento:

Es la fase final del proceso de Producción de las piezas cerámicas, esta etapa consiste en trasladar las piezas desde los secaderos a los hornos artesanales por 24 horas a temperaturas que oscilan entre 900 y 1000°C. La temperatura en el interior del horno varía de forma continua y uniforme. (GOMEZ, 2013). Después de la cocción se coloca las piezas cerámicas una sobre otras en pallets que permiten su fácil desplazamiento.

El producto terminado se almacena en un lugar amplio y de fácil acceso para posteriormente ser trasladados en camión.

3.4.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN INDUSTRIAL



32 Ladrillos de producción industrial

Describiremos el proceso de producción industrial, para ello hemos tomado como referencia la fabrica de ladrillos y tejas ACUTEJA. El proceso de producción contempla las siguientes fases:



33 Extracción materia prima.

Extracción de arcilla:

En este caso la materia prima que se utiliza es el resultado de la mezcla de cuatro tipos de tierras traídas de diferentes lugares. La extracción se realiza mediante métodos mecánicos, excavadoras de cucharas de diferentes tipos.



34 Mezcladora de arcilla

Batido y preparación de la mezcla:

Se realiza con maquinaria avanzada con la cual se tiene un control del tamizado, homogeneizado y grado de humedad. La arcilla es mezclada inmediatamente al momento en que entra en la maquina, lo que significa un ahorro de tiempo en este proceso.



35 Extrucción de piezas Cerámicas.

Moldeado y producción de ladrillos

Esta fábrica cuenta con maquinaria que moldea las piezas por extrucción. Una vez que la mezcla ingresa a la extrusora toma la forma deseada y se obtiene una pieza de arcilla cruda con bajos contenidos de húmeda.



36 Secaderos

Secado

Se realiza artificialmente con el acondicionamiento de aire caliente. Los productos a secar son llevados a las cámaras y sometidos a un proceso de secado durante 8 horas ,regulando al contenido de agua de los productos. Después de su secado las piezas pasan por un proceso de esmaltado antes de ser cocidas.



37 Hornos.

Cocción:

Se realiza mediante hornos de túnel en los que se lleva un control de temperatura, logrando así una mayor eficiencia en la producción de unidades de arcilla con mejor calidad final. Este proceso demora aproximadamente una hora y se obtiene el resultado final de las piezas.

3.5 PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LAS PIEZAS CERÁMICAS EN CUENCA

Definición:

Se entiende como pieza cerámica al resultado de la transformación de diversas materias primas, principalmente de la arcilla, cuya característica principal es su consolidación en estado compacto mediante tratamiento térmico. Es decir la arcilla que se moldea, se expone a altos grados de temperatura en el que sufre procesos físico-químicos adquiriendo distintas propiedades.

Propiedades y características generales de las piezas cerámicas :

En el libro “Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales”, William Smith (1998) explica acerca de las propiedades de los materiales cerámicos y los divide en tres propiedades generales:

1.- Propiedad Mecánica:

Smith (1998) considera a los cerámicos quebradizos pues el manifiesta que la tracción observada en estos materiales varía enormemente, con rangos que van desde valores muy bajos, menores a 0.69MPa hasta alrededor 7×10^9 MPa. Del mismo modo afirma que pocos materiales cerámicos tienen resistencia a la tracción por encima de 172MPa. Dice que existe gran diferencia entre las resistencias a la tracción y a la compresión, siendo la resistencia a la compresión normalmente alrededor de 5 a 10 veces más altas que la tracción. Es necesario tomar en cuenta que unos de los factores que afectan su resistencia es la porosidad, pues según SMITH (1998):

“Los poros de los materiales cerámicos frágiles son regiones donde se concentran los esfuerzos, y cuando la tensión en un poro alcanza un valor crítico se forma una grieta y se propaga, y continua creciendo hasta que tiene lugar la fractura”(p.534).

La resistencia a la compresión es la principal característica del ladrillo, sin embargo en nuestro medio no se puede calcular una resistencia debido a la variedad de formas y dimensiones en especial de su altura. Existe un valor promedio de 75kg/cm² de resistencia a la compresión. (Altamirano, 2009)

En la siguiente tabla se presenta valores de ensayos realizados a diferentes muestras de ladrillos de diferentes zonas de nuestra localidad, estos datos se obtuvieron del trabajo de Investigación de Altamirano (2009):

Tabla 02. Resistencia a la Compresión y Tracción de ladrillos en Cuenca.

TIPO DE LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
Macizo artesanal (CUENCA)	60kg/cm ²	7,5 kg/cm ²
4 huecos mecánico (CUENCA)	75kg/cm ²	7 kg/cm ²
4 huecos mecánico	50kg/cm ²	5 kg/cm ²

Fuente: ALTAMIRANO, M. (Marzo de 2009). “Alternativas Constructivas de Diseño en ladrillo industrial, visto armado, y su articulación con elementos en madera”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

2.-Propiedad Térmica:

Las piezas cerámicas por lo general tiene baja conductividad térmica por lo tanto sirven como aislantes térmicos. Debido a su alta resistencia al calor, poseen gran estabilidad en medios agresivos. Es por esta razón que en la ciudad de Cuenca la mayoría de ladrilleras artesanales elaboran el ladrillo tipo panelón, un ladrillo tradicional macizo que tiene gran resistencia por lo cual su demanda es alta. (ELLA, SWISSCONTACT, Universidad del Azuay, 2010)

3.-Propiedad Eléctrica:

También a los materiales cerámicos se los utiliza en gran variedad de aplicaciones eléctricas pues muchos se utilizan como aislantes eléctricos. En conclusión, los materiales cerámicos presentan las siguientes características según Pedro Landin en su publicación: “Materiales Cerámicos: Propiedades, Clasificación y Obtención” (2013):

- Los materiales cerámicos son generalmente frágiles. Casi siempre se fracturan ante esfuerzos de tensión y presentan poca elasticidad.
- Posee una densidad baja es decir es un componente ligero.
- Gran resistencia a altas temperaturas, con gran poder de aislamiento térmico.
- Gran resistencia a la oxidación, corrosión y a los efectos de la desgaste que causan los agentes atmosféricos.
- Alta resistencia a casi todos los agentes químicos.
- Pueden producirse en formas con dimensiones ya establecidas.(Landin, 2013,p. ¶12).

Propiedades básicas de las piezas con mayor demanda en el sector de la construcción (ladrillo y la teja)

Ladrillo: Es un bloque de arcilla cocida previamente moldeada, en forma de paralelepípedo rectangular, que posee cualidades de resistencia, rigidez y duración.

Características generales:

- Pieza rectangular, cuyas medidas reciben el nombre de soga, tizon y grueso, siendo la dimensión mayor la soga. De la misma forma, se denomina tabla, canto y testa a las distintas superficies que tiene el ladrillo.
- El color del ladrillo varía de acuerdo a las arcillas empleadas y al tiempo de cocción.
- Resisten a la humedad y tiene gran capacidad para retener el agua y al calor, poseen baja ductilidad, y por esta razón son buenos aislantes térmicos.
- El más común es el ladrillo bloque y el ladrillo macizo.
- Su costo es bastante bajo.
- El ladrillo también se fabrica de manera industrializada, en grandes cantidades y en menor tiempo de producción como se había mencionado anteriormente.

Formatos: Hay distintas dimensiones de ladrillos, usualmente de formatos que facilitan su manipulación. . En particular, predomina el formato de dimensiones 24 x 11,5 x 5,25cm. (Altamirano, 2009; Gómez, 2013; Mejía, 2007).

Usos más comunes: Se emplea principalmente en la construcción y para revestimientos decorativos. Se produce muchas variedades de ladrillos, según sus usos diferenciándose los de pared, pisos, revestimientos, fachadas, muros portantes o de relleno, tabiques permeables y para exteriores.

Teja: Es un elemento de arcilla cocida previamente moldeada, en forma acanalada, curva o plana, para cubrir cubiertas que posee cualidades de resistencia, rigidez y duración.

Características generales: Las tejas tienen una alta resistencia al paso del tiempo debido a las siguientes funciones:

- Aislamiento térmico.
- Resistencia al fuego.
- Estanqueidad al agua, y aire.
- Aislamiento acústico.
- Estética y armonía con el paisaje del entorno.

Formatos: El formato convencional aproximado de la teja artesanal es de 40cm de largo, 25cm de ancho en la parte superior, 20cm en la parte inferior y 2cm de espesor.

Colocación: Su colocación se realiza a través de un alambre galvanizado de teja, que se coloca en sentido contrario a la pendiente y su separación se da de acuerdo al tamaño de la teja aproximadamente es de 35 cm. Las tejas van atadas unas con otras, debido a que la parte superior de cada pieza se ajusta al listón inmediato superior, mientras que en la parte inferior, se refuerza el enganche con una atadura, obviamente sobre el listón inferior.

Usos más comunes: Se utiliza únicamente para cubiertas, para recibir y canalizar el agua lluvia. Las formas y tipos de piezas son muy variados, por ejemplo la teja tradicional arabe, gota o faldera, lajas, canaladas, pentagonales, etc.



38 Pieza cerámica: ladrillo.



39 Pieza cerámica: teja.

3.5.1 CLASIFICACIÓN DE PIEZAS CERÁMICAS

Según su tipo de FABRICACIÓN:

De tejar o manual:

Son piezas cerámicas fabricadas a mano, su moldeado se realiza mediante moldes de madera, sus aspectos son toscos, no son regulares y sus caras son rugosas, cocidos en hornos de igual forma artesanales en los que la llama es ascendente y de forma cilíndrica denominados hormigueros. El ladrillo de tejar por sus dimensiones se divide en: Jaboncillo, De obra, Media obra, Panela, Panelón, Gigante, Gigantón, Chucurillo.

De mesa:

Son piezas cerámicas fabricadas de forma artesanal pero se lo realiza sobre superficies lisas y cocidos en hornos fijos.

Mecánico o industrial:

Son piezas cerámicas obtenidas mediante un proceso de fabricación con maquinaria y tecnología avanzada como galleteras, máquinas al vacío y hornos, que se rigen con estándares de calidad. De esta forma se tiene como resultado productos con homogeneidad en su cocido, resistencia y color uniforme en su producto.

Prensa:

Es el ladrillo fabricado con procedimientos manuales, donde el proceso de moldeado se realiza con maquinaria elemental que en ciertos casos extruye, a baja presión, la pasta de arcilla. Se caracteriza por presentar una superficie lisa.

Se lo realiza primero seleccionando la arcilla, extruidos al vacío mediante una prensa y cocidos a altas temperaturas. Se utilizan para la construcción de toda clase de muros y mampostería confinada, además como elemento de cierre.

Según su FORMA:

Macizos: Son de forma prismática rectangular, de masa compacta. En nuestra localidad se fabrican artesanalmente y se los elabora con perforaciones paralelas a una de las aristas, con el fin de aligerarlos. La sección de cada orificio no excede los 6cm², la suma de las secciones huecas no debe rebasar el 15% de la superficie total de la cara mayor.

De panal: Son piezas cerámicas de la misma forma y dimensiones que el ladrillo macizo, pero para lograr aligerar su peso se realiza perforaciones en forma de panal.

Perforados: Se los denomina también como semi-macizos, estos tienen perforaciones paralelas a una de sus aristas, los orificios brindan mayor ligereza al elemento, son altamente aislantes, y poseen resistencia más uniforme. También estas piezas cerámicas permiten una mejor adherencia entre los ladrillos de una pared ya que el mortero penetra en los orificios, por esta razón se lo utiliza en la construcción de galerías, silos y muros curvos generalmente sometidos a presiones horizontales.

Huecos: Similares a las piezas cerámicas perforadas pero con la diferencia de que la superficie de los orificios es mayor es mayor al de la parte maciza. Son materiales ligeros y económicos pero de resistencia media, se los utiliza para tabiques, muros, cerramientos, estos ladrillos se fabrican únicamente de manera industrializada. Se clasifican en: Hueco simple, doble, triple y con perforaciones verticales.

Aplantillados: Son de forma geométrica diferente a un bloque, tienen forma de cuña y se utilizan para arcos, dinteles, chimeneas, cornisas, y paredes curvas.

De Mocheta: Son ladrillos rectangulares, que tienen un corte cuadrado en uno de sus lados para poder acoplarse.

Trahucos: Ladrillos de menor longitud, sirven para aparejar arranques y remates.

Bordos: Son ladrillos con dimensiones menores en el tizón y la soga. Se los utiliza para construir impostas y cornisas.

Rasillas: Son ladrillos de menores dimensiones que el ladrillo borde, estos pueden ser huecos o macizos, su espesor varía entre 1.5-3cm. Su elaboración es mecánica.

Plaquetas o Fachaletas: Son piezas cerámicas de 2-3cm de espesor, se los utiliza para recubrir fachadas.

Tubular: Tiene huecos o perforaciones cilíndricas que son perpendiculares a la cara en la que se asienta la pieza, no hay limitaciones de área.

De paramento visto: Son aquellos que se utilizan en exteriores con un acabado especial.

Tejas:

Teja romana, tiene la pieza canal plana, con los bordes laterales levantados y la cobija curva.

Teja plana, dispone de acanaladuras y resaltes para su encaje y solape. Necesita piezas especiales para resolver las limas.

Teja mixta, tiene la canal y la cobija juntas en una pieza, lo que da apariencia similar a la árabe o a la romana. Como la anterior, requiere piezas especiales para resolver las limas.

Teja Árabe: Es un elemento que se utiliza desde la antigüedad en la cubierta. Su utilización se dice que fue por los babilónicos, seguidamente difundida por los árabes en territorios vecinos y posteriormente en toda Europa. Por o lo tanto difundida de hecho en nuestro continente. Las dimensiones de la teja artesanal son de 40cm de largo 20cms de ancho y 2cm de espesor.

Gota o Faldera: Esta pieza cerámica tiene la forma de un rectángulo con la parte inferior redondeada, muy poco utilizada por su forma y de difícil colocación, debido a que su fijación es mediante un tornillo o clavo en la estructura de la cubierta. Sus medidas son: 20cm de largo, 15cm de ancho y 1,5cms de espesor, por lo general se coloca una capa de esmaltado en la superficie de la pieza.

Lajas: Son similares al ladrillo de obra o terraza pero con una capa de esmalte, estas son fijadas al piso con cemento, tornillos o clavos. Sus medidas son: 25cm de largo, 20cm de ancho y 2cms de espesor. Su colocación es dificultosa y es costoso la estructura que lo soporta, por lo que no tiene mucha aceptación en el mercado.

Canaladas: Son piezas que tienen un canal, una parte convexa, y en las partes laterales una canal de empalme para que se acople con la teja consecutiva, con la superior y con la inferior, Sus medidas son: 40cm de largo, 35cm de ancho y 3cms de espesor.

Pentagonales: Son piezas que se utilizan para la cubierta de manera estética. Sus medidas generalmente son de 10cms de lado, por 2cm de espesor.

Según su COCCIÓN:

Santos: Son piezas deformes, retorcidas, quemadas por exceso de cochura debido a que se han vitrificado.

Escafilados: Debido al exceso de pasta presentan un arqueamiento o curva y una mínima vitrificación.

Recochos: Son las piezas que tienen un grado óptimo de cocción y de color, son muy resistentes.

Pintone: Son piezas que no presentan uniformidad en su color, tienen manchas de color pardo y rojas debido a que su cocción ha sido defectuosa.

Pardos: Son elementos que solamente tiene un punto de cocción, su color es claro y tienen poca resistencia.

Porteros: Piezas que se colocan alrededor y al exterior del horno, son elementos que no han sido cocidos solamente desecados.

Refractarios: Se coloca en lugares donde debe soportar altas temperaturas, como hornos o chimeneas.

Aligerados: Son piezas porosas que se obtienen mezclando la arcilla aserrín o polvo de corcho, durante la cocción desaparece esta mezcla dejando poros en su interior.

Flotantes: Son los que tienen menor densidad que el agua.

Coloreados: Se obtiene mezclando colorantes a las arcillas blancas. Para obtener la tonalidad deseada en la pieza.

Hidráulicos: Son pieza que se fabrican para resistir la humedad, Son utilizadas generalmente para suelos exteriores.



40 Tipos de piezas cerámicas.

3.6 CATÁLOGO DE PRINCIPALES PRODUCTOS CERÁMICOS EXISTENTES EN LA CIUDAD DE CUENCA

Jaboncillo



Descripción:

Ladrillo pequeño de fácil manipulación, utilizado para construir paredes no portantes para dividir espacios.

Dimensiones:

grueso soga tizón
100 x 200 x 120mm

Aplicación:

Es usado en paredes no portantes para dividir espacios.

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Macizo

Cocción: Recochos (Son las piezas que tienen un grado óptimo de cocción y de color, son muy resistentes).

De Obra



Descripción:

Es de fácil manipulación, muchas veces la cara superior se cubre con laca o esmalte para mejorar su aspecto estético y debido al alto tránsito peatonal.

Dimensiones:

grueso soga tizón
25 x 250 x 40mm

Aplicación:

Se utiliza especialmente en terrazas, revestimientos, y pisos húmedos.

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Macizo

Cocción: Pardos (Son elementos que solamente tiene un punto de cocción, su color es claro y tienen poca resistencia.)

Media Obra



Descripción:

Este tipo de ladrillo es de fácil manipulación, las diferentes caras de la pieza tienen aspecto tosco y usan resinas o esmaltes para la cara superior.

Dimensiones:

grueso soga tizón
20 x 300 x 150mm

Aplicación:

Se utiliza especialmente en terrazas, revestimientos, y pisos húmedos.

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Plaquetas o fachaletas

Cocción: Pardos (Son elementos que solamente tiene un punto de cocción, su color es claro y tienen poca resistencia.)

Panela



Descripción:

Su uso se da desde la antigüedad por ser el tradicional en la Península Ibérica, se lo colocaba con mortero de arena y cal.

Dimensiones:

grueso soga tizón
100 x 200 x 120mm

Aplicación:

Mampostería estructural.

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Macizo

Cocción: Recochos (Son las piezas que tienen un grado óptimo de cocción y de color, son muy resistentes).

Panelón

**Descripción:**

Existe gran producción de este ladrillo en el medio, debido a su tamaño, su rápida colocación y manejo.

Dimensiones:

grueso soga tizón
100 x 300 x 150mm

Aplicación:

Este es el ladrillo propio para mampostería de paredes de 15cm de espesor,

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Macizo

Cocción: Recochos (Son las piezas que tienen un grado óptimo de cocción y de color, son muy resistentes).

Gigante

**Descripción:**

Su elaboración exige gran cantidad de materia prima, se lo utilizaba por la fácil y rápida colocación, se debe colocar con motero de arena, cal y cemento

Dimensiones:

grueso soga tizón
200 x 400 x 100mm

Aplicación:

Paredes, columnas y arcos

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Macizo

Cocción: Recochos (Son las piezas que tienen un grado óptimo de cocción y de color, son muy resistentes).

Gigantón

**Descripción:**

Tiene gran demanda por sus cortos tiempos de colocación, además dan estabilidad estructural en antepechos y dinteles.

Dimensiones:

grueso soga tizón
200 x 400 x 120mm

Aplicación:

Mampostería, arcos, dinteles, antepechos.

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Macizo

Cocción: Recochos (Son las piezas que tienen un grado óptimo de cocción y de color, son muy resistentes).

Chucurillo

**Descripción:**

Este tipo de ladrillo es muy pequeño de fácil manipulación, las diferentes caras de la pieza tienen aspecto tosco y rugoso.

Dimensiones:

grueso soga tizón
100 x 200 x 120mm

Aplicación:

Es usado para el remate de paredes chimeneas, mampostería no estructural como paredes divisorias.

Fabricación: De tejar o manual

Forma: Macizo

Cocción: Recochos.

Fachaleta



Descripción:

Este tipo de ladrillo es de fácil manipulación, las diferentes caras de la pieza tienen un acabado poroso y rugoso.

Dimensiones:

grueso soga tizón
25 x 300 x 100mm

Aplicación:

Es utilizada como fachaleta de paredes.

Fabricación: manual, industrial, semimecanizado

Forma: Fachaleta

Cocción: Recochos (Son las piezas que tienen un grado óptimo de cocción y de color, son muy resistentes).

Mini-chucurillo



Descripción:

Este tipo de ladrillo es similar al chucurillo, de fácil manipulación, las diferentes caras de la pieza tienen aspecto tosco y poroso.

Dimensiones:

grueso soga tizón
80 x 210 x 80mm

Aplicación:

Es usado para el remate de paredes chimeneas, mampostería no estructural como paredes divisorias

Fabricación: manual-industrial-semimecanizado

Forma: Macizo.

Cocción: Recochos.

Simple con 1 perforación



Descripción:

Es un tipo de ladrillo que tiene la característica de tener un orificio pasantes en su interior en sentido longitudinal.

Dimensiones:

grueso soga tizón
70 x 300 x 50mm

Aplicación:

Es usado en paredes no portantes para dividir espacios bovedillas, paredes para ductos, fachadas para revestir.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Tubular Hueco Simple.

Cocción: Pardos.

Simple con 2 perforaciones



Descripción:

Posee dos orificio pasantes en su interior en sentido longitudinal en la testa. Se pueden clasificar según el formato en dos grandes grupos: ladrillo hueco de formato tradicional y ladrillo hueco gran formato.

Dimensiones:

grueso soga tizón
100 x 250 x 50mm

Aplicación:

Mampostería para dividir espacios bovedillas, paredes para ductos.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco Doble.

Cocción: Recochos.

Simple con 2 perforaciones

**Descripción:**

Posee dos orificio pasantes en su interior en sentido transversal.
Estos huecos arrojan un volumen total que es superior al 30% del ladrillo.

Dimensiones:

grueso soga tizón
100 x 250 x 50mm

Aplicación:

cerramientos, paredes divisorias, paredes de ductos.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco Doble.

Cocción: Recochos.

Simple con 3 perforaciones

**Descripción:**

Ladrillos con perforaciones horizontales en testa.

Dimensiones:

grueso soga tizón
115 x 250 x 100mm

Aplicación:

Para uso en fábrica de albañilería interior y revestida.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Rasillas.

Cocción: Recochos.

Simple con 4 perforaciones

**Descripción:**

Ladrillo perforado no visto con perforaciones verticales en la tabla, de volumen superior al 10 %

Dimensiones:

grueso soga tizón
70 x 300 x 50mm

Aplicación:

Para uso de tabiquería interior, rejillas de piso, cerramientos, tabiquería hueca empotrada para ventilación.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco Perforaciones Verticales.

Cocción: Recochos.

Simple con 4 perforaciones

**Descripción:**

Pieza de arcilla cocida hueca con 4 perforaciones en testa.

Dimensiones:

grueso soga tizón
240 x 300 x 100mm

Aplicación:

Mampostería para dividir espacios, tabiquería interior, y muros no portantes.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco Perforaciones Verticales.

Cocción: Recochos.

Simple con 4 perforaciones



Descripción:

Pieza de arcilla cocida hueca con 4 perforaciones en testa.

Dimensiones:

grueso soga tizón
300 x 400 x 50mm

Aplicación: Mampostería

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Rasillas con 4 Perforaciones Verticales.

Cocción: Recochos.

Simple con 5 perforaciones



Descripción:

Pieza cerámica elaborada unicamente para revestimiento interior o exterior de mampostería.

Dimensiones:

grueso soga tizón
350 x 120 x 40mm

Aplicación:

Pieza cerámica elaborada unicamente para revestimiento interior o exterior de mampostería.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Rasilla con 5 Perforaciones Verticales.

Cocción: Recochos.

Simple con 5 perforaciones



Descripción:

Pieza cerámica elaborada unicamente para revestimiento interior o exterior de mampostería.

Dimensiones:

grueso soga tizón
350 x 300 x 70mm

Aplicación:

Pieza cerámica elaborada unicamente para revestimiento interior o exterior de mampostería.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Rasilla con 5 Perforaciones Verticales.

Cocción: Recochos.

Doble con 6 perforaciones



Descripción:

Pieza de arcilla cocida usada en elementos interiores con exigencias acústicas, térmicas y frente al fuego

Dimensiones:

grueso soga tizón
120 x 250 x 80mm

Aplicación:

Ladrillo para paredes y muros portantes.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco 6 Perforaciones Verticales.

Cocción: Recochos.

Doble con **6** perforaciones**Descripción:**

Los ladrillos huecos cerámicos no portantes, son utilizados para la ejecución de cualquier tipo de muros no portantes a los que no se les transmiten cargas.

Dimensiones:

grueso soga tizón
180 x 330 x 80mm

Aplicación:

Albañilería interior y exterior: usado en mampostería de paredes no portantes, paredes divisorias y para ductos .

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco 6 Perforaciones Verticales.

Cocción: Pardos.

Doble con **6** perforaciones**Descripción:**

Ladrillo con perforaciones horizontales en testa, para uso en fábrica de albañilería interior y revestida. Gran diferencia de capacidad aislante frente a ladrillos comunes no perforados.

Dimensiones:

grueso soga tizón
180 x 330 x 50mm

Aplicación:

Albañilería interior y exterior: usado en mampostería de paredes no portantes, paredes divisorias y para ductos .

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco 6 Perforaciones Verticales.

Cocción: Pardos.

Doble con **6** perforaciones**Descripción:**

Ladrillo machihembrado de fácil colocación, buena plomada, ahorro de mortero ya que por su condición de ser machihembrado solo necesita una llaga. Resistencia en sentido longitudinal. Rápida colocación.

Dimensiones:

grueso soga tizón
220 x 300 x 130mm

Aplicación:

Albañilería interior y exterior: usado en mampostería de paredes no portantes y portantes, paredes divisorias y tabiquería.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco 6 Perforaciones Verticales.

4 perforaciones circulares.

Cocción: Recochos.

Doble con **10** perforaciones**Descripción:**

Ladrillo machihembrado con perforaciones horizontales en testa, para uso en fábrica de albañilería interior y revestida. Resistencia en sentido longitudinal. Rápida colocación.

Dimensiones:

grueso soga tizón
70 x 300 x 50mm

Aplicación:

Albañilería interior y exterior: usado en mampostería de paredes no portantes, tabiquerías.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco 10 Perforaciones .

Cocción: Pardos.

Triple con 9 perforaciones



Descripción:

Es utilizado para combinar con ladrillos estructurales, en aquellos sectores que no requieren el paso de barras verticales o tuberías.

Para lograr una disminución en el consumo de mortero,

Dimensiones:

grueso soga tizón
150 x 300 x 150mm

Aplicación:

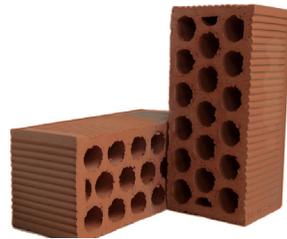
Mampostería de paredes portantes y no portantes, tabiquerías.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Hueco 9 Perforaciones.

Cocción: Recochos.

Con 19 perforaciones



Descripción:

Ladrillos perforados no vistos: Con esta denominación se designan a los ladrillos con perforaciones verticales en la tabla, de volumen superior al 10 %.

Dimensiones:

grueso soga tizón
60 x 240 x 120mm

Aplicación:

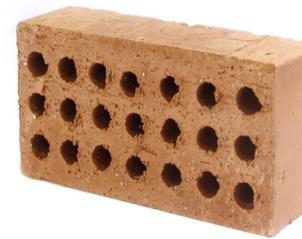
Usado en exteriores y área de chimenea, decoración interior, paredes divisorias no portantes.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: De panal con 19 perforaciones circulares.

Cocción: Recochos.

Con 21 perforaciones



Descripción:

Este tipo de ladrillo permite una mejor adherencia del mortero debido a sus perforaciones en tabla.

Dimensiones:

grueso soga tizón
60 x 300 x 140mm

Aplicación:

Albañilería interior y exterior: usado en mampostería de paredes no portantes, tabiquerías.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: De panal con 21 perforaciones circulares.

Cocción: Pardos.

Con 21 perforaciones rectangulares



Descripción:

Es un ladrillo liviano debido a sus perforaciones rectangulares, y bueno contra la humedad.

Dimensiones:

grueso soga tizón
70 x 300 x 50mm

Aplicación:

Albañilería interior y exterior: usado en mampostería de paredes no portantes, tabiquerías, rejillas, cerramientos.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: De panal con 21 perforaciones circulares.

Cocción: Recochos.

Media obra con 6 perforaciones

**Descripción:**

Es un ladrillo liviano debido a sus perforaciones rectangulares, y bueno contra la humedad, permeable.

Dimensiones:

grueso soga tizón
25 x 240 x 150mm

Aplicación:

Se utiliza para pisos en rejillas de ventilación o ingreso de agua. Son utilizados especialmente para fachadas.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: De panal con 6 perforaciones circulares.

Cocción: Pardos.

12 perforaciones

**Descripción:**

Ladrillo cerámico de arcilla cocida, con perforación en tabla, visto, permeable.

Dimensiones:

grueso soga tizón
25 x 300 x 140mm

Aplicación:

Se utiliza para pisos en rejillas de ventilación o ingreso de agua. Son utilizados especialmente para fachadas.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: De panal con 6 perforaciones rectangulares.

Cocción: Recochos.

Con 8 perforaciones

**Descripción:**

Pieza cerámica para revestimiento sus perforaciones son con fines estéticos.

Dimensiones:

grueso1 grueso2 soga tizón
150 x 20 x 300 x 50mm

Aplicación:

Revestimientos de fachadas y cerramientos exteriores

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: De panal con 8 perforaciones circulares.

Cocción: Recochos.

Doble con 8 perforaciones

**Descripción:**

Ladrillo con perforaciones circulares horizontales en testa, para uso en fábrica de albañilería interior y revestida. Gran diferencia de capacidad aislante frente a ladrillos comunes no perforados.

Dimensiones:

grueso soga tizón
150 x 200 x 150mm

Aplicación:

Fachadas y cerramientos exteriores, paredes vistas interiores.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: De panal con 8 perforaciones circulares.

Cocción: Recocho.

Alféizar



Descripción:

Piezas cerámicas de alféizar para fachada.

Dimensiones:

200 x 40 x 70 x 140 x 120

Aplicación:

Se utiliza para fachada , en alféizar de vanos.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: trahucos

Cocción: Recocho

Recubrimiento



Descripción:

Pieza cerámica con una sola cara vista, se puede adherir a cualquier tipo de superficie, su colocación es sencilla, es imperceptible la junta entre piezas.

Dimensiones:

grueso soga tizón
70 x 300 x 50mm

Aplicación:

Se utiliza como revestimiento de fachadas tanto exteriores como interiores .

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Plaqueta.

Cocción: Recocho

Ladrillo para cubierta



Descripción:

Piezas cerámicas para cubierta, se colocan en el soporte de la cubierta y se anclan con alambre o mortero.

Dimensiones:

grueso soga tizón
70 x 300 x 300mm

Aplicación:

Se utiliza como recubrimiento cerámico de la cubierta.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: 5 perforaciones rectangulares.

Cocción: Pardos.

Teja plana



Descripción:

Son piezas cerámicas conformadas con superficies lisas planas o con moldurados; su grosor es variable. Tienen un sistema de encaje longitudinal y transversal

Dimensiones:

ancho largo ancho
3 x 300 x 150mm

Aplicación:

Recubrimiento de cubiertas.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Teja Rectangular

Cocción: Pardo.

Teja hexagonal

**Descripción:**

Elementos cerámicos utilizados como recubrimiento; su forma permite utilizar a la misma pieza como teja cobija y como teja canal, permitiendo así su solape longitudinal como transversal.

Dimensiones:

largo	ancho	alto
300 x	120 x	10mm

Aplicación:

Recubrimiento de cubiertas.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: Teja Hexagonal.

Teja mixta

**Descripción:**

Son elementos con un perfil curvo y plano que pueden tener un sistema de encaje longitudinal y transversal, para el ensamblaje estanco de las piezas contiguas en filas verticales y horizontales.

Dimensiones:

largo	ancho	alto
400 x	200 x	50mm

Aplicación:

Se utiliza como recubrimiento cerámico de la cubierta.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: teja

Cocción: Recochos.

Lajas

**Descripción:**

Piezas cerámicas que se colocan en el soporte se anclan con alambre o mortero. Su diseño permite diferentes tipos de solape entre piezas pero el espacio interior que se crea es reducido.

Dimensiones:

largo	ancho	alto
300 x	120 x	30mm

Aplicación:

Se utiliza como recubrimiento cerámico de la cubierta.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: teja

Cocción: Recochos.

Teja curva

**Descripción:**

Teja cerámica curva: son elementos de cobertura en forma de canal, cuyo diseño permite diferentes tipos de solape entre piezas. Los bordes pueden ser paralelos o convergentes.

Dimensiones:

largo	ancho	alto
400 x	200 x	60mm

Aplicación:

Se utiliza como recubrimiento cerámico de la cubierta.

Fabricación: industrial-semi-mecanizado

Forma: teja

Cocción: Recochos.

CONCLUSIONES

CAPÍTULO III

Después de realizar este capítulo sobre productos cerámicos en Cuenca podemos concluir que:

- Se debe tomar en cuenta que unos de los factores que afectan la resistencia de las piezas cerámicas es la porosidad, es necesario analizar materiales que eviten los poros en el resultado final de la pieza.
- Se considera a los cerámicos quebradizos debido a que la tracción observada en estos materiales varía enormemente. Es decir no tienen resistencia a la tracción, por lo que se debe pensar en un material con el cual el prototipo constructivo planteado además de trabajar a compresión responda a los esfuerzos de tracción.
- La etapa mas delicada del proceso de producción es el secado. En esta fase se define el resultado final de la pieza. Es por esta razon que se debe considerar el hecho que las piezas, al secarse, se contraerán (entre 4% y 16% en volumen". Esto hace que se tenga mayor tamaño, para que luego del secado y quemado se obtenga el tamaño requerido.

Las dimensiones del prototipo de la investigación se debe limitar al tamaño de la boquilla de extracción de la fábrica semi-industrial en la cual se dio paso para la experimentación de la pieza cerámica. Además se debe tomar en cuenta los requerimientos técnicos para la fabricación de la matriz con el diseño que se plantee.

BIBLIOGRAFÍA DEL CAPÍTULO

“EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LADRILLERAS ARTESANALES EELA”. (Mayo de 2010). SISTEMATIZACIÓN DE EXPERIENCIAS EXITOSAS. Cuenca, Azuay: Municipalidad de Cuenca.

ALTAMIRANO, M. (Marzo de 2009). “Alternativas Constructivas de Diseño en ladrillo industrial, visto armado, y su articulación con elementos en madera”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

ANDRADE, L. (1985). “La Manufactura de Tejas y Ladrillos en Cuenca Y su Industrialización”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

AVILES, L., & GRANDA, V. (2002). “Ambiente en los hornos cerámicos y su influencia en su producto a nivel del Azuay”. Cuenca, Azuay: Universidad de Cuenca.

Carpio, F. (2011). Diseño y acoplamiento a una prensa para la elaboración de contenedores de cerámica. Diseño y acoplamiento a una prensa para la elaboración de contenedores de cerámica. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

CARRILO, T. (2013). Medición del Impacto de la Cooperación Internacional Suiza Aplicado al Proyecto “Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales del cantón Cuenca”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad del Azuay.

EELLA. (2013). Estudio de Mercado del sector ladrillero artesanal en el catón Cuenca. Cuenca, Azuay, Ecuador: ALTIOR CIA.LTDA.

ELLA, SWISSCONTACT, Universidad del Azuay, & Municipio de Cuenca. (2010). Diagnostico Inicial del Sector Ladrillero. Cuenca, Azuay, Ecuador.

En declive la fabricación artesanal de ladrillos en Cuenca. (16 de septiembre de 2014). El Telégrafo.

GALLEGOS, H., & CASSABONNE, C. (2005). Albañilería Estructural. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú Fondo Editorial 2005.

GOMEZ, P. A. (Diciembre de 2013). Estudio y análisis de nuevas tipologías de ladrillos introducidos en Cuenca para la aplicación de la Autoconstrucción. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Harvey, D. (1978). Cerámica Creativa. Barcelona: CEAC.

LANDIN, P. (07 de Febrero de 2013). Materiales Cerámicos: propiedades, clasificación y obtención. Obtenido de Tecnología ESO: <http://pelandintecno.blogspot.com/2013/02/materiales-ceramicos-propiedades.html>

MAZA, M. (2011). “Producción mas limpia para ladrilleras en la Parroquia de Sinincay”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad del Azuay.

MEJIA, N. (2007). Sistemas Constructivos de Ladrillo en Cuenca. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

MOROCHO, D. (2009). Análisis de viabilidad de un proyecto de inversión para la creación de una fábrica de ladrillos en la ciudad de Cuenca. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil.

ORDÓÑEZ, C., & PACHECO, M. (2008). “Estudio de Mercado y Factibilidad de la Instalación de un fábrica de ladrillos en Santiago de Corrajela”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

SMITH, W. (1998). Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales. Madrid: McGRAW/HILLINTERAMERICA DE ESPANA. S. A .U. .

SOL, G. D. (Septiembre de 2009). Plataforma Arquitectura. Obtenido de <<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-366617/frases-german-del-sol-2>>

URGILÉS, D. (Febrero de 2010). “Valor Turístico y Usos de 25 Edificaciones Patrimoniales Civiles y Religiosas del Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

FUENTE BIBLIOGRÁFICA DE TABLAS:

Tabla 01. Cantidad de ladrilleras por parroquia en la ciudad de Cuenca. **Fuente:** ELLA, SWISSCONTACT, Universidad del Azuay, & Municipio de Cuenca. (2010). Diagnostico Inicial del Sector Ladrillero. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Tabla 02. Resistencia a la Compresión y Tracción de ladrillos en Cuenca. **Fuente:** ALTAMIRANO, M. (Marzo de 2009). “Alternativas Constructivas de Diseño en ladrillo industrial, visto armado, y su articulación con elementos en madera”. Cuenca, Azuay, Ecuador: Universidad de Cuenca.

FUENTES FOTOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO

01 Centro Histórico de la de la Ciudad de Cuenca. **Fuente:** <http://evysinspirations.tumblr.com/post/26423321014/cuenca>

02 Ciudad de Cuenca. **Fuente:** <http://www.elmercurio.com.ec/471478-cuenca-para-verla-de-cerca-y-lejos/#.Vdr5fnhCUk>

03 Antigua Escuela de Medicina. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

04 Orfanato Antonio Valdivieso. **Fuente:** <http://yourshot.nationalgeographic.com/photos/3662098/>

05 Colegio Benigno Malo. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

06 Materia prima para Producción Artesanal. **Fuente:** EELLA. (2013). Estudio de Mercado del sector ladrillero artesanal en el catón Cuenca. Cuenca, Azuay , Ecuador: ALTIOR CIA.LTDA.

07 Materia prima para Producción Artesanal. **Fuente:** EELLA. (2013). Estudio de Mercado del sector ladrillero artesanal en el catón Cuenca. Cuenca, Azuay , Ecuador: ALTIOR CIA.LTDA. (Elaborado por los autores).

08 Materia Prima en San Lucas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

09 Materia prima en Sigcho. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

10 Cantidad de arcilla a nivel de las comunidades de Sinincay **Fuente:** EELLA. (2013). Estudio de Mercado del sector ladrillero artesanal en el catón Cuenca. Cuenca, Azuay , Ecuador: ALTIOR CIA.LTDA. (Elaborado por los autores).

11 Ladrilleras en el cantón Cuenca. **Fuente:** EELLA. (2013). Estudio de Mercado del sector ladrillero artesanal en el catón Cuenca. Cuenca, Azuay , Ecuador: ALTIOR CIA.LTDA. (Elaborado por los autores).

12 Localización de ladrilleras en San Jose de Balzay. **Fuente:** EELLA. (2013). Estudio de Mercado del sector ladrillero artesanal en el catón Cuenca. Cuenca, Azuay , Ecuador: ALTIOR CIA.LTDA. (Elaborado por los autores).

13 Localización de ladrilleras en Sinincay. **Fuente:** EELLA. (2013). Estudio de Mercado del sector ladrillero artesanal en el catón Cuenca. Cuenca, Azuay , Ecuador: ALTIOR CIA.LTDA. (Elaborado por los autores).

14 Formas de Producción Cerámica. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

15 Ladrillera Artesanal. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

16 Ladrillera Semi-industrial. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

17 Ladrillera Industrial. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

18 Secaderos. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

19 Hornos. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

20 Ladrillera Artesanal. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

21 Depósito de arcilla para posterior mezclado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

22 Batido y mezcla. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

23 Moldeado de piezas cerámicas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

24 Espacios techado de secado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

25 Hornos de cocción. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

26 Materia Prima. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

27 Mezclado Mecanizado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

28 Laminadoras de ladrillera Semi-industrial. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

29 Maquina Extrusora de piezas cerámicas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

30 Secaderos **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

31 Horno. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

32 Ladrillos de producción industrial. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

33 Extracción materia prima. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

34 Mezcladora de arcilla. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

35 Extrucción de piezas Cerámicas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

36 Secaderos. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

37 Hornos. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

38 Pieza cerámica: ladrillo. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

39 Pieza cerámica: teja. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

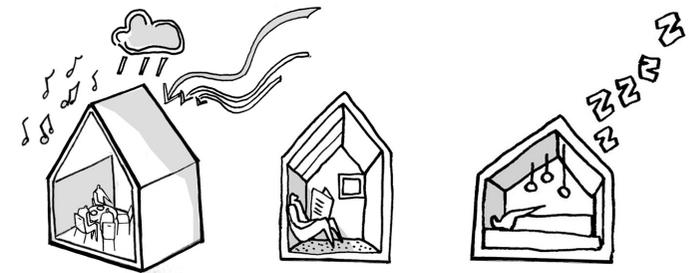
40 Tipos de piezas cerámicas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.

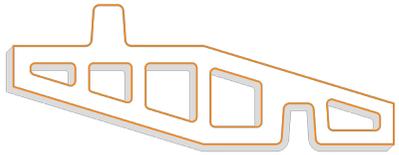
Catálogo de los principales productos cerámicos existentes en la ciudad de Cuenca **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores.



CAPÍTULO IV

Requerimientos técnicos para
la construcción de cubiertas en
Cuenca





4.1 GENERALIDADES

Las cubiertas cerámicas son una de las alternativas más utilizadas en la ciudad de Cuenca y alrededor del mundo. Es por eso esencial conocer las características y especificaciones de las diferentes necesidades que requiere la cubierta para así garantizar su correcto funcionamiento y alargar su vida útil.

Los requerimientos de la cubierta dependen del clima, de la ubicación geográfica, del uso, y de la disponibilidad de recursos del lugar en el que se construyen. Es por esto que podemos encontrar diversas soluciones ante la gran variedad de posibilidades en cuanto a materiales, sistemas constructivos y tecnología.

Este apartado se centra en las múltiples soluciones constructivas y tecnológicas para cubiertas inclinadas, ya que son las más usadas en nuestro medio y a las que orientaremos el diseño de la pieza cerámica propuesta en el trabajo de investigación. Igualmente se analiza la variedad de posibilidades en cuantos materiales y su colocación, de entre los elementos que conforman la estructura, el soporte y el recubrimiento de la cubierta.

Hablaremos entonces de una serie de necesidades y recomendaciones puntuales acerca de cómo se debe resolver algunos puntos singulares que habitualmente aparecen en la ejecución de una cubierta. Con el fin de encontrar alternativas y soluciones válidas para su construcción con piezas cerámicas que garanticen su correcto funcionamiento.



01 Construcción de una cubierta de teja.

4.2 NECESIDADES DE LAS CUBIERTAS INCLINADAS

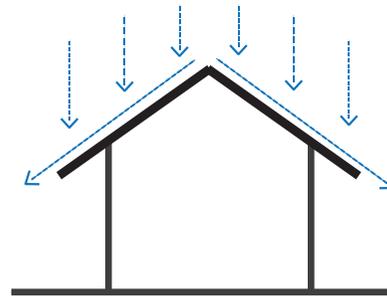
La cubierta inclinada es una solución constructiva de cierre superior, cuya función fundamental es ofrecer protección a la edificación mediante la disposición de elementos que configuran una formación de pendientes de importante inclinación; que favorecen la eliminación del agua y sobre la que se dispone normalmente un tejado realizado con piezas individuales o placas y perfiles.

Las problemáticas más habituales dentro de las cubiertas inclinadas dependen de las variantes constructivas y por lo tanto de la naturaleza del elemento que lo conformen. Sin embargo las necesidades que debe solventar principalmente la cubierta inclinada son:

- 1 Protección contra el agua.
- 2 Protección contra el viento.
- 3 Aislamiento Térmico y Acústico.
- 4 Facilidad de transporte y puesta en obra.
- 5 Posibilidad de mantenimiento.

En función a estas cinco necesidades principales debe partir el diseño de las piezas que conformaran la cubierta. Se debe tener siempre en cuenta las características geométricas de cada cubierta por el mecanismo del solape, tanto transversal como longitudinal; usar un sistema constructivo que permita facilidad en la puesta en obra; conocer las propiedades de los materiales que se usaran, con el fin de escoger aquellos que garanticen satisfacer nuestras necesidades, pero sin dejar de lado, la eficiencia, la economía, y la sustentabilidad.

1 Protección contra el agua

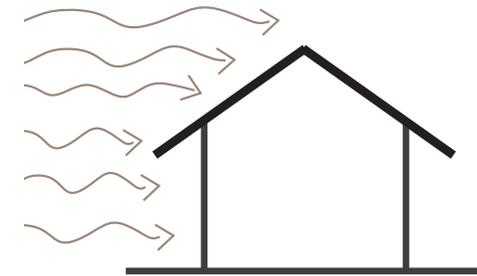


01. Protección contra el agua

Las cubiertas inclinadas son una solución eficaz para la evacuación de agua lluvia mientras mayor sea la pendiente, aumenta la velocidad del agua y se evacua en menor tiempo. Las juntas de unión son lugares propensos a filtrar agua al interior por lo que mientras menos juntas existan mejor. Además si la cubierta tiene poca pendiente es necesario un mayor solape que garantice que no se introduzca agua al interior.

En la ciudad de Cuenca las precipitaciones se presentan entre febrero a mayo con 101.13 mm/m² y en los meses de octubre a diciembre con 87.7 mm/m². La época de menores precipitaciones alcanza los 35.98 mm/m². La cubierta debe ser capaz de evacuar esta cantidad de agua y así evitar filtraciones. (Cordero & Guillén, 2013).

2 Protección contra el viento



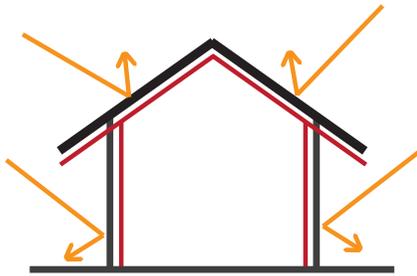
02. Protección contra el viento.

Las superficies de las cubiertas inclinadas están expuestas de manera directa a la fuerza del viento que produce un efecto de presión generando daños en la cubierta.

La velocidad del viento es determinante para el diseño de su carga. Es por esta razón que se debe considerar los efectos del viento y los elementos que influyen y actúan en la magnitud de esta carga como la velocidad del viento, la forma de la superficie expuesta al viento así como las condiciones locales de la zona.

En la ciudad de Cuenca los vientos presentan una dirección predominante desde el noreste, con una velocidad que se encuentra entre los 9 y 12.82 km/h. (Cordero & Guillén, 2013).

3 Aislamiento Térmico y Acústico

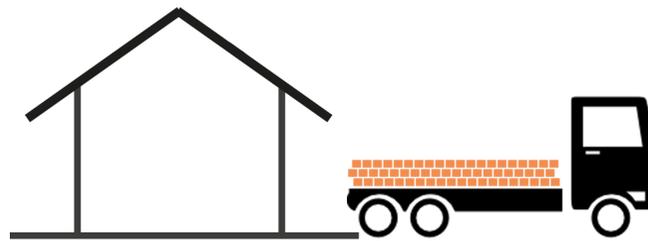


03. Aislamiento Térmico y Hermetismo

Los factores meteorológicos externos incrementan o disminuyen la temperatura en el interior de la vivienda y es necesario emplear aislantes térmicos y acústicos para mantener un espacio confortable. Un aislante térmico se caracteriza por ser una barrera al paso del calor o frío. Se utilizan como aislamiento térmico y acústico materiales porosos o fibrosos como las lanas minerales, poliestireno, espuma de poliuretano, corcho, aire confinado etc.

En Cuenca el promedio de temperatura anual es de 16.3°C, y presenta una amplitud térmica promedio anual de 2.7°C, es decir una temperatura constante. Por esta oscilación térmica no se usa aislantes, sin embargo, con su uso correcto se podría lograr un mayor confort térmico en el interior de la vivienda. (Cordero & Guillén, 2013).

4 Facilidad de Transporte y Puesta en obra



04. Facilidad de transporte y puesta en obra

Un sistema constructivo que es fácilmente puesto en obra, supone soluciones que mejoran la manipulación de piezas, la simplicidad de herramientas con la que se trabaja y reduce el tiempo de montaje en la obra.

En el caso de Cuenca se usa la teja como recubrimiento exterior debido a su geometría y tamaño que favorece su traslado, puesta en obra y se ajusta a las características geométricas de cada cubierta.

Además, las condiciones de transporte de materiales al sitio de la obra inciden en los costos. Al transportarse se debe facilitar el cargue, traslado y descargue para de este modo obtener un mayor rendimiento en la puesta en obra y así reducir costos. (Miravete, 1995).

5 Posibilidad de Mantenimiento

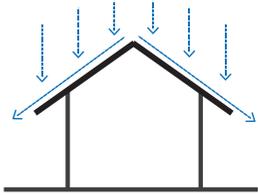


05. Posibilidad de mantenimiento

Se debe realizar un mantenimiento periódico de la cubierta debido a que esta se encuentra expuesta a las distintas condiciones climáticas. El objetivo es evitar problemas posteriores que elevan el costo. Por lo tanto esta debe ser capaz de soportar el peso de la persona que realiza el mantenimiento y ser diseñada de manera tal que las piezas que sufran daños puedan ser reemplazadas con facilidad por nuevas.

Las condiciones climáticas determinan las formas, materiales y sistemas constructivos usados en la cubierta. Finalmente considerar el aspecto estético, al ser la cubierta la quinta fachada de una edificación es importante que tanto su color, textura y forma estén acorde con las del medio en el que se encuentra, esto favorecerá al valor paisajístico del lugar.

4.3 PROTECCIÓN CONTRA EL AGUA: IMPERMEABILIZACIÓN



Los impermeabilizantes son sustancias o compuestos químicos que tienen con objetivo detener el agua, impidiendo su paso, y son muy utilizados en el revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos. Funcionan eliminando o reduciendo la porosidad del material, llenando filtraciones y aislando la humedad del medio. Pueden tener origen natural o sintético, orgánico o inorgánico.

En el caso de la cubierta, al estar expuesta constantemente a la lluvia, es muy importante elegir un sistema de impermeabilización que sea capaz de evitar el problema de filtración al interior de la vivienda.

La duración de la impermeabilización y la eficacia de la misma, dependerá de varios factores:

- 1- La calidad y tipo de sistema de impermeabilización aplicado.
- 2- La correcta aplicación de la impermeabilización.
- 3- El uso correcto de la zona impermeabilizada, en función de sus características.
- 4- El mantenimiento de la zona impermeabilizada.

Estos factores, determinarán la duración de la impermeabilización sin que haya humedades bajo la cubierta. Además en las cubiertas inclinadas los impermeabilizantes que se utilizan permiten dar un acabado final a los materiales.

Hoy en día cada vez existen más sistemas de impermeabilización de cubiertas diferentes e innovadores. A continuación, se explicara los tratamientos impermeabilizantes

Caucho clorado



06. Recubrimiento de caucho clorado en terraza caminable.

Es un tipo de pintura obtenida por disolución de caucho natural o sintético en tetracloruro de carbono, y un tratamiento posterior con cloro, modificado con plastificantes de alta resistencia química con una gran adherencia sobre todo tipo de soportes minerales. Esta pintura desempeña una acción protectora y aislante que abarca desde corrección de humedades, hasta realizar una labor de fungicida para evitar la anidación de hongos y de otros microorganismos

Propiedades

- Secado rápido
- Perfecta adherencia sobre madera, metal, cemento, hormigón y ladrillo
- Excelente resistencia al agua y humedades



07. Recubrimiento de caucho clorado en pared.

Facilidad de mantenimiento
Uso en interior y exterior
Eleva transpirabilidad
Revestimiento anti polvo

Ventajas:

- ✓ Económico
- ✓ Rápido de aplicar
- ✓ Fácil de aplicar

Inconvenientes:

- ✗ Poca duración
- ✗ Poco flexible
- ✗ Solución para problemas puntuales y momentáneos.

Membranas líquidas



08. Aplicación de membranas líquidas de poliuretano en cubiertas inclinadas.

Son materiales líquidos a base de un elastómero puro de poliuretano que produce una membrana continua y elástica, cuyas propiedades la hacen excelente para su aplicación en todo tipo de superficies.

Una vez aplicado el producto, polimeriza dando lugar a un revestimiento elástico en forma de capa adherida, formando una membrana de poliuretano completamente impermeable, duradera y resistente a los rayos UV y agentes climáticos, garantizando la estanqueidad de la cubierta.

Propiedades:

- Monocomponente, de fácil aplicación
- Excelente adherencia en todo tipo de superficies.



09. Membranas líquidas en cubiertas planas.

- Gran elasticidad y resistencia a la rotura.
- No se agrieta
- Alta resistencia al impacto y a la abrasión.
- Estabilidad a la intemperie, a la luz, rayos UV y ciclos climáticos.
- Alta resistencia térmica a bajas y altas temperaturas. (entre -40 °C y + 80°C).
- Totalmente impermeable y resistencia al contacto permanente con el agua.
- Permite la difusión del vapor, disminuyendo el peligro de acumulación de humedad en el soporte.
- Mejora la eficiencia energética, reduciendo los costos de enfriamiento del edificio.
- Impermeable al agua.



10. Membranas líquidas en cubierta plana no transitable.

Ventajas

- ✓ Total adherencia
- ✓ Sin traslapos, uniones o juntas
- ✓ Adherencia monolítica
- ✓ Fácil identificación de la fuente de filtración
- ✓ Poco personal para instalación
- ✓ Múltiples colores
- ✓ Rápida aplicación
- ✓ Fácil reparación

Inconvenientes:

- ✗ La superficie debe estar firme, seca, limpia y libre de polvo, aceite, grasa, cera, etc.
- ✗ Requiere ser protegida contra punzonamiento.

Láminas bituminosas



11. Láminas bituminosas .

Son productos laminares, también denominados telas asfálticas, se basan en un impermeabilizante tipo bituminoso que contiene asfaltos naturales, betunes asfálticos de penetración de oxidación, alquitranes o breas.

En el mercado existen los siguientes tipos de láminas asfálticas: láminas enarenadas, láminas plastificadas, láminas con autoprotección mineral, láminas con autoprotección metálica. Cada una de estas laminas se instalan mediante el uso de un soplete que a través del calor funde el plástico superficial y reblandece la pasta asfáltica siendo necesario una ligera presión sobre la zona del solape para que las láminas queden bien adheridas.



12. Colocación de láminas bituminosas con soplete.

Hay que recordar que la superficie donde se coloca la lámina debe ser lo más homogénea posible, y completamente limpia. Para la adherencia de la lámina, es conveniente colocar una capa de imprimación asfáltica y dejarla secar antes de comenzar el proceso.

Ventajas:

- ✓ No necesita de herramientas especiales
- ✓ Su flexibilidad y elasticidad permiten un perfecto acabado en las esquinas.
- ✓ Ligeras que permiten una manipulación sin esfuerzos y liberan la cubierta de una carga excesiva.
- ✓ Fácil colocación con clavos sin alterar las propiedades



13. Colocación de láminas bituminosas en cubierta transitable.

- impermeables del producto.
- ✓ Resistente a la rotura
 - ✓ Tolera temperaturas extremas tanto en épocas de frío como de calor.
 - ✓ Tiene una vida útil duradera de unos 50 años.
 - ✓ Evitan corrientes de aire en el interior y pérdidas de calor

Desventajas:

- ✗ Tiempo de colocación.
- ✗ Necesita protección.
- ✗ Mayor transporte de materiales.
- ✗ Muchas juntas (aumenta probabilidad de fallo).
- ✗ Muy dependiente de la colocación.

Corcho proyectado



14. Corcho proyectado sobre cubierta de teja.

Es un producto que se obtiene mezclando varios componentes, entre los cuales destacan: polvo de corcho en varias granulometrías, resina acrílica, grasas vegetales y agua. El material se presenta como una pasta más o menos densa, para convertirse, una vez aplicada, en una masa compacta con buena adherencia a todo tipo de superficies, con óptimas características de durabilidad, elasticidad a situaciones extremas de temperatura.

Propiedades:

- Aislante térmico y acústico (0,034 Kcal./hm°C), con una diferencia de 12° entre exterior e interior de una vivienda y un ahorro energético del 40 %.
- Sellante y adhesivo, pega sobre cualquier



15. Aplicación del corcho proyectado con pistola.

- Sellante y adhesivo, pega sobre cualquier superficie, y sobre él se puede enlucir de mortero de cemento y/o yeso, pintar, poner baldosas, suelos, etc.

- ✓ Producto ecológico
- ✓ Impermeabiliza todo tipo de superficies
- ✓ Aislante acústico
- ✓ Aislante térmico
- ✓ Muy ligero
- ✓ Fácil de limpiar
- ✓ Ahorro de gastos en consumo energético.
- ✓ Ignífugo

Desventajas

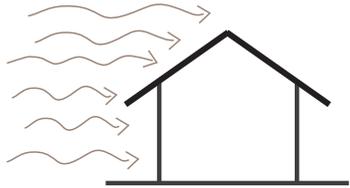
- ✗ Alto Costo
- ✗ Necesidad de personal calificado para su correcta aplicación.
- ✗ No muy difundido en nuestro medio
- ✗ Tiempo de colocación.
- ✗ Solución para problemas puntuales y momentáneos.

Después de conocer los principales tipos de impermeabilizantes de cubierta finalmente podemos decir que para la elección del tipo de impermeabilizante que vamos a usar se debe tener en cuenta varios factores tanto técnicos como económicos, como son: el presupuesto asignado, la temporada del año en que se realizaran los trabajos, el uso que se dará a la cubierta, el clima predominante, el tipo de techo, la inclinación, el tiempo disponible para la ejecución y su fácil acceso para la colocación.

La obtención de un eficiente sistema de impermeabilización, implica lograr eficacia a lo largo de la vida útil del sistema, reducir los costos que no añaden valor al prototipo y de esta manera garantizar la satisfacción de las necesidades de los usuarios para así asegurar espacios confortables.

Tomar una adecuada decisión en cuanto a los impermeabilizantes nos permitirá buenos resultados finales y aprovechamiento de los recursos disponibles. (Alba & Cruz, 2012).

4.4 PROTECCIÓN CONTRA EL VIENTO



4.4.1 ESTRUCTURA:

En la construcción de las cubiertas es importante tener en cuenta el sistema de amarre y el tipo de material a utilizar para que la cubierta resulte lo más sismo resistente posible, por lo que se debe utilizar materiales livianos y sobre todo la fijación de sus elementos debe garantizar estabilidad, resistencia y rigidez ante factores meteorológicos como el viento, granizo, sismos, lluvia, etc.

La función de las uniones es absorber los esfuerzos de tracción, compresión y flexión a los que son sometidas las piezas que trabajan en la cubierta. Estos acoples transmiten esfuerzos uniformemente a través de toda la armazón. Existen tres diferentes tipos de unión en la estructura de la cubierta.

- 1. Fijaciones:** Es la unión de 2 o más elementos por sus caras o cantos, tienen por finalidad ensanchar la madera.
- 2. Empalmes:** Son uniones que resuelven la continuidad de piezas en sentido longitudinal.
- 3. Ensamblajes:** Es la intersección de elementos con el objetivo de unir dos piezas, que al entrelazarlas coinciden logrando una sola pieza.

A continuación se expondrá, de una forma muy general los aspectos anteriormente enunciados tanto en uniones en madera, como acero. De esta forma se analiza las diferentes fijaciones que garantizan que la cubierta funcione como un sólido rígido, cumpliendo las condiciones de estabilidad y estática, al ser esta sometida a acciones exteriores que pueden actuar sobre su estructura.

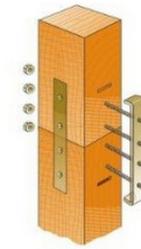
Estructura de madera: La configuración de una estructura de madera se basa esencialmente en apoyar elementos entre sí utilizando diversos métodos de unión. El objetivo es de contribuir a la estabilidad de la estructura ante las fuerzas laterales. Además para lograr continuidad entre sus uniones se debe contar con elementos en diagonal que formen triángulos, diafragmas de madera u otros elementos adecuadamente unidos al conjunto.

Para las uniones se puede utilizar desde clavos y tornillos hasta placas de acero con pernos o dispositivos especiales, dependiendo del tipo de estructura y la importancia del elemento en el sistema. Existen muchas técnicas de unión, algunas tan perfectas que no necesitan clavos, su finalidad es ensanchar la madera, prolongar piezas en sentido longitudinal, o realizar uniones perpendiculares ya sea en ángulo o transversales.

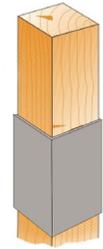
Se presenta daños visibles en los elementos y la sujeción entre piezas entre las más comunes tenemos:

- Rasgamientos o daños en el área de los agujeros de pernos, tornillos o clavos en los elementos de unión entre miembros.
- Desplazamientos de elementos de sus apoyos.
- Rotura o desgarramiento en empalmes.
- Armaduras con conexiones rotas.

A continuación se muestra una serie de esquemas que ejemplifican los tipos de uniones más utilizados:



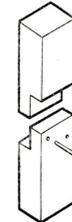
Empalme a tone con brida.



Empalme Zunchado.



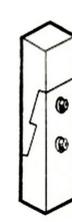
Espiga Sencilla.



A media madera.

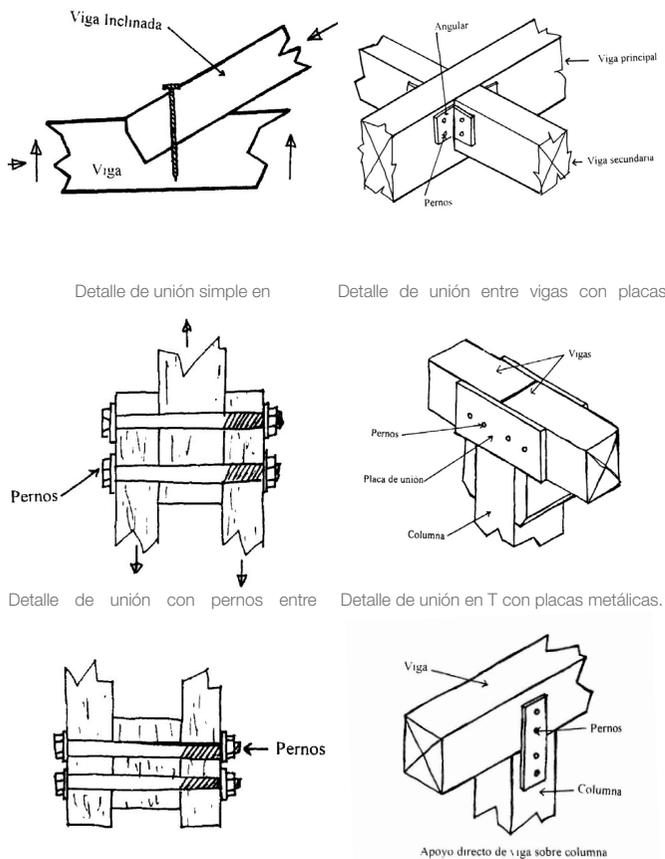


A pico de flauta.



Rayo de jupiter.

16. Tipos de uniones de estructura de cubierta.



17. Tipos de uniones de estructura deDetalle de unión en T con placas metálicas.

Estructura de acero: Las estructuras metálicas son un sistema constructivo muy difundido en nuestro medio, posee gran capacidad resistente por el empleo de acero, esto le da la posibilidad de cubrir grandes luces, y resistir cargas importantes. Los elementos que conforman la cubierta son prefabricados, lo que significa que sus uniones deben ser flexibles y garantizar el comportamiento de la estructura. De igual manera cada conexión o unión incide en el costo y resultado final de las estructura. Se puede distinguir dos tipos de uniones: Soldadura y Pernos.

Ventajas:
Soldadura:

- ✓ Proporciona unión permanente y mayor rigidez.
- ✓ Su unión es más fuerte que los materiales originales.
- ✓ Es una forma más económica de unir, con relación al uso de materiales y costos de fabricación.
- ✓ Tiempos reducidos de ejecución.

Pernos:

- ✓ Facilidad de manufactura, ensamble y transporte.
- ✓ Facilidad de desarmado, mantenimiento y reparación.
- ✓ Facilidad de crear diseños que requieran uniones móviles, como bisagras, mecanismos de corredera y componentes y soportes ajustables.
- ✓ Menor costo general de manufactura del producto.

Desventajas:

- ✗ La mayoría de soldaduras se hacen manualmente, lo cual implica alto costo de mano de obra.
- ✗ La soldadura no permite un desensamble adecuado.
- ✗ Tiene defectos de calidad que son difíciles de detectar.

Estructura mixta: En nuestro medio se viene utilizando perfectamente la unión entre piezas mediante ensambles, con clavos o tornillos. Sin embargo a la estructura de madera se ha modificado el sistema de amarre por elementos de acero para reforzar y rigidizar los puntos de unión y para soportar los incrementos de carga.

Estos se realizan mediante platinas, perfiles que se apoyan en los elementos ya sea de madera o acero y se unen mediante pernos o tornillos, obteniendo una sujeción entre un elemento de acero y madera. (URBAN BROTONS, 2009)

Las imágenes mostradas, a manera de ejemplo, muestran algunas opciones de refuerzo de vigas que se realizan en cubierta que permiten un ensamble mixto. (Ilustración 17). Por lo tanto el tipo de conexión o unión que se diseña es determinante en la proyección del prototipo de la cubierta, para esto es necesario plantear si el tipo de unión a diseñarse debe ser rígida o articulada.

Ambas opciones se podrían plantear por los sistemas de amarre antes mencionadas ya sea por empalmes, fijaciones, o ensambles, de igual manera será determinante en el diseño el uso de elementos complementarios (ángulos, barras de conexión, nervaduras de refuerzo, platinas metálicas, etc.) De esta forma se asegurara que la conexión entre piezas garantice estabilidad y rigidez a las piezas que trabajan en la cubierta.

4.4.2 SOPORTE:

Independientemente del material de la estructura ya sea de madera, o metal, el soporte deberá ser un plano de sujeción que logre una superficie plana necesaria para la colocación de rastreles, cordones de mortero o elementos prefabricados en los cuales se pueda sujetar el recubrimiento.

Además se debe tener cuidado en el traslapeo y acabado del soporte que a más de conseguir una superficie continua entre pieza y pieza, se debe obtener una fijación entre sus elementos para lograr rigidez y estabilidad de la cubierta, debido a que estos sirven de sostén de los materiales aislantes, así como también de sujeción del recubrimiento exterior y el interior. Una buena cubierta depende en gran medida de los accesorios de sujeción. Por tanto, es importante dar atención particular a la selección y al uso apropiado de estas fijaciones.

En el caso de los soportes de material liviano, se puede hablar de uniones rápidas debido que para fijar planchas de bajo espesor y peso como es el caso de las planchas galvanizadas, policarbonato, láminas de aluminio y zinc, su sujeción es mediante la presión de remaches, engrapado, cosido, etc.

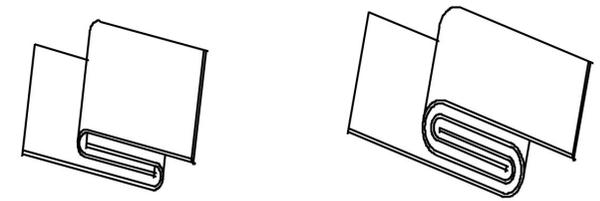
Pero si hablamos de planchas de mayor espesor y peso las uniones son más complejas como es el caso de las láminas de asbesto-cemento, tableros de madera contrachapada o machihembrada que se realiza mediante tornillos (tirafondos), pernos, ganchos, tuercas, arandelas y demás elementos semejantes. A continuación se explicara las formas de fijación de acuerdo al material de soporte.

a. Materiales livianos de soporte: Entre los materiales mas comunes tenemos: Planchas de acero galvanizado, planchas de aluminio, planchas de zinc, sus uniones se realizan mediante grafados, remaches, tornillos o con sistemas como resina sintética, caucho etc.

Grafados: Se usa principalmente para unir láminas de acero. Una de las ventajas es la de no requerir material de aporte. También esta fijación permite juntas a prueba de agua con la ayuda de materiales sellantes. (ver img. 18)

Remaches/ tornillos: Se usan cuando el sistema de fijación no es apropiado por el espesor de la lámina, si se necesita refuerzo en la junta, o cuando la plancha debe ser unida a otra clase de material. Se debe tener presente que los agujeros normalmente son taladrados, o se obtienen mediante sacabocados por lo que se debe evitar sobrantes en el borde de la perforación ya que estos se pueden aflojarse debido a vibraciones. El diámetro de los remaches o tornillos se relaciona con el espesor de la lámina. Además se debe considerar la protección contra el viento y la lluvia pues es muy común que se filtre agua. Para prevenir que esto pase se deben usar tornillos con golilla y sello de goma, y después sellar con una capa de tapagoteras sobre la fijación. (ver img. 19).

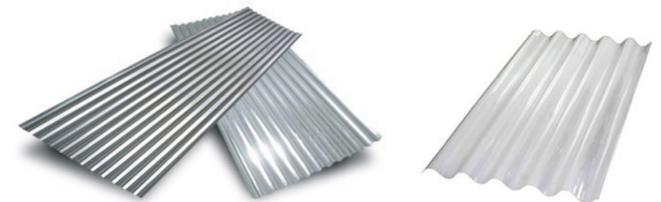
Unión adhesiva: En general esta unión se usa para juntar las planchas con otra clase de material. Se usan adhesivos de resina sintética, caucho u otros sistemas, dependiendo del sistema que se aplique. (Aceso, 2000).



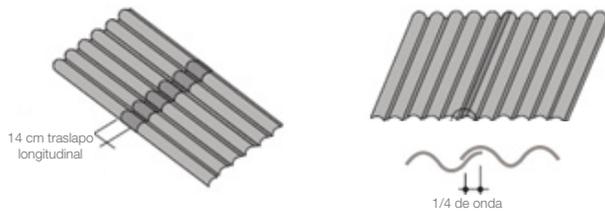
18. Grafados.



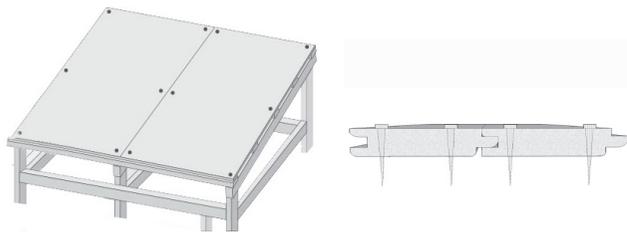
19. Remaches Tornillos.



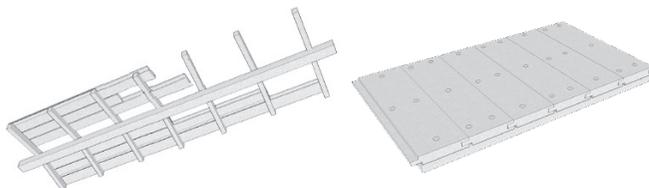
20. Materiales livianos de soporte.



21. Traslape Planchas de Fibrocemento.



22. Unión Planchas de madera laminada.



23. Acople entre dos piezas machihembradas

b. Materiales pesados de soporte: Entre los materiales mas comunes tenemos: planchas de fibrocemento, madera laminada, o machihembrada etc.

Planchas de fibrocemento (asbesto cemento).

Para fijar las placas a la estructura se usa tornillos de acero, o tornillos autoperforantes. Las láminas deben colocarse con un traslape lateral de media ondulación (ver ilustración 28), las dimensiones de traslape varían de acuerdo a la inclinación de la cubierta, quedan siempre por arriba, para dejar la plancha de abajo sin ninguna posibilidad de filtración. En lo posible, se debe sellar las fijaciones con tapagotera, así se aísla completamente el agujero. Norma Ecuatoriana de la Construcción. (INEN Instituto Ecuatoriano de la Construcción, 2006). (ver img. 21).

La Madera Laminada (osb):

Para su fijación se utiliza clavos galvanizados, si la estructura es de madera, y pernos si es metálica. No existe traslape entre piezas pero algunas veces para realizar uniones entre planchas y sellar la unión, se coloca a presión un Perfil H de policarbonato, espuma de poliuretano o silicona neutra a lo largo de la unión. (ver img. 22).

Madera machihembrada para techo:

Es un sistema de piezas de madera labradas de tal manera que uno de sus cantos presente una lengüeta o “macho” y el otro una ranura o “hembra”, que permite armar piezas sucesivas que conforman una superficie continua que sirve de soporte a la cubierta. (ver img. 23).

Plancha de Acero Galvanizado:

Se instalan directamente sobre la estructura del techo. Se lo utiliza como soporte o como acabado final. Su fijación se realiza mediante con clavos galvanizados con golilla de acero galvanizado fija y golilla de neopreno o similar. Se debe tomar en cuenta que la adaptabilidad de sistemas de unión indicados varía de acuerdo al espesor de cada material. Además todas las formas descritas de sujeción para el soporte de las cubiertas conlleva el riesgo de infiltración de las aguas lluvias. (ver img. 28).

Por lo general en la cubierta de teja tradicional el soporte es normalmente un entablado de madera o placas de madera aglomerada, para evitar filtraciones de agua se coloca láminas para aislar según el grado de impermeabilización que se requiera. Estas láminas se colocan a lo largo del soporte avanzando desde el alero hacia la cumbre, con sus respectivos traslapes. Además se debe pensar en asegurar la sujeción de uniones de elementos complementarios como: tragaluces, ductos de ventilación y juntas de dilatación.

Como expresábamos anteriormente existen varios tipos unión y sujeción de piezas, dentro de los diseños tradicionales de nuestro contexto, desde el más simple (clavos) hasta los más complejos, que se forman en base a diferentes tecnologías. Sin embargo el objetivo principal es asegurar los accesorios de cubierta al soporte, en lo posible, mediante los mismos elementos de sujeción que aseguren la estabilidad de la cubierta.

4.4.3 RECUBRIMIENTO

El recubrimiento es la última capa de la cubierta que está en contacto directo con el exterior y protegen al resto de elementos de la cubierta de la radiación solar, ruidos, clima etc. Sus elementos son continuos o discontinuos, siempre que sean compatibles con el soporte que los sustenta y la pendiente de la cubierta.

En el caso de ser discontinuos las diferentes características morfológicas de cada elemento permiten obtener varios diseños de solape entre piezas y su unión con el soporte es mediante cordones de mortero, tiras metálicas o de madera, ganchos o tornillos. En el caso de ser continuos se puede evitar el soporte y reducirlo únicamente a la unión mediante ganchos o tornillos hacia la armadura de correas o vigas.

A si mismo los elementos que sirven de unión entre el si, pueden ser auto portantes, o bien, fijarse directamente al tablero soporte. Los rastreles deben ser perfectamente lineales y de dimensiones constantes en altura y anchura, para permitir el apoyo uniforme. De la correcta ejecución y dimensionado dependerá el resultado final de ejecución de la cubierta. Sus dimensiones deberán guardar relación con la luz libre entre apoyos, las cargas de servicio de la cubierta y las sobrecargas de la misma.

El material de fijación sirve para sujetar las tejas al soporte para evitar su movimiento. El material empleado debe tener siempre una duración igual a la de los otros elementos, a fin de evitar el costo de las sustituciones y reparaciones.

Proceso de fijación comunes de recubrimiento con distintos soportes:

1 Para soporte continuos el procedimiento más habitual es la aplicación de mortero como método de sujeción. Si la pendiente es baja se pueden dejar algunas piezas apoyadas. (ver ilustración 24).

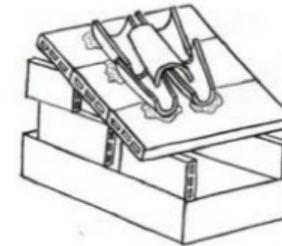
2 Para superficies con planchas de madera (simples o compuestas), el método es clavarlas. (ver ilustración 25).

3 Para faldones ventilados, con una cámara hecha de listones, en el caso de las que tienen la fijación se hacen simplemente apoyándolas, y en el caso de las que no tienen ventilación, se hacen con un clip o clavo.(ver ilustración 26).

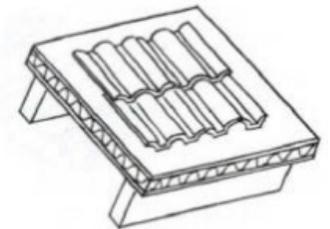
4 Para planchas onduladas (fibrocemento o asfalto), su sujeción se realiza con mortero o alambre galvanizado # 18, con el fin en dejar las tejas encajadas a las ondulaciones y fijadas con paletadas de mortero.(ver ilustración 27).

5 Para testeros y correas, simplemente apoyándose, denominadas "lata per canal". (ver ilustración 28).

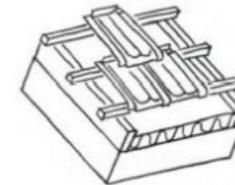
6 Listones perpendiculares a la línea de máximo pendiente denominados "en salto de garza". (Simón, Mejía, & Lapaca, S.F.) (ver ilustración 29).



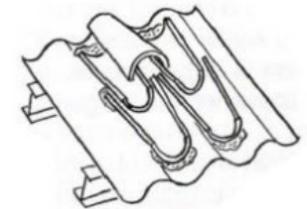
24. Fijación con mortero



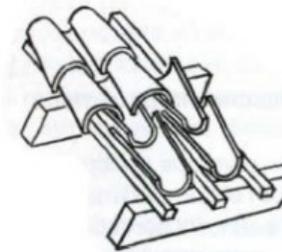
25. Fijación con clavos.



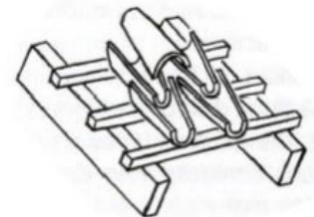
26. Fijación con clip, clavo o apoyada.



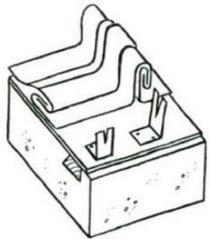
27. Fijación a soporte placas onduladas.



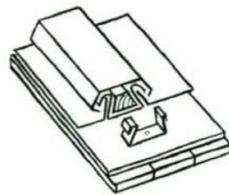
28. Fijación "lata per canal".



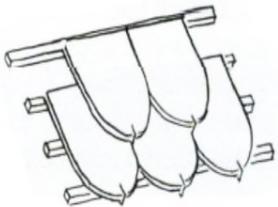
29. Fijación "salto de garza".



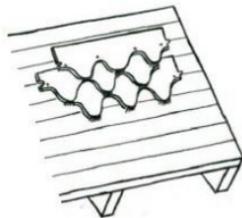
30. Fijación a junta alzada de zinc.



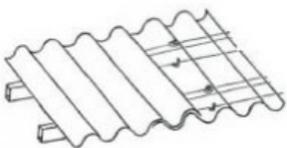
31. Fijación sobre listones de zinc.



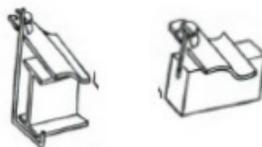
32. Fijación a listones.



33. Fijación a soporte continuo.



34. Fijación a placas.



35. Fijación con ganchos y tornillos.

Los procedimientos de fijación estarán en función de las pendientes, del uso, o los factores climáticos. Las combinaciones más utilizadas en la ciudad actualmente son la teja artesanal o industrial, fijada con ganchos y alambre galvanizado # 18, o se realiza mediante clavos, tornillos, ganchos, cordones de mortero o simplemente sobre rastreles impidiendo su deslizamiento. Sin embargo entre mayor pendiente, mayor fijación debe tener todas las piezas, evitando siempre el apoyo sin sujeción.

Planchas de zinc, aluminio galvanizado

Se diferencian entre si porque necesitan tener un soporte continuo para compensar la falta de rigidez de las piezas de la cobertura y los que son realizados con piezas rígidas (placas). Los soportes suelen ser tableros de madera o aglomerantes o listones continuos en una solera de fábrica. La fijación se hace con patas de anclaje. (ver ilustración 27).

Pizarra: En cuanto a materiales de acabados, como por ejemplo la pizarra, esta tiene dimensiones generalmente de 300mm x 200mm x 3mm. El material de soporte suelen ser tableros aglomerados y en cuanto a su sistema de fijación es el encolado. (ver ilustración 32 y 33).

Placas de Fibrocemento: El soporte de estas placas hacen que la cubierta sea mas ligera, debido a que suelen ir sujetas a la estructura. Su fijación se realiza mediante tornillo o pernos con golilla flexible, se debe considerar sellar las uniones con silicona u otro sello similar flexible e impermeable. (ver ilustración 34 y 35).



43. Montaje de teja curva con talón sobre rastreles.



44. Montaje de teja curva con talón sobre rastreles.

Por otra parte, hablando específicamente de piezas de arcilla cocida existen un gran variedad de variaciones morfológicas que facilitan la unión de piezas a partir de su forma, dependiendo del diseño estas permiten obtener diferentes solapes para de esta forma conseguir un recubrimiento continuo sin filtraciones de humedad, además brinda otra percepción estética de la cubierta.

A continuación se explica acerca de distintas características relativas a la forma de la teja cerámica que se comercializan a nivel mundial: dimensiones, tolerancias, solapes, etc. Para el ensamblaje de cada pieza se diseñan distintos encajes de manera longitudinal, y transversales; que permiten respectivamente el ensamblaje de tejas de manera horizontal y vertical.

Además de las tejas anteriormente descritas, se fabrican piezas especiales y accesorios fabricados con el mismo material de la teja. El diseño de estas piezas es necesario, debido a que estos elementos permiten solucionar los puntos singulares o de discontinuidad de la cubierta, con el objetivo de garantizar la estanqueidad, uniformidad, y estética de la cubierta.

Los gráficos mostrados se los tomo de la Guía de diseño y ejecución en seco de cubiertas con teja cerámica, de modo orientativo se pretende mostrar los rangos de dimensiones más convencionales de fabricación. Se pudo constatar que los fabricantes a nivel mundial disponen de un amplio abanico de posibilidades en cuanto a formatos,

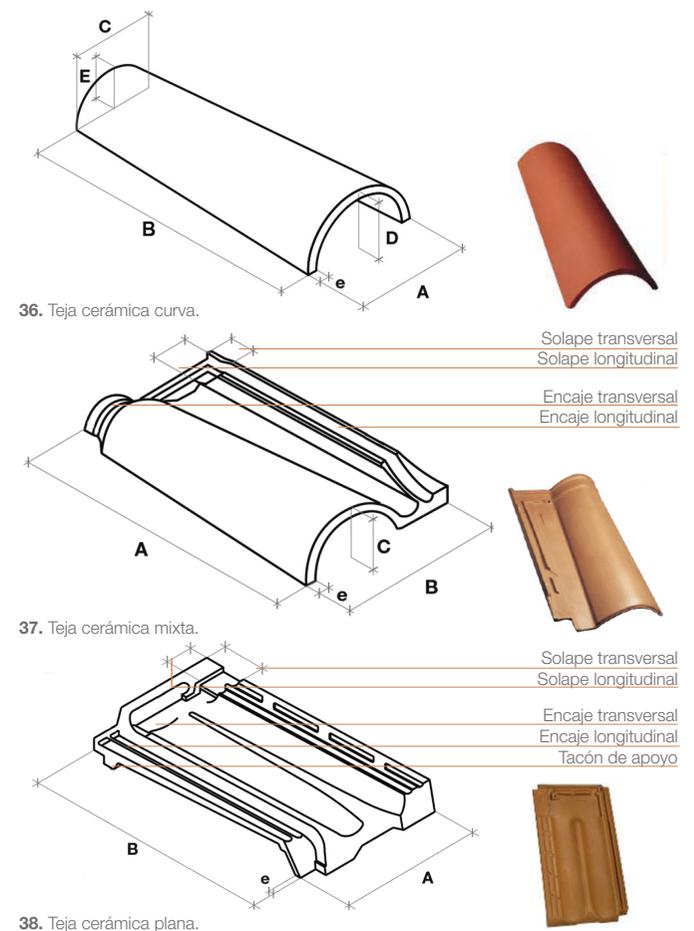
Tipos, formatos y variaciones morfológicas:

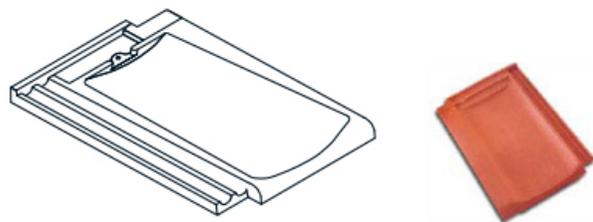
Teja cerámica curva: son elementos de cobertura en forma de canal, cuyo diseño permite diferentes tipos de solape, pueden ser paralelos o convergentes. (ver ilustración 36).

Teja cerámica mixta: son elementos con un perfil curvo y plano que pueden tener un sistema de encaje longitudinal y transversal, simple o múltiple, para el ensamblaje estanco de las piezas contiguas en filas verticales e hiladas horizontales. Para evitar filtraciones de agua el sistema de encaje no permite el deslizamiento de las tejas entre sí. Estas también llevan en su cara inferior y junto a su borde superior, uno o varios elementos de apoyo que permiten su enganche en el soporte. En el caso de que la pieza la claven, tiene junto a su borde superior orificios premarcados, que se los puede taladrar con una broca, sin dañar la teja. (ver ilustración 37).

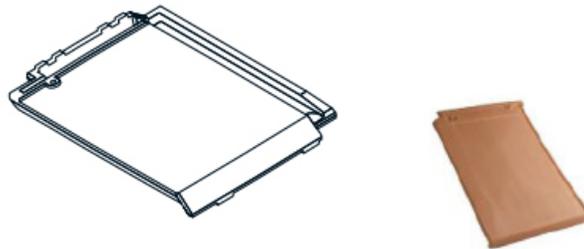
Teja cerámica plana: son elementos planos que tienen igual sistema de anclaje que la teja cerámica mixta. De igual manera posee apoyos que permiten su enganche tanto transversal como longitudinal. Se distinguen los siguientes tipos de cerámica plana: marsellesa o alicantina; mono canal, y con encaje. (ver ilustración 38-39-40).

Teja de estructura celular: consistente en piezas que cuentan con estructura celular y un sistema de solape y encaje. Estas cuentan con un sistema de cámaras o celdas bajo la parte vista superior, las cuales permiten mejorar la ventilación de la pieza. (HYSPALYT) (ver ilustración 41).

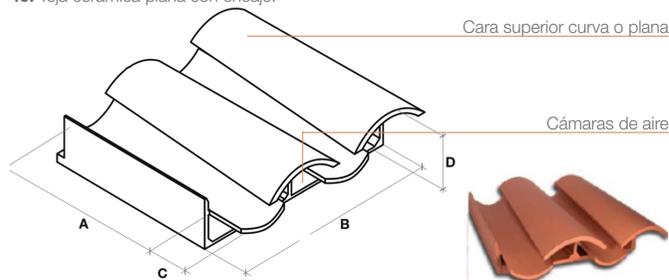




39. Teja cerámica plana..monocanal



40. Teja cerámica plana con encaje.



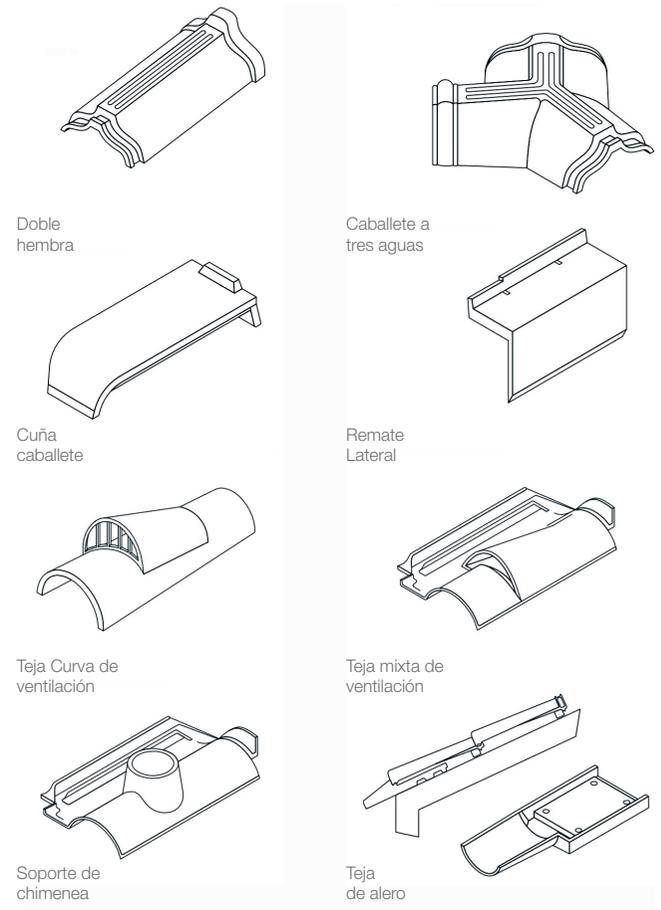
41. Teja cerámica de estructura celular.

Tabla 01. Características morfológicas de teja cerámica curva y mixta.

	Teja cerámica curva	Teja cerámica mixta
Dimensiones:		
A:	10 - 22 cm	A: 43-56 cm
B:	20 - 50 cm	B: 26-32 cm
C:	8 - 18 cm	C: 6-12 cm
D:	6 - 9 cm	
E:	4 - 6 cm	
e:	12 - 15 mm	e: 15-22 mm
Nº de piezas por m ²	18 -100 piezas	10 -14 piezas
Peso por m ²	35 - 50 kg	39 - 48 kg
Peso unitario	0,35 - 2,5 kg	2,8 - 4,8 kg
Solape mínimo	70 -150 mm	
Solape longitudinal		40 - 80 mm
Solape transversal		30 - 60mm

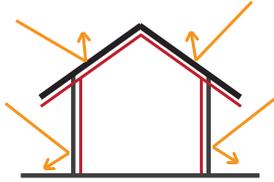
	Teja cerámica plana	Teja cerámica con estructura celular
Dimensiones:		
A:	44 - 48 cm	A: 10-22 cm
B:	26 - 29 cm	B: 20-50 cm
C:	15 - 22 cm	C: 8-18 cm
D:		D: 6- 9 cm
E:		E: 4 - 6 cm
e:		e: 12-15 mm
Nº de piezas por m ²	10-14 piezas	5 piezas
Peso por m ²	39 - 40 kg	53 - 70 kg
Peso unitario	2,8 - 4,8 kg	10,4 - 14 kg/ud
Solape longitudinal	40 - 80 mm	70 - 120 mm
Solape transversal	40 - 60 mm	35 - 50 mm

Fuente. Guia de diseño y ejecución en seco de cubiertas con teja cerámica. (2011). Características Morfológicas. Obtenido de http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja_guia_cubiertas.pdf



42. Puntos singulares y piezas especiales de teja en cubierta cerámica.

4.5 AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO:



4.5.1 SOLUCIONES TÉRMICAS:

La cubierta debe responder adecuadamente a distintas condiciones bioclimáticas como: lluvia, granizo, viento, irradiación solar, frío y calor. Además existen otros aspectos igualmente importantes tales como: los estructurales, el expresivo formal, y la seguridad.

La protección de las viviendas frente a las variaciones climáticas, el ruido y el fuego es de vital importancia. Su ausencia no sólo afecta la salud de los propios habitantes de la casa sino que determina el costo económico que tiene para ellos la falta de aislantes efectivos, así como la durabilidad de los materiales de la edificación. Conseguir un buen aislamiento no sólo evita pérdidas de energía sino que además ayuda a no gastar en sistemas de acondicionamiento climático artificial.

Los materiales o productos que se utilizan, deben elegirse de acuerdo a las características del proyecto, teniendo en cuenta las fases de instalación y las acciones a que serán sometidos en obra. Cuanta más resistencia térmica tenga un material mayor capacidad aislante tendrá y mantendrá a la vivienda confortable frente a las variaciones de temperatura del exterior.

Como aislantes térmicos para cubiertas pueden emplearse sistemas naturales y sintéticos. Se analizan en este caso, diversas opciones de soluciones óptimas desde el punto de vista de confort, aplicable a distintos tipos de cubiertas. De todos ellos se deben destacar por su relación y su concordancia con la teja.

Materiales naturales:

Existe cada vez más aislamientos térmicos fabricados con materiales naturales. Dichos materiales provienen principalmente del reino vegetal, animal y de materiales reciclados.

Reciclaje:

Celulosa: La celulosa compuesta de periódicos reciclados y triturados es una materia prima biodegradable que no causa daño al medio ambiente. Se aplica como relleno en espacios huecos en la cubierta y tabiquerías.

Vidrio celular: Se obtiene a partir del polvo de vidrio, es un material mineral no contaminante empleado en aislamiento térmico. Se utiliza en falsos techos de cubiertas.

Vegetal:

Pueden ser producidos a partir del cáñamo, del lino, del algodón, del bambú, del coco, del corcho, de la madera, de la totora y de otras fuentes. Una parte de las materias primas se procesan para extraer las fibras y luego se compactan en forma de tableros o colchonetas.

Animales:

La materia prima animal como la lana de oveja y la pluma de pato son los ejemplos más comunes. Este aislamiento posee excelentes propiedades térmicas y acústicas. Sin embargo, en su fabricación se une a fibras de poliéster lo cual degrada sus cualidades medioambientales. Debido a que la fuente de estos aislamientos es de origen animal, su producción se realiza solamente si esta es un subproducto de la ganadería.

Materiales Sintéticos:

Son opciones menos ecológicas pero que se usan con bastante frecuencia como aislantes térmicos.

Poliestireno extruido: Se emplea en forma de placas rígidas de espuma de poliestireno extruido. Las placas van sujetas al faldón de la cubierta con fijaciones mecánicas específicas de cada fabricante. Suelen tener una serie de acanaladuras que facilitan la adherencia del material de fijación.

Espuma de poliuretano: Es un material que solo se emplea sobre un soporte continuo. No debe proyectarse sobre el reverso de las tejas, ya que la espuma se introduce en el sistema de encaje entre piezas asomando al exterior y levantando las tejas, causando filtraciones de agua.

Lana de vidrio: Debido a su estructura filamentosa permite encerrar aire en su interior aislando térmicamente, y asegurando la eficacia acústica por la capacidad de amortiguación de estos filamentos.

Espuma elastomérica: Es un aislamiento térmico a base de caucho sintético y con estructura celular cerrada. Sus características técnicas aseguran un eficaz aislamiento térmico y el control de la condensación.

Lana de roca: Es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Se utiliza principalmente como aislamiento térmico y como protección pasiva contra el fuego en la edificación, debido a su estructura fibrosa, que le permite albergar aire inmóvil en su interior. (ATECOS, 2010)

4.5.2 SOLUCIONES ACÚSTICAS:

La cubierta requiere de un tratamiento acústico para reducir los ruidos exteriores, de esta forma se soluciona a un problema medioambiental y de clima como la lluvia o granizo. Aislar acústicamente es impedir que los sonidos generados dentro del mismo se propaguen hacia el exterior y, recíprocamente, que los ruidos externos se perciban desde su interior. Además cualquier actividad al exterior de la vivienda como ruido aéreo, ruido como tráfico, uso de maquinarias, industria, produce ruidos molestos, haciendo que el ser humano no esté cómodo en sus labores.

Un buen aislante debe detener todos los sonidos, resistir la vibración al chocar con ondas sonoras y disipar los ruidos. También algunos materiales amortiguan el sonido y transforman la energía sonora en calor en el interior de un espacio. Con la aplicación de nuevas tecnologías han aparecido materiales y sistemas constructivos para aislar el ruido que se explicaran a continuación:

Materiales de absorción:

Son materiales que transforman energía sonora en calor en su interior. Son siempre porosos y siendo estos materiales permeables a mayor recorrido transite el sonido mayor será el porcentaje retenido como: Fibras vegetales, Fibras minerales, Foam, Telas acústicas.

Materiales aislantes y reflejantes:

Los materiales porosos y blandos permiten la penetración de las ondas sonoras causando una gran absorción, mientras que las superficies con acabados no porosos

generalmente absorben menos del 5% , sobre todo a bajas frecuencias. Con relación a la cubierta el empleo de materiales porosos absorbentes se asocia a varias cubiertas de madera contrachapada, cartón, yeso etc. Estos materiales se le puede colocar como un techo suspendido, en el interior del sistema constructivo o dejando un espacio de aire aumentando la absorción.

Materiales para argamasa:

Son materiales acústicos que se aplican en estado húmedo con paleta para formar superficies continuas de un espesor deseado. Están compuestos de una mezcla de ingredientes secos, a los cuales se les añade un aglutinante líquido. Los morteros acústicos se aplican normalmente a una capa de cemento o sobre cualquier otro material.

Materiales Sintéticos:

Son materiales procedentes del petróleo. Algunos ejemplos son el poliestireno expandido, espuma de poliuretano, lana de vidrio, lana de roca.

Materiales aglomerados ecológicos:

Los aglomerados que se usan son aquellos formados por hierba, hojas de pino, mazorcas de maíz trituradas, tojo, pipas, cáscaras de cacahuets, lana, fibras de madera, corcho, paja en polvo, aserrín, corteza de secuoya, fibra de abeto o madera de balsa. Algunas de sus ventajas son su aislamiento acústico y térmico, son reciclables, saludables y durables. (UNAMACOR, 2011).

En resumen, la cubierta es una de las superficie más importantes de la vivienda a causa de su gran dimensión, sobre esta se puede utilizar distintos materiales naturales o artificiales como aislantes acústicos, sin embargo existe sistemas en conjunto que basados en paneles multicapa, incorporan entre las capas aislantes, materiales ligeros porosos absorbentes que obtienen mejores resultados de aislamiento.

El sonido al chocar en cualquiera de los materiales mencionados anteriormente se comporta de diferente manera dependiendo de el material, a continuación se presenta una tabla con algunos materiales y su resistencia ante el sonido, los datos fueron obtenidos de la tesis “Propuesta de ambientación sonora en viviendas urbanas de la ciudad de Cuenca”. José Luis Córdova , 2014.

Tabla 02. Comportamiento Acústico de materiales de cubierta.

Materiales	Medidas (cm)	Resistencia (db)
Ladrillo macizo	14 x 28 x 7	48
Ladrillo hueco	14 x 28 x 7	38
Ladrillos perforados	14 x 28 x 7	46
Hormigón	20 x 40 x 20	48
Madera	15 mm	20
Aglomerados de madera	15 mm	23
Corchos	30 mm	30
Algodón y lanas	40 mm	25
Vidrio	6 mm	27
Yeso Cartón	10mm	37

Fuente. Propuesta de ambientación sonora en viviendas urbanas de la ciudad de Cuenca”. José Luis Córdova , 2014.

4.5.3 CONDUCTIVIDAD TÉRMICA Y ABSORCIÓN ACÚSTICA:

Para lograr condiciones de confort óptimas dentro de una vivienda es muy importante el uso de materiales adecuados a las condiciones del lugar, que respeten el medio ambiente y cuya fabricación necesite poca energía, no deben tener riesgos para la salud, ser renovables y reciclables. El comportamiento de cada uno de estos materiales varía de acuerdo a sus características que hacen que se comporte de una manera determinada ante estímulos externos como el ruido, el calor o el frío. Dentro de sus principales propiedades tenemos:

La **Conductividad Térmica** es la propiedad física de un material que mide la capacidad de conducción del calor a través del mismo.

La **Absorción Acústica** es la capacidad que tiene un material en absorber el sonido cuando choca contra una superficie.

La tabla mostrada en esta página se la tomo de la tesis de Edyson García. (2013). "CRITERIOS PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES" y algunos datos se complemento con datos de paginas web, en esta se expone la conductividad térmica y absorción acústica de los diferentes materiales aislantes, se pudo constatar que algunos materiales funcionan mejor térmicamente, como la espuma de poliuretano, poliestireno, policarbonato, madera y piezas de tierra.

Los materiales que se comportan mejor acústicamente según los datos expuestos son madera, ladrillo, yeso, y cartón.

Tabla 03. Comportamiento Conductividad Térmica y Absorción Acústica de materiales de cubierta.

	Material	Conductividad Térmica W(m°k)	Absorción Acústica NRC
Estructura	acero	47-58	2,00
	hormigón armado	1,40	0,30
	hormigón pretensado	1,40	0,03
	madera	0,13	0,06
Soporte	madera laminada	0,047	0,04
	paneles de hormigón prefabricado	1,40	0,30
	paneles de fibrocemento	0,18	0,45
	paneles yeso cartón	0,29-0,58	0,10
	enduelado de madera	0,209	0,05
	policarbonato	0,2	
Recubrimiento	ladrillo	0,8	0,05
	piezas con materiales de tierra	0,25	0,80
	zinc	110	
	vidrio	0,81	0,05
	cubierta verde		0,50
Techo	cielo raso de yeso catón	0,29-0,58	0,10
	cielo raso de enduelado de madera	0,209	0,05
Aislantes	fibra de vidrio	0,035	0,89
	lana mineral	0,036-0,040	0,85
	espuma de poliuretano	0,029	0,99
	poliestireno	0,16	0,95

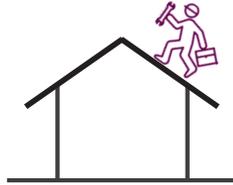
Fuente: Edyson García. (2013). "Criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares".

Tabla 04. Ventajas y Desventajas de materiales Acústicos y Térmicos para cubierta.

Material	Ventajas	Desventajas	Material	Ventajas	Desventajas
Hormigón	<ul style="list-style-type: none"> •El hormigón mejora el aislamiento acústico y optimización energética mediante la masa térmica. 	<ul style="list-style-type: none"> •Excesivo peso y volumen. Su conductividad térmica es baja. 	Tierra-Barro	<ul style="list-style-type: none"> •Gran capacidad como aislante térmico y acústico. El uso de tierra supone un ahorro económico, energético y de emisiones de Co2 . 	-
Madera	<ul style="list-style-type: none"> •Es un aislante térmico natural por la presencia de poros. Absorbe las ondas sonoras y mejora la amortiguación de ruidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta o disminuye de tamaño con las variaciones de humedad. Su durabilidad es limitada. 	Zinc	<ul style="list-style-type: none"> •Ahorro de energía. Estos techos irradian el calor del sol. Esto puede reducir el costo de calefacción de un 10% a un 25%. 	<ul style="list-style-type: none"> •Los techos pueden ser ruidosos, durante una tormenta o granizo. No es un buen aislante acústico.
Fibrocemento	<ul style="list-style-type: none"> • Peso ligero, ignifugo, impermeable, resistente a la humedad, aislante acústico, aislante térmico, resistencia a la corrosión, anti-plagas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se deteriora en el montaje y desmontajes muy pocas veces es reutilizado. La manipulación de estos materiales es perjudicial para la salud. 	Fibra de vidrio	<ul style="list-style-type: none"> • Es incombustible, resiste productos químicos, es insensible a lejías y ácidos; no corrosivo, imputrescible, no produce moho. 	<ul style="list-style-type: none"> •Muchas de estas formas de aislamiento libera productos químicos nocivos en el aire, reduciendo la calidad del aire interior.
Policarbonato	<ul style="list-style-type: none"> •Es aislante eléctrico, resistente al fuego y a la deformación térmica. Duración a la intemperie, con protección contra rayos ultravioleta. 	<ul style="list-style-type: none"> •Su conductividad térmica es baja. 	Lana mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente aislante térmico a altas temperaturas, incombustible e imputrescible. Tiene aceptación en el mercado por su precio muy competitivo. 	<ul style="list-style-type: none"> •Son un peligro potencial para el medio ambiente durante la producción de materia prima, transporte, fabricación e instalación.
Corcho	<ul style="list-style-type: none"> •Es imputrescible, no hay que protegerlo de hongos o microorganismos, Presenta gran inercia térmica. 	-	Poliuretano	<ul style="list-style-type: none"> •Su conductividad es muy baja, no necesita ser muy grueso para obtener un buen aislamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> •Al quemarse desprende ácido cianhídrico que es tóxico para el ser humano.
Ladrillo	<ul style="list-style-type: none"> •Aislación acústica e hidrófuga. Es un material denso, lo cual le ayuda a bloquear el sonido para que no lo atraviese. 	<ul style="list-style-type: none"> •Las ondas sonoras no pueden pasar a través de ladrillo, esto causa un efecto de eco en espacios interiores grandes. 	Poliestireno	<ul style="list-style-type: none"> •Se usa en casos de humedad extrema y donde hay congelamiento. Difícilmente inflamable; imputrescible y no atacable por microorganismos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Una desventaja es que es atacable por los rayos ultravioletas por lo que debe protegerse.

Fuente.Edyson García. (2013). "Criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares".

4.6 MANTENIMIENTO, PUESTA EN OBRA, Y FACILIDAD DE TRANSPORTE.

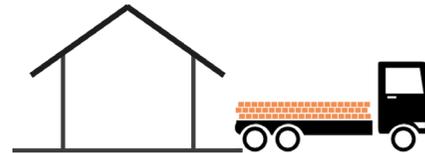


El mantenimiento y protección de la cubierta garantiza su vida útil, independientemente del material del que sea la cubierta se debe inspeccionar para limpiarla y controlar de la estanqueidad. Los distintos factores ambientales, la acumulación de hojas, moho, polvo o smoke, especialmente en los puntos de unión de la cubierta, como limahoyas, limatesas y ranuras, ya que estas pueden ser motivo de una incorrecta circulación del agua, dañando la estanqueidad del tejado contra la lluvia.

Además se debe tener fácil acceso a la cubierta, bien mediante escalera o a través de la misma edificación. La circulación peatonal a través de la cubierta se hace más común de lo que parece, y generalmente por exigencia del mantenimiento de elementos como chimeneas, pararrayos, lucernarios, etc. que tiene la cubierta.

La vida útil de los materiales de cobertura es muy diversa según sea su constitución orgánica, mineral o metálica, y depende de lo diferentes factores medioambientales a los que se someta la cubierta en el caso de la teja tiene ventajas importantes sobre otros tipos de techos.

Las tejas son resistentes a las pestes y pueden aguantar los climas extremos. Además tienen propiedades termales muy buenas que reducen las temperaturas sobre el techo. Los techos de tejas soportan fácilmente los elementos de la naturaleza, no importa los factores climáticos al exterior, si las piezas son bien colocadas y de calidad, pueden soportar el viento, el granizo, o la intensa lluvia. (La voz, 2013).



La facilidad de puesta en obra comprende la aptitud de un sistema para ser construido de una forma sencilla; es decir su facilidad de traslado y acopio. La simplicidad de herramientas y labores de transformación (corte, taladro, fijado, o sellado), la formación de operarios especializados, la versatilidad de las piezas especiales y accesorios, así como la seguridad y comodidad de la manipulación.

La cubierta de pequeñas piezas, sean lajas o tejas, es la solución más utilizada en la vivienda unifamiliar, por diversos motivos que favorecen su 'constructibilidad': en primer lugar, el pequeño tamaño de las piezas, facilita su transporte y reducido peso unitario; además se ajustan a las características geométricas de cada cubierta debido a la forma del solape, tanto transversal como longitudinal.

La facilidad de transporte al sitio de la obra incide directamente en los costos, por esta razón es importante una adecuada gestión y diseño de sistemas de transporte y distribución de piezas, además estas deben facilitar el cargue, transporte y descargue de los materiales que se utilizaran en la edificación. (Miravete, 1995).

Para asegurar un buen manejo del material debe reconocerse la capacidad y limitaciones humanas pues las piezas cerámicas deben ser de tamaño y peso adecuado de manera que logren un buen flujo de transporte y traslado. También las operaciones de manejo de materiales deben mecanizarse y/o automatizarse cuando sea posible, para mejorar la eficiencia operativa, disminuir tiempos y costos.



43. Mantenimiento de cubierta de Teja.



44. Crecimiento Biológico.



45. Reposición de piezas en cubierta de Teja.



CONCLUSIONES

CAPÍTULO IV

Después de realizar este capítulo sobre requerimientos para la construcción de cubiertas podemos concluir que:

Las problemáticas más habituales dentro de las cubiertas inclinadas dependen de sus sistemas constructivos y de la naturaleza de sus material. Debido a los daños en cubierta se deben solventar principalmente los siguientes aspectos:

- 1 Protección contra el agua.
- 2 Protección contra el viento.
- 3 Aislamiento Térmico y Hermetismo.
- 4 Posibilidad de mantenimiento.
- 5 Facilidad de transporte y puesta en obra.

A continuación realizaremos una breve descripción de las estrategias que hemos encontrado en forma específica, que nos apoyara en nuestro objeto de estudio.

- **Protección contra el agua**

Para no tener filtraciones de agua en la cubierta tomaremos en cuenta el sistema de juntas de union, y factores que garantizar la duración de la impermeabilización como:

- Correcta adherencia a la tierra cocida.
- Económico
- Rápido y fácil de aplicar.
- Resistencia a la abrasión.
- Impermeabilizar puntos singulares de unión.
- No altere la estética de la pieza cerámica que se propondrá.

Se determinó que el impermeabilizante adecuado para nuestro sistema constructivo podría ser el corcho proyectado o una pintura imperbilizante.

- **Protección contra el viento.**

Para el prototipo propuesto se utilizara un sistema que ensamble cada una de las piezas cerámicas de tal manera que uno de sus cantos presente una lengüeta o “macho” y el otro una ranura o “hembra”, que nos permita armar piezas sucesivas que conformen una superficie continua. El objetivo es absorber los esfuerzos de tracción, compresión y flexión a los que son sometidas las piezas que trabajan en la cubierta.

Además se deberá pensar en las variaciones morfológicas que tendrá la pieza para que permita un adecuado solape y anclaje tanto longitudinal como transversal

- **Aislamiento Térmico y Hermetismo.**

Algunos materiales estructurales, como la madera, el concreto ligero, y la tierra cocida tienen también buenas propiedades de aislamiento. Pero, en general, algunos materiales no estructurales ofrecen mayor aislamiento, y por tanto, pueden ser más económicos para muchas aplicaciones como la celulosa reciclada.

Sin embargo nosotros optaremos por realizar una pieza hueca ya que uno de los mejores aislantes térmicos y acústicos es el vacío, debido a la dificultad para obtener y mantener condiciones de vacío se pretenderá tener espacios de aire con baja humedad, que impiden el paso del calor y el sonido, gracias a

su baja conductividad térmica, y su bajo coeficiente de absorción.

- **Posibilidad de mantenimiento.**

La cubierta debe ser diseñada y ejecutada correctamente para poder realizar controles anuales de mantenimiento, debido a que es inevitable que con el paso de los años los materiales se deterioren, la tornillería se afloje, el material de recubrimiento se degrade, etc.

Sin embargo la tierra cocida es resistente a las pestes y pueden aguantar los climas extremos. Además los techos de tejas soportan fácilmente los elementos de la naturaleza, no importa los factores climáticos al exterior, si las piezas son bien colocadas y de calidad, pueden soportar el viento, el granizo, o la intensa lluvia. Sin embargo se deberá tomar en cuenta que el conjunto de la cubierta deberá soportar el peso de una persona para que realice los mantenimientos adecuado.

- **Facilidad de transporte y puesta en obra.**

Se obtara por un sistema de cubierta de pequeñas piezas, que facilita su transporte, manipulación y reducido peso unitario; también nos permitirá el ajuste a las características geométricas de cada cubierta debido a la forma del solape, tanto transversal como longitudinal.

BIBLIOGRAFÍA DEL CAPÍTULO

ACESCO. (Enero de 2000). Manual Técnico del Acero. Colombia.

ACESCO. (2012). Manual de cubiertas. Malambo.

ALBA, R., & CRUZ, J. (2012). Los Sistemas de Impermeabilización y su análisis. Obtenido de <http://monografias.umcc.cu/monos/2012/Facultad%20de%20Ingenierias/mo12146.pdf>

ATECOS. (2010). Aislamiento con materiales de origen sintético. Obtenido de http://www.miliarium.com/ATECOS/HTML/Soluciones/Fichas/Aislamiento_con_materiales_de_origen_sintetico.PDF

CONSTRUMÁTICA. (2013). Recuperado el 28 de Mayo de 2015, de http://www.construmatica.com/construedia/Cubiertas_Inclinadas

CORDERO Ximena y GUILLEN Vanessa; “ Criterios Bioclimaticos para el diseño de viviendas unifamiliares en Cuenca” Universidad de Cuenca: Facultad de Arquitectura y Urbanismo: Cuenca, 2012.

CORDERO, X., & GUILLÉN, V. (2013). Diseño y validación de vivienda bioclimatica para la ciudad de Cuenca. ESTOA, 61-75.

CÓRDOVA José Luis; “Propuesta de ambientación sonora en viviendas urbanas de la ciudad de Cuenca”, Universidad de Cuenca: Facultad de Arquitectura y Urbanismo: Cuenca, 2014.

Corcho proyectado. (2011). Recuperado el 28 de mayo de 2015, de <http://www.corchoprojectados.com/>

FERNÁNDEZ, M., COSTAL, J., & DEL CAMPO, J. I. (2004). Construcción de cubiertas cerámicas. Manual técnico de trazado y construcción. España: Ideaspropias.
GARCÍA Edyson; “Criterios para la Eficiencia Energética en Viviendas Unifamiliares”, Universidad de Cuenca: Facultad de Arquitectura y Urbanismo: Cuenca, 2013.

GÓMEZ m., Rodrigo a.; CORREA e., Alexander a.. (2011). Análisis del Transporte y Distribución de Materiales de Construcción utilizando simulación discreta en 3d. Boletín de Ciencias de la Tierra, Diciembre-sin mes, 39-51.

HYSALYT. (s.f.). Catálogo de Soluciones Cerámicas. Obtenido de Tejas Cerámicas: http://www.tejaceramicahdr.com/pdf/terminologia_tejas.pdf

INEN Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2006). Codigo de practicas para colocación de láminas. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.cpe.013.1985.pdf>

LA VOZ. (2013). Casa/Diseño. Obtenido de <http://www.lavoz.com.ar/tendencias/casa-diseno/tejas-antiguas-pero-vigentes>

MIRAVETE, A. (1995). Los nuevos materiales en la Construcción. Barcelona: Reverte, S.A.

MAYDISA. (2010). Recuperado el 30 de mayo de 2015, de <http://www.maydisa.com/es/product/category/id/29/maydilit>

NEC-11. (2014). Comité ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

OCHOA Pablo; Confort Térmico em el Area Social de una vivienda Unifamiliar en Cuenca: Facultad de Artes Escuela de Diseño: Cuenca, 2012.

SIMÓN, I., MEJÍA, V., & LAPACA, H. (s.f.). Cubiertas Inclinadas. Obtenido de <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

VI-PEK. (2012). Recuperado el 28 de mayo de 2015, de <http://www.vi-pek.com.mx/>

UnaMacor. (02 de Mayo de 2011). Aislamiento Térmico, tipos y recomendaciones. . Obtenido de <http://www.grupounamacor.com/?p=1147>

Urban Brotons, P. (2009). Construcción de Estructuras Metálicas. San Vicente, Alicante, Epaña: Editorial Club Universitario.

FUENTE BIBLIOGRÁFICA DE TABLAS:

Tabla 01: Características morfológicas de piezas cerámicas. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

Tabla 02: Comportamiento Acústico de materiales de cubierta. **Fuente:** “Propuesta de ambientación sonora en viviendas urbanas de la ciudad de Cuenca”. José Luis Córdoba , 2014.

Tabla 03: Conductividad Térmica y Absorción Acústica de materiales de cubierta. **Fuente:** Edyson García. (2013). “Criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares”.

Tabla 04: Ventajas y Desventajas de materiales Acústicos y Térmicos para cubierta. **Fuente:** Edyson García. (2013). “Criterios para la eficiencia energética en viviendas unifamiliares”.

Paginas web:

-<http://civilgeeks.com/2011/12/03/manejo-manual-de-materiales-de-construccion/>
-<http://www.ecohabitar.org/impacto-de-los-materiales-de-construccion-analisis-de-ciclo-de-vida/>
-<http://www.enriquealarrio.com/repuracion-de-cubiertas-existent-sistemas-de-impermeabilizacion-de-cubiertas/>
-http://www.redladrilleras.net/documentos_galeria/Ciclo%20de%20vida.pdf
-https://es.over-blog.com/Tipos_de_aislantes_termicos_ventajas_y_desventajas-1228321783-art290079.html

FUENTES FOTOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO

01 Esquema protección de cubierta contra el agua. **Fuente:** Ilustraciones realizadas por los autores.

02 Esquema protección de cubierta contra el viento. **Fuente:** Ilustraciones realizadas por los autores.

03 Esquema aislamiento Térmico y Hermetismo. **Fuente:** Ilustraciones realizadas por los autores.

04 Esquema facilidad de transporte y puesta en obra. **Fuente:** Ilustraciones realizadas por los autores.

05 Esquema posibilidad de mantenimiento. **Fuente:** Ilustraciones realizadas por los autores.

06 Impermeabilización de cubierta plana con caucho clorado **Fuente:** <http://www.integrarproyectos.com/impermeabilizacion-de-cubiertas/>

07 Recubrimiento de caucho clorado en pared. **Fuente:** <http://www.piscinas.com/articulos/pintura-de-caucho-clorado-la-mejor-solucion-para-las-imperfecciones-de-la-piscina>

08 Aplicación de membranas líquidas de poliuretano en cubiertas inclinadas. **Fuente:** <http://impermeabilizacionpontevedra.es/wp-content/uploads/2013/03/IMPERMEABILIZACION-PONTEVEDRA-3.jpg>

09 Membranas líquidas en cubiertas planas. **Fuente:** <https://rbconspro.wordpress.com/2011/04/>

10 Membranas líquidas en cubierta plana no transitable. **Fuente:** http://quehacerpara.net/wp-content/uploads/2015/06/copia_de_pu_300_n_quera1_font_de_l_oro_001.jpg

11 Láminas bituminosas **Fuente:** <http://www.leroymerlin.es/fp/11349450/lamina-asfaltica-con-betun-elastomero-roja-40-kg>

12 Colocación de láminas bituminosas con soplete. **Fuente:** <http://www.leroymerlin.es/fp/11349450/lamina-asfaltica-con-betun-elastomero-roja-40-kg>

13 Colocación de láminas bituminosas en cubierta transitable. **Fuente:** <http://www.cfservice.es/wp-content/uploads/2014/06/03.-Soldadura-de-los-solapes.jpg>

14 Corcho proyectado sobre cubierta de teja. **Fuente:** <http://www.decoproycandaluca.com/galerias/impermeabilizacion-cubierta-teja-mixta/>

15 Aplicación del corcho proyectado con pistola. **Fuente:** <http://www.sopgal.es/productos/aislantes/corcho-proyectado>

16 Tipos de uniones de estructura de cubierta. **Fuente:** <http://image.slidesharecdn.com/unionesdemadera-140518182903-phpapp02/95/uniones-y-emplames-de-madera-13-638.jpg?cb=1400437784>

17 Tipos de uniones de estructura de cubierta. **Fuente:** <http://www.acesco.com/downloads/manual/M-Galvanizado.pdf>
Fuente: http://www.brasil.geradordeprecos.info/imagens3/emm_esq_pie_pilar_300_300_9A535545.jpg **Fuente:** <http://www.metalkos.com.co/Ensamblajes-de-estructuras-metali>

18 Grafados. **Fuente:** <http://www.acesco.com/downloads/manual/M-Galvanizado.pdf>

19 Remaches Tornillos. **Fuente:** <http://www.acesco.com/downloads/manual/M-Galvanizado.pdf>

20 Materiales livianos de soporte. **Fuente:** http://www.anuncioses.com/adpics/plancha_zincalum_1215.jpg

21 Traslape Planchas de Fibrocemento. **Fuente:** <http://www.amianstop.com/wp-content/uploads/2014/11/traslape-uralita-sin-amianto.png>

22 Unión Planchas de madera laminada. **Fuente:** http://www.hagaloustedmismo.cl/data/images/img_cerchas/08.jpg

23 Acople entre dos piezas machibreadas. **Fuente:** <http://www2.scielo.org.ve/img/fbpe/tyc/v23n1/art04fig14.gif>

24 Fijación con mortero **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

25 Fijación con clavos. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

26 Fijación con clip, clavo o apoyada. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

27 Fijación a soporte placas onduladas. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

28 Fijación "lata per canal". **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

29 Fijación "salto de garza". **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

30 Fijación a junta alzada de zinc. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

31 Fijación sobre listones de zinc. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

32 Fijación a listones. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

33 Fijación a soporte continuo. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

34 Fijación a placas. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

35 Fijación con ganchos y tornillos. **Fuente:** <https://processoped1415.files.wordpress.com/2015/01/cubiertas-inclinadas.pdf>

36 Teja cerámica curva. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

37 Teja cerámica mixta. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

38 Teja cerámica plana. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

39 Teja cerámica plana monocanal. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

40 Teja cerámica plana con encaje. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

41 Teja cerámica de estructura celular. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

42 Puntos singulares y piezas especiales de teja en cubierta cerámica. **Fuente:** http://www.tejaceramicahdr.com/manual_teja/guia_cubiertas.pdf

43 Mantenimiento de cubierta de Teja. **Fuente:** <http://www.dipsanet.es/turismo/emociones/emociones12/noticia7.php>

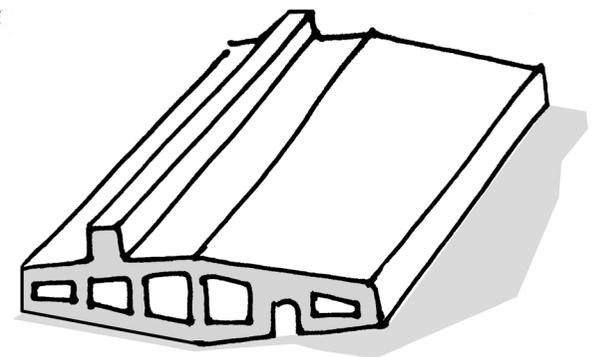
44 Crecimiento Biológico en Cubierta. **Fuente:** <http://www.azendra.com/cubiertas-de-teja-curva-o-arabe-clasicas-pero-actuales/>

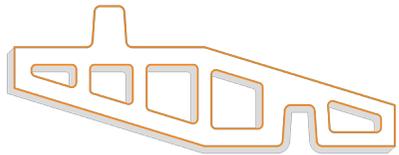
45 Reposición de piezas en cubierta de Teja. **Fuente:** <http://www.azendra.com/cubiertas-de-teja-curva-o-arabe-clasicas-pero-actuales/>



CAPÍTULO V

Propuesta





5.1 GENERALIDADES

En nuestro contexto la separación de las técnicas constructivas tradicionales y la sustitución de estas por materiales industrializados ha remplazado en apenas unas décadas modelos adaptados a la realidad climática, constructiva, económica y social de nuestra ciudad por unos modelos de cubierta basada en tejas de hormigón, planchas de fibrocemento, zinc, etc. Estos ocupan en la actualidad, no solo áreas urbanas y rurales de nuestra ciudad, si no que sustituyen paulatinamente los modelos tradicionales de vivienda por construcciones con dependencia total de materiales importados y de un alto consumo energético.

Es por ello que se vuelve necesario el desarrollo de nuevos sistemas constructivos basados en los recursos accesibles de nuestro medio, de bajo costo, de bajo consumo energético y que brinden las mismas características de una cubierta de cualquier sistema constructivo usado en el país. De esta forma se plantea un modelo de cubierta económico, social y energéticamente sustentable.

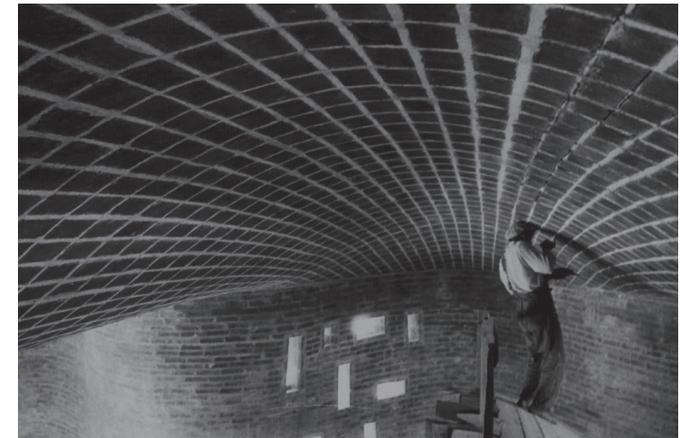
Existen varias alternativas constructivas que se han planteado y desarrollado a nivel mundial en torno a la solución de la cubierta, buscando abaratar costos, mejorar el aspecto estético, ambiental y estructural.

Algunas opciones se han tomado como punto de partida para el desarrollo de la propuesta, entre ellas el uso estructural del ladrillo, en el cual se utiliza únicamente el ladrillo común a compresión, y es la técnica constructiva y

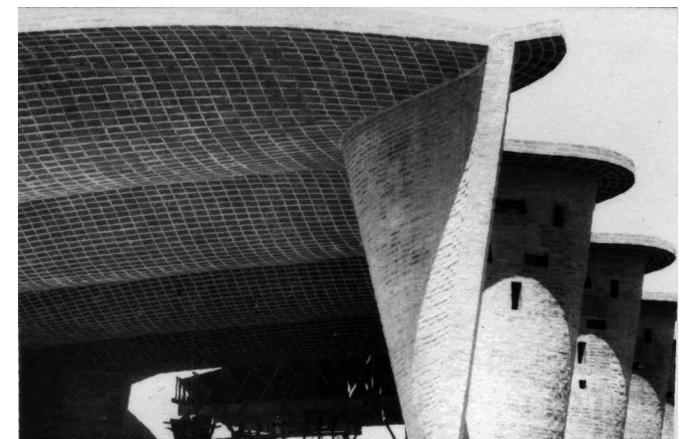
el diseño funcional lo que sustenta su forma arquitectónica, otros ejemplos son las bóvedas que utilizan piezas auto portantes o los cascarones auto portantes de ladrillo, además algunos de estos utilizan acero para reforzar su comportamiento estructural.

Si bien se han realizado estudios y experimentos con piezas cerámicas en cubierta. No se ha realizado por el momento investigaciones centradas en torno a las posibilidades de que estas funcionen de manera estructural y a su vez brinden aislamiento térmico y acústico. Esto permitiría, dentro de la ciudad de Cuenca, caracterizada por la alta utilización de teja en cubierta y debido a las condiciones de viento, temperatura y humedad de nuestro medio, un modelo constructivo sustentable de bajo costo y alta eficiencia energética que pueda convertirse en una alternativa que mantenga la identidad cuencana mediante el uso de una pieza cerámica.

Al tratarse de un sistema constructivo no convencional, con una morfología diferente a lo existente en el medio, se ha visto necesario la elaboración de un prototipo a escala real en la fábrica del Sr, Manuel Riera, en la cual se nos has brindado total apertura. Se buscó experimentar distintas opciones constructivas que se plantearon durante el proceso de diseño, observando el comportamiento del prototipo, su factibilidad constructiva, resistencia, durabilidad, funcionalidad, y estética. Para sólo de esta manera observar y probar bajo una situación real los pros y contras del sistema constructivo planteado.



01 Cascarones Autoportantes.



02 Cubiertas cerámicas con acero de refuerzo.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La cubierta siempre ha sido un reto al momento de construir por ser un elemento que cubre el espacio debe ser estructurado adecuadamente para poder proteger el interior de las inclemencias del tiempo.

En la actualidad la oferta de productos para la construcción de las mismas es muy amplia y varía mucho de acuerdo al lugar en el que se construya y las tendencias de diseño. Los materiales para cubierta son generalmente teja, fibrocemento, zinc, policarbonato, hormigón, etc., son generalmente importados y de producción industrial que generan gran consumo energético, un fuerte impacto ambiental y en muchas ocasiones un gran costo económico en la construcción.

En la ciudad de Cuenca hay una tendencia a la construcción en piezas cerámicas, tanto en paredes y pisos, como en cubiertas. Los techos de teja dan un valor estético - paisajístico que caracteriza a la ciudad.

Para la construcción de estas cubiertas comúnmente se requiere una estructura, un soporte, elementos complementarios (aislantes, impermeabilizantes) para así poder recibir un recubrimiento de piezas cerámicas (tejas). Estas técnicas constructivas requieren de diversos materiales, mucha mano de obra y tiempo. Se utiliza como estructura y soporte materiales poco amigables

con el medio ambiente, que causan un impacto ambiental desde su producción hasta su puesta en obra y vida útil.

Existe una alta producción de piezas cerámicas para la ciudad, tanto en la elaboración artesanal, como en la semi-industrial e industrial. La oferta de piezas cerámicas en el mercado cuencano es muy extensa, sin embargo para su uso en cubierta la oferta se limita a tejas, las mismas que no son estructurales sino de recubrimiento únicamente.

La materia prima para la elaboración de cerámica para la construcción es abundante y el proceso de fabricación es asequible para grandes y pequeñas empresas. Tanto así que en el sector de Sinincay, cercano a la ciudad de Cuenca existen tierras idóneas para la fabricación de estos productos, podemos encontramos familias enteras que se dedican a la producción de piezas cerámicas, siendo este un empleo de gran tradición que se ha mantenido y ha construido la ciudad desde años atrás.

La finalidad de nuestra propuesta es generar un sistema constructivo alternativo para la construcción de cubiertas inclinadas a dos aguas, en el que sean las piezas cerámicas la estructura y el acabado de la cubierta. Si es necesario se usara una estructura menor y soportes de madera.

Se ha escogido la cerámica ya que es un material de gran acogida en el mercado cuencano, muy asequible, propio de la ciudad y arraigado en la cultura constructiva cuencana, siendo parte de su identidad y su tradición. También por su bajo consumo energético y de recursos en comparación con otros materiales usados en cubierta.

El desarrollo de este nuevo sistema se basa en la creación de piezas cerámicas que trabajen en conjunto para soportar las cargas requeridas por una cubierta a dos aguas.

Para lograr dar forma a esta pieza se ha considerado la misma para que trabaje a compresión en un sistema conjunto, por lo tanto debe contar con una morfología que permita la transmisión de cargas de una pieza a otra y que posean un ensamble que las asegure. Se tendrá en cuenta siempre la pendiente de la cubierta, el sistema debe tener la capacidad de evacuar correctamente el agua.

Esta pieza se diseñara funcionalmente de tal manera que pueda ser usada como estructura, recubrimiento interior y exterior, por esto se han cuidado detalles formales con el fin de aportar estéticamente tanto al espacio interior como a la fachada de la edificación.

Al buscar que la pieza sea parte principal del sistema de cubierta hemos visto la necesidad de alivianar

la pieza, por ello se ha trabajado en el diseño de perforaciones en el centro de la pieza para así eliminar el material que no trabaja y lograr menor peso.

La pieza y el sistema también deben lidiar en su diseño con la condición característica de las cubiertas, no dejar pasar agua al interior, por lo que se trabajara en los traslapes y ensambles de manera tal que no exista filtración alguna de agua, también se trabajara con impermeabilizantes para proteger al material cerámico de los diversos factores climáticos.

En cuanto a la parte estructural se realiza un análisis de esfuerzos provocados por la carga de una cubierta inclinada a dos aguas con una luz de 6 metros, estableciendo así la resistencia que debe tener el sistema. A partir de esta resistencia se realizan diferentes pruebas para tratar de solucionar con la forma de la pieza y el desarrollo del sistema en conjunto todas estas cargas.

También se trabajara en el material utilizado, con el fin de obtener la resistencia necesaria con el menor peso posible, para esto se realizaran pruebas en las que se mezclara la arcilla con diferentes materiales, con el fin de escoger el material que más se adapte a nuestras necesidades.

Una vez concluidos estos cálculos y pruebas se obtendrá la forma y el material final de la pieza. Para construirla

se diseñara una matriz de acero que se colocara en la maquina extrusora de ladrillos, y así poder comenzar su producción semi-industrial.

En el proceso de fabricación se realizará primero la mezcla de la materia prima, que se llevara a cabo con el material que consideremos óptimo después de realizar las respectivas pruebas de materiales, para alivianar las piezas y lograr la resistencia adecuada.

Posteriormente se dará forma al prototipo diseñado mediante una maquina extrusora, cada pieza se dejara secar por 15 días bajo techo y después se procederá al quemado por 24 horas en un horno de leña. Teniendo así como resultado las piezas cerámicas que utilizaremos en nuestro sistema.

Finalmente encajando estas piezas con ayuda de mortero de cemento o sellante se construirá la cubierta. Si es necesario se complementara con tiras de madera a manera de soporte debido al metodo constructivo. En este prototipo se constataran las ventajas y falencias del sistema propuesto, se plantearan mejoras estructurales y formales con el fin de lograr perfeccionarlo.

Con la cubierta construida también se realizara el análisis de precios, rendimiento de materiales, rendimiento de mano de obra y eficiencia energética, para poder

compararla con la construcción habitual y poder conocer que tan factible es sustituirla por las piezas cerámicas estructurales.

Con esto se busca innovar en construcción de cubiertas inclinadas en la ciudad de Cuenca. Contribuyendo en el aspecto tecnológico con la creación de nuevas formas, sistemas y materiales que pueden ser usados en la construcción en general.

En el aspecto económico se busca generar menores gastos en materiales y en la puesta en obra de la cubierta por la facilidad de armado que se plantea.

En el aspecto social se busca rescatar el material y el paisaje de las construcciones tradicionales con cubierta de teja, ya que esto aporta un valor estético a la arquitectura con sus formas y colores. También, al utilizar un material autóctono se promueve el trabajo de pequeños y medianos productores locales, creando fuentes de trabajo y manteniendo vivas a las tradiciones y materiales del lugar.

En el aspecto medio ambiental, como hemos visto en capítulos anteriores, las piezas cerámicas generan un consumo energético medio y un impacto ambiental bajo, por lo que es un acierto buscar soluciones constructivas con este material tan versátil.

5.3 DISEÑO FUNCIONAL

Consideraciones de diseño

Con el objetivo de proponer una pieza cerámica que funcione de manera estructural, y que sea posible su construcción a escala real, se ha optado por tomar como punto de partida para su desarrollo las siguientes consideraciones:

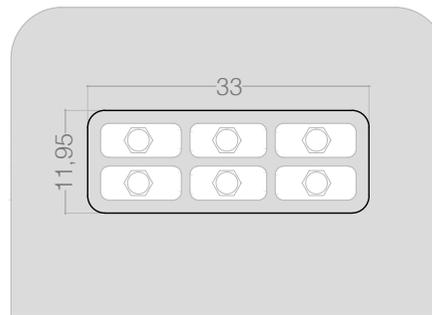
Tecnología:

Como primera etapa para el desarrollo del prototipo se realizó visitas al área de ladrilleras de la ciudad de Cuenca, se pudo observar que existen los recursos, las herramientas y la maquinaria necesaria para realizar el prototipo, además de la factibilidad de experimentar en una de las fábricas ubicadas en el sector de Sinincay del Sr. Manuel Riera.

La fábrica cuenta con la tecnología necesaria para desarrollar piezas cerámicas semi-industriales, dispone de una máquina mezcladora- extrusora que compacta la mezcla, le hace avanzar hacia la boquilla donde debido a la presión interior el material adquiere la forma transversal final, obteniendo una tira continua.

La tira extruida se corta con un alambre tensado para obtener la longitud del ladrillo deseado. Al observar la etapa final de maquinado, se observó que el tamaño de la pieza estaría limitado por las dimensiones de la boquilla de la maquinaria. Esto nos encaminó al diseño de la forma transversal del prototipo pues esta estaría condicionada a las dimensiones de 11.95cm por 33cm de ancho, dimensiones de la boca de la extrusora.

Además se propuso experimentar con diferentes dimensiones longitudinales en el elemento, para en una etapa posterior, este nos encamine a la dimensión óptima de la pieza para su mejor funcionamiento.



03 Dimensiones de la boquilla de la máquina extrusora.

Cubierta inclinada a 2 aguas con pendiente 33%:

El sistema constructivo a ensayar se orienta a la cubierta inclinada de dos aguas formada por dos planos inclinados, porque se considera que la evacuación de aguas es un posible punto débil de diseño. Entre menos limas (limatesas, limahoyas), es más fácil diseñar y construir, y es menor la probabilidad de fallos de impermeabilización.

En el caso de Cuenca, de acuerdo al clima y en función al material escogido, la solución constructiva más utilizada en nuestro medio es la cubierta tradicional de teja que

tiene una pendiente promedio del 33%, proporciona una recogida y evacuación del agua de forma rápida, facilita la auto limpieza tanto de la cubierta como de los elementos de recogida, lo que puede reducir la frecuencia de limpieza.

Además se identificó, tras analizar las diferentes construcciones cuencanas, que la luz promedio de una cubierta a dos aguas está entre 5 a 6 m. Por estas razones consideramos que el tipo de cubierta al que debemos apuntar con nuestro proyecto es a la cubierta inclinada de dos aguas, con un 33% de pendiente, que cubre una área mínima de 36 m².

Material a usar en el sistema:

La propuesta desarrolla la idea de alcanzar la mínima huella ecológica de la cubierta centrándonos en el uso únicamente de arcilla cocida. Se pretende que la cubierta tenga los mínimos requerimientos energéticos y un desmontaje que elimine todos los residuos de derribo, con una huella ecológica mínima comparándolo con las emisiones de una cubierta habitual.

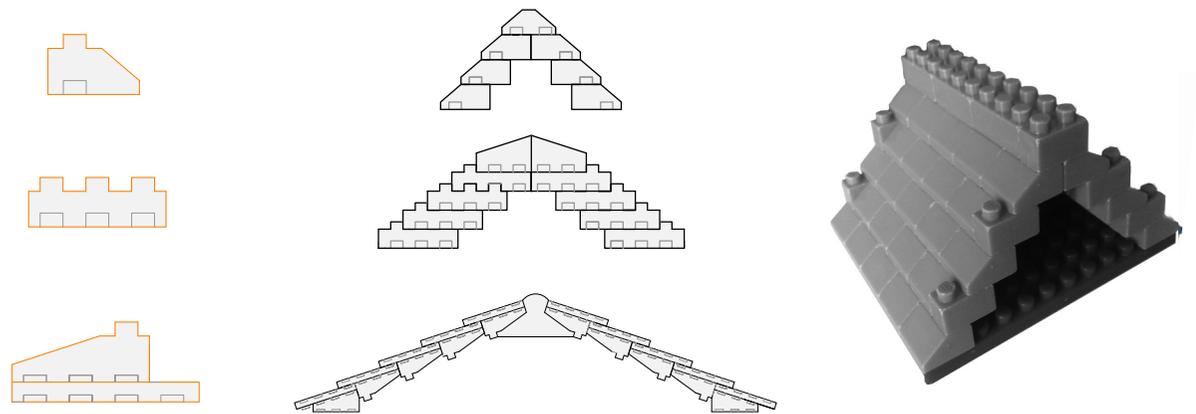
La arcilla si bien consume gran cantidad de recursos no utiliza procesos químicos fuertes ni produce grandes cantidades de CO₂ en su fabricación. Posee una larga vida útil con un bajo costo de mantenimiento y reposición que hacen de este un material sustentable económicamente en la construcción.

Proceso de experimentación

En la búsqueda formal de una pieza estructural para la cubierta, se asoció de alguna manera la geometría y el funcionamiento de los bloques de lego con el funcionamiento estructural de las bóvedas, buscando enlazar estas dos ideas y consolidar un sistema constructivo de piezas cerámicas que solventen los esfuerzos a los que está sometida una cubierta.

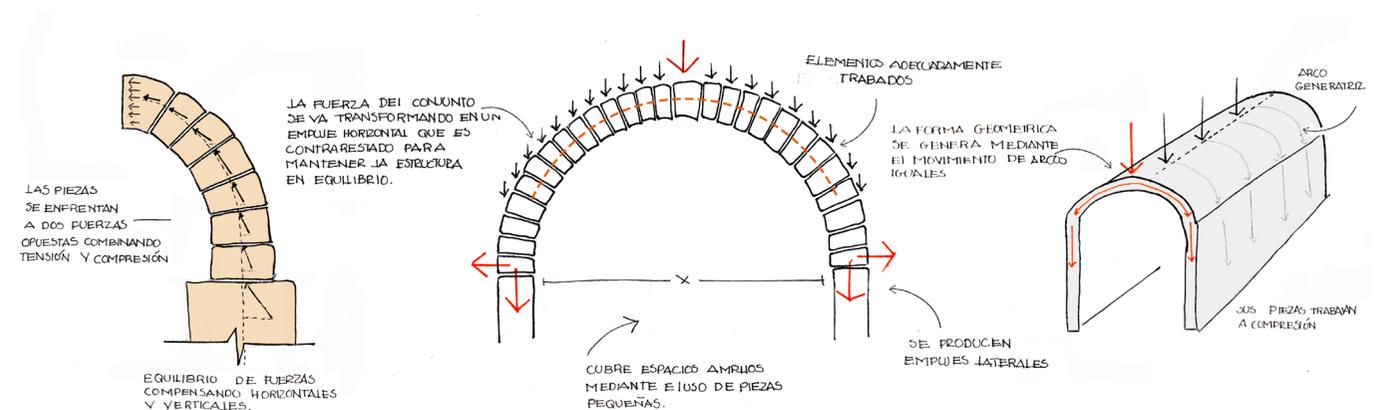
El desarrollo de la idea parte de ciertas hipótesis, basándonos que el ladrillo trabaja a compresión y por lo tanto este debe funcionar como elemento estructural, además, adoptar los principios de las bóvedas en las cuales la forma de las parábolas y la forma de los flujos forman sistemas estructuralmente más resistentes. De esta forma se experimentó diferentes posibilidades, imitando la unión machihembrada que tienen los legos, como se comportan en conjunto y reparten sus cargas de manera uniforme.

También se trabaja en el diseño de la forma de la pieza, en un comienzo definiéndola como parte de un sistema estructural, por lo tanto se pretende regirnos en una directriz que transmita las cargas de un elemento a otro y que el material trabaje hasta su máxima capacidad de compresión, igualmente que el ensamble de unión trabaje a corte para absorber los esfuerzos de la cubierta. Se busca un patrón repetitivo en ladrillo cerámico que conforme un sistema, sin descartar la inclusión de otros materiales, ya que el ladrillo es capaz de absorber esfuerzos de compresión no así los de tracción por lo cual no se puede descartar la integración de otro material.



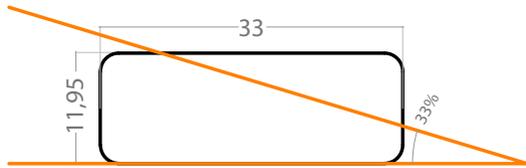
04 Geometría de bloques de lego

05 Maqueta de cubierta de legos

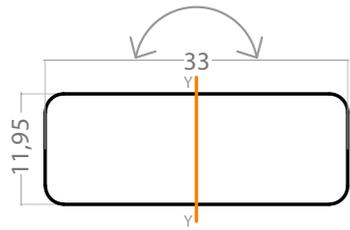


06 Esquema de distribución de esfuerzos en bóvedas

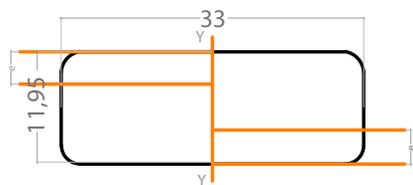
Condiciones:



07 Pendiente del 33%, dimensiones dadas por la matriz.

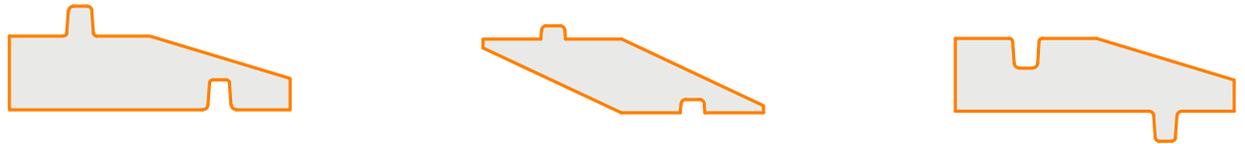


08 Eje y-y, simetría para recubrimiento interior y exterior.



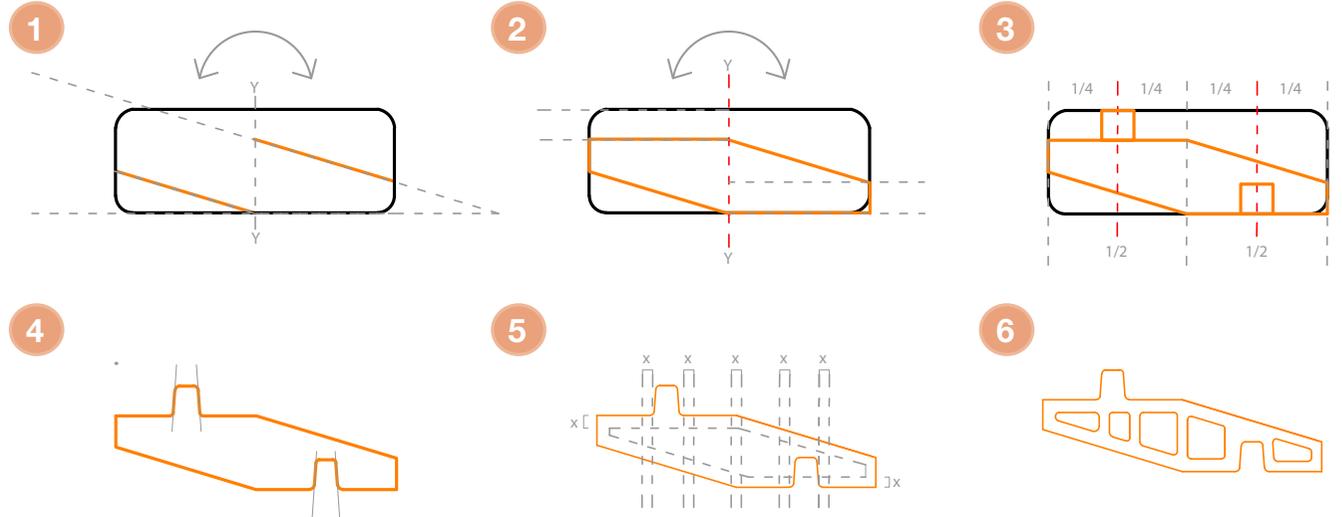
09 Igual espesor de ensamble longitudinal.

Ideas:



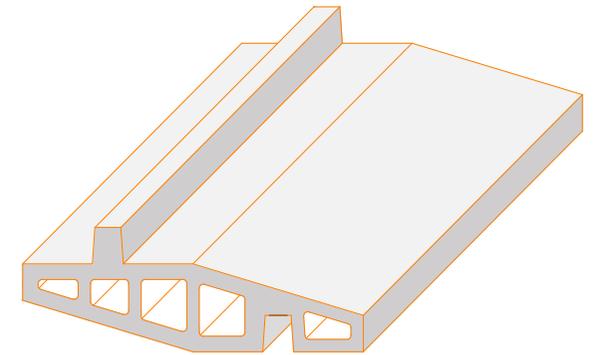
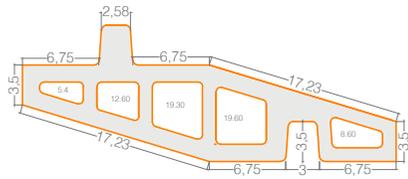
10 Primeras ideas de forma

Proceso de diseño:

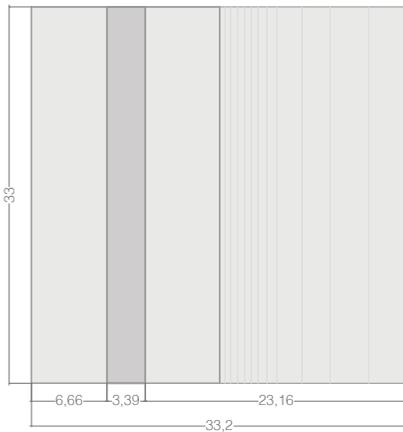


11 Proceso de Diseño Propuesta inicial, Planta

Prototipo inicial:

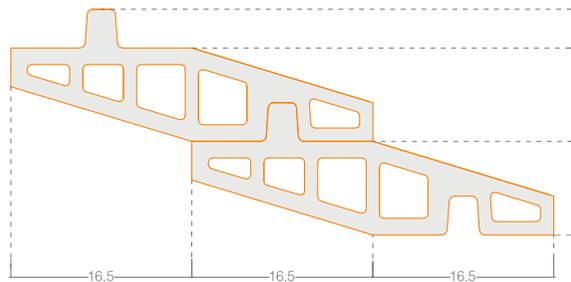


12 Propuesta Inicial, Sección Transversal



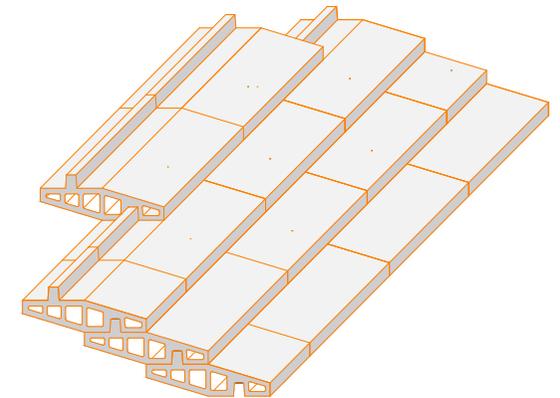
15 Propuesta inicial, Planta

13 Propuesta Inicial, Elevación



16 Dimensiones de piezas cerámicas ensambladas.

14 Propuesta Inicial, Perspectiva de pieza cerámica.



17 Propuesta Inicial, Perspectiva del Sistema

Análisis estructural

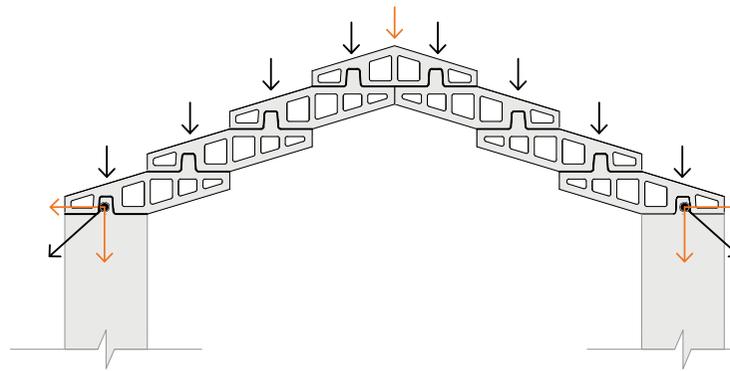
El planteamiento teórico del sistema propuesto es que trabaje tensionalmente, similar a como se comporta una bóveda sometido a las compresiones y a las flexiones que se generen transversalmente.

Lógica estructural:

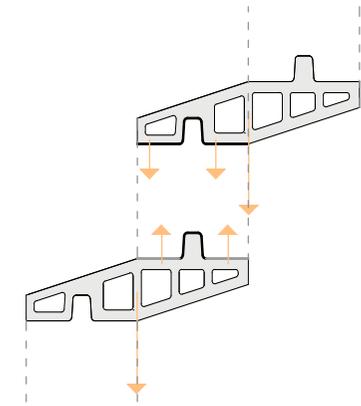
Se pretende construir con elementos cerámicos individuales colocados de manera que se traben entre sí para evitar los esfuerzos de corte y empuje laterales, actuando solamente las fuerzas normales y de gravedad en cada elemento. La transmisión de cargas se pretende que sea de manera sucesiva a través de los elementos individuales, que los esfuerzos se transmiten entre cada pieza, estos a los extremos y finalmente al suelo.

La generatriz del sistema es un plano inclinado que forma la cubierta a dos aguas. Generando que se choquen sus faldones y por lo tanto cada pieza que conforman el sistema trabaje a compresión.

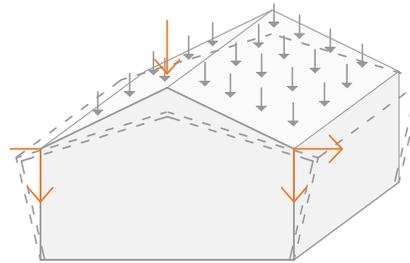
Para evitar la separación de los planos que conforman la cubierta se sujetara estos en sus extremos en la articulación con los muros; diseñando una pieza de unión con la pared y una pieza para el cumbretero. En los siguientes diagramas se expone lo anteriormente descrito en cuanto a la lógica estructural del funcionamiento del sistema que permiten un mayor entendimiento de la hipótesis desarrollada. En el transcurso de la ejecución del prototipo se podrá observar los aciertos así como las ideas poco viables que pueden ser modificadas, reforzada o desechadas.



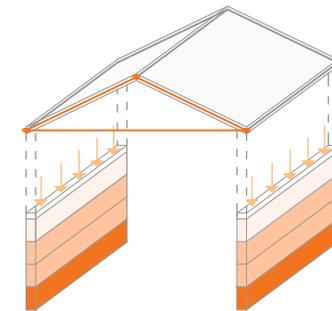
18 Esquema de fuerzas en la cubierta.



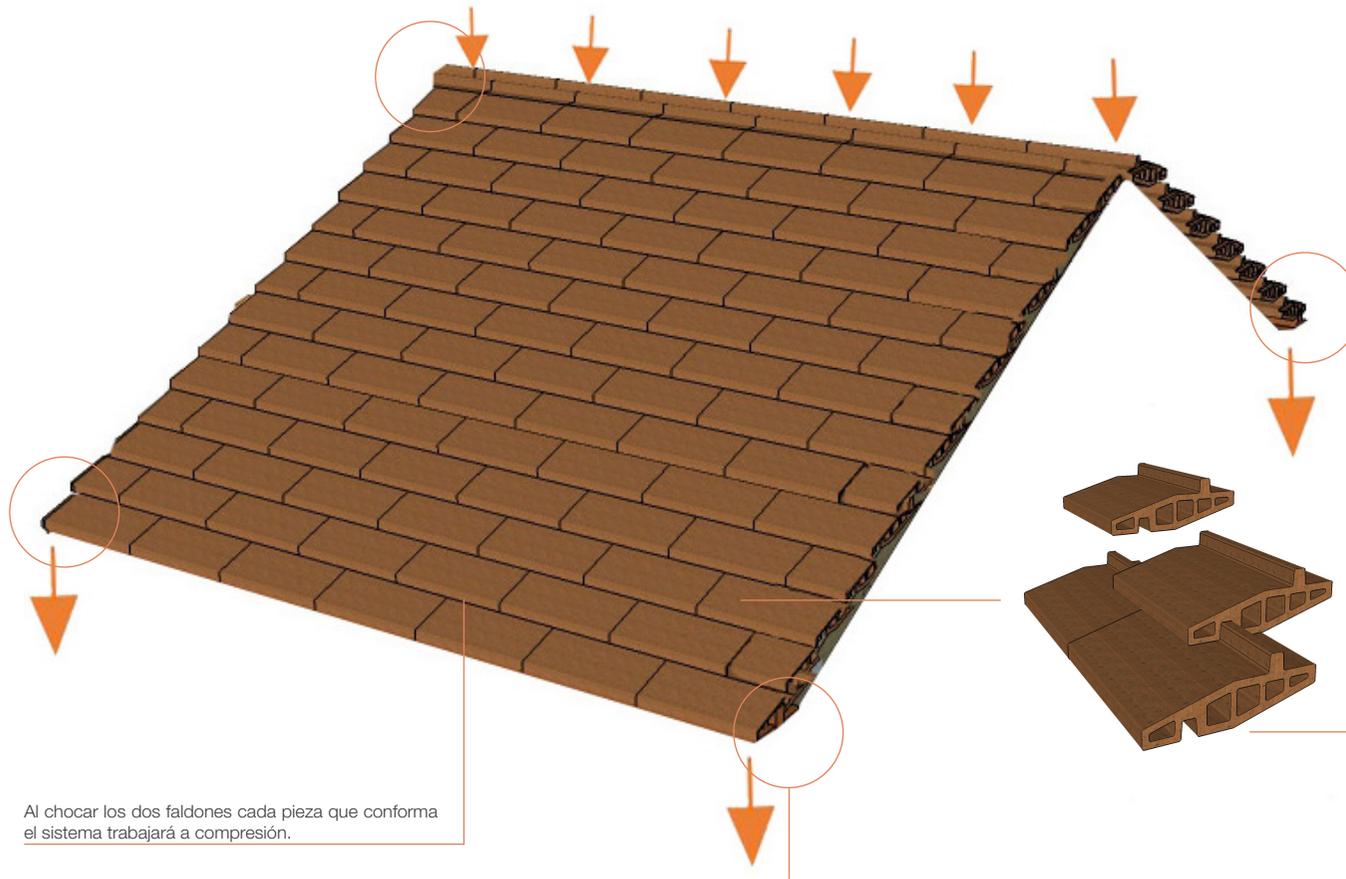
19 Cargas sobre la pieza



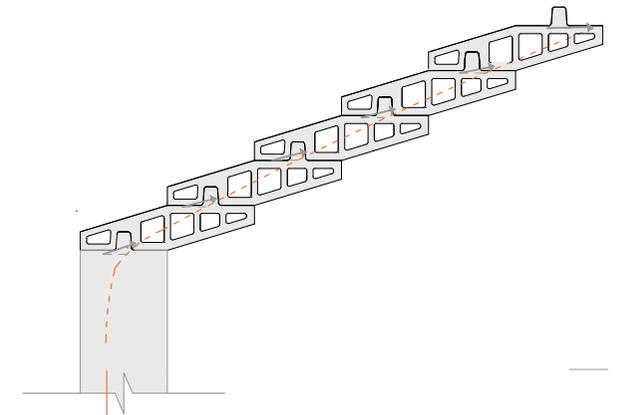
20 Carga en cubierta.



21 Cargas distribuidas a lo largo del muro que soporta la cubierta.



22 Cargas distribuidas a lo largo del muro que soporta la cubierta.



La transmisión de cargas que sea de manera sucesiva a través de los elementos individuales, que estos transmitan a los extremos y finalmente al suelo.

Elementos cerámicos individuales colocados de manera que se traben entre sí para evitar los esfuerzos de corte y empuje laterales, actuando solamente las fuerzas normales y de gravedad en cada elemento.

Para evitar la separación de los planos que conforman la cubierta se sujetara estos en sus extremos en la articulación con los muros; diseñando una pieza de unión con la pared y una pieza para el cumbrero.

23 Cargas distribuidas a lo largo del muro que soporta la cubierta.

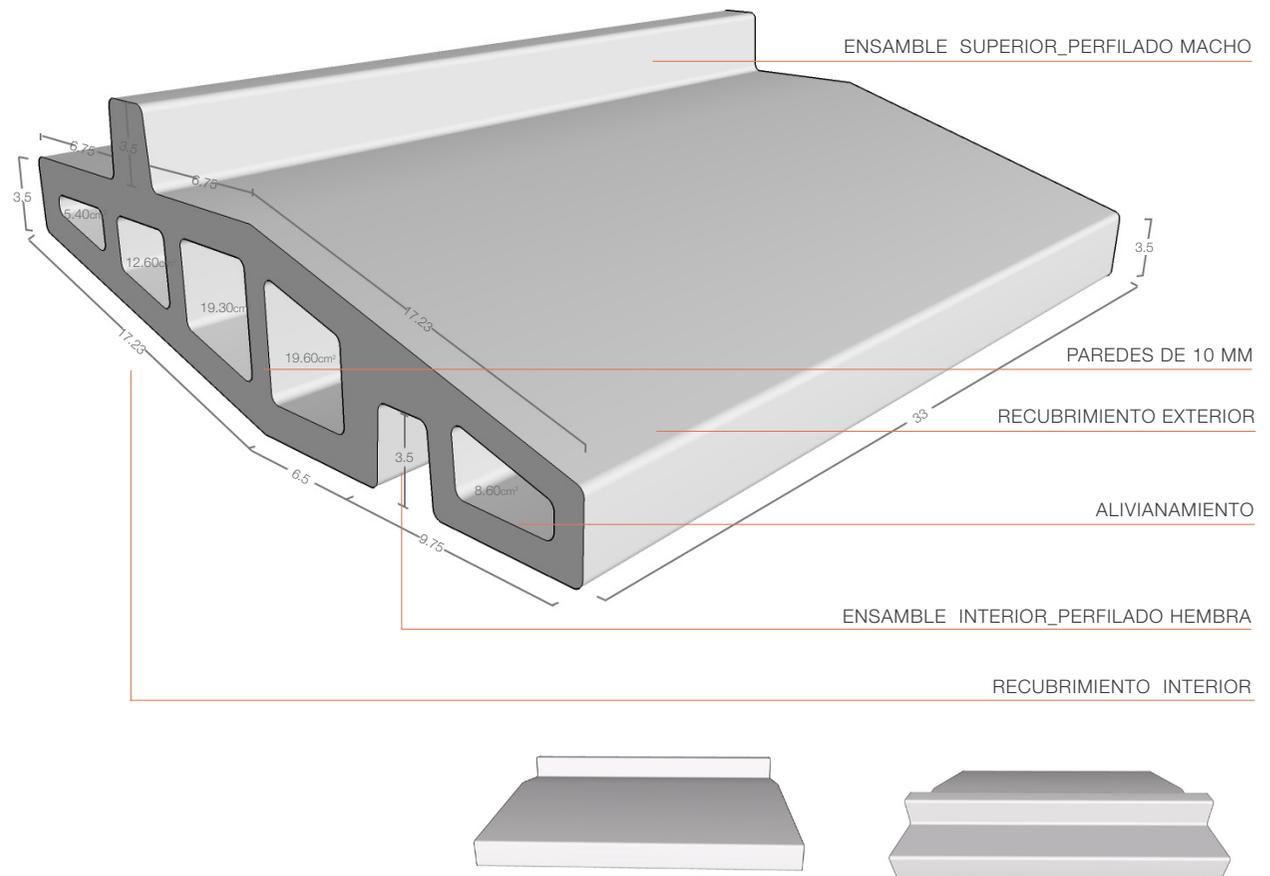
5.3.1 MORFOLOGÍA

Es una pieza cerámica de arcilla cocida, de perforaciones horizontal con una altura máxima de 12.5cm, una longitud igual o superior a 30cm y su ancho de 33cm, diseñada exclusivamente para cubierta inclinada a dos aguas. Estos ladrillos presentan un machihembrado que permite la articulación entre piezas.

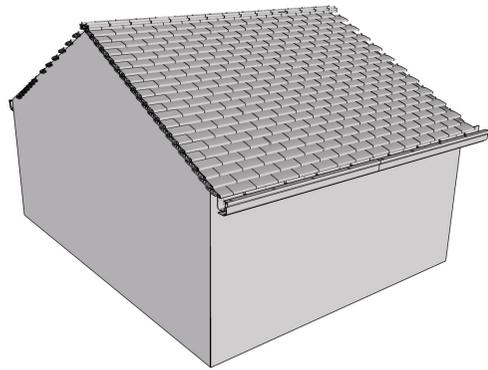
Tiene la apariencia exterior de una teja plana, sin embargo es una pieza hueca, esto nos permite aligerar el peso de la cubierta y lograr un elemento visto tanto al interior de la vivienda como al exterior.

Para que un ladrillo resista la fuerza de un sismo es muy importante que la suma de las áreas de los huecos no sea mayor al 30% (una tercera parte) del área del ladrillo por lo que la solución desarrollada cuenta con 5 huecos rectangulares que se disponen en forma paralela, correspondiendo el 30% a el área hueca y 70% a el área maciza.

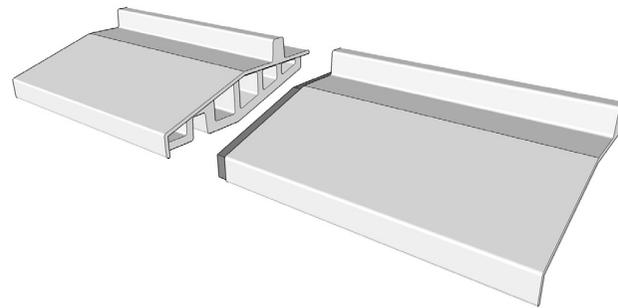
Además, los huecos presentan una superficie promedio de 13.10 cm², siendo la dimensión uniforme de las paredes de la pieza de 10 mm de espesor para evitar posteriores cortes o fisuras en el momento del secado. Igualmente la cantidad de huecos, el tamaño y su forma obedece y reproduce los parámetros ya experimentados y preestablecidos en otras piezas cerámicas. La perforaciones laterales a más de alivianar el peso de la cubierta tienen el objetivo de hacer más manejable a la pieza al momento de colocar el mortero en las perforaciones transversales para acoplar una pieza con otra de forma longitudinal.



24 Morfología y longitudes de la pieza cerámica; perspectiva frontal y posterior.



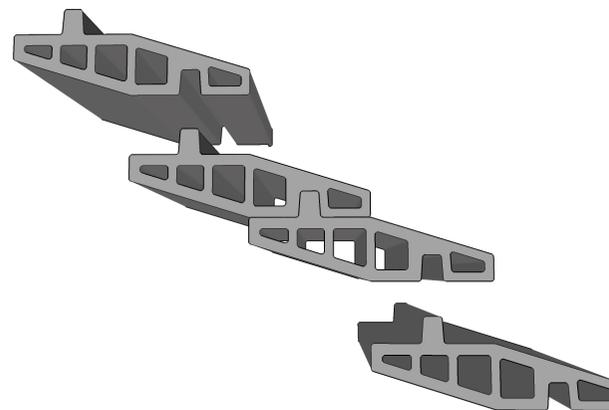
25 Perspectiva de cubierta cerámica de vivienda tipo.



26 Junta transversal de piezas cerámicas.



27 Junta longitudinal de piezas cerámicas.



28 Unión longitudinal de piezas cerámicas.

Igualmente la configuración de los huecos permite que, sin verse afectadas la resistencia mecánica y de corte, se mejore la absorción acústica del ruido aéreo. Lógicamente, las cámaras de aire interiores que se forman permiten amortiguar el sonido. También los espacios vacíos de la pieza que confinan el aire en su interior impiden el paso del calor por conducción, gracias a su baja conductividad térmica, y por radiación, gracias a un bajo coeficiente de absorción. De igual manera la arcilla cocida es un material poroso, capaz de inmovilizar el aire seco y confinarlo en el interior de las celdas es el área hueca estanca que permite el aislamiento acústico y térmico.

La geometría y dimensiones de la pieza a su vez se deben al propósito de hacer que el traslado y manipulación de la misma sea de forma rápida y práctica, evitando accidentes, pérdida de tiempo en la puesta en obra, y rotura de las mismas al momento de construir. Además su tamaño promedio y reducido peso unitario facilita cargar, transportar y descargar las piezas desde la fábrica hasta el lugar de construcción; en segundo lugar, estas piezas se ajustan a las características geométricas requeridas de acuerdo a la tecnología usada y al diseño experimental para cubrir una cubierta a dos aguas.

Características de longitud, peso y volumen del Prototipo:

-Peso promedio:	5.76 kg
-Área de superficie hueca:	65.50 cm ²
Área de superficie sólida:	132.00 cm ²
-Volúmen espacio hueco:	2161.50 cm ³
-Volúmen sólido:	4356.00 cm ³

5.3.2 ENSAMBLES

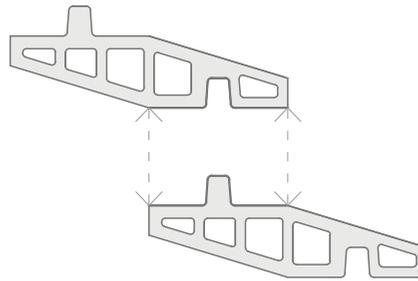
El sistema estructural propuesto pretende generar un juego geométrico que puede adaptarse a varias condiciones y configuraciones espaciales. Esta iniciativa de diseño resulta a partir de la unión de dos piezas idénticas que se acoplan en forma de machimbre.

El machimbre consiste en ensamblar dos tipos de perfilado macho, en forma de pestaña sobresaliente, y hembra, en forma de canal; sus medidas están pensadas para lograr una unión exacta. Para ensamblar las piezas, se encaja el perfil sobresaliente llamado macho de una pieza dentro del borde cortado en hembra de otra pieza, quedando unidas para soportar las cargas propias del uso, con esto se pretende lograr por medio de la sucesión de piezas encajadas entre sí una sola superficie, uniforme y sólida.

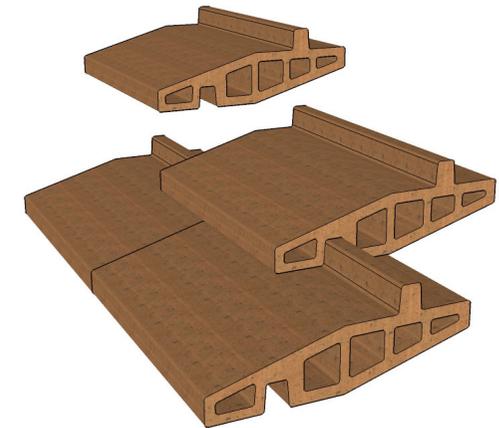
El objetivo es lograr un sistema indeformable frente a la aplicación de las cargas de la cubierta y el mantenimiento de la misma.

El sistema constructivo planteado, surge como reemplazo a la teja habitual de arcilla roja, este diseño formado por piezas modulares idénticas apiladas y superpuestas constituye conjunto estructural de resistencia, pudiendo resultar un sistema que permita por ejemplo,

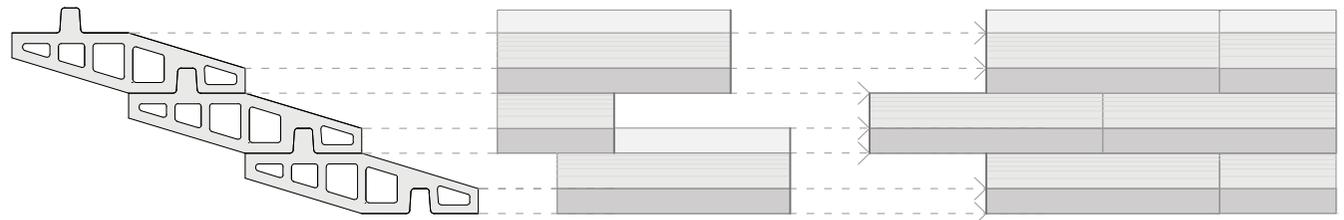
- Juntas por ensamble.
- De como resultado una junta que estructuralmente resiste esfuerzos a compresión y tensión.
- Que se complemente con elementos adicionales que garanticen la estanqueidad de la cubierta como tapajuntas, elementos laterales y para evacuación de aguas lluvias.



29 Ensamble macho-hembra de forma longitudinal.

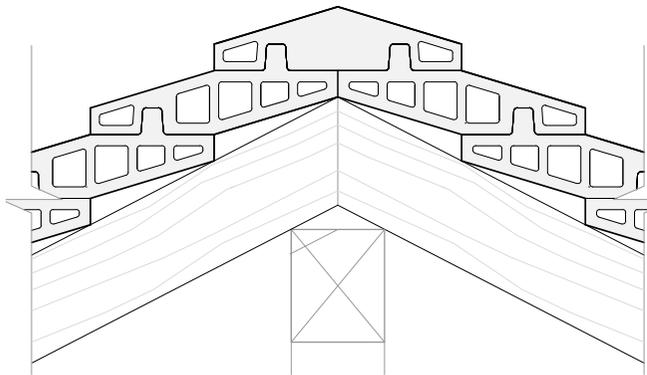


30 Perspectiva de ensamble macho-hembra de forma longitudinal.



31 Sección de Traba transversal de piezas cerámicas.

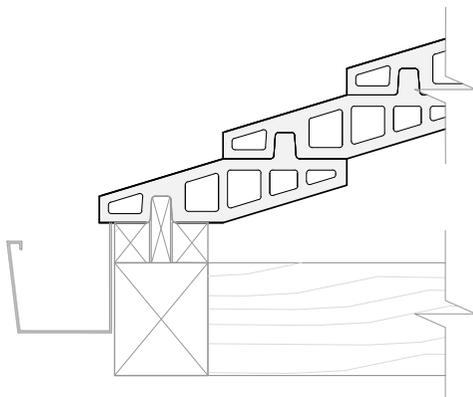
32 Vista de Traba transversal de piezas cerámicas.



33 Detalle unión de piezas cerámicas mediante tapón y soporte de cumbbrero.



34 Perspectiva de unión de Cumbbrero con faldones.



35 Detalle unión de piezas cerámica con solera y canal de evacuación de aguas lluvias.



36 Perspectiva de unión de faldón piezas cerámica con solera y canal de aguas lluvias.

Ensamble estructural en conjunto:

Se considera como hipótesis inicial que los elementos y uniones deben funcionar de manera global, de forma que absorban las distintas cargas de compresión, flexión y que reproduzcan propiamente el comportamiento de una cubierta tradicional bajo las cargas correspondientes.

La ausencia de estructura de refuerzo y soporte reduce la capacidad de carga de la cubierta provocando fallas por flexión en cada módulo planteado. Es por esta razón que se plantea la unión del ensamble con mortero y trabas en sus juntas, para que de esta manera el mortero absorba parte de las cargas estructurales, permitiendo mayor estabilidad en el sistema.

Además como parte esencial del prototipo planteado se considera necesario el diseño de una pieza cumbreira y una pieza unión entre cubierta y solera.

1.- Tapón y soporte de cumbreira: (img. 33- 34).

Esta pieza remata el encuentro de los dos faldones, debe garantizar la estanqueidad en ese encuentro y es el punto donde se supone confluyen las fuerzas ejercidas por cada faldón.

2.- Unión cubierta solera: (img. 35- 36).

Es el punto en el cual la pieza de unión absorbe y transmite las cargas y fuerzas ejercidas hacia los muros. Esta debe permitir el canal para recolección de aguas lluvias y si es posible generar un alero para la cubierta.

5.3.3 IMPERMEABILIZACIÓN

La humedad que se presenta en la cubierta, normalmente tiene su origen en fuentes exteriores, ya sea por infiltración a través de la cubierta en caso de lluvia o por escurrimiento por fallo de impermeabilización de la cubierta.

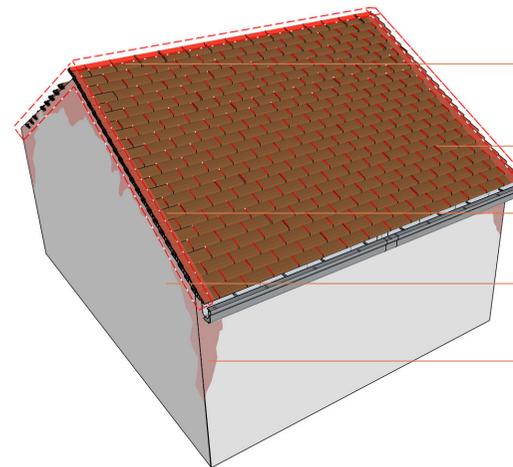
Para obviar los daños causados por la aparición de humedad en el prototipo, se identificó a simple observación la localización de humedad, infiltraciones y posibles lesiones en la cubierta, reconociendo:

-Que la arcilla cocida puede sufrir de erosión superficial debido a agentes exteriores, pudiendo convertirse en arena o polvo por lo que se debe protegerlas.

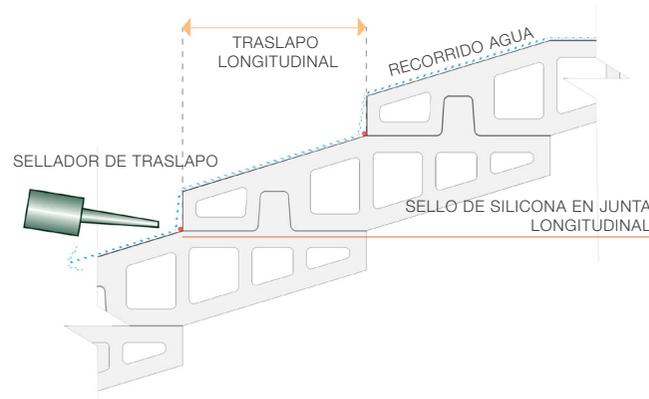
-Las heladas puede aumentar el volumen del agua contenida en fisuras y poros del prototipo lo que generaría eflorescencias tanto interiores como exteriores.

- La posible presencia de manchas húmedas, localizadas en puntos débiles de la cubierta como partes laterales, juntas de unión, las canaletas o canales. Se deben revisar los aleros laterales, que las piezas de cubierta estén bien embonadas, o que existan forros de hojalatería en caso de protección de los puntos débiles.

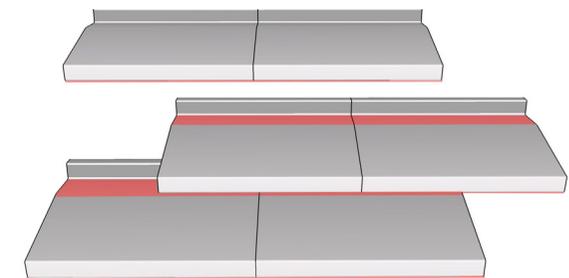
-Los mampuestos deben estar dispuestos de manera que exista una traba entre sí que garantice su unidad constructiva y además la estanqueidad de la cubierta. Para ello las juntas verticales deben estar alternadas entre hiladas y los solapes no serán menores a la mitad del largo de un mampuesto.



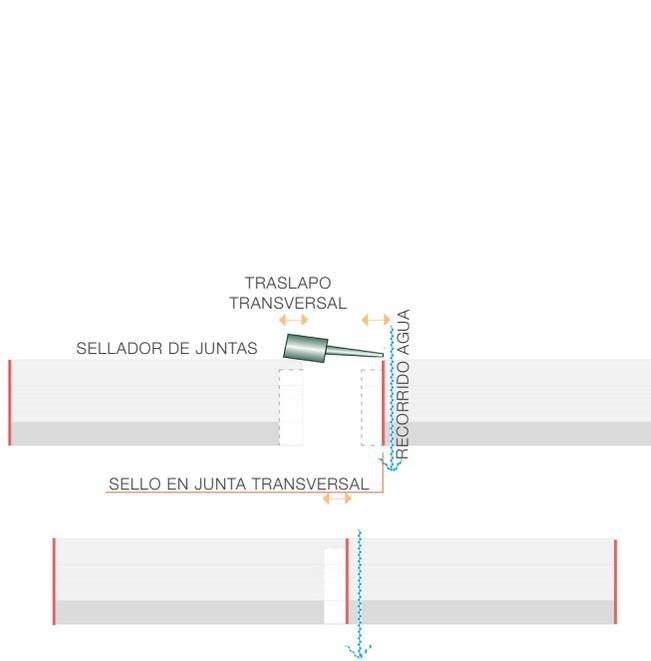
37 Posibles puntos de infiltración en la cubierta tipo.



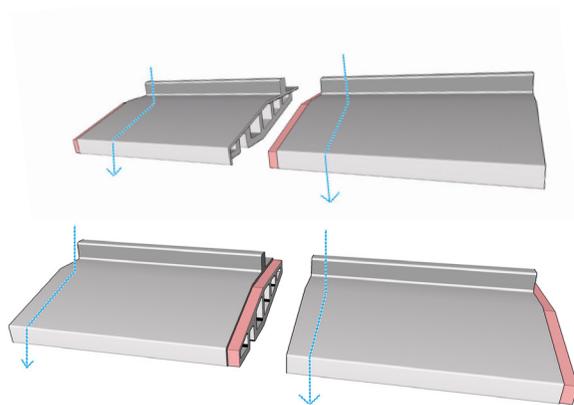
38 Filtración de humedad junta longitudinal.



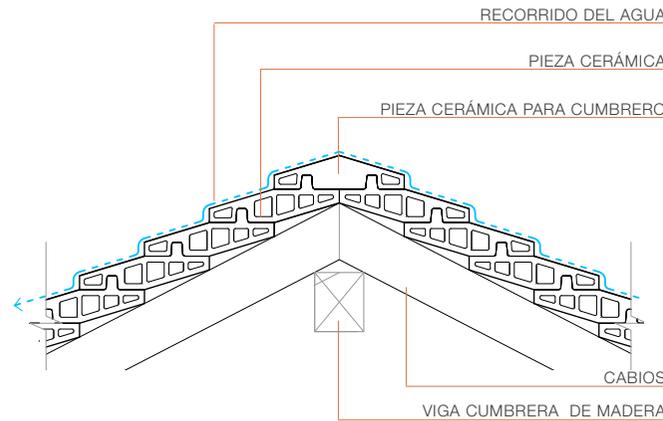
39 Filtración de humedad junta transversal.



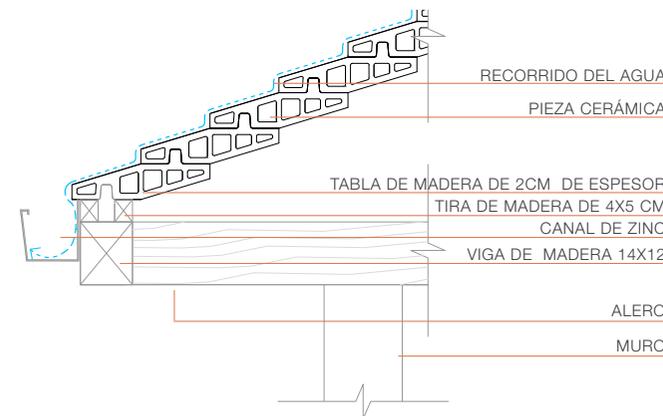
40 Recorrido del agua en junta transversal.



41 Recorrido del agua en junta longitudinal.



42 Propuesta, Solución cumbrero.



43 Propuesta, Solución alero.

Además el conjunto de piezas machimbreadas requiere de soluciones óptimas en el traslapeo longitudinal y transversal para asegurar la estanqueidad de la cubierta, en puntos como juntas, elementos de cumbrera y aleros. Las soluciones son piezas cerámicas similares, con excepción de la unión con la solera de amarre que para los diferentes materiales de base del muro, mantiene siempre constante el perfilado macho en forma de pestaña sobresaliente. Esto permite la unión con el canal y así facilita la evacuación del agua lluvia.

Se plantea como solución a las filtraciones un mortero impermeabilizante y flexible SikaTop®107 Seal (ver anexo 20) para sellar los traslapes trasversales.

Este es un mortero a base de cemento y polímeros modificados, adecuado para juntas estructurales sujetas a tensiones dinámicas, tiene alto grado de adherencia en materiales cerámicos, necesita pequeños espesores y puede pintarse sobre el con facilidad.

Este mortero es adecuado para nuestra cubierta debido a que, a más de ser impermeabilizante, el espesor necesario para que trabaje es de apenas dos milímetros, con lo que se conseguiría una junta casi imperceptible, aun así, con respecto al aspecto estético de utilizar este mortero, se propone la pigmentación de sellante con polvo de arcilla para atenuar el contraste de color entre las piezas y el sellante.

5.3.4 AISLAMIENTO

El prototipo propuesto posee orificios huecos que favorecen a un buen aislamiento térmico y acústico de la cubierta, propiciado por la cámara de aire interior o el material aislante con que se pueden rellenar las celdas.

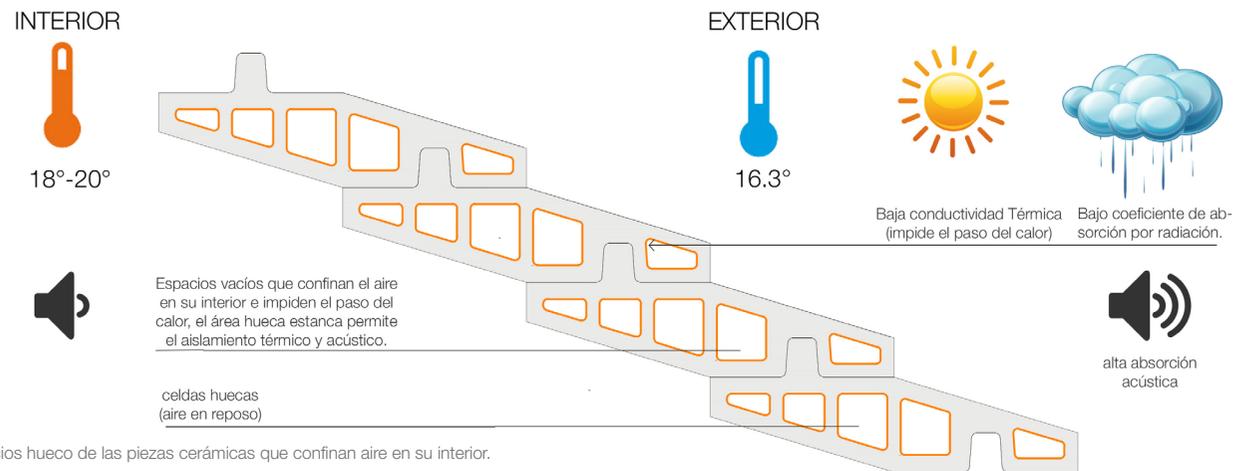
Aislamiento Acústico:

Debido a la densidad del material de las piezas cerámicas, las propiedades de aislamiento acústico son también superiores a las de otros sistemas, tanto si se introdujera un material aislante al interior o se dejara solamente confinado aire al interior de los orificios de la pieza, estos de igual forma presentarían un buen comportamiento frente al ruido exterior amortiguando el sonido.

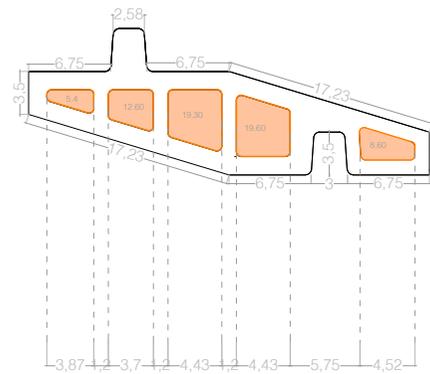
Aislamiento Térmico:

El ladrillo cerámico es mal conductor del calor, si bien la pieza propuesta posee orificios para disipar la temperatura su material impide el paso de calor por conducción gracias a su baja conductividad térmica, y por radiación gracias a un bajo coeficiente de absorción. De igual manera la arcilla cocida es un material poroso, capaz de inmovilizar el aire seco y confinarlo en el interior de las celdas, es el área hueca estanca que permite el aislamiento térmico.

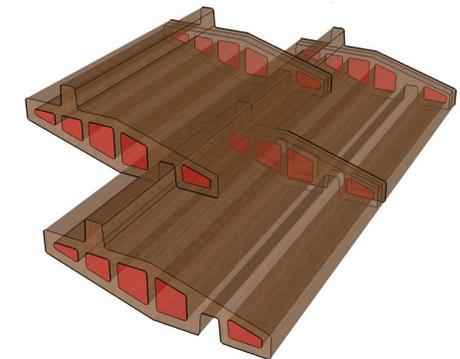
Como se señala anteriormente el prototipo planteado garantiza la estabilidad térmica al interior del espacio, manteniendo muy estables las temperaturas. Es una solución que reduce el gasto en aire acondicionado y calefacción, garantizando el máximo confort en las viviendas.



44 Orificios hueco de las piezas cerámicas que confinan aire en su interior.



45 Dimensiones de orificios de las piezas cerámicas



46 Celdas de aire confinado en su interior.

5.3.5 EXPERIMENTACIÓN CON EL PROTOTIPO



Parte del análisis teórico es la experimentación física de la pieza, la finalidad de las pruebas es contribuir con soluciones que mejoren las condiciones morfológicas del prototipo para garantizar su estabilidad, y considerar la factibilidad constructiva tanto de la pieza como del sistema en conjunto.

Se decide construir modelos a escala real utilizando en una primera etapa yeso como material de prueba, lo que se persigue con este planteamiento es analizar la morfología y la articulación de una pieza con otra. En una segunda fase se realizó con arcilla cocida, para analizar, el material, uniones, número de piezas, dimensiones y peso óptimo, también las condiciones formales, estructurales y su aplicación en el sistema a escala real.



En el transcurso de investigación y ejecución de los distintos prototipos, varios fueron los aciertos en cuanto a la morfología constructiva de la pieza pero también se observó decisiones poco viables que se habían tomado, se analizó las deficiencias y potencialidades de la pieza, algunos planteamientos fueron desechados, rectificados, y reforzados para mejorar el funcionamiento del prototipo de arcilla.

En las imágenes posteriores se expone el proceso constructivo de la experimentación con el prototipo, complementado con ciertas descripciones que permiten un mayor entendimiento de los resultados a los que se llegó después de haber desarrollado cada una de las ideas.

47 Experimentación piezas en yeso.

48 Experimentación materiales y piezas en arcilla.

49 Experimentación con longitudes de piezas.

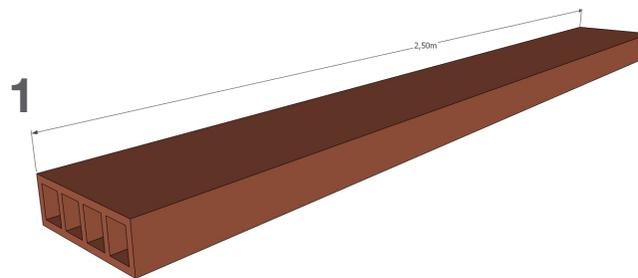
5.3.5.1 Prototipo longitudinal (primera prueba)

Se realizó pruebas experimentales con el objetivo de analizar y observar el comportamiento longitudinal de piezas de arcilla, de dimensiones poco comunes en nuestro medio, con esto se obtuvo la dimensión longitudinal óptima para la pieza diseñada.

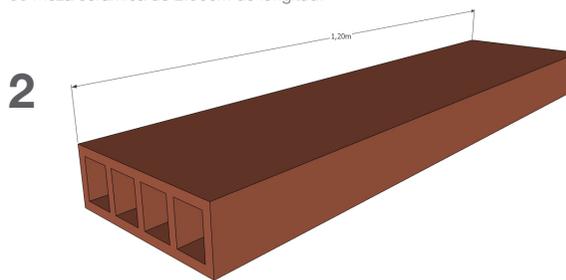
Se elaboró tres modelos base de 2.50m, 1.20m, 0.97m, a partir de las piezas extruidas se pudo observar su producción, manipulación y traslado, de la misma forma los problemas que surgieron al momento de su extrusión, secado y cocción, esto nos permitió apreciar las fallas de rotura del modelo en las primeras horas de producción y posteriormente en el proceso de secado.

Durante el proceso de producción los resultados que se pudieron percibir fueron pandeo longitudinal en la piezas 1 y 2, además en el proceso de secado en la pieza 1 se pudo observar roturas cada 60 cm aproximadamente, al quinto día la pieza 2 presento roturas a los 40cm, y a partir del décimo día las tres piezas empezaron a fraccionarse a una distancia promedio de 35cm. (ver img. 50, 51, 52 y 53)

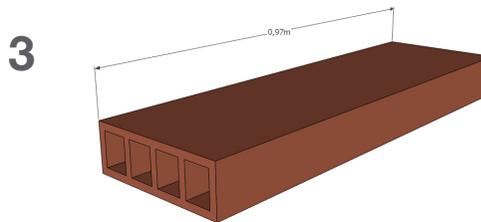
Es sin duda en la operación del secado donde se observo mayor desperfectos, debido a que en este proceso influyen distintos factores que inciden en el resultado final del producto. Esto nos llevó a diseñar piezas de 30cm de longitud, con el objetivo de agilizar la manipulación, carga y descarga, así como la simplicidad de la tecnología y herramientas en el proceso de producción y de construcción, con el fin de reducir el tiempo de montaje en la obra.



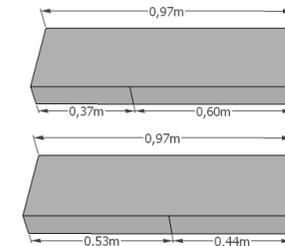
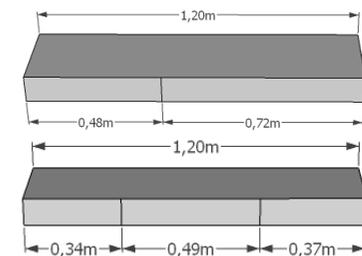
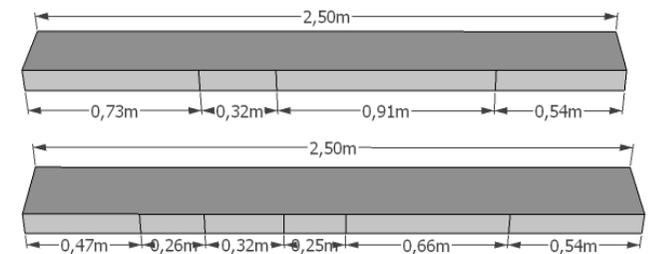
50 Pieza cerámica de 2.50cm de longitud.



51 Pieza cerámica de 1.20 cm de longitud.



52 Pieza cerámica de 0.97cm de longitud.



53 Dimensiones de rotura de las piezas de arcilla en sentido longitudinal.



54 Pieza cerámica de 2.50cm de longitud.



55 Pieza cerámica de 1.20 cm de longitud.



56 Pieza cerámica de 0.97 cm de longitud.



57 Rotura de pieza de arcilla de 2.50cm de longitud.



58 Rotura de pieza de arcilla de 1.20cm de longitud.



59 Rotura de pieza de arcilla de 0.97cm de longitud.

5.3.5.2 Prototipo Yeso

Se realizó piezas de yeso a escala real. El yeso es un material que puede ser perforado, es parejo y maleable por lo que se pudo observar la articulación en el ensamble de las piezas. Mediante el uso de un encofrado de madera se garantizó la estandarización de los elementos y se agilitó el proceso de fabricación. El proceso de producción del prototipo fue el siguiente:

- 1.- La fabricación del molde de la pieza se realizó en madera, esta se aceito para su fácil desencofrado.
- 2.- La mezcla se realizó en volumen cuidando la dosificación de agua y yeso, hasta que esta no contenga grumos.
- 3.- Se realizó piezas longitudinales de espuma flex, para colocarlos en los orificios huecos, y alivianar el prototipo.
- 4.- Se colocó la mezcla en el encofrado de madera, su fraguado fue de aproximadamente de 15 minutos. El desencofrado se realizó de manera inmediata para la elaboración de nuevos modelos.

Con las pruebas experimentales en un módulo a escala real, se pudo probar las uniones entre piezas; uniones que se realizaron sin ningún tipo de mortero solamente con el ensamble entre sus partes para conformar el sistema. El proceso constructivo de las piezas de yeso permitió observar que es necesario trabajar en un sistema de unión en puntos frágiles de la cubierta como en la unión con la pared y en el cumbrera, además se pudo observar que la disposición y ensamble de la pieza aumenta su estabilidad y continuidad de esfuerzos, igualmente brinda a la cubierta una estética distinta.



60 Aceitado y unión de molde de madera.



61 Molde de madera para piezas de yeso.



65 Mezcla de yeso para fraguado.



66 Desencofrado de pieza de yeso.



62 Piezas de espumas flex para molde.



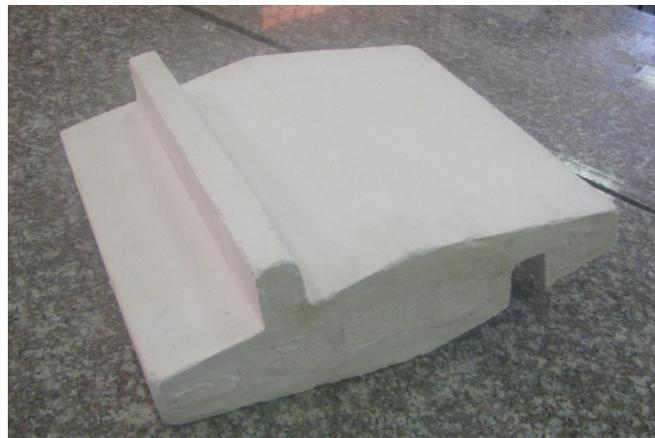
63 Dosificación de mezcla de yeso.



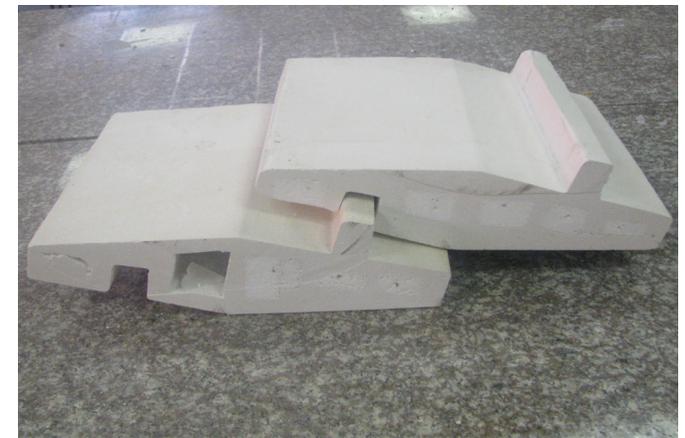
64 Mezcla de yeso.



67 Pieza de yeso.



68 Vista lateral del prototipo de yeso.



69 Ensamble longitudinal de piezas de yeso.

5.3.5.3 Prototipo de Arcilla

Para la producción del sistema constructivo propuesto se desarrolló una matriz de acero con la morfología de la pieza planteada. Basados en la experiencia del operario y tras cada prueba y error; se diseñó una matriz que resistiera lo suficiente como para soportar la carga de la maquinaria, además la forma de la pieza se desarrolló y evolucionó conforme las variaciones en los resultados de producción y secado del prototipo. Así mismo, fue necesario colocar y regular dos ángulos que sirvieron como frenos metálicos en el interior de la matriz por la irregularidad de densidad del material, con el fin de que la masa no tenga rotura al momento de la extrucción y del secado.

El problema del secado de la cerámica es el mayor inconveniente que presenta el prototipo debido a diferentes factores como la temperatura de la pieza, la naturaleza mineralógica del material, la morfología diseñada, la tecnología usada etc. Por estos inconvenientes existe variaciones de contracción del material al secarse, por lo tanto para asegurar la calidad de la pieza se llegó a las siguientes conclusiones:

- El ensamble debe tener el ancho adecuado para garantizar la unión de las dos piezas, pues se debe tomar en cuenta la longitud de contracción del material.
- Se debe producir piezas homogéneas para asegurar que el sistema constructivo trabaje en conjunto.
- Debe existir un soporte perpendicular a la base del elemento para evitar deformaciones al momento del secado.
- Reducir el tamaño de las paredes interiores del elemento, para de esta forma reducir el peso.



70 Material para la producción de piezas cerámicas.



71 Matriz para producción de pieza tipo; parte frontal.



75 Piezas cerámicas, etapa de secado.



76 Secado de piezas cerámicas



72 Matriz para producción de pieza tipo; parte posterior.



73 Boca extrusora anclada a la matriz diseñada.



74 Pieza cerámica extruida.



77 Ensamble de piezas cerámicas antes de la cocción.



78 Cocción de piezas cerámicas



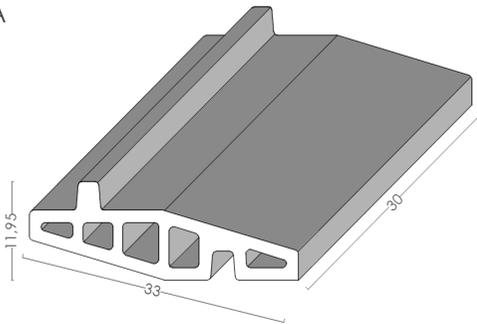
79 Piezas cerámica cocida.

5.4 DISEÑO ESTRUCTURAL

Consideraciones técnicas de diseño

La pieza y el sistema desarrollado en esta tesis debe ser capaz de sustentar por sí sola una cubierta inclinada al 33% con una luz de 6m. Por lo tanto su forma debe ser tal que solución está pendiente, se ensamble una con otra de manera que evite filtraciones de agua y su tamaño debe facilitar su armado. También se debe tener en cuenta el aspecto estético ya que al ser la cubierta la quinta fachada de la edificación resulta trascendental en el paisaje de la ciudad.

FORMA



80 Forma y tamaño de la pieza propuesta

Para dar forma a esta pieza cerámica se han considerado, además de las dimensiones de la máquina extrusora, las dimensiones para tejas planas presentes en la norma NTE INEN 986 Tejas cerámicas. Definiciones, clasificación y condiciones generales (Anexo 10) en la que se expresa que el tamaño de una teja plana deben ser máximo 44cm de largo por 30cm de ancho y las dimensiones para

ladrillos de la norma NTE-INEN 293 Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales (Anexo 5) en la que se establece que los ladrillos huecos pueden medir 29cm de largo por 19cm de ancho y 19 de cm de alto.

Finalmente la pieza de 33cm de largo por 30cm de ancho y 11.95cm de alto es el resultado de las limitaciones de la maquinaria existente y las normativas vigentes.

MATERIAL

El material utilizado deberá cumplir los requisitos de ladrillos cerámicos y tejas cerámicas presentes en las normas NTE INEN 297 Ladrillos cerámicos. Requisitos (Anexo 9) y NTE INEN 990 Tejas cerámicas. Requisitos (Anexo 13) En el que se establece una resistencia mínima a compresión, a flexión y absorción máxima de humedad y deben compararse con las pruebas realizadas al prototipo.

En cuanto a la materia prima, se tomara en cuenta que: "Los ladrillos deben fabricarse de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales, de suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones. No deben contener material que pueda causar eflorescencia de carácter destructivo o manchas permanentes en el acabado." (NTE-INEN 293 Ladrillos cerámicos. Definiciones, clasificación y condiciones generales. 2013. pag 1)

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La pieza propuesta deberá resistir las cargas vivas y muertas de la cubierta por lo que su resistencia a la compresión será la de un ladrillo estructural hueco.

Se utilizaran los parámetros de la norma NTE-INEN 297 Ladrillos cerámicos. Requisitos (ver tabla 1) como referencia de la resistencia a la compresión que deberían tener las piezas propuestas y en el que situaremos a nuestra pieza en el tipo Hueco D ya que según esta clasificación este tipo se puede usar en muros soportantes.

Se realizaran las pruebas de resistencia de acuerdo al método planteado en la norma NTE-INEN 294 Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión (Anexo 6). En el cual se utiliza una máquina de compresión para aplicar carga en la pieza y así obtener su resistencia.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Al ser una cubierta con pendiente nuestra pieza deberá resistir fuerzas de flexión por lo tanto se realizaran las pruebas pertinentes de acuerdo a las normas NTE INEN 295 Ladrillos cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión (Anexo 7) y NTE INEN 988 Tejas cerámicas. Determinación de la resistencia a la flexión (Anexo 11). Las cuales se basan en la aplicación de una carga vertical progresiva sobre la pieza colocada horizontalmente sobre soportes

separados hasta llegar a la rotura de la pieza.

Los resultados obtenidos serán comparados con los parámetros existentes para tejas y ladrillos (ver tabla 1 y 2) de las normas NTE INEN 297 Ladrillos cerámico. Requisitos (Anexo 9) y NTE INEN 990 Tejas Cerámicas. Requisitos (Anexo 13) con el fin de comprobar si su resistencia a flexión es la adecuada para resistir las cargas presentes en la cubierta.

ABSORCIÓN DE AGUA

Al ser una pieza que estará expuesta permanentemente a la intemperie se debe garantizar que no permite el acceso de agua al interior, También debe tener una absorción de humedad mínima, para no comprometer estéticamente al acabado tanto interior como exterior con manchas.

Con el fin de determinar la capacidad de absorción de agua de las piezas obtenidas se realizarán las respectivas pruebas de acuerdo a las normas NTE INEN 296 Ladrillos cerámicos. Determinación de absorción de humedad (Anexo 8) y NTE INEN 989 Tejas cerámicas. Determinación de la absorción de agua (Anexo 12).

Los resultados obtenidos en estas pruebas deberán estar acorde con los requisitos (ver tablas 1 y 3) tomados como referencia de las normas NTE INEN 297 Ladrillos cerámico. Requisitos (Anexo 9) y NTE INEN 990 Tejas Cerámicas. Requisitos (Anexo 13)

Tabla 01: Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos

Tipo de ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa		Resistencia mínima a la flexión MPa		Absorción máxima de humedad %	
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Individual
Macizo tipo A	25	20	4	3	16	18
Macizo tipo B	16	14	3	2	18	25
Macizo tipo C	8	6	2	1	25	16
Hueco tipo D	6	5	4	3	18	18
Hueco tipo E	4	4	3	2	18	25
Hueco tipo F	3	3	2	1	25	18
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295		INEN 296	

Fuente: NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 02: Resistencia a la flexión de las tejas

Tipo de teja	Resistencia a la flexión kg/cm ²	
	Promedio de 5 tejas	Mínimo para una teja
Tipo A	100	80
Tipo B	70	55
Tipo C	100	80
Tipo D	70	55

Fuente: NTE-INEN 990. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 03: Absorción de agua de las tejas

Tipo de teja	Absorción de agua %	
	Promedio de 5 tejas	Mínimo para una teja
Tipo A	18	20
Tipo B	20	22
Tipo C	12	14
Tipo D	14	16

Fuente: NTE-INEN 990. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

5.4.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE CUBIERTA

El diseño del sistema se llevará a cabo mediante criterios de diseño y lineamientos generales descritos en las normativas y con la ayuda de programas de simulación de cargas, con el fin de obtener los esfuerzos a los que será sometido el sistema.

Después de realizar el diseño y la elaboración de las piezas se detectó que la pieza no es auto-portante por lo que se diseñó una estructura de madera para armar la cubierta.

Para analizar las cargas del sistema, es decir de una cubierta a dos aguas con una luz de 6m con las piezas cerámicas propuestas, se han procesado los cálculos con la ayuda de un software de cálculo y diseño estructural llamado SAP2000. El cual trabaja con elementos finitos que nos permiten procesar y analizar diferentes estructuras con condiciones heterogéneas y estados de carga utilizando las características de los materiales.

Las cargas que se han tomado para el diseño del sistema de cubierta son las siguientes:

Cargas vivas: Incluye a todas las fuerzas variables que pueden existir en la cubierta y las cargas producidas durante el mantenimiento por los trabajadores, equipos y materiales.

Cargas muertas: Son los componentes de la misma estructura que tienen un peso constante, este peso

está estrechamente vinculado a la densidad del material del que está hecha la estructura. Por lo general son relativamente constantes durante toda su vida útil.

Para el análisis de esta cubierta se ha considerado un factor de mayoración de 1.6 para la carga viva y 1.2 para la carga muerta.

Datos para el análisis:

Carga viva= 0.2 ton/m²

Carga muerta= 0.3 ton/m²

Pendiente=33%

Módulo de elasticidad de la madera: 1000000 ton/m²

Peso específico de la madera: 0.7 ton/m³

Largo de cada agua: 3,35m

Volumen de la pieza: 0.00417m³

Peso propio de la pieza: 5.9530 kg

Número de piezas por agua:18

Carga por m²: 0.68 ton

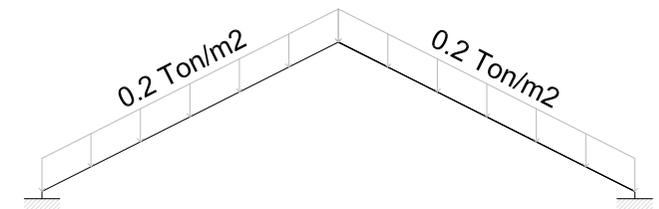
Carga lineal: 1.07 ton/m

Momento maximo: 0,89 ton/m

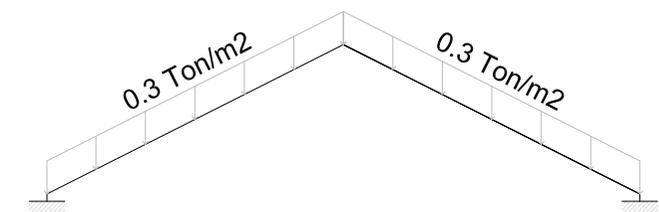
M₋=0.30 ton/m

M₊=0.60 ton/m

Momento de diseño= 0.60 ton/m



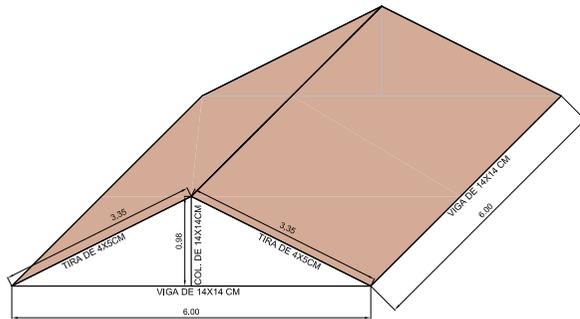
81 Carga viva asignada



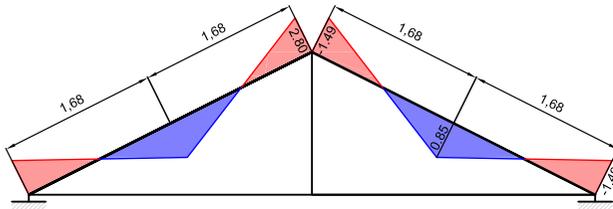
82 Carga muerta asignada

Hipótesis de diseño

Se analizarán las cargas vivas y muertas, a fin de producir las condiciones de carga más desfavorables en el uso de la estructura. Se realizó un primer planteamiento de estructura:



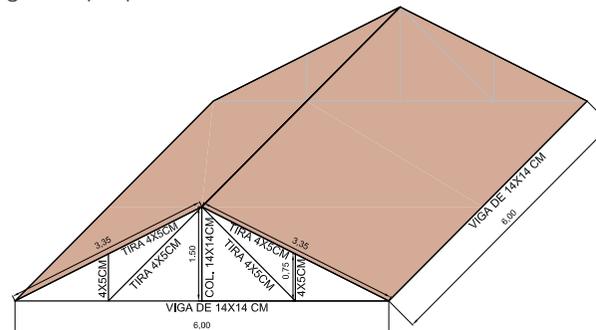
83 Esquema de primera estructura planteada



84 Momentos de primera estructura planteada

En este gráfico se expone los momentos generados en la estructura 1, indicando que estos sobrepasan al momento de diseño por lo que se realizó otra propuesta reforzada para el prototipo cerámico.

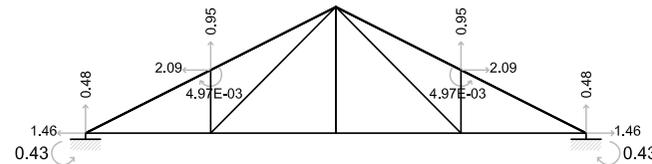
Segunda propuesta de estructura:



85 Esquema de segunda estructura planteada

Reacciones en las cargas: (img. 86)

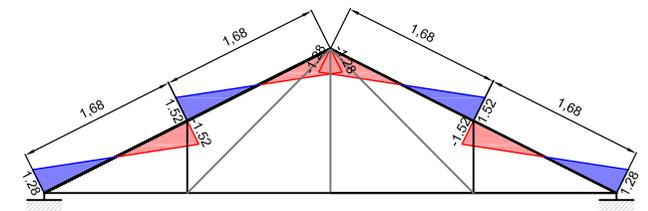
En este gráfico se puede observar reacciones de las cargas en x y en y, lo que nos sirve para saber que carga es la que deben soportar las paredes y vigas sobre las que se armará la cubierta para que esta pueda mantenerse estable.



86 Reacciones en las cargas

Fuerzas cortantes: (img. 87)

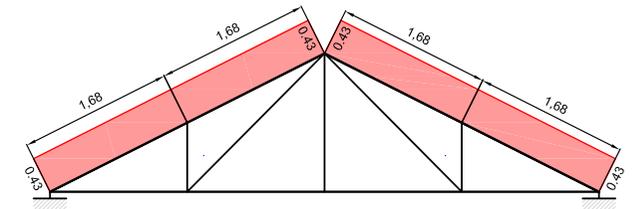
El gráfico a continuación revela que la cubierta tiene mayores esfuerzos cortantes en los apoyos, a 1.68m del cumbrero y en la unión de la viga solera y la estructura. Por lo tanto se debe considerar reforzar estas partes.



87 Fuerzas cortantes

Momentos: (img. 88)

En el gráfico a continuación se observa que el momento máximo que se genera es de 0.43, que es menor al momento de diseño, por lo que esta estructura cumple con lo necesario para soportar la cubierta.



88 Momentos

Después de realizar estos cálculos se puede tener una idea de las cargas a las que estará sometido el sistema y de acuerdo a esto comprobar que las piezas diseñadas y el sistema puedan satisfacer las necesidades.

5.4.2 ANÁLISIS TENSIONAL DE LA PIEZA

Para analizar la pieza cerámica propuesta se realizó una simulación de elementos finitos mediante el programa **Straus 7 Release2.3.3**

Concepto de simulación:

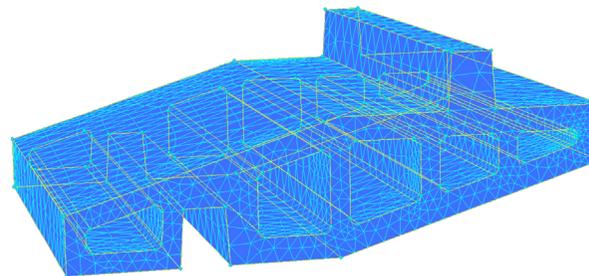
Cuando un modelo tiene formas complejas en construcción a escala real, lleva consigo altos costos económicos y tiempos de elaboración alargados, se requiere de un análisis, previo a su fabricación, que permita conocer las situaciones previsibles que afecten al modelo en sí y con el que se pueda dar una respuesta. Generalmente se utilizan simulaciones físico mecánicas de modelos complejos con la ingeniería, con lo cual se obtiene resultados de los diferentes comportamientos sin necesidad de ser ensayados los modelos respectivos reales en un laboratorio. En esta caso se utilizara un proceso de simulación mediante elementos finitos (Finite Elements Ana-lisys FEA),

Los modelos analizados mediante FEA, utilizan la discretización, un proceso matemático con el cual se obtiene resultados bastante aproximados de una ecuación diferencial o problema. La discretización del modelo en elementos finitos conectados unos a otros mediante una malla espacial de puntos (nodos) internamente conectados, cada uno de los elementos formados en la malla espacial (nodos) tiene características específicas de rigidez y diversos movimientos. A cualquier acción o representación de carga aplicada en los puntos analizados del modelo se produce diversas deformaciones de todos los elementos hasta alcanzar el equilibrio.

Desde hace aproximadamente 20 años se utiliza la simulación en la edificación para cálculo de estructuras complejas, con sistemas analíticos simplificados o bien mediante el método de Cross. En el medio existen varios software especializados para lograr diferentes análisis de estructuras, para este caso en particular se utilizó el programa Straus 7 Release2.3.3

En el caso de la pieza cerámica propuesta, se realiza un análisis por FEA, para poder encontrar los puntos en los que se debe reforzar o modificar la forma analizando la reacción de cada elemento finito ante las cargas que al modelo se le apliquen en sollicitaciones extremas que están aplicadas en los nodos.

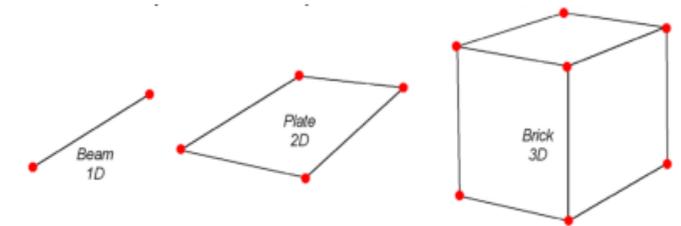
Para este análisis se realiza un mallado de 9 mm en la parte de la superficie de la pieza, y con ello se genera una malla sólida con elementos finitos de forma piramidal para su análisis. (ver img. 89)



89 Mallado de la pieza cerámica propuesta

Para este caso el análisis de la malla se genera primero por elementos llamados Beams (elementos lineales), que

son dos nodos unidos linealmente, plates (elementos bidimensionales), que son tres nodos unidos formando un elemento triangular, y finalmente los bricks (elementos tridimensionales) constan de 4 nodos (tetraedros), 5 nodos (pirámides).(ver img. 90)



90 Elementos para el cálculo

De las características dadas a la pieza cerámica en simulación se deformará según las características físicas y los diferentes tipos de unión con los elementos más cercanos que se plantea para la simulación.

Para las propiedades que rigen la mayoría de estos elementos utilizaremos los de tipo estructural:

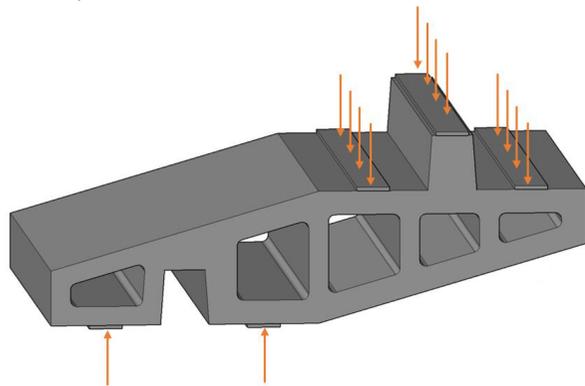
- Módulo de rigidez longitudinal o módulo de Young.
- Módulo de rigidez transversal o módulo de cortante.
- Módulo de Poisson.
- Densidad.

Se descartan para esta simulación los fenómenos de: Coeficiente de expansión térmica, Calor específico y la conductividad térmica. Parámetros con valor específico del material para un análisis lineal. En este caso de análisis no lineal, los parámetros pueden ser establecidos según las curvas en función del tiempo o temperatura.

Fases de la Simulación de elementos Finitos mediante el programa Straus 7 Release2.3.3

1 Pre-proceso: Consiste en definir geoméricamente la pieza a analizar, los materiales a ser utilizados, la manera de apoyo o unión respectiva de las piezas, las acciones de carga a las que va a estar sometidas la pieza cerámica. En esta parte se define cada uno de los elementos a simular, es decir se realiza un modelado en 3d completo.

Para el análisis de la pieza cerámica se realizan tres diferentes apoyos en la parte superior, definiendo así el efecto de carga a la que estará sometida la pieza. (ver img. 91) Los elementos de apoyo son dos definidos por la parte baja de la pieza cerámica.



91 Modelado de la pieza para cálculo

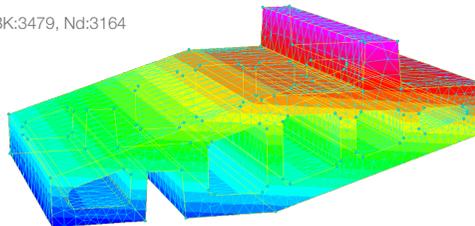
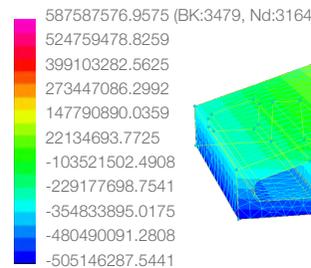
2 Cálculo (análisis): El programa resuelve las condiciones de carga aplicada en los puntos planteados, mediante elementos finitos (pudiendo ser lineales y no lineales,

estáticos o dinámicos), dependiendo del tamaño que se decida por la malla se realizará un mayor o menor análisis de la pieza cerámica. Para el caso respectivo se considera un módulo de elasticidad de 3500 N/mm², una densidad del material de $\rho = 1.0e^{-9} \text{ T/mm}^3$

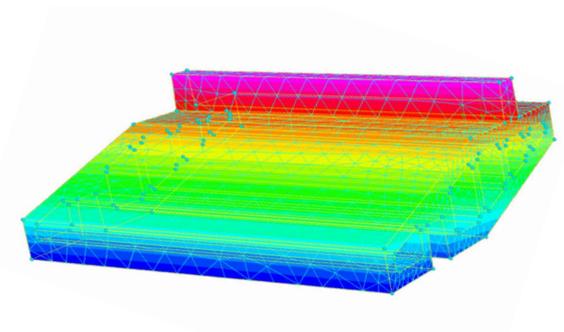
3 Post-proceso: Permite, visulaizar los resultados numéricos obtenidos en el cálculo, una de las maneras de poder visualizar los datos son con gráficas, listado y mapas de colores sobre la pieza cerámica.

En las siguiente imagenes se puede observar la fuerza aplicada de 60kg/cm², 12,56 N/mm². La acción de la misma produce la descarga de energía representada por las diferentes gamas de color siendo las más intensas los colores fríos (azul y verde) y los mas tenues los colores cálidos (rojo, anaranjado y amarillo) , por tanto obtenemos las zonas mas débiles en las partes de apoyo, pues aquí se deben reforzar para disipar la carga de acción.

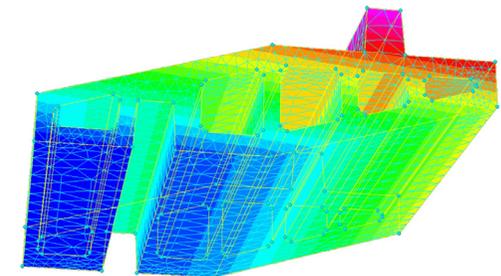
BRICK DISP: DZ (m)



92 Descarga de energía en la pieza. Vista lateral



93 Descarga de energía en la pieza. Vista superior



94 Descarga de energía en la pieza. Vista inferior

5.4.3 SOPORTE DE PIEZAS CERÁMICAS

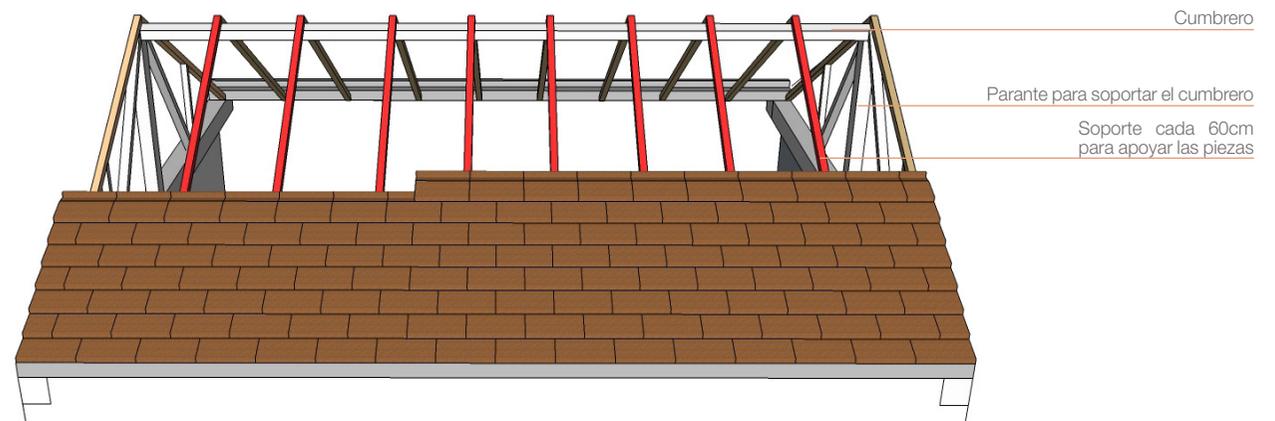
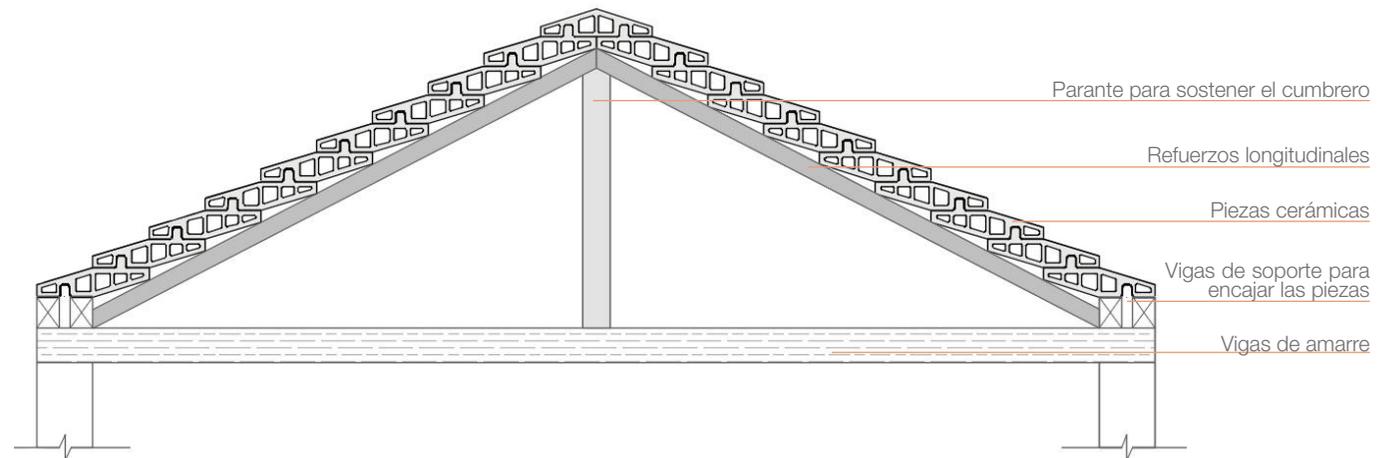
Al trabajar con una pendiente inclinada para cubrir luces de hasta 6 metros se ha pensado en el uso de soportes de madera de 4x5cm para sostener las piezas debido al método constructivo. El soporte se colocara en sentido transversal es decir las tiras se colocaran sobre el cumbrero y el apoyo. Considerando que las piezas cerámicas no trabajan óptimamente a tracción se ha planteado un soporte longitudinal para este sistema:

Soporte longitudinal:

Se refiere a una estructura debajo de las piezas que recorre toda la pendiente de la cubierta hasta llegar al cumbrero. Sobre este refuerzo se apoyaran las piezas una tras otra. El material para estos pueden ser madera o perfiles de acero.

En la construcción en escala real del prototipo se ha optado por el uso de soportes de madera por ser estos más asequibles y de rápido armado. Se armó en un principio la estructura de la cubierta que consiste en las vigas de amarre, los tochos y el cumbrero con vigas de 14x14 cm. Posteriormente se colocó el soporte de madera abajo de las piezas cerámicas en sentido del desarrollo de la pendiente para el armado de la cubierta, estos soportes se armaron con tiras de 4x5cm con una separación de 60 cm una con otra, para garantizar que en cada uno de estos espacios coincidan dos hileras de piezas, de esta manera sujeta a las piezas para que se mantengan en su lugar.

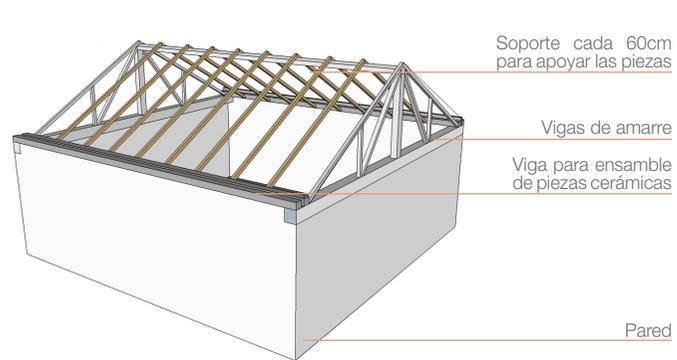
En el sentido transversal de las piezas no se colocó ningún refuerzo debido a que la estructura planteada no lo requería.



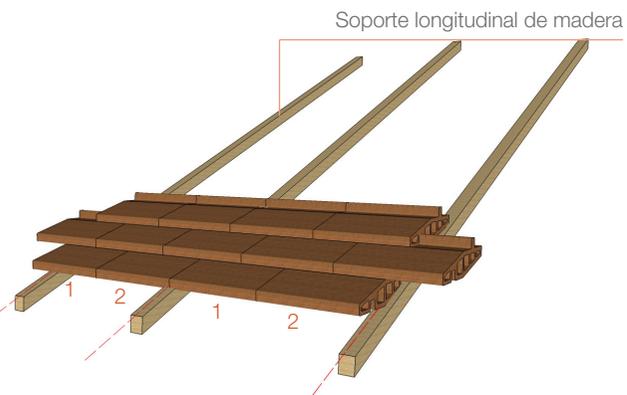
95 Refuerzos longitudinales con piezas encima



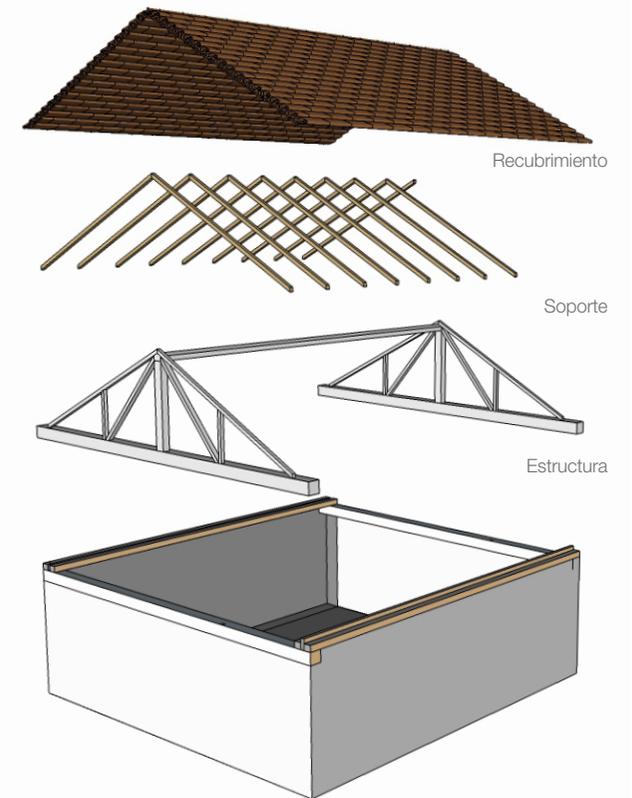
96 Prototipo construido de cubierta con piezas cerámicas



97 Refuerzos de madera para el armado de la cubierta



98 Colocación de piezas en soporte



99 Partes de la cubierta de piezas Cerámicas

5.5 PRUEBAS DE LABORATORIO

5.5.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Se realizó el análisis granulométrico empleando tamices para la separación en tamaños de las partículas del material. Se utilizó los tamices # 3/8, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100, y N° 200 dispuestos sucesivamente de mayor a menor, luego de haber secado por 24 horas la muestra, este se colocó en el tamiz # 3/8 para agitarla mecánicamente, luego, se procedió a pesar el material retenido en cada tamiz, pudiendo hacerse en forma individual o en forma acumulada. Como resultado se obtuvo la curva granulométrica del material exponiendo gráficamente los resultados obtenidos en el laboratorio. (Ver img. 104)

Con los resultados se pudo analizar el material, mediante dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos. Éstos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (Anexo 3)

El material utilizado para los ensayos es tierra de Cumbre materia prima usada en la ladrillera Riera, los resultados obtenidos son los siguientes valores:

- Porcentaje que pasa la malla No. 4 = 83.86%
- Porcentaje que pasa la malla No. 200 = 16.43%
- Límite líquido = 55
- Índice de plasticidad = 28

El porcentaje que pasa la malla No. 200 es $F = 16.43$ (es decir, $< 50\%$), por lo que es un suelo de grano fino. De la tabla 2.7 y figura 2.12, el símbolo del grupo es CH. De la figura 2.14, el nombre del grupo es arcilla gruesa. (Anexo 4)



100 Material colocado en el horno por 24 horas.



101 Peso del material antes del tamizado.

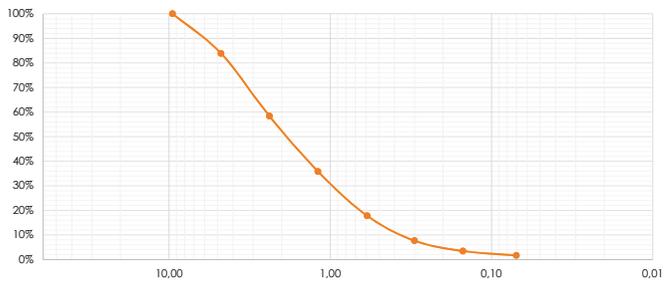


102 Tamices para la granulometría del material.



103 Máquina tamizadora del material.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Resultados	
Módulo de Finura	3,93

104 Curva Granulométrica (Anexo 4)



106 Tamiz # 3/8



107 Tamiz # 4



108 Tamiz # 8



109 Tamiz # 16



105 Material tamizado.



110 Tamiz # 30



111 Tamiz # 50



112 Tamiz # 100



113 Tamiz # 200

5.5.2 ENSAYOS DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD

Al ser estas piezas una solución para cubierta y estar expuesta constantemente a la lluvia se han realizado las pruebas de absorción de humedad para garantizar que el material de nuestra propuesta tenga las características necesarias para solventar las necesidades de la cubierta.

La determinación de la absorción de humedad de la pieza se realizó de acuerdo a la norma NTE-INEN 296. Ladrillos Cerámicos. Determinación de absorción de la humedad (Anexo 8), en la que se describe un método en el cual se determina la masa de las piezas cerámicas antes y después de ser sumergidas en agua durante 24 horas. Así se obtiene la diferencia entre las dos masas con el que se puede conocer el valor de la absorción de la humedad.

Procedimiento:

1. Se escogieron cinco muestras de las piezas cerámicas secas, enteras, y sin defectos apreciables para ser secaron en el horno por 6 horas a 100°C.



114 Piezas seleccionadas para ensayo

2. Se codificaron y pesaron cada una de las piezas.



115 Pieza seca pesada en balanza digital

3. Se sumergieron las piezas en agua destilada, a una temperatura de 15°C durante 24 horas.



116 Piezas sumergidas en agua

4. Se sacaron las muestras del agua y se las seco con una toalla húmeda.



117 Secado de las piezas

5. Se pesaron nuevamente las piezas.



118 Pieza húmeda pesada en balanza digital

Por estar las piezas cerámicas en el exterior sometidas a la humedad y al clima los días previos a la prueba se procedió a meterlas en el horno por 6 horas para asegurar su completo secado. Se tomaron los datos de peso antes y después de ser metidos en el horno y se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 04):

Tabla 04 : Peso de muestras en kg antes y después de meter en el horno

Código	Peso antes del horno (kg)	Peso después del horno (kg)
Muestra 1	5.69	5.60
Muestra 2	5.86	5.77
Muestra 3	5.80	5.72
Muestra 4	5.84	5.75
Muestra 5	5.63	5.53
Promedio 5 muestras	5.76	5.67

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 17)

Con estos resultados se observó que la húmeda absorbida del ambiente es relativamente baja.

Una vez que se ha asegurado el completo secado de las piezas se continuo con la prueba de absorción de humedad.

Los resultados obtenidos de esta prueba se expresan en la tabla 05 en la que se observa que existe una gran variación en las piezas antes y después de ser sumergidas en agua, pero no hay una variación muy marcada de una pieza a otra.

Tabla 05 : Peso de muestras en kg para prueba de humedad

Código	Peso antes kg	Peso después kg
Muestra 1	5.60	6.61
Muestra 2	5.77	6.80
Muestra 3	5.72	6.75
Muestra 4	5.75	6.79
Muestra 5	5.53	6.55
Promedio 5 muestras	5.67	6.70

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 17)

Los resultados obtenidos en kilogramos se convierten en porcentaje mediante la fórmula de la norma NTE-INEN 296:

$$Absorción \% = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

Donde:

P1= Masa de la muestra desecada

P2= Masa de la muestra después de 24 horas sumergida

Tabla 06 : Porcentaje de absorción de humedad

	Absorción de humedad
Muestra 1	18.04%
Muestra 2	17.85%
Muestra 3	18.01%
Muestra 4	18.09%
Muestra 5	18.44%
Promedio	18.08%

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 17)

El porcentaje de absorción de humedad total de las piezas es de 18.08%, se comparó este resultado con los parámetros de humedad presentes en la norma NTE-INEN 297 Ladrillos cerámicos. Requisitos (Anexo 9) y NTE-INEN 990 Tejas cerámicas. Requisito (Anexo 13) para comprobar que las piezas propuesta estén dentro de los rangos aceptables de las normas.

Tabla 7 : Peso de muestras en kg para prueba de humedad

Absorción de humedad obtenida	Absorción de humedad en tejas NTE-INEN 990	Absorción de humedad en ladrillos NTE-INEN 297
18.08%	18-20%	16-18%

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 17) /NTE-INEN 990. (2005).Tejas Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador./ Fuente: NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Con los resultados se puede ver que la pieza propuesta tiene una absorción de humedad que está dentro de los parámetros de las normativas vigentes actualmente, tanto para tejas como para ladrillos, por lo que es factible, en este aspecto, poder usarlas en la construcción de cubiertas.

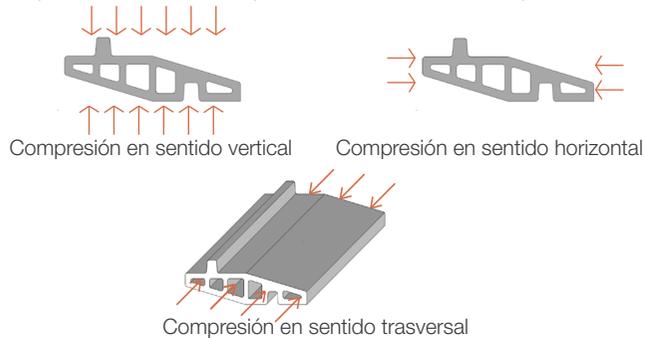
Si bien este porcentaje indica que habrá una absorción de agua moderada por parte de las piezas, se puede eliminar este pequeño porcentaje de humedad absorbida utilizando diferentes impermeabilizantes existentes en el mercado o un esmaltado superficial de la pieza, para garantizar una impermeabilidad total en cubierta.

5.5.3 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El sistema propuesto en esta tesis exige que las piezas cerámicas que lo componen trabajen a compresión por lo que vimos la necesidad de comprobar que su resistencia sea la adecuada para garantizar su correcto funcionamiento.

La determinación de la resistencia a la compresión de la pieza se realizó de acuerdo a la norma NTE-INEN 294. Ladrillos Cerámicos. Determinación de la resistencia a la compresión (Anexo 6), en la que se describe un método basado en la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra, en dirección de su menor dimensión, hasta determinar su resistencia máxima admisible.

Al tener las piezas una forma irregular y la carga a la que esta sometida no ser perpendicular o paralela a ninguno de los lados se ha realizado las pruebas de resistencia a compresión en los tres posibles sentidos de la pieza:



(la pieza no trabaja en este sentido pero se realizaron las pruebas para posibles modificaciones)

119 Sentido de aplicación de fuerzas

Procedimiento:

1. Se escogieron cinco muestras de las piezas cerámicas secas, enteras, y sin defectos apreciables realizadas en la ladrillera, 8 días después de salidas del horno.



120 Piezas seleccionadas para ensayo

2. Se codificaron y tomaron medidas de las piezas



121 Medición de las piezas seleccionadas

3. Debido a su morfología, se hicieron algunos ajustes para acoplar la pieza a la máquina y que las cargas que se apliquen sean las adecuadas.



122 Piezas sometidas a compresión

4. Se aplicó una carga progresiva sobre la pieza hasta su rotura.



123 Piezas después de aplicada la carga

Después de realizado este procedimiento de obtuvieron los siguientes datos:

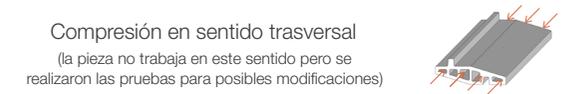
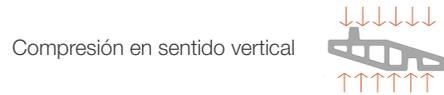


Tabla 08: Tamaño y resistencia de piezas cerámicas a compresión en sentido vertical

Código	Largo cm	Alto cm	Ancho cm	Resistencia kg/cm ²
Muestra 1	15.0	7.51	29.10	8.43
Muestra 2	15.2	7.56	29.60	2.55
Muestra 3	15.1	7.48	28.95	5.58
Muestra 4	15.1	7.45	29.05	7.07
Muestra 5	15.2	7.52	29.20	8.81
Promedio 5 muestras	15.12	7.50	29.18	6.49

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15)

Rotura de las piezas:



124 Rotura de las piezas a compresión en sentido vertical

Tabla 09: Tamaño y resistencia de piezas cerámicas a compresión en sentido horizontal

Código	Largo cm	Alto cm	Ancho cm	Resistencia kg/cm ²
Muestra 1	31.20	7.56	29.50	0.58
Muestra 2	30.90	7.49	29.32	0.52
Muestra 3	30.84	7.53	29.45	0.36
Muestra 4	31.13	7.46	28.94	0.53
Muestra 5	30.95	7.42	29.12	0.49
Promedio 5 muestras	31.00	7.49	29.26	0.50

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15)

Rotura de las piezas:



125 Rotura de las piezas a compresión en sentido horizontal

Tabla 10: Tamaño y resistencia de piezas cerámicas a compresión en sentido trasversal

Código	Largo cm	Alto cm	Ancho cm	Resistencia kg/cm ²
Muestra 1	31.26	7.48	29.62	42.7
Muestra 2	31.05	7.53	28.96	45.7
Muestra 3	30.54	7.46	28.93	44.4
Muestra 4	30.78	7.48	29.05	41.4
Muestra 5	31.13	7.56	29.12	34.5
Promedio 5 muestras	30.95	7.50	29.13	41.7

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15)

Rotura de las piezas:



126 Rotura de las piezas a compresión en sentido trasversal

Compresión en sentido vertical

Tabla 11: Resistencia a la compresión en kg/cm² y en MPa de piezas sometidas a compresión en sentido vertical

Código	Resistencia kg/cm ²	Resistencia MPa
Muestra 1	8.43	0.83
Muestra 2	2.55	0.25
Muestra 3	5.58	0.10
Muestra 4	7.07	0.69
Muestra 5	8.81	0.86
Promedio 5 muestras	6.49	0.55

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15)

Compresión en sentido horizontal

Tabla 13: Resistencia a la compresión en kg/cm² y en MPa de piezas sometidas a compresión en sentido horizontal

Código	Resistencia kg/cm ²	Resistencia MPa
Muestra 1	0.58	0.06
Muestra 2	0.52	0.05
Muestra 3	0.36	0.04
Muestra 4	0.53	0.05
Muestra 5	0.49	0.05
Promedio 5 muestras	0.50	0.05

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15)

Compresión en sentido trasversal

Tabla 15: Resistencia a la compresión en kg/cm² y en MPa de piezas sometidas a compresión en sentido trasversal

Código	Resistencia kg/cm ²	Resistencia MPa
Muestra 1	42.7	4.19
Muestra 2	45.7	4.48
Muestra 3	44.4	4.35
Muestra 4	41.4	4.06
Muestra 5	34.5	3.38
Promedio 5 muestras	41.7	4.09

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15)

Comparación con la normativa

Tabla 12: Resistencia obtenida a compresión vertical y resistencia de la normativa

	Resistencia en las piezas propuestas MPa	Resistencia mínima a la compresión MPa NTE-INEN 297
Individual	0.10	5
Promedio de 5	0.55	6

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15) / NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Comparación con la normativa

Tabla 14: Resistencia obtenida a compresión horizontal y resistencia de la normativa

	Resistencia en las piezas propuestas MPa	Resistencia mínima a la compresión MPa NTE-INEN 297
Individual	0.04	5
Promedio de 5	0.05	6

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15) / NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Comparación con la normativa

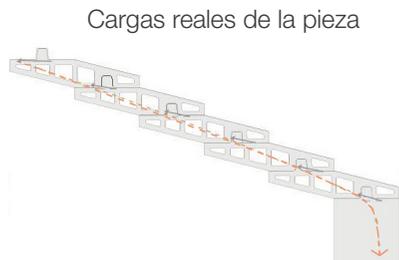
Tabla 16: Resistencia obtenida a compresión trasversal y resistencia de la normativa

	Resistencia en las piezas propuestas MPa	Resistencia mínima a la compresión MPa NTE-INEN 297
Individual	3.38	5
Promedio de 5	4.09	6

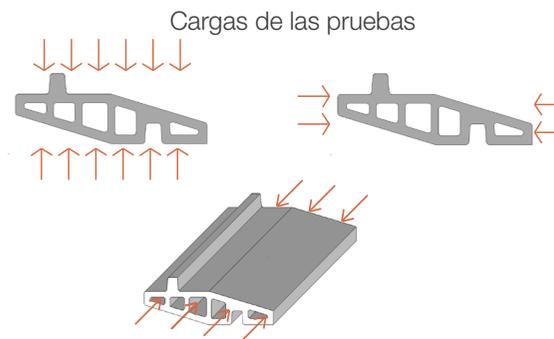
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 15) / NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Los datos obtenidos se compararon con los descritos en la norma NTE-INEN 297 Ladrillos cerámicos. Requisitos (Anexo 9) en las tablas de la 14 a la 19. Se pudo observar que las piezas propuestas no llegan a cumplir con la resistencia mínima de la norma NTE-INEN 297 Ladrillos cerámicos. Requisitos (Anexo 9). Sin embargo, si bien nos estamos basando en esta norma, debemos considerar que esta es para ladrillos estructurales, ya que no existe una normativa que regule el tipo de piezas propuestas por ser una nueva iniciativa. No se realizó la comparación con la normativa de teja, ya que no existe una determinación de resistencia a compresión de la misma.

Igualmente la carga a la que estaría sometida la pieza una vez puesta en obra sería una carga diagonal a través de la pieza (img 127) sin embargo las pruebas que se realizaron fueron con cargas horizontales, verticales y trasversales (img 128), que fueron las que se pudieron adaptar a la maquinaria existente en laboratorio para realizar estas pruebas, y que se acercan a la posible carga que recibirían las piezas pero no es la carga exacta ni la forma de trabajo de la pieza.



127 Sentido de fuerza existente en las piezas



128 Sentido de cargas aplicadas en las piezas

La baja resistencia resultante en esta prueba también se debe a la morfología de las piezas, ya que se observa que los puntos más vulnerables son los ensambles, que tienden a ser el punto de fracaso en todas las pruebas realizadas en los diferentes sentidos.

Al variar el sentido de las cargas de prueba y las cargas reales, como se dijo anteriormente, se genera un mayor esfuerzo en los ensambles, lo que lleva a la rotura de los mismos. Es por esto que para obtener la resistencia de las piezas con mayor exactitud se realizaron simulaciones digitales con las cargas exactas y después se comprobó en obra la resistencia de las piezas.

Sin embargo los ensambles no dejan de ser una parte frágil e importante al momento de construir, se debe trabajar mejor en el diseño y refuerzo de estas partes con el fin lograr mejores rangos de resistencia a compresión.

5.5.4 ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Por ser la cubierta propuesta inclinada con una luz de 6m las piezas propuestas para el sistema estarán sometidas a flexión, es por esto que su resistencia a flexión debe ser comprobada de acuerdo a las normas, para garantizar el correcto funcionamiento

La determinación de la resistencia a la flexión de la pieza se realizara de acuerdo a la norma NTE-INEN 295. Ladrillos Cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión (Anexo 7), en la que se describe un método que se basa en la aplicación de carga progresiva de flexión, con una máquina, a una muestra hasta llegar a la rotura y determinar su resistencia a flexión.

Procedimiento:

1. Se escogieron cinco muestras de las piezas cerámicas secas, enteras, y sin defectos apreciables realizadas en la ladrillera, 8 días después de salidas del horno.



129 Pieza seleccionada para ensayo a flexión

2. Se codificaron y midieron las piezas



130 Medición de las muestras para ensayo

3. Se colocaron las piezas sobre los apoyos de la máquina y se aplicó la carga hasta la rotura de la pieza.



131 Pieza sometida a flexión

Se realizó las pruebas de flexión en los sentidos trasversal y longitudinal de la pieza para estar seguros de su correcto funcionamiento, obteniendo los resultados que se presentan a continuación en la tabla 17y18:

Flexión en sentido trasversal

Tabla 17 : Datos de las muestras para pruebas de flexión en sentido trasversal

Código	Ancho de cara a cara en mm	Espesor de cara a cara en mm
Muestra 1	310.0	75.1
Muestra 2	309.0	75.2
Muestra 3	308.1	74.6
Muestra 4	312.1	75.3
Muestra 5	310.5	76.2
Promedio 5 muestras	309.9	75.28

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 16)



132 Rotura de las piezas a flexión en sentido trasversal

Flexión en sentido longitudinal

Tabla 18: Datos de las muestras para pruebas de flexión en sentido longitudinal

Código	Ancho de cara a cara en mm	Espesor de cara a cara en mm
Muestra 6	290.0	74.8
Muestra 7	295.4	75.3
Muestra 8	292.9	74.3
Muestra 9	293.1	75.0
Muestra 10	291.2	74.8
Promedio 5 muestras	292.52	74.8

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 16)



133 Rotura de las piezas a flexión en sentido longitudinal

El módulo de rotura se calculó de acuerdo a la norma NTE-INEN 295. Ladrillos Cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión (Anexo 7) en la que se calcula con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{300 G l}{2b d^2}$$

Donde:
 R= Módulo de rotura, en Megapascuales
 G=Carga de rotura, en Newtons
 l =Distancia entre apoyos en milímetros
 b=ancho de cara a cara de la muestra en milímetros
 d= promedio del espesor de cara a cara de la muestra en milímetros

De esta manera tenemos los resultados expresados a continuación en la tabla 19:

Tabla 19 : Resistencia a la flexión en kg/m2 y MPa

Código	Resistencia kg/m ²	Resistencia MPa
Flexión en sentido trasversal		
Muestra 1	6.52	0.64
Muestra 2	8.03	0.79
Muestra 3	6.93	0.68
Muestra 4	8.08	0.79
Muestra 5	5.88	0.58
Promedio 5 muestras	7.09	0.70
Flexión en sentido longitudinal		
Muestra 1	15.14	1.49
Muestra 2	18.99	1.86
Muestra 3	18.14	1.78
Muestra 4	14.61	1.43
Muestra 5	15.12	1.48
Promedio 5 muestras	16.40	1.61

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 16)

Los resultado obtenidos en estas pruebas se han comparado con los requisitos expuestos en las normas NTE-INEN 297 Ladrillos Cerámicos. Requisitos y NTE-INEN 990 Tejas Cerámicas en la tabla 20:

Tabla 20: Comparación de resistencia de muestras relajadas y normativa

	Longitudinal	Trasversal
Resistencia obtenida MPa	1.61	0.70
Resistencia obtenida kg/cm²	16.40	7.09
Resistencia (ladrillos) MPa	4	4
Resistencia (tejas) kg/cm²	100	100

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 16) / NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador./ NTE-INEN 990. (2005).Tejas Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Después de realizar estas pruebas se observa que las piezas propuestas no llegan a los rangos de resistencia a flexión esperados.

Esta baja resistencia puede mejorarse con un cambio en la materia prima y en el diseño morfológico de la pieza, Poniendo especial cuidado en el refuerzo de los ensambles, ya que a flexión trasversal todas las piezas fracasan en este punto.

5.5.5 ENSAYOS DE RESISTENCIA DE DIFERENTES MATERIALES

Teniendo en cuenta que la construcción de una cubierta requiere que la misma sea lo más liviana posible para evitar generar cargas en los muros, se ha trabajado en posibilidades de alivianar la pieza. Desde un principio se trabajó con la morfología de las piezas para lograr que estas tengan el menor peso posible, razón por la cual se diseñaron huecas. Sin embargo el peso de las piezas sigue siendo considerable, por esto realizamos algunos experimentos con la mezcla de arcilla utilizada en la fábrica.

Para esto realizamos tres mezclas con diferentes materiales que podrían generar una disminución en el peso de la pieza y las comparamos entre ellas, y con la arcilla utilizada generalmente en la elaboración de ladrillos, para poder contrastar su resistencia, su peso y porosidad. Analizando la posibilidad de su uso en cubierta.

Se realizó una muestra con la arcilla usada comúnmente en la ladrillera, tres muestras mezcladas con aserrín triturado, tres muestras mezcladas con esferas de poliestireno y tres muestras de una mezcla de tres arcillas obtenidas en ladrillera. Se compactó estas mezclas manualmente en moldes circulares de 10cm de radio por 20cm de alto, una vez elaboradas las muestras se las dejó secar durante 15 días y se quemaron en horno de leña durante 24 horas.

Estas muestras se llevaron a laboratorio donde se hicieron pruebas de compresión para establecer su resistencia obteniendo los resultados de la tabla 20:

Tabla 21 :Comparación de resistencia y peso de materiales

		Peso kg	Altura cm	Diámetro cm	Resistencia kg/cm ²
ARCILLA NORMAL UTILIZADA EN LA FABRICA		2.30	18.50	9.40	62.00
MEZCLA DE TRES ARCILLAS	Muestra 1	2.05	17.60	9.60	44.00
	Muestra 2	2.07	18.20	9.20	35.00
	Muestra 3	2.08	18.00	9.20	44.00
		2.07	17.93	9.33	41.00
ARCILLA CON ACERRIN	Muestra 1	1.79	17.00	9.50	39.00
	Muestra 2	1.80	17.20	9.60	49.00
	Muestra 3	1.79	17.90	9.30	40.00
		1.79	17.37	9.47	42.67
ARCILLA CON POLIESTIRENO	Muestra 1	1.92	18.30	9.50	29.00
	Muestra 2	1.96	18.20	9.40	25.00
	Muestra 3	1.94	18.30	9.50	35.00
		1.94	18.27	9.47	29.67

Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 18)



134 Arcilla normal de la fábrica

Arcilla utilizada en la fábrica:

Mezcla realizada con tierra de Cumbe en proporciones de arcillas y tierras plásticas 1:1.

Esta arcilla es la usada comúnmente para la fabricación de ladrillo, por lo que se utilizó los valores de esta muestra para comparar con la resistencia y el peso de las demás muestras experimentales.



136 Arcilla con poliestireno

Arcilla con poliestireno:

Mezcla de la arcilla utilizada en la fábrica con poliestireno en forma de esferas de 3mm. La proporción utilizada es de 2/3 de arcilla y una 1/3 de poliestireno.

Esta muestras resultaron tener un peso medio y pero una resistencia demasiado baja.

Además las porosidades que se generan hacen que este material no sea apto para un uso en cubierta.



135 Arcilla con aserrín

Arcilla con aserrín:

Mezcla de la arcilla utilizada en la fábrica con aserrín triturado en proporciones de 4/5 de arcilla con 1/5 de aserrín.

Esta muestra resulto muy liviana y más resistente en comparación con las otras. No se generaron grandes porosidades por lo que podría ser adecuada para usar en cubierta.



137 Mezcla de tres arcillas

Mezcla de tres arcillas:

Mezcla de tres tipos de arcilla, roja, blanca y amarilla, en proporciones 1:1:1.

Estas muestras resultaron con un peso alto y una resistencia media, por lo que podrían ser una buena opción para cubierta si se lograra reducir más su peso.

Resultados:

Al experimentar con la arcilla notamos, primeramente los cambios que sufre el material en sus etapas de elaboración. Al salir del horno notamos que las muestras cambian de color, su peso se redujo y se encogieron más o menos 1cm.

Después de realizar las pruebas se comprobó que existen varias posibilidades de alivianar el peso de las piezas experimentando con diferentes materiales, se utilizaron los que estuvieron a nuestro alcance para no generar un gasto innecesario de recursos y fueron escogidos por su baja densidad y debido a que se queman a altas temperaturas, generando así espacios de aire al interior del material que reducen su peso

Con estos resultados se concluyó que los materiales como el aserrín triturado pueden ser utilizados para alivianar la pieza ya que al mezclarlo con arcilla esta muestra presento una resistencia menor que la arcilla común pero mayor que las otras muestras, sin generar mayor porosidad en su superficie. También se puede trabajar en conjunto con impermeabilizantes para solventar los problemas de ingreso de agua debido a la porosidad, obteniendo así piezas livianas pero que garantizan la impermeabilización completa de la cubierta.

Las otras dos muestras realizadas con mezcla de arcillas y con poliestireno no ofrecen resistencia adecuada para las necesidades de nuestro prototipo, además en el caso del poliestireno presenta demasiada porosidad.

5.6 COMPORTAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO

Análisis Térmico

Para este análisis se utilizó el software de simulación ambiental ECOTECT. Se analizó la temperatura interior y exterior de una cubierta tradicional y la cubierta propuesta el día más frío y el más cálido del año, con el fin de comparar el aislamiento térmico de los dos sistemas.

DÍA MÁS CÁLIDO

En Cuenca es el 18 de septiembre y alcanza temperaturas en el exterior de hasta 26°C a las 3 de la tarde y hasta 10°C a las 3 de la mañana.

Cubierta de teja (img. 138): Con esta se alcanza una temperatura interior máxima de 21°C y mínima de 13°C.

Cubierta propuesta (img. 139): Con esta se alcanza una temperatura interior máxima de 17°C y mínima de 14°C.

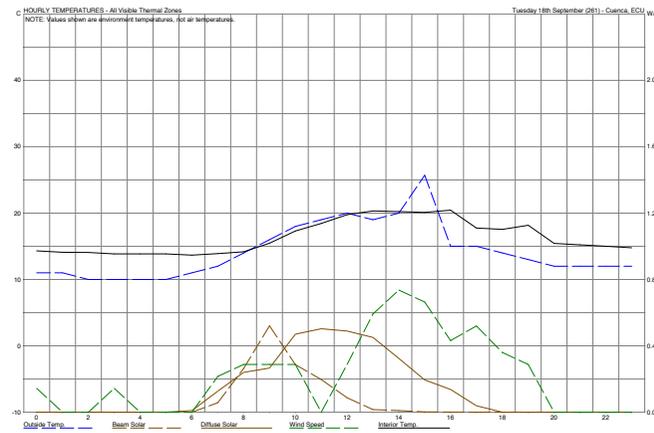
Con la cubierta propuesta se genera una temperatura regular de confort a lo largo del día, mientras que con la cubierta de teja se generan altas temperaturas en los momentos más cálidos.

DÍA MÁS FRÍO

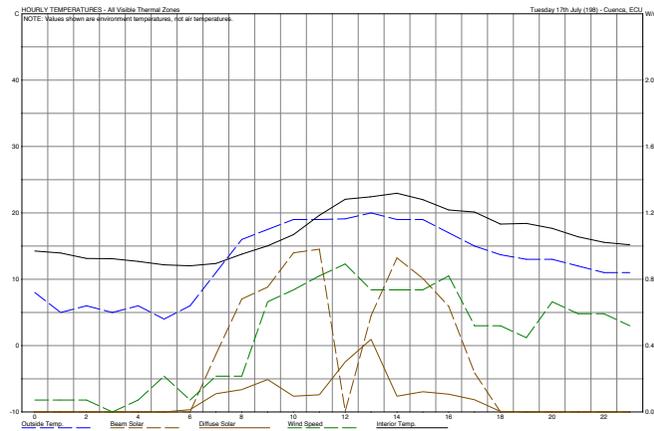
En Cuenca es el 17 de julio y se alcanzan temperaturas de hasta 20°C al medio día y hasta 4°C a las 5 de la mañana.

Cubierta de teja (img. 140): Con esta se alcanza una temperatura interior máxima de 23°C y mínima de 12°C.

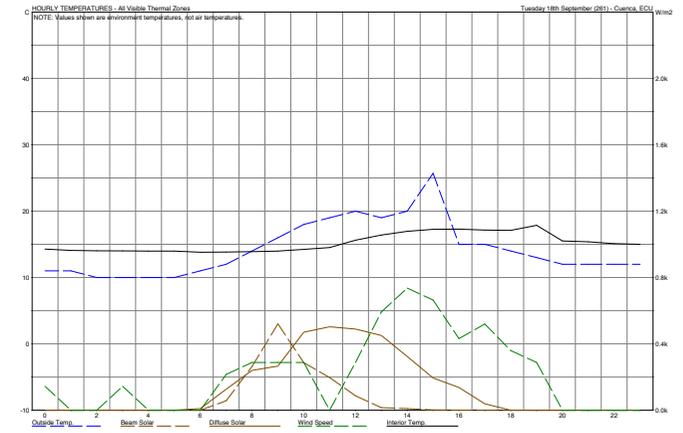
Cubierta propuesta (img. 141): Con esta se alcanza una temperatura interior máxima de 18°C y mínima de 13°C. Igualmente, con la cubierta propuesta, se mantiene una temperatura confortable al interior, mientras que con la tradicional se alcanzan altas temperaturas, en algunos momentos del día.



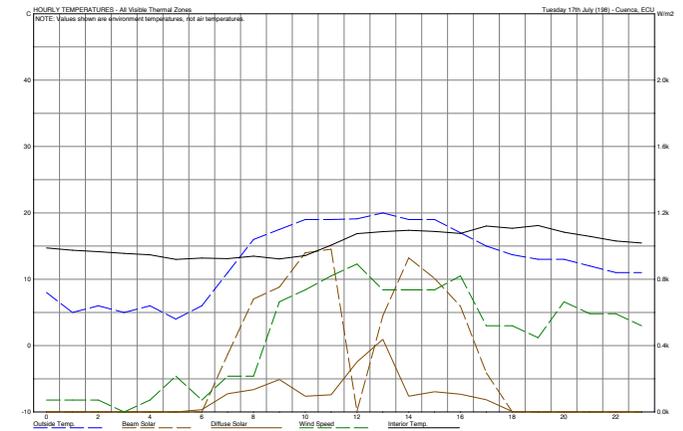
138 Análisis de temperatura con cubierta tradicional de teja el día más cálido del año



140 Análisis de temperatura con cubierta tradicional de teja el día más frío del año



139 Análisis de temperatura con la cubierta propuesta el día más cálido del año



141 Análisis de temperatura con la cubierta propuesta el día más frío del año

Análisis Acústico

Para medir y evaluar el aislamiento acústico que tiene el prototipo planteado se analizó los niveles de ruido que ingresan al interior de un cubo elaborado con las piezas cerámicas propuestas, la medición se realizó con la ayuda de una fuente emisora de ruido y un sonómetro.

Se emitió ruido en distintas ponderaciones sonoras (A, C y Z) durante 15 minutos y se obtuvieron los siguientes datos:

- Para el nivel sonoro ponderado Z existe una diferencia promedio entre el ruido emitido en el exterior y el ruido interior de 21 dB
- Para el nivel sonoro ponderado C existe una diferencia promedio entre el ruido emitido en el exterior y el ruido interior de 28.65 dB
- Para el nivel sonoro ponderado A existe una diferencia promedio entre el ruido emitido en el exterior y el ruido interior de 15.9 dB

Después de realizar este análisis (Anexo 21 y 22) podemos concluir que el prototipo de pieza planteado, gracias a su material y forma aísla un promedio de 21.85 dB,

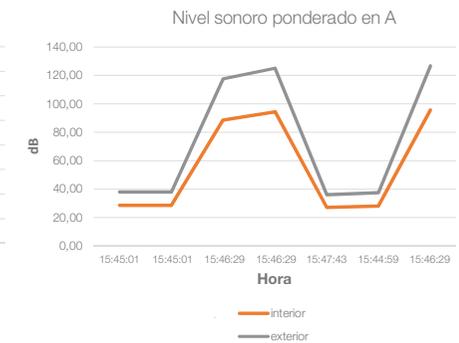
Según la “Ordenanza para controlar la contaminación ambiental originada por la emisión de ruidos”, en Cuenca el nivel de ruido exterior para zona residencial y residencial mixta es de 50-55 dB durante el día y 40-45dB en la noche, de acuerdo a estos datos el nivel de ruido recibido en el interior de la vivienda con las piezas propuestas es de 28-33 dB en el día y 19-25 dB en la noche, logrando así un confort acústico al interior de la vivienda.



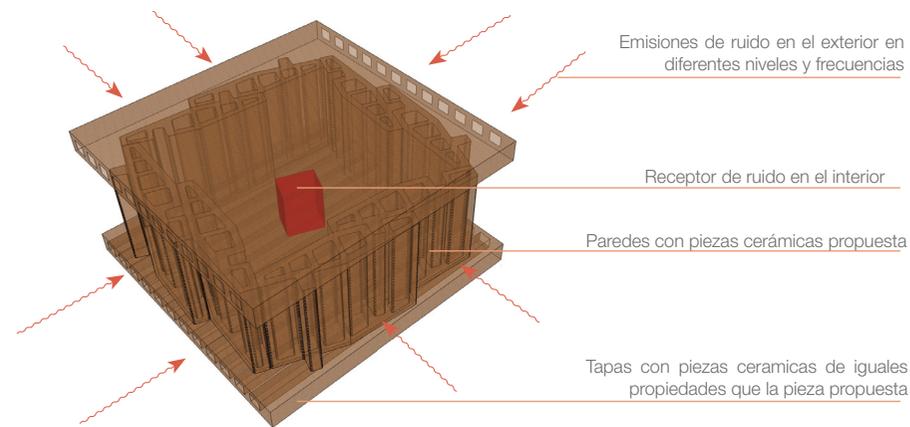
142 Gráfico nivel sonoro ponderado en Z



143 Gráfico nivel sonoro ponderado en C



144 Gráfico nivel sonoro ponderado en A



145 Caja realizada para análisis acústico



5.7 RENDIMIENTO DE MATERIALES

Cubierta habitual de teja

Se realizó un análisis de los materiales utilizados en la construcción de un m² de una cubierta habitual, con estructura de madera, soporte de fibrocemento y recubrimiento de teja, con el fin de compararla con los materiales utilizados en un m² de la cubierta propuesta.

A continuación se detalla la cantidad de materiales utilizados comúnmente en una cubierta habitual de teja:

Tabla 22: Materiales utilizados en la construcción de 1m² de cubierta habitual

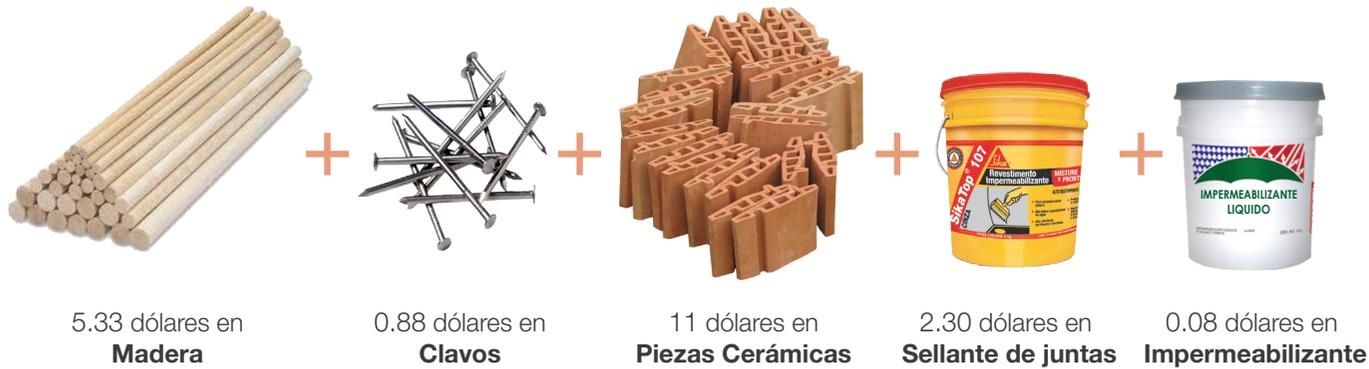
MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD por m ²	COSTO
Estructura			
Vigas de madera de 7x14cm	m	1.44	2.02
Vigas de madera de 14x14cm	m	0.65	1.03
Tiras de 4x5cm x 6m	u	2	2.42
Pernos 3/8 x6cm	u	4	1.12
			6.59
Soporte			
Plancha de fibrocemento	u	0.50	6.82
Tirafondos 4 pulg.	u	4	0.44
Capuchón	u	4	0.20
			7.46
Recubrimiento			
Teja redonda de 20 x 35 x 3 cm	u	21	5.25
Alambre galvanizado	kg	0.9	1.35
Pintura	galón	0.01	0.17
			6.77

Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Consulta a expertos.



146 Materiales para la construcción de una cubierta habitual.

Cubierta con piezas cerámicas propuestas



147 Materiales para la construcción de la cubierta propuesta

Se realizó el análisis de un m² de cubierta con datos obtenidos en obra, para poder comparar con la cantidad de recursos utilizados en el sistema tradicional. A continuación se detalla los materiales y cantidades:

Tabla 23 : Materiales utilizados en la cubierta propuesta

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD por m ²	COSTO
Piezas cerámicas propuestas	u	22	11.00
Vigas de madera de 14x14cm	m	1.44	2.30
Tiras de 4x5cm x 6m	u	2.50	3.03
Clavos de 4 pulgadas	u	4	0.88
Sellante de juntas SikaTop	kg	0.5	2.30
Impermeabilizante	galón	0.01	0.08

19.59

Fuente: Experiencia de los autores en la construcción de la cubierta

Al hacer esta comparación entre los materiales necesarios para la construcción de una cubierta habitual de teja y la cubierta de ladrillo propuesta, se puede tener una perspectiva del consumo de recursos existente en cada uno de los sistemas. Se puede observar que el consumo de materiales es mayor en la cubierta habitual, ya que al estar compuesta de tres partes genera tres rubros diferentes para el armado de la misma cubierta que puede ser solventada con menos materiales y como una sola estructura mediante el sistema propuesto.

De esta manera se economizaría el costo de materiales en un 6% en cada m² con el sistema propuesto, generando un ahorro significativo al momento de construir.

5.8 ANÁLISIS DE COSTOS

Para poder competir en el mercado, el sistema propuesto debe generar un ahorro económico en comparación con los sistemas tradicionales, es por esto que se ha realizado un análisis de costos de los rubros que intervienen en la construcción de la cubierta habitual de teja y los que intervienen en la construcción del sistema propuesto.

Para poder realizar el análisis se ha buscado información con constructores expertos en el tema, empresas proveedoras de materiales y maquinaria, y revistas de construcciones. Sin embargo cabe recalcar que, los valores utilizados son sólo referenciales, ya que los valores de materiales, equipo y mano de obra pueden variar de acuerdo a la oferta y a la demanda de las diferentes empresas, pero se han tomado valores promedio para los efectos de este análisis.

La comparación de costos se ha realizado mediante Análisis de precios unitarios o APU, es un estudio unitario que sirve para conocer los valores unitarios de cada procedimiento o rubro que se lleva a cabo en una obra.

Este análisis de precios unitarios está integrado por cuatro partes: equipos, mano de obra, materiales y transporte. El objetivo de estos análisis (APU) es fijar el costo de cada una de estas unidades de obra realizadas en una construcción.

Para la realización del análisis se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

Costos directos:

Equipos: En esta parte se ha considerado el costo por unidad de obra del equipo que se va a utilizar en la actividad, los rubros planteados en este análisis solo ocupan herramienta menor para su elaboración, por lo que se ha tomado como costo el 5% de la mano de obra.

Mano de obra: Para obtener el costo unitario de mano de obra, se ha utilizado los rendimientos históricos obtenidos en actividades y han sido consultados con constructores, son los rendimientos totales de una actividad, constituidos por las “horas albañil” y las “horas peón” necesarias para ejecutar una unidad de obra en la actividad que se esté analizando. También se ha considerado las “horas maestro de obra”, que tendrán una participación del 10% en todas las obras realizadas ya que este es el responsable de dirigir todos los rubros.

La cantidad de horas de trabajo se ha multiplicado por el costo del jornal/hora, para obtener este valor se ha consultado el salario mínimo por ley para el 2016, encontrado en la Contraloría general del estado, se ha obtenido así el costo por hora en la actividad.

Este costo se multiplicó por el factor de rendimiento obtenido consultando a expertos y por experiencia de los autores en obra. Se sumaron los resultados obtenidos y se obtuvo así el costo por concepto de mano de obra de una unidad de obra del rubro analizado.

Materiales: Se ha obtenido la cantidad de materiales por cantidades se ha agregado un porcentaje por desperdicio y el resultado se ha multiplicado por los costos unitarios de cada uno de los materiales en el mercado.

Los costos utilizados se obtuvieron mediante la consulta a empresas proveedoras de materiales, a expertos en el tema y revistas de construcciones (Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53). Se sumó dichos costos y se obtuvo el costo unitario por concepto de materiales.

Transporte: Es el costo que tiene transportar el material al lugar de construcción, para motivos de este análisis se ha tomado un costo del 2% del costo del material, ya que no se tendrá un lugar específico de construcción.

Costos indirectos:

Son los costos por concepto de administración, imprevistos y utilidades. Estos costos se calculan en base de porcentajes, sobre el costo directo de la actividad. En este caso se ha tomado el 22%, ya que es el porcentaje usado comúnmente por los constructores en la ciudad.

A continuación se muestra el costo a la fecha enero 2016, de la construcción de un metro cuadrado de cubierta con un sistema habitual y se lo compara con el costo de un metro cuadrado de la cubierta propuesta para poder encontrar los aspectos económicos positivos y negativos de cada sistema y reflejar la diferencia que significa construir las cubiertas utilizando este nuevo sistema.

ANÁLISIS DE CUBIERTA HABITUAL

Para este análisis se ha considerado como cubierta habitual a aquella que está constituida por estructura de madera, soporte de fibrocemento y recubrimiento de teja, ya que es la más utilizada en la construcción de viviendas en Cuenca según la encuesta que se ha realizado a los constructores de la ciudad.

El análisis se ha dividido en tres rubros diferentes para poder analizar los costos con mayor exactitud y estos se dividen de la siguiente manera:

Estructura de madera: Se refiere a la colocación de vigas, cabios y tiras de madera que estructuran a la cubierta y que para este caso se ha realizado con madera de eucalipto ya que, según los constructores es un material resistente y relativamente barato.

Soporte de fibrocemento: Este rubro se refiere a la colocación de planchas de fibrocemento sobre la estructura de madera antes mencionada. Se ha realizado el análisis con planchas de fibrocemento por ser un material asequible en el medio, liviano, económico y de fácil colocación.

Revestimiento de teja: Se refiere a la colocación de tejas cerámicas sobre las planchas de fibrocemento. Se ha escogido tejas redondas barnizadas que son las más comunes en la ciudad y colocadas solo tapas.

A continuación se detallan cada uno de los rubros:

Tabla 24: Análisis de precios unitarios de estructura de madera

RUBRO: Estructura de madera para cubierta

UNIDAD: m²

DETALLE: Armadura de estructura con madera (tucos y tiras) eucalipto

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor		5% MO			0,14
SUBTOTAL EQUIPO:					0,14
1,44 %					
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
peón	1,00	3,26	3,26	0,40	1,30
carpintero	1,00	3,30	3,30	0,40	1,32
maestro de obra	0,10	3,66	0,37	0,40	0,15
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					2,77
28,77 %					
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS UNITARIOS	COSTO	
Vigas de Madera de 7x14cm x 6m Eucalipto	m	1,44	1,40	2,02	
Vigas de Madera de 14x14cm x 6m Eucalipto	m	0,65	1,60	1,03	
Tiras de 4*5cm	u	2,00	1,21	2,42	
Pernos 3/8 x 6cm	u	4,00	0,28	1,12	
SUBTOTAL MATERIAL:					6,59
68,43 %					
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Vigas de Madera de 7x14cm x 6m Eucalipto	u	1,44	0,03	0,04	
Vigas de Madera de 14x14cm x 6m Eucalipto	u	0,65	0,03	0,02	
Tiras de 4*5cm	u	2,00	0,02	0,05	
Pernos 3/8 x 6cm	u	4,00	0,01	0,02	
SUBTOTAL TRANSPORTE:					0,13
1,37 %					
TOTAL COSTO DIRECTO:					9,63
INDIRECTOS Y UTILIDADES (22%):					2,12
OTROS INDIRECTOS:					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					11,75

Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

Tabla 25 : Análisis de precios unitarios de soporte de Fibrocemento

RUBRO: Recubrimiento de cubierta con fibrocemento eternit.

UNIDAD: m2

DETALLE: Colocación de planchas de fibrocemento onduladas 2,44 x 1,22m marca Eternit

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor		5% MO			0,10
SUBTOTAL EQUIPO:					0,10
					1,03 %
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
peón	1,00	3,26	3,26	0,30	0,98
albañil	1,00	3,30	3,30	0,30	0,99
maestro de obra	0,10	3,66	0,37	0,30	0,11
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					2,08
					20,65 %
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS UNITARIOS	COSTO	
plancha de fibrocemento 2,44 x 1,22 m (ETERNIT)	u	0,50	13,63	6,82	
Tirafondos de 4 pulgadas	u	4,00	0,11	0,44	
Capuchón	u	4,00	0,05	0,20	
SUBTOTAL MATERIAL:					7,46
					74,08 %
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
plancha de fibrocemento 2,44 x 1,22 mm (ETERNIT)	u	0,50	0,27	0,38	
Tirafondos de 4 pulgadas	u	2,00	0,00	0,02	
Capuchón	u	4,00	0,00	0,02	
SUBTOTAL TRANSPORTE:					0,43
					4,25 %
TOTAL COSTO DIRECTO:					10,06
INDIRECTOS Y UTILIDADES (22%):					2,01
OTROS INDIRECTOS:					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					12,08

Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

Tabla 26: Análisis de precios unitarios de recubrimiento de teja

RUBRO: Recubrimiento con teja redonda

UNIDAD: m2

DETALLE: Teja toledo redonda prepintada rojo teja PIONERO 0,2m xx0,35m x 0,03m

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
herramienta menor		5% MO			0,31
SUBTOTAL EQUIPO:					0,31
					2,29 %
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
peón	2,00	3,26	6,52	0,60	3,91
albañil	1,00	3,30	3,30	0,60	1,98
maestro de obra	0,10	3,66	0,37	0,60	0,22
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					6,11
					45,84 %
MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS UNITARIOS	COSTO	
Teja toledo redonda PIONERO 0,2m xx0,35m x 0,03m	u	21,00	0,25	5,25	
alambre galvanizado #18	kg	0,90	1,50	1,35	
Pintura	galon	0,01	17,00	0,17	
SUBTOTAL MATERIAL:					6,77
					50,78 %
TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
Teja toledo redonda PIONERO 0,2m x 0,35m x 0,03m	u	21,00	0,01	0,11	
alambre galvanizado #18	kg	1,25	0,03	0,04	
Pintura	galon	0,01	0,34	0,00	
SUBTOTAL TRANSPORTE:					0,15
					1,09 %
TOTAL COSTO DIRECTO:					13,33
INDIRECTOS Y UTILIDADES (22%):					2,93
OTROS INDIRECTOS:					0,00
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					16,27

Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

ANÁLISIS DE CUBIERTA PROPUESTA

Este análisis se ha realizado después de construir una muestra de la cubierta en escala real, con esta muestra se ha podido conocer las herramienta, materiales y mano de obra que se necesitó para construir la cubierta, así como el tiempo que tarda y la facilidad de manipulación de las piezas.

La construcción de este prototipo se realizó en la ciudad de Cuenca, una vez levantadas las paredes se realizó una estructura de madera, en la cual se anclan las piezas cerámicas.

Se construyó inicialmente una estructura de cumbrero y cabios para asentar las piezas pero esta estructura solo servirá de soporte para concluir la colocación de las piezas cerámicas. Al tratarse de una prueba del sistema solo se colocaron tres filas de piezas traslapadas.

La elaboración de esta cubierta de 4 metros por 1 metro de ancho demoró aproximadamente 4 horas y se utilizó como mano de obra un albañil y un peón. Los materiales utilizados fueron aproximadamente 70 piezas cerámicas propuestas de 31x29x7.5cm, 8 tiras de madera de 4x5cm, 5 vigas de madera de 14x14 cm y clavos de 3 y 4 pulgadas.

Con este proceso se generó un solo rubro de cubierta y se realizó el análisis de precios unitarios que se presenta a continuación:

Tabla 27 : Análisis de precios unitarios de cubierta propuesta

EQUIPOS						UNIDAD:	m2
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
herramienta menor		5% MO			0,36		
SUBTOTAL EQUIPO:					0,36		1,32 %
MANO DE OBRA							
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO		
peón	1,00	3,26	3,26	1,05	3,42		
carpintero	1,00	3,30	3,30	1,05	3,47		
maestro de obra	0,10	3,66	0,37	1,05	0,38		
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					7,27		26,34 %
MATERIALES							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIOS UNITARIOS	COSTO			
Piezas cerámicas de 30 x 30cm	u	22,00	0,50	11,00			
Vigas de Madera de 14x14cm x 6m Eucalipto	m	1,44	1,60	2,30			
Tiras de 4*5cm	u	2,50	1,21	3,03			
Clavos de 4 pulgadas	u	4,000	0,22	0,88			
Sellante de juntas SikaTop 107 Seal	kg	0,500	4,60	2,30			
Impermeabilizante líquido transparente	galón	0,010	8,00	0,08			
SUBTOTAL MATERIAL:					19,59		70,96 %
TRANSPORTE							
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO			
Piezas cerámicas de 30 x 30cm	u	22,00	0,01	0,22			
Vigas de Madera de 14x14cm x 6m Eucalipto	m	1,44	0,03	0,05			
Tiras de 4*5cm	u	2,00	0,02	0,05			
Clavos de 4 pulgadas	u	4,000	0,00	0,02			
Sellante de juntas SikaTop 107 Seal	kg	0,500	0,09	0,05			
Impermeabilizante líquido transparente	galón	0,010	0,16	0,00			
SUBTOTAL TRANSPORTE:					0,38		1,38 %
TOTAL COSTO DIRECTO:					27,60		
INDIRECTOS Y UTILIDADES (22%):					6,07		
OTROS INDIRECTOS:					0,00		
COSTO TOTAL DEL RUBRO:					33,68		

Fuente: Experiencia constructiva de los autores

Se ha tenido en cuenta que al ser la pieza cerámica propuesta nueva en el mercado no existe un precio establecido para dicho material. Para poder fijar un valor económico se ha analizado el costo de la materia prima, y el proceso de elaboración. Cabe recalcar que existe un costo adicional de inversión que se genera en la elaboración de la matriz de acero para dar forma a las piezas. Esta matriz tuvo un costo de elaboración de aproximadamente 500 dólares, pero esta podría producir alrededor de un millón de piezas durante su vida útil. De esta manera el costo de inversión es relativamente bajo y puede ser recuperado incrementando mínimamente el costo de cada una de las piezas. El precio que se ha establecido después de analizar su costo de producción es de 50 centavos por cada pieza de 31 x 29 x 7.5cm.

Al realizar los análisis de precios unitarios se puede observar claramente que la necesidad de mano de obra y el tiempo de construcción es mayor en la cubierta habitual. El hecho de que la cubierta habitual cuente con tres rubros diferentes, uno dependiente del otro, y utilice distintos tipos de materiales genera que la cubierta tenga mayor tiempo de construcción. La nueva propuesta, por su fácil puesta en obra, genera únicamente un rubro a ser tomado en cuenta, sin embargo la rapidez de su construcción depende de su forma de armado, ya que se debe ir trabando las piezas unas con otras adecuadamente, hasta concluir.

Una vez realizados los análisis de precios unitarios de los dos sistemas se ha podido obtener el costo total de un m² de una cubierta habitual de teja y la cubierta propuesta, se muestra un resumen en las tablas 21 y 28:

Tabla 28 : Resumen de análisis de precios unitarios de cubierta tradicional

CUBIERTA TRADICIONAL	
Estructura de madera	
Equipo y herramientas	0.14
Mano de obra	2.77
Materiales	6.59
Transporte	0.13
Indirectos y utilidades	2.12
TOTAL	11.75
Soporte de fibrocemento	
Equipo y herramientas	0.10
Mano de obra	2.08
Materiales	7.46
Transporte	0.43
Indirectos y utilidades	2.01
TOTAL	12.08
Recubrimiento de teja	
Equipo y herramientas	0.31
Mano de obra	6.11
Materiales	6.77
Transporte	0.15
Indirectos y utilidades	2.93
TOTAL	16.27
Costo total del m2 de cubierta	40.10

Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

Tabla 29: Resumen de análisis de precios unitarios de cubierta propuesta

CUBIERTA PROPUESTA	
Equipo y herramientas	0.36
Mano de obra	7.27
Materiales	19.59
Transporte	0.38
Indirectos y utilidades	6.07
Costo total del m2 de cubierta	33.68

Fuente: Experiencia constructiva de los autores

Después de realizar esta comparación de precios unitarios se puede ver los costos que involucran la construcción de los dos sistemas, y se ha notado que la cubierta propuesta puede generar hasta un ahorro del 16% al momento de construir en comparación con la cubierta habitual, permitiéndole a competir en el mercado cuencano para generar innovación, agilizar el tiempo de construcción y reducir el costo de materiales.

Al ser una cubierta más económica esta se vuelve más asequible para la gente, pudiendo llegar a ser la primera opción al momento de construir.

5.9 ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO



148 Construcción de paredes de bloque y colocación de vigas de madera



149 Construcción de viga de borde



150 Construcción de estructura de madera



154 Primera ala de la cubierta terminada



155 Colocación de la primera fila de la segunda ala de la cubierta



156 Construcción de la segunda ala de la cubierta



151 Colocación de la primera pieza cerámica



152 Colocación de la segunda fila de piezas cerámicas



153 Construcción de una agua de la cubierta



157 Textura de la cubierta acabada



158 Vista superior de la cubierta acabada



159 Cubierta acabada



160 Cubierta terminada vista frontal



161 Cubierta terminada vista interior



162 Cubierta terminada vista exterior



163 Alero y canal



164 Armado de piezas

5.10 MANUAL DE CONSTRUCCIÓN

MATERIALES



Tiras de Madera



Clavos



Impermeabilizante



Piezas Cerámicas

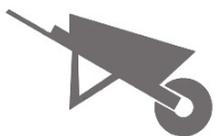
HERRAMIENTAS



Serrucho



Martillo

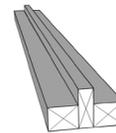
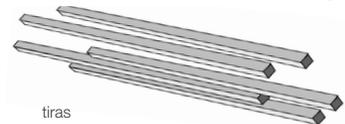
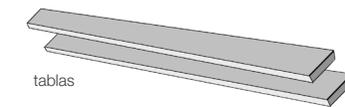
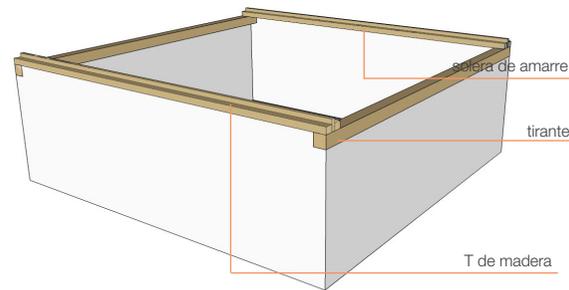


Carretilla



Amoladora

1

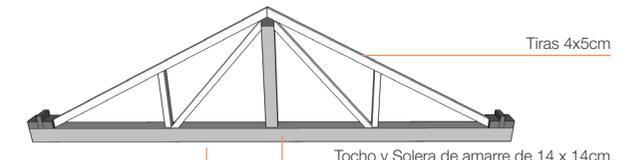
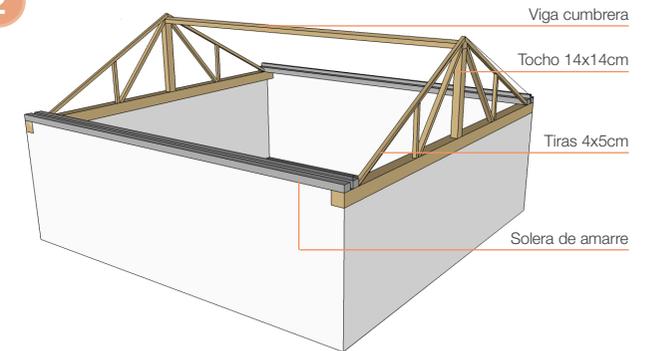


T de madera

Después de haber realizado los cimientos y levantado las paredes de la vivienda se debe crear la viga macho en la cual se anclan las piezas cerámicas.

Para su construcción se necesita 4 tiras y 2 tablas. Se coloca las dos tiras a los extremos de la tabla formando una T invertida que sirve para el posterior ensamble de las piezas cerámicas. Para ese trabajo es importante que se las sujete mediante clavos o tirafondos a la solera de amarre ya que este es el punto que transmite las cargas a las paredes.

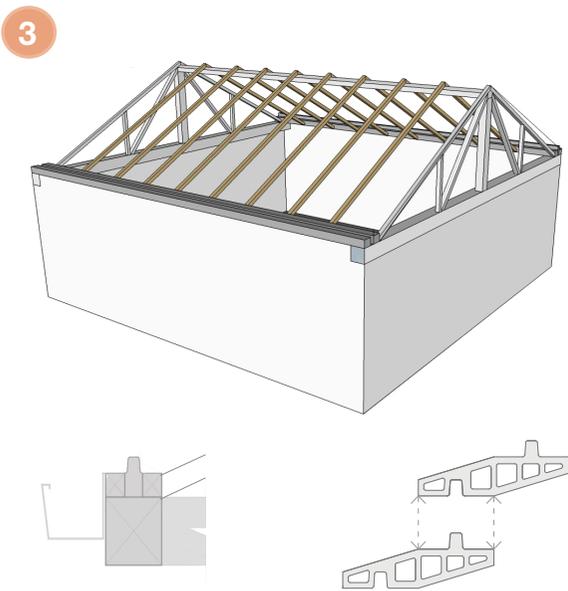
2



Estructura de madera

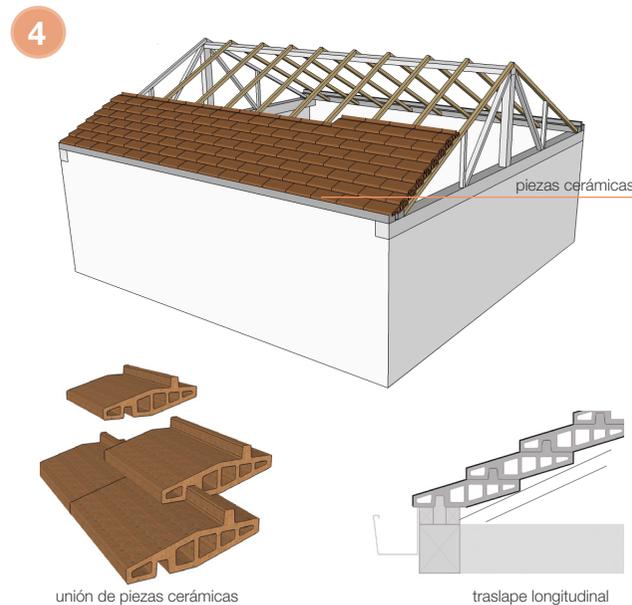
Una vez alineadas y niveladas las vigas, se procede a sujetar la estructura de madera que forma el pórtico a la solera de amarre, la distancia entre cada nodo de la estructura es de 1.50m.

Las tiras se sujetan a la solera de amarre y a la viga cumbrera para formar una armadura que es la estructura en la cual se asentarán las piezas cerámicas. Estas además servirán de sujeción final del prototipo propuesto, brindando estabilidad y rigidez a la cubierta.



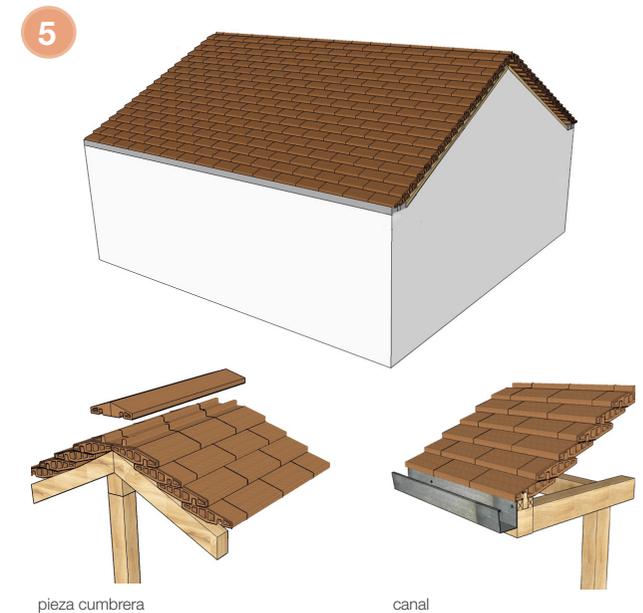
Construida la armadura de madera se procede a colocar tiras de 4x5cm cada 60cm asentadas sobre el cumbrero y la viga de amarre, estos elementos forman parte del soporte de la cubierta, donde se asentaran las piezas cerámicas.

Se replantea la primera fila horizontal perpendicular a la línea de máxima pendiente, empezando desde la parte más baja del faldón hasta alcanzar la línea de cumbrera de la cubierta, encajando unas piezas con otras, siendo indiferente comenzar por la derecha o por la izquierda.



En la primera fila se debe asegurar la sujeción de cada pieza cerámica a la T de madera invertida. Las demás tejas quedarán simplemente apoyadas sobre las tiras, impidiendo su deslizamiento gracias a la forma que poseen en la cara interior.

Estas se solaparán transversal y longitudinalmente entre sí según se indica. Para lograr una colocación homogénea de las tejas en cuanto al solape, se utiliza un sellante de juntas. Además se debe hacer toda la colocación de tubos plásticos para cualquier instalación prevista en el cielo falso.



Después de colocada la estructura de madera y las piezas cerámicas, se deberá:

- a. Colocar la pieza cumbrera en la unión de los dos faldones.
- b. Colocar el canal para la evacuación de aguas lluvias.
- c. Colocar impermeabilizante líquido en toda la cubierta como acabado final.

En aleros, laterales, líneas de cumbreras, encuentros con paramentos verticales y en cualquier otro punto singular, es necesario fijar todas las tejas.

CONCLUSIONES

CAPÍTULO V

Después de realizar este capítulo, construir el prototipo y realizar las pruebas podemos concluir que:

- Llegar a obtener una forma que cumpla con los parámetros y requerimientos tanto funcionales como estructurales requiere de una investigación extensa y sobre todo de experimentación. Las prácticas de prueba-error son las que han llevado a desarrollar paso a paso el prototipo que se presenta en este trabajo.
- En cuanto al diseño funcional y la forma de la pieza se puede decir que esta nació de una idea básica pero se fue desarrollando tras varias experiencias y con la asesoría de personas con amplios conocimientos sobre el tema.
- El diseño, elaboración y correcto funcionamiento de la matriz requiere estudio, y gran cantidad de pruebas para poder garantizar una correcta extracción de la pieza.
- Los ensambles entre piezas son un aspecto que debe ser tratado con mucha precisión, de esto depende el hermetismo de la superficie y el correcto funcionamiento del sistema. El ensamble que se ha realizado para esta propuesta es el que mejor se ajustó a las necesidades de acople y a la tecnología de fabricación.
- El diseño estructural es esencial para conocer los puntos débiles del sistema y de la pieza, estos son los criterios que rigen, de cierta manera, la forma del sistema, los refuerzos necesarios y la forma de la pieza en sí, además garantiza la estabilidad de la cubierta.

- El costo de construcción de la cubierta propuesta genera el ahorro de 16% con respecto a la cubierta habitual de teja, haciendo de esta una mejor opción al momento de construir.
- Con la construcción del prototipo en escala real se pudo entender algunos aspectos como:
 - ✓ El diseño y elaboración de una pieza cerámica de este tipo debe considerar varios conocimientos multidisciplinarios.
 - ✓ Al experimentar con arcilla se debe tener en cuenta que algunas de las propiedades del material no se pueden prever ni medir exactamente con la tecnología existente, por lo que existe una ligera variación entre el diseño previsto y la pieza final.
 - ✓ Se puede experimentar con la materia prima, en cuanto al tipo de tierra utilizada, la textura y el color, también se puede realizar mezclas para obtener distintas propiedades.
 - ✓ Al momento de diseñar se debe considerar la contracción de la arcilla en su secado, esta se retrae uniformemente aproximadamente un centímetro. Esto afecta a los ensambles y dificulta el acople de las piezas.
 - ✓ La tecnología existente actualmente en el mercado para elaboración de las piezas cerámicas no permite producir piezas completamente homogéneas.

- ✓ La puesta en obra de las piezas es muy sencilla y rápida, al ser un sistema constructivo seco.
- ✓ Los orificios de la pieza generan una cámara de aire al interior, lo que logra que el sistema propuesto sea mejor aislante térmico y acústico que las cubiertas habituales.
- ✓ Los ensayos de laboratorio determinan, finalmente, si la pieza es capaz de soportar las cargas requeridas. No se pudo aplicar la carga en la dirección exacta en la que funcionan debido a la forma irregular de la pieza, sin embargo se probó la pieza en todos los sentidos con el fin de llegar a un dato muy cercano al real.
- ✓ El acabado de esta cubierta produce una textura interesante y diferente pero que puede acoplarse al paisaje de cubiertas cerámicas de la ciudad.

Finalmente, la investigación y la experimentación de este prototipo cerámico pueden seguir desarrollándose desde diferentes ámbitos tales como la experimentación con la composición de la materia prima, ajustes o rediseño de la matriz de acero, tratamiento en el secado y quemado de las piezas, etc. Sin embargo, por cuestiones de tiempo y recursos se llegó hasta el nivel expuesto en este trabajo, pero se deja planteada la idea que puede ser retomada en un futuro para su mejoramiento.

BIBLIOGRAFÍA DEL CAPÍTULO

Botero Botero, L. F. (2002). Análisis de rendimientos y consumo de mano de obra en actividades de construcción. Universidad EAFIT, 10-21.

Calle Castro, C. J. (2012). Análisis de los rendimientos de mano de obra, equipo y materiales en edificaciones de hasta tres plantas en la ciudad de Azogues. Cuenca : Universidad de Cuenca.

Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53.

Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador.

CPEINEN 5. (2001). Código Ecuatoriano de la construcción. Requisitos generales de diseño. Quito: Ecuador.

NEC 10. (2010). Parte 3. Cargas y materiales. Ecuador.

NTE-INEN 292. (2005). Ladrillos Cerámicos. Muestreo. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 293. (2005). Ladrillos Cerámicos. Definiciones. Clasificación y condiciones generales. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 294. (2005). Ladrillos Cerámicos. Determinación de la resistencia a compresión. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 295. (2005). Ladrillos Cerámicos. Determinación de la resistencia a la flexión. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 296. (2005). Ladrillos Cerámicos. Determinación de absorción de humedad. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 986. (2012). Tejas cerámicas. Definiciones. Clasificación y condiciones generales. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 987. (2012). Tejas Cerámicas. Muestreo. Inspección y recepción. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 988. (2012). Tejas Cerámicas. Determinación de la resistencia a la flexión. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 989. (2012). Tejas Cerámicas. Determinación de la absorción de agua. Quito: Ecuador.

NTE-INEN 990. (2012). Tejas Cerámicas. Requisitos. Quito: Ecuador.

Ortiz, H. (2006). Análisis comparativo entre materiales innovadores y materiales utilizados en la ejecución de viviendas sociales en la decima región, basándose en un estudio comparativo de costo-calidad. Valdivi, Chile: Universidad Austral de Chile.

Servicio Nacional de contratación pública. (29 de Junio de 2015). Compras públicas. Obtenido de https://x/ProcesoContratacion/compras/PC/bajarArchivo.cpe%3FArchivo%3D2rqOfH4PNHVwhZIXmcn7JSAft_mugyFBHNC-VBZ9LNwE,+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec

FUENTE BIBLIOGRÁFICA DE TABLAS:

Tabla 01: Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos Fuente: NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 02: Resistencia a la flexión de las tejas Fuente: NTE-INEN 990. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 03: Absorción de agua de las tejas Fuente: NTE-INEN 990. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 04 : Peso de muestras en kg antes y después de meter en el horno. Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 05 : Peso de muestras en kg para prueba de humedad Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 06 : Porcentaje de absorción de humedad Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 07 : Peso de muestras en kg para prueba de humedad Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores /NTE-INEN 990. (2005). Tejas Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador./ Fuente: NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 08: Tamaño y resistencia de piezas cerámicas a compresión en sentido vertical
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 09: Tamaño y resistencia de piezas cerámicas a compresión en sentido horizontal
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 10: Tamaño y resistencia de piezas cerámicas a compresión en sentido transversal
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 11: Resistencia a la compresión en kg/cm² y en MPa de piezas sometidas a compresión en sentido vertical
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 12: Resistencia obtenida a compresión vertical y resistencia de la normativa
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores/ NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 13: Resistencia a la compresión en kg/cm² y en MPa de piezas sometidas a compresión en sentido horizontal
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 14: Resistencia obtenida a compresión horizontal y resistencia de la normativa
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores/ NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 15: Resistencia a la compresión en kg/cm² y en MPa de piezas sometidas a compresión en sentido transversal
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 16: Resistencia obtenida a compresión transversal y resistencia de la normativa
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores/ NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 17 : Datos de las muestras para pruebas de flexión en sentido trasversal
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 18: Datos de las muestras para pruebas de flexión en sentido longitudinal
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 19: Resistencia a la flexión en kg/m² y MPa
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores

Tabla 20: Comparación de resistencia de muestras realizadas y normativa
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores/ NTE-INEN 297. (2005). Ladrillos Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador./ NTE-INEN 990. (2005).Tejas Cerámicos. Requisitos. Quito: Ecuador.

Tabla 21 :Comparación de resistencia y peso de materiales
Fuente: Pruebas de laboratorio realizadas por los autores (Anexo 18)

Tabla 22: Materiales utilizados en una cubierta tradicional
Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Consulta a expertos.

Tabla 23 : Materiales utilizados en la cubierta propuesta
Fuente: Experiencia de los autores en la construcción de la cubierta

Tabla 24: Análisis de precios unitarios de estructura de madera
Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

Tabla 25 : Análisis de precios unitarios de soporte de Fibrocemento
Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

Tabla 26: Análisis de precios unitarios de recubrimiento de teja
Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

Tabla 27 : Análisis de precios unitarios de cubierta propuesta
Fuente: Experiencia de los autores en la construcción de la cubierta

Tabla 28 : Resumen de análisis de precios unitarios de cubierta tradicional
Fuente: Cifras Domus. (2015). Domus, 33-53./ Contraloría general del estado. (2016). Reajuste de precios, salarios mínimos por ley. Ecuador./ Consulta a expertos.

Tabla 29: Resumen de análisis de precios unitarios de cubierta propuesta
Fuente: Experiencia constructiva de los autores

FUENTES FOTOGRÁFICAS DEL CAPÍTULO

01 Cascarones Autoportantes. **Fuente:** <http://www.dezeen.com/2013/11/26/bricktopia-vaulted-brick-pavilion-barcelona-map13/>

02 Cubiertas cerámicas con con acero de refuerzo. **Fuente:** <http://www.dezeen.com/2013/11/26/bricktopia-vaulted-brick-pavilion-barcelona-map13/>

03 Dimensiones de la boquilla de la maquina extrusora. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

04 Geometría de bloques de lego. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

05 Maqueta de cubierta de legos. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

06 Esquema de distribución de esfuerzos en bóvedas **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

07 Pendiente del 33%, dimensiones dadas por la matriz. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

08 Eje y-y, simetría para recubrimiento interior y exterior. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

09 Igual espesor de ensamble longitudinal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

10 Primeras ideas de forma **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

11 Proceso de Diseño Propuesta inicial, Planta **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

12 Propuesta Inicial, Sección Transversal **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

13 Propuesta Inicial, Elevación **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

14 Propuesta Inicial, Perspectiva de pieza cerámica. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

15 Propuesta inicial, Planta **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

16 Dimensiones de piezas cerámicas ensambladas. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

17 Propuesta Inicial, Perspectiva del Sistema **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

18 Esquema de fuerzas en la cubierta. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

19 Cargas sobre las piezas **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

20 Carga en cubierta. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

21 Cargas distribuidas al muro que soporta la cubierta. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

22 Cargas distribuidas a lo largo del muro que soporta la cubierta. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

23 Cargas distribuidas a lo largo del muro que soporta la cubierta. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

24 Morfología y longitudes de la pieza cerámica; perspectiva frontal y posterior. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

25 Perspectiva de cubierta cerámica de vivienda tipo. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

26 Junta transversal de piezas cerámicas. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

27 Junta longitudinal de piezas cerámicas. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

28 Unión longitudinal de piezas cerámicas. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

29 Ensamble macho-hembra de forma longitudinal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

30 Perspectiva de ensamble macho-hembra de forma longitudinal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

31 Sección de Traba transversal de piezas cerámicas. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

32 Vista de Traba transversal de piezas cerámicas. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

33 Detalle unión de piezas cerámicas mediante tapón y soporte de cumbre. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

34 Perspectiva de unión de Cumbre con faldones. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

35 Detalle unión de piezas cerámica con solera y canal de evacuación de aguas lluvias. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

36 Perspectiva de unión de faldón piezas cerámica con solera y canal de aguas lluvias. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

37 Posibles puntos de infiltración en la cubierta tipo. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

38 Filtración de humedad junta longitudinal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

39 Filtración de humedad junta transversal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

40 Recorrido del agua en junta transversal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

41 Recorrido del agua en junta longitudinal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

42 Propuesta, Solución cumbre. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

43 Propuesta, Solución alero. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

44 Orificios hueco de las piezas cerámicas que confinan aire en su interior. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

45 Dimensiones de orificios de las piezas cerámicas **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

46 Celdas de aire confinado en su interior. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

47 Experimentación piezas en yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

48 Experimentación materiales y piezas en arcilla. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

49 Experimentación con longitudes de piezas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

50 Pieza cerámica de 2.50cm de longitud. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

51 Pieza cerámica de 1.20 cm de longitud. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

52 Pieza cerámica de 0.97cm de longitud. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

53 Dimensiones de rotura de las piezas de arcilla en sentido longitudinal. **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

54 Pieza cerámica de 2.50cm de longitud. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

55 Pieza cerámica de 1.20 cm de longitud. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

56 Pieza cerámica de 0.97 cm de longitud. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

57 Rotura de pieza de arcilla de 2.50cm de longitud. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

58 Rotura de pieza de arcilla de 1.20cm de longitud. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

59 Rotura de pieza de arcilla de 0.97cm de longitud. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

60 Aceitado y union de molde de madera. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

61 Molde de madera para piezas de yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

62 Piezas de espumas flex para molde. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

63 Dosificación de mezcla de yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

64 Mezcla de yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

65 Mezcla de yeso para fraguado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

66 Desencofrado de pieza de yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

67 Pieza de yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

68 Vista lateral del prototipo de yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

69 Ensamble longitudinal de piezas de yeso. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

70 Material para la producción de piezas cerámicas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

71 Matriz para producción de pieza tipo; parte frontal. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

72 Matriz para producción de pieza tipo; parte posterior. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

73 Boca extrusora anclada a la matriz diseñada. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

74 Pieza cerámica extruida. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

75 Piezas cerámicas, etapa de secado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

76 Secado de piezas cerámicas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

77 Ensamble de piezas cerámicas antes de la cocción. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

78 Cocción de piezas cerámicas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

79 Piezas cerámica cocida. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores

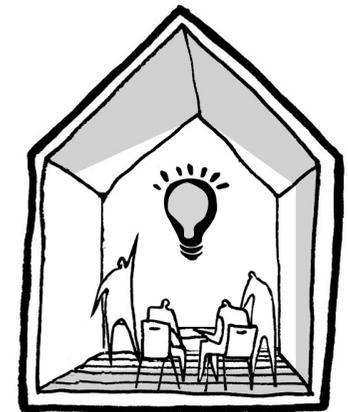
80 Forma y tamaño de la pieza propuesta **Fuente:** Ilustración realizada por los autores

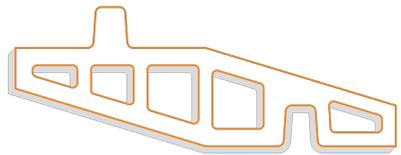
81 Carga viva asignada **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores

- 82** Carga muerta asignada **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 83** Esquema de primera estructura planteada **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 84** Momentos de primera estructura planteada **Fuente:** Simulación realizada en SAP
- 85** Esquema de segunda estructura planteada **Fuente:** Ilustración elaborada por los autores
- 86** Reacciones en las cargas **Fuente:** Simulación realizada en SAP
- 87** Fuerzas cortantes **Fuente:** Simulación realizada en SAP
- 88** Momentos **Fuente:** Simulación realizada en SAP
- 89** Mallado de la pieza cerámica propuesta **Fuente:** Simulación realizada en Straus 7 Release2.3.3 por el Arq. Edison Castillo
- 90** Elementos para el cálculo **Fuente:** Simulación realizada en Straus 7 Release2.3.3 por el Arq. Edison Castillo
- 91** Pieza modelada para cálculo **Fuente:** Simulación realizada en Straus 7 Release2.3.3 por el Arq. Edison Castillo
- 92** Descarga de energía en la pieza. Vista lateral **Fuente:** Simulación realizada en Straus 7 Release2.3.3 por el Arq. Edison Castillo
- 93** Descarga de energía en la pieza. Vista superior **Fuente:** Simulación realizada en Straus 7 Release2.3.3 por el Arq. Edison Castillo
- 94** Descarga de energía en la pieza. Vista inferior **Fuente:** Simulación realizada en Straus 7 Release2.3.3 por el Arq. Edison Castillo
- 95** Refuerzos longitudinales con piezas encima **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 96** Prototipo construido de cubierta con piezas cerámicas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 97** Refuerzos de madera para el armado de la cubierta **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 98** Colocación de piezas en soporte **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 99** Partes de la cubierta de piezas Cerámicas **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 100** Material colocado en el horno por 24 horas. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 101** Peso del material antes del tamizado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 102** Tamices para la granulometría del material. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 103** Máquina tamizadora del material. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 104** Curva Granulométrica **Fuente:** Ensayos realizados en laboratorio por los autores (anexo 4)
- 105** Material tamizado. **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 106** Tamiz # 3/8 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 107** Tamiz # 4 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 108** Tamiz # 8 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 109** Tamiz # 16 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 110** Tamiz # 30 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 111** Tamiz # 50 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 112** Tamiz # 100 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 113** Tamiz # 200 **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 114** Piezas seleccionadas para ensayo **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 115** Pieza seca pesada en balanza digital **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 116** Piezas sumergidas en agua **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 117** Secado de las piezas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 118** Pieza húmeda pesada en balanza digital **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 119** Sentido de aplicación de fuerzas **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 120** Piezas seleccionadas para ensayo **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 121** Medición de las piezas seleccionadas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 122** Piezas sometidas a compresión **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 123** Piezas después de aplicada la carga **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 124** Rotura de las piezas a compresión en sentido vertical **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 125** Rotura de las piezas a compresión en sentido horizontal **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 126** Rotura de las piezas a compresión en sentido transversal **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 127** Sentido de fuerza existente en las piezas **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 128** Sentido de cargas aplicadas en las piezas **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 129** Pieza seleccionada para ensayo a flexión **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 130** Medición de las muestras para ensayo **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 131** Pieza sometida a flexión **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 132** Rotura de las piezas a flexión en sentido transversal **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 133** Rotura de las piezas a flexión en sentido longitudinal **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 134** Arcilla normal de la fábrica **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 135** Arcilla con aserrín **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 136** Arcilla con poliestireno **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 137** Mezcla de tres arcillas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 138** Análisis de temperatura con cubierta tradicional de teja el día más cálido del año **Fuente:** Análisis realizado en Ecotect por los autores
- 139** Análisis de temperatura con la cubierta propuesta el día más cálido del año **Fuente:** Análisis realizado en Ecotect por los autores
- 140** Análisis de temperatura con cubierta tradicional de teja el día más frío del año **Fuente:** Análisis realizado en Ecotect por los autores
- 141** Análisis de temperatura con la cubierta propuesta el día más frío del año **Fuente:** Análisis realizado en Ecotect por los autores
- 142** Gráfico nivel sonoro ponderado en Z **Fuente:** Ilustración realizada por los autores después de realizar pruebas con sonómetro
- 143** Gráfico nivel sonoro ponderado en C **Fuente:** Ilustración realizada por los autores después de realizar pruebas con sonómetro
- 144** Gráfico nivel sonoro ponderado en A **Fuente:** Ilustración realizada por los autores después de realizar pruebas con sonómetro
- 145** Caja realizada para análisis acústico **Fuente:** Ilustración realizada por los autores después de realizar pruebas con sonómetro
- 146** Materiales para la construcción de una cubierta tradicional **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 147** Materiales para la construcción de la cubierta propuesta **Fuente:** Ilustración realizada por los autores
- 148** Construcción de paredes de bloque y colocación de vigas de madera **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 149** Construcción de viga de borde **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 150** Construcción de estructura de madera **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 151** Colocación de la primera pieza cerámica **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 152** Colocación de la segunda fila de piezas cerámicas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 153** Construcción de una agua de la cubierta **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 154** Primera ala de la cubierta terminada **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 155** Colocación de primera fila de la segunda ala de la cubierta **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 156** Construcción de segunda ala de cubierta **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 157** Textura de la cubierta acabada **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 158** Vista superior de la cubierta acabada **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 159** Cubierta acabada **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 160** Cubierta terminada vista frontal **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 161** Cubierta terminada vista interior **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 162** Cubierta terminada vista exterior **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 163** Alero y canal **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- 164** Armado de piezas **Fuente:** Archivo fotográfico de los autores
- Manual de construcción **Fuente:** Infografía realizada por los autores



CONCLUSIONES





BENEFICIOS

Actualmente, la identidad de la ciudad está marcada por la presencia de tendencias arquitectónicas y constructivas externas que influyen en el momento de identificarnos como sociedad, el sistema propuesto **responde a las necesidades de la ciudad con un material local**, propio que es la arcilla cocida. Además la elaboración de un sistema constructivo distinto, trae consigo un referente base de pieza cerámica innovadora que **fomenta la producción y diseño de piezas** con aplicaciones diferentes a las que se han empleado hasta la actualidad, es decir este sistema permitirá explorar nuevas significaciones contemporáneas en la construcción.

Para el mercado, este sistema será una opción que economice el precio final de la cubierta, además promueva y **aporte al cuidado del medio ambiente** a través de la disminución del uso de materiales exportados como planchas de fibrocemento, zinc, etc. Es importante que se desarrollen sistemas que sirvan de base para generar **productos nuevos que se puedan concebir en la propia industria cuencana**, forzando al progreso de la producción ladrillera. Además resolver problemas de sustentabilidad de materiales que se presentan en el sector de la construcción contribuyendo a la reducción del impacto ambiental.

Posibilita la auto-construcción con una tecnología sencilla y económica, mediante el uso de un sistema con piezas constructivas de bajo peso, fácil manipulación y puesta en obra, como consecuencia de ello la cubierta adquiere un monto accesible sin limitar las características básicas requeridas.

IMPACTOS

La propuesta de un sistema constructivo diferente basado en arcilla cocida genera varios impactos beneficiosos en nuestro entorno:

Impactos ambientales: La construcción de la cubierta con el sistema constructivo propuesto **garantiza la utilización de menos recursos** con respecto a otros materiales, de igual manera la tierra cocida permite mayores ciclos de vida del material. De esta forma **se reduce el impacto ambiental** de materiales importados que producen, a la larga, el deterioro del medio ambiente.

Impactos sociales: Fomentar un nuevo sistema constructivo en tierra cocida impulsa el desarrollo de la producción ladrillera, incrementando la mano de obra local, además optimiza la competitividad y productividad frente a materiales importados. La búsqueda de abaratar costos en la fabricación de la cubierta disminuye el valor económico de la vivienda y por ende que **mas personas accedan a ella**.

Conserva la percepción arquitectónica de Cuenca, debido que la arcilla cocida ha estado en nuestro entorno durante mucho tiempo, de esta forma se concibe un sistema que permite explorar nuevas significaciones contemporáneas sin dejar a lado nuestra identidad.

Impactos Tecnológicos: La creación de nuevos sistemas constructivos en base a materiales renovables y reciclables conlleva a **abaratar costos, agilizar el proceso constructivo**, y a dar soluciones estéticamente factibles, a más de ser un punto de partida para la innovación tecnológica.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Con el diseño propuesto para cubierta se aporta con una nueva concepción estética para la cubierta brindando una textura y morfología diferente en el recubrimiento interior y exterior de la vivienda.

Además, debido a la geometría y tamaño de las piezas propuestas **se facilita el traslado, manipulación y fácil puesta en obra**, posibilitando la auto-construcción con una tecnología sencilla y económica.

Despues de construir el prototipo se comprobó que el sistema, su proceso constructivo, y funcionalidad se ajustan al planteamiento propuesto. Cabe recalcar que si bien uno de los objetivos del sistema era que funcione estructuralmente, no se logró esta característica, se detectó que es necesario una estructura, además de posibles mejoras que garanticen la cubierta.

Una vez comparados los costos en mano de obra de la cubierta tradicional con los resultantes de la presente investigación, se puede afirmar que el rendimiento en mano de obra es menor.

Finalmente, podemos concluir que mediante el proceso de experimentación se pudo demostrar que es posible plantear **nuevas alternativas constructivas para cubierta** utilizando un material tradicional con una concepción diferente, logrando obtener resultados diferentes en cuanto texturas y forma.

ECONÓMICO

Al eliminar la estructura, soporte y revestimiento de la cubierta habitual y remplazarlas con un nuevo sistema que cumple las tres funciones se **genera un ahorro en el costo de materiales**, ya que únicamente se necesita una estructura menor de madera, piezas cerámicas y mortero.

La mano de obra necesaria para la ejecución de este sistema es una cuadrilla de dos trabajadores que no requieren ser mano de obra calificada ya que el sistema es muy elemental. El rendimiento de la mano de obra para la colocación de la cubierta es de 2 m²/h lo cual es relativamente bajo comparado con la construcción de cubierta tradicional, por lo que se genera un ahorro económico en cuanto a la mano de obra y tiempo de construcción.

El costo por metro cuadrado de la cubierta propuesta en es de 29.93 dólares, comparado con los de la construcción de una cubierta tradicional de teja que cuesta 39.22 dólares, es un ahorro significativo al momento de construir, por lo que creemos que es factible introducir nuestra propuesta en el mercado de la construcción Cuencana.

En cuanto a costos de producción de la pieza, por ser una pieza con forma única, el costo de elaborar la matriz de acero para la producción es alto, sin embargo con la cantidad de piezas que se puede producir con la misma se justifica el gasto, estimando un precio de 50ctv por pieza, que no es un costo significativo comparado con las ventajas que ofrece el sistema.

SOCIAL Y CULTURAL

En el aspecto cultural se ha **rescatado un material que está arraigado a la tradición constructiva** de la ciudad de Cuenca como lo es la arcilla cocida, ya que se trabaja con una alternativa innovadora en cuanto al sistema constructivo y la forma de las piezas pero no se cambia el material, teniendo en la cubierta el acabado que caracteriza a la ciudad y que trae consigo varios beneficios para la población en general.

Los productores de ladrillo pueden ver en nuestro proyecto una opción que promueva la búsqueda de nuevas alternativas constructivas al momento de elaborar piezas cerámicas, ya que hemos demostrado que es **factible cambiar la forma de las piezas** y con esto la forma de construir, invitando así al ladrillero a arriesgarse por nuevas formas. El tener mayor oferta de piezas favorecerá a los productores y fomentará el desarrollo de nuevas técnicas constructivas en la ciudad.

Los arquitectos, constructores y personas relacionadas con esta actividad, tendrán un **referente sobre nuevas formas de construir cubiertas**, contribuyendo así a la formación del constructor y fomentando la experimentación constructiva en búsqueda de soluciones innovadoras.

La fácil y rápida puesta en obra, para la cual no se necesita mano de obra calificada, facilita la autoconstrucción por lo que hace a esta cubierta ideal para espacios pequeños, e incluso para vivienda social.

LINEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Finalizamos este trabajo con la propuesta de una pieza cerámica que trabaja en un sistema para solucionar una cubierta, pero que podría mejorarse en cuanto a su forma, materiales, estructura, y sistema en sí. Somos conscientes de que se podría llegar a desarrollar mucho más el sistema, pero no lo hemos hecho por falta de tiempo y recursos económicos, pero queda abierto el tema para futuras investigaciones y propuestas en cuanto a la:

-**Innovación** en soluciones constructivas de cubiertas partiendo de la concepción de la cubierta como un solo cuerpo estructural.

-**Modificación del material cerámico**, experimentando con las propiedades de la tierra o con la mezcla de nuevos materiales o con el fin de lograr mejorarlo.

-**Búsqueda de soluciones** en las que se dé un uso estructural a las piezas cerámicas aprovechando todas sus características y su morfología versátil.

-**Posibilidad de cambio en la forma de las piezas**, esto abre una puerta en la investigación en el aspecto constructivo y tecnológico. El saber que se puede crear cuanta pieza imaginemos a partir de cambiar la matriz de producción en la fabricación de piezas permite la experimentación de infinitas formas, no solo para cubierta sino para cualquier necesidad constructiva. Generando así mayor variedad de piezas cerámicas al mercado.

RECOMENDACIONES

Dentro de un proyecto experimental, como lo fue este trabajo, se busca mejorar continuamente el prototipo planteado, es por esto que después de analizar los resultados obtenidos se considera que se podría perfeccionar esta propuesta con las siguientes recomendaciones:

- Realizar un análisis detallado de la materia prima utilizada, con el fin de conocer y **formular una mezcla adecuada** que proporcione a la arcilla plasticidad y resistencia, disminuyendo al mínimo las fisuras al momento del secado de las piezas y manteniendo la forma y resistencia deseada.
- Solucionar diferentes aspectos relacionados a la forma de la pieza mediante cambios en matriz de acero, tales como:
 - **Reducir el espesor de las paredes de la pieza cerámica** para disminuir su peso y el fisuramiento por descompensación de masas al momento de secado.
 - **Mejorar el ensamble de las piezas** de tal manera que se deje un mayor espacio de holgura entre piezas para garantizar un acople adecuado al momento de armar la cubierta.
 - Probar la colocación de **diferentes frenos** (ángulos metálicos en la parte posterior de la matriz), para
 - generar que la mezcla se extruya de forma uniforme y no se produzcan fisuras ni deformaciones en el momento de su fabricación.
- Variar la pendiente de la pieza, mientras mayor sea la pendiente el sistema trabajara mejor y esto se puede modificar **aumentando el ángulo de inclinación** propuesto.
- Mejorar el proceso de producción, el trabajar en una fábrica semi-industrial limito algunos aspectos que podrían solventarse trabajando en una fábrica industrial como:
 - **Mejorar la composición y la mezcla de la tierra**, realizando un análisis y un tamizado más preciso con el fin de garantizar que la mezcla de sea homogénea y no presente impurezas o irregularidades.
 - **Generar cortes iguales y completamente rectos** al momento de dividir las piezas, ya que la tecnología utilizada en la ladrillera semi-industrial (alambre tensado) dio como resultado piezas poco uniformes que dificultaron posteriormente el armado y el hermetismo de la cubierta.
 - **Crear un pequeño corte** después de realizada la pieza para formar los solapes trasversales propuestos en este trabajo que aseguran el acople horizontal de las piezas.
- **Mantener una temperatura constante** en el momento de secado de las piezas, ya que el secar las piezas a temperatura ambiente y dependiendo del clima generó fisuras en el secado. Con un horno de secado se podría solucionar este problema.
- **Homogenizar el quemado** de los ladrillos en un horno industrial de túnel, de tal forma que todos tengan un color y una resistencia uniforme.
- Finalmente, en la puesta en obra se han encontrado diferentes aspectos que podrían solucionarse tales como:
 - Hermetizar el sistema mediante la colocación de sellante en las juntas tanto trasversales como horizontales.
 - Desarrollar el sistema de tal manera que pueda acoplarse a los diferentes tipos de cubiertas inclinadas, no solo a dos aguas. Esto se realizaría mediante la elaboración de diferentes piezas complementarias que permitirían la solución de cumbros, limahoyas y limatesas.
 - Esmaltar la pieza de forma que se garantice mejore la impermeabilización y existe una mayor resistencia de la pieza al paso del tiempo.

En general se podría seguir experimentando infinitamente con esta idea, pero por razones de tiempo y recursos se ha llegado hasta el nivel expuesto en esta tesis. Pero se deja planteada la idea para su desarrollo en un futuro.





ANEXOS



INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Encuesta sobre materiales a constructores y resumen de respuestas.....	226
Anexo 2: Ensayos de resistencia a la compresión de muestras de yeso.....	230
Anexo 3: Depositos de suelos y análisis granulométrico (Braja M. Das. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001, Thomson learning, California.).....	230
Anexo 4: Ensayo de granulometría de arcilla de ladrillera.....	234
Anexo 5: NTE-INEN 293: Ladrillos cerámicos: Definición, Clasificación y condiciones generales.....	235
Anexo 6: NTE-INEN 294: Ladrillos cerámicos: Determinación de la resistencia a la compresión.....	236
Anexo 7: NTE-INEN 295: Ladrillos cerámicos: Determinación de la resistencia a la flexión	237
Anexo 8: NTE-INEN 296: Ladrillos cerámicos: Determinación de absorción de humedad.....	237
Anexo 9: NTE-INEN 297: Ladrillos cerámicos: Requisitos.....	238
Anexo 10: NTE-INEN 986: Tejas cerámicas: Definiciones, Clasificación y condiciones generales.....	239
Anexo 11: NTE-INEN 988: Tejas cerámicas: Determinación de la resistencia a flexión.....	240
Anexo 12: NTE-INEN 989: Tejas cerámicas: Determinación de la absorción de agua.....	241
Anexo 13: NTE-INEN 990: Tejas cerámicas: Requisitos.....	242
Anexo 14: NEC 10. Parte 3. Cargas y materiales.....	243
Anexo 15: Ensayos de compresión de la pieza propuesta.....	248
Anexo 16: Ensayos de flexión de la pieza propuesta.....	249
Anexo 17: Ensayos de absorción de humedad de la pieza propuesta.....	249
Anexo 18: Ensayos de compresión de materiales para la pieza propuesta.....	250
Anexo 19: Informe de realización de ensayos en laboratorio.....	250
Anexo 20: Sellante de juntas.....	251
Anexo 21: Análisis acústico mediante sonómetro.....	252
Anexo 22: Términos utilizados para el análisis acústico.....	253

ANEXO 1: Encuesta sobre materiales a constructores y resumen de respuestas

ENCUESTA SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN CUENCA

Esta encuesta se realiza con el fin de conocer la aceptación y el uso de materiales en las construcciones de la ciudad de Cuenca y se usara para generar estadísticas que servirán a los estudiantes de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

Sus respuestas serán de gran importancia para nosotros. ¡Gracias!

1. En sus construcciones ¿Qué materiales usa con mayor frecuencia en cubiertas? Colocar en orden de importancia del 1 al 10 en donde 10 es gran cantidad y 1 menor cantidad *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Madera	<input type="radio"/>									
Acero	<input type="radio"/>									
Hormigón	<input type="radio"/>									
Asbesto	<input type="radio"/>									
Fibrocemento	<input type="radio"/>									
Piezas cerámicas (teja y ladrillo)	<input type="radio"/>									
Zinc	<input type="radio"/>									
Vidrio	<input type="radio"/>									
Plástico	<input type="radio"/>									
Materiales pétreos (granito, pizarra, etc)	<input type="radio"/>									

2. En sus construcciones ¿Qué materiales usa con mayor frecuencia en muros y paredes? Colocar en orden de importancia del 1 al 7 en donde 7 es gran cantidad y 1 menor cantidad *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5	6	7
Ladrillo	<input type="radio"/>						
Bloque	<input type="radio"/>						
Hormigón	<input type="radio"/>						
Madera	<input type="radio"/>						
Gypsum	<input type="radio"/>						
Prefabricados	<input type="radio"/>						

3. Por importancia elija los parametros al momento de comprar los materiales para la construcción *

Marca solo un óvalo por fila.

	Muy importante	Poco importante	No importa
Acabado	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Precio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Resistencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiempo de entrega	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamaño uniforme	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. ¿Qué beneficio cree que obtiene al comprar ladrillo y teja? *

Marca solo un óvalo.

- Mejorar las características estructurales de la obra
- Menor costo de la mano de obra
- Mejorar la estética de lo que construye
- Aislamiento térmico y acústico

5. ¿Está conforme con las opciones de piezas cerámicas (tejas y ladrillos) que se ofertan en el medio?

Marca solo un óvalo.

- Si
- No

6. Si su respuestas es no, indique ¿Por qué? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Formatos
- Uniformidad de las piezas
- Costo
- Rapidez de construcción
- Tiempo de entrega
- Eficiencia estructural
- Peso

7. ¿Cual es el principal uso que le da al ladrillo? Señale 1 *

Marca solo un óvalo.

- Cubierta
- Muros
- Recubrimientos
- Cerramientos

8. CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS *

¿De qué origen son los siguientes materiales cuando los usa en la construcción?

Marca solo un óvalo por fila.

	Productores Locales	Industrias Nacionales	Importado
Madera	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acero	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hormigón	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Asbesto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fibrocemento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Piezas cerámicas (ladrillo y teja)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zinc	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vidrio	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Plástico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Materiales pétreos (pizarra, mármol, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. *

Para la estructura de las cubiertas en sus construcciones ¿Qué material prefiere?
Marca solo un óvalo.

- Madera
- Acero
- Hormigón

10. *

¿Por qué?
Selecciona todos los que correspondan.

- Rapidez en construcción
- Costo
- Peso
- Eficiencia estructural
- Tradición
- Estética
- Sustentabilidad
- Otro:

11. *

Para el soporte de la cubierta en sus construcciones ¿Qué materiales prefiere?
(soporte = base que recibe el acabado final)
Marca solo un óvalo.

- Fibrocemento
- Zinc
- Galvalume
- Plástico
- Planchas de madera
- Otro:

12. *

¿Por qué?
Selecciona todos los que correspondan.

- Rapidez en construcción
- Costo
- Peso
- Eficiencia estructural
- Tradición
- Estética
- Sustentabilidad
- Otro:

13. *

Para el recubrimiento de la cubierta en sus construcciones ¿Qué materiales prefiere?
Marca solo un óvalo.

- Piezas cerámicas (ladrillo y teja)
- Zinc
- Vidrio
- Plástico
- Materiales pétreos (pizarra, mármol, etc.)

14. *

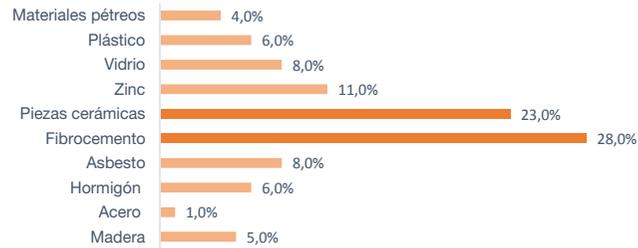
¿Por qué?
Selecciona todos los que correspondan.

- Rapidez en construcción
- Costo
- Peso
- Eficiencia estructural
- Tradición
- Estética
- Sustentabilidad
- Otro:

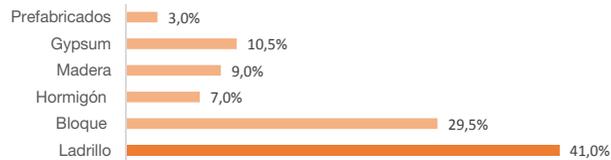
Con la tecnología de
 Google Forms

RESUMEN DE ENCUESTAS REALIZADAS SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A UNA MUESTRA DE 100 CONSTRUCTORES DE LA CIUDAD DE CUENCA

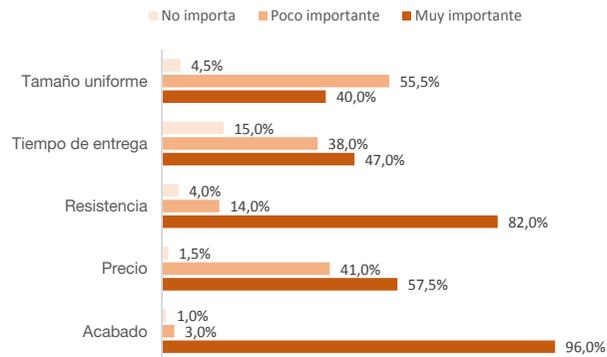
1. En sus construcciones ¿Qué materiales usa con mayor frecuencia en cubiertas?



2. En sus construcciones ¿Qué materiales usa con mayor frecuencia en muros y paredes?



3. Por importancia elija los parámetros al momento de comprar los materiales para la construcción



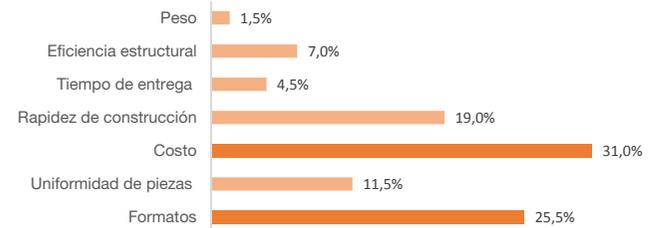
4. ¿Qué beneficios cree que obtiene al comprar ladrillo y teja?



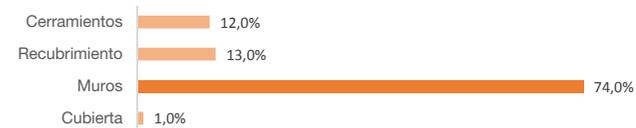
5. ¿Está conforme con las opciones de piezas cerámicas (tejas y ladrillo) que se ofertan en el medio?



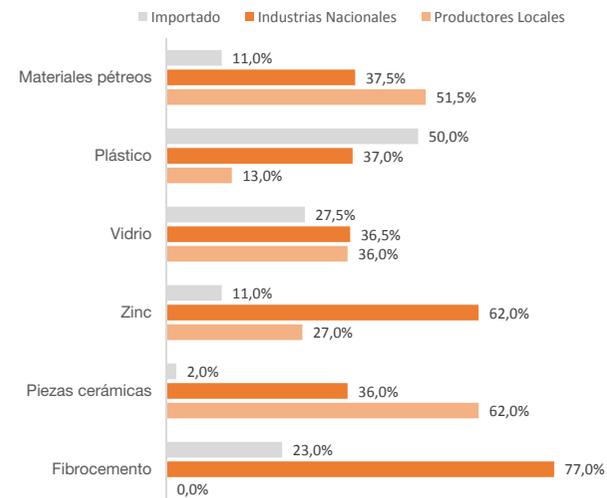
6. Si su respuesta es no, indique ¿por qué?

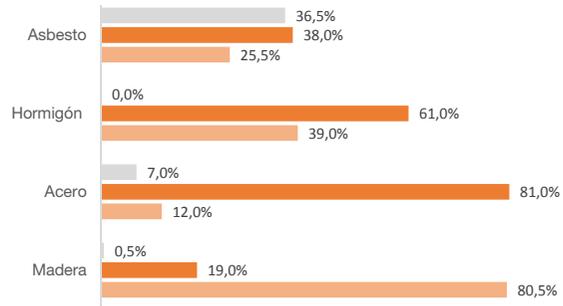


7. ¿Cuál es el principal uso que le da al ladrillo?

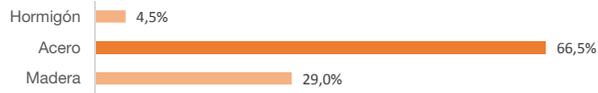


8. ¿De qué origen son los siguientes materiales cuando los usas en la construcción?

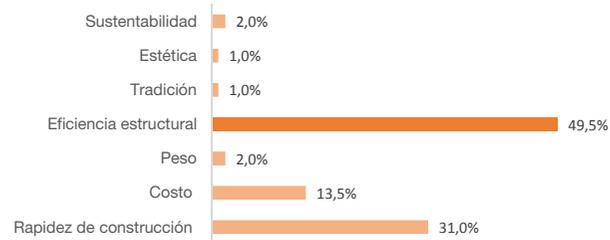




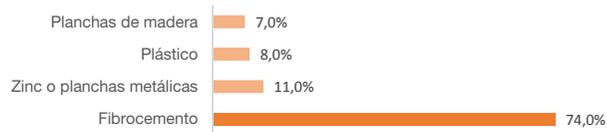
9. Para la estructura de las cubiertas en sus construcciones ¿Qué materiales prefiere?



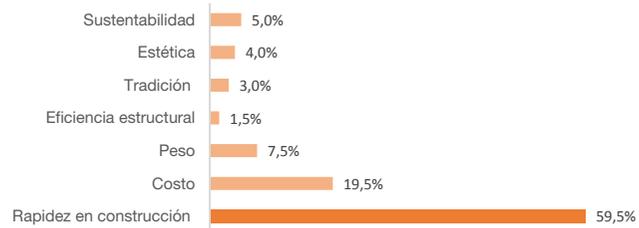
10. ¿Por qué?



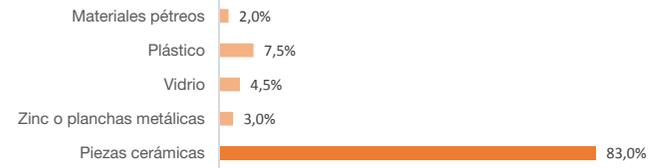
11. Para el soporte de la cubierta en sus construcciones ¿Qué materiales prefiere?



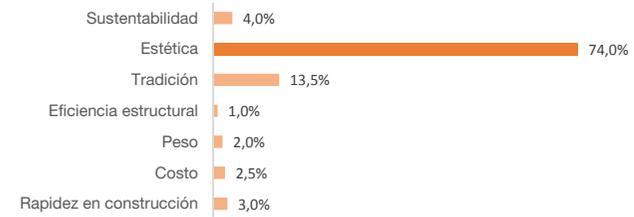
12. ¿Por qué?



13. Para el recubrimiento de la cubierta en sus construcciones ¿Qué materiales prefiere?



14. ¿Por qué?



ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE YESO
 Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca
 Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas

Instrumento tipo: Máquina para ensayos de compresión de cilindros de hormigón ACCU-TEK luvch 330.

Fecha de conexión: 15-jun-15
 Fecha de ensayo: 15-jun-15
 Fecha de revisión: 2015-2016
 Año lectivo: 2015-2016
 Serie: 141100043

0001
 15/09/23

Proyecto: Publicación de artículos científicos para calificar en la ciudad de Cuenca.
 Solicitado por: Alca, Juan Pablo - Alcaido

FECHA DE CONEXIÓN	FECHA DE BOTERA	EDAD (días)	RESO W (%)	LARGO (mm)	ALTO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (mm ²)	C. DE BOTERA (kgf)	C. DE ROTURA (N)	RESIST. A COMPRESIÓN (MPa)	E. DE ROTURA (µg/mm)	INDICIOS ROTURA	HORA	TIPO	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	RESPONSABLE
COMPRESIÓN VERTICAL																	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.30	150.00	75.00	299.00	44850.00	694.7	6812.71	0.15	1.55	HC1	9:08	2	19.70	50.00	Edison Castillo C.
15-jun-15	14-jul-15	29	2.41	151.05	75.04	300.00	45315.00	700.2	6866.65	0.15	1.55	HC2	9:16	2	19.70	50.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.46	150.10	75.12	300.50	45105.05	710.2	6944.72	0.15	1.57	HC3	9:26	2	19.76	50.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.35	150.80	75.75	299.80	45209.84	706.1	6924.51	0.15	1.56	HC4	9:38	2	19.80	50.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.32	151.20	75.22	299.50	45284.40	694.7	6812.71	0.15	1.53	HC5	9:52	2	19.80	50.00	
COMPRESIÓN HORIZONTAL																	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.40	149.80	75.10	299.00	22454.90	4.0	59.84	0.00	0.03	VC1	10:26	3	19.81	51.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.41	150.00	75.50	300.30	22572.65	6.2	60.80	0.00	0.03	VC2	10:31	3	19.81	52.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.46	149.80	75.02	300.00	22806.00	5.4	52.76	0.00	0.02	VC3	10:56	3	19.81	52.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.33	149.60	75.20	300.00	22580.00	7.1	69.63	0.00	0.03	VC4	10:42	3	19.82	52.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.40	151.20	75.00	299.60	22470.00	5.9	57.86	0.00	0.03	VC5	10:49	3	19.84	52.00	
COMPRESIÓN TRANSVERSAL																	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.30	150.00	75.00	299.00	11250.00	3062.8	30035.96	2.67	27.23	TC1	11:05	5	19.78	51.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.41	151.05	75.04	300.00	11334.79	3062.8	30035.96	2.66	27.02	TC2	11:08	3	19.71	52.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.46	150.10	75.12	300.50	11275.51	3062.8	30035.96	2.66	27.16	TC3	11:12	3	19.50	52.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.35	150.80	75.75	299.80	11403.10	3062.8	30035.96	2.63	26.81	TC4	11:19	3	19.50	53.00	
15-jun-15	14-jul-15	29	2.32	151.20	75.22	299.50	11373.28	3062.8	30035.96	2.64	26.93	TC5	11:26	5	19.58	53.00	
RESUMEN																	
El tiempo entre la fecha de conexión de proba de las piezas cuenta con una base de 27 días.																	



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustín Cueva y A.V. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas, edison.castillo@ucuenca.edu.ec
 0983307390, 4051102 ext. 3130

limos inorgánicos se hayan debajo de la línea A. Los limos orgánicos se grafican en la misma región (debajo de la línea A y con el LL variando entre 30 y 50) que los limos inorgánicos de compresibilidad media. Las arcillas orgánicas se grafican en la misma región que los limos inorgánicos de alta compresibilidad (debajo de la línea A y LL mayor que 50). La información proporcionada en la carta de plasticidad es de gran valor y es la base para la clasificación de los suelos de grano fino en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Note que una línea llamada línea U se encuentra arriba de la línea A. La línea U es aproximadamente el límite superior de la relación del índice de plasticidad respecto al límite líquido para cualquier suelo encontrado hasta ahora. La ecuación para la línea U se da como

$$PI = 0.9(LL - 8) \quad (2.29)$$

2.8 Clasificación del suelo

Los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Éstos son el Sistema de Clasificación AASHTO y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. El Sistema AASHTO lo usan principalmente los departamentos de caminos estatales y de condados, mientras que los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el Sistema Unificado.

Sistema de clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación fue desarrollado en 1929 como el Public Road Administration Classification System (Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos). Ha sufrido varias revisiones, con la versión actual propuesta por el Committee on Classification of Materials for Subgrades and Granular Type Roads of the Highway Research Board (Comité para la Clasificación de Materiales para Subrasantes y Caminos Tipo Granulares del Consejo de Investigaciones Carreteras) en 1945 (Prueba D-3282 de la ASTM; método AASHTO M145).

El Sistema de Clasificación AASHTO actualmente en uso, se muestra en la tabla 2.4. De acuerdo con éste, el suelo se clasifica en siete grupos mayores: A-1 al A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde 35% o menos de las partículas pasan por la criba No.200. Los suelos de los que más del 35% pasan por la criba No. 200 son clasificados en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. La mayoría están formados por materiales tipo limo y arcilla. El sistema de clasificación se basa en los siguientes criterios:

- Tamaño del grano**
 Grava: fracción que pasa la malla de 75 mm y es retenida en la malla No. 10 (2 mm) de Estados Unidos
 Arena: fracción que pasa la malla No. 10 (2 mm) U.S. y es retenida en la malla No. 200 (0.075 mm) U.S.
 Limo y arcilla: fracción que pasa la malla No. 200 U.S.

(cont. en p. 37)

Tabla 2.4 Clasificación de materiales para subrasantes de carreteras.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos de la muestra que pasa la malla No. 200)						
	A-1			A-2			
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis por cribado (porcentaje que pasa las mallas)							
No. 10	50 máx.						
No. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
No. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción que pasa la malla No. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad 6 máx.			NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos							
	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa			
Tasa general de los subrasantes							
	De excelente a bueno						

Clasificación general	Materiales limo-arcilla (más del 35% de la muestra que pasa la malla No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Análisis por cribado (porcentaje que pasa por las mallas)				
No. 10				
No. 40				
No. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por la malla No. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos usuales de materiales componentes significativos				
	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Tasa general de los sobrantes				
	De mediano a pobre			

*Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$

†Para A-7-6, $PI > LL - 30$

2. **Plasticidad:** El término *limoso* se aplica cuando las fracciones de finos del suelo tienen un índice de plasticidad de 10 o menor. El término *arcilloso* se aplica cuando las fracciones de finos tienen un índice de plasticidad de 11 o mayor.
3. Si cantos rodados y *boleos* (tamaños mayores que 75 mm) están presentes, éstos se excluyen de la porción de la muestra de suelo que se está clasificando. Sin embargo, el porcentaje de tal material se registra.

Para clasificar un suelo de acuerdo con la tabla 2.4, los datos de prueba se aplican de izquierda a derecha. Por un proceso de eliminación, el primer grupo desde la izquierda en el que los datos de prueba se ajusten, es la clasificación correcta.

Para la evaluación de la calidad de un suelo como material para subrasante de carreteras, se incorpora también un número llamado *índice de grupo (GI)* junto con los grupos y subgrupos del suelo. Este número se escribe en paréntesis después de la designación de grupo o de subgrupo. El índice de grupo está dado por la ecuación

$$GI = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01 (F - 15)(PI - 10) \quad (2.30)$$

donde F = por ciento que pasa la malla No. 200

LL = límite líquido

P = índice de plasticidad

El primer término de la ecuación (2.30), es decir, $(F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)]$, es el índice de grupo parcial determinado a partir del límite líquido. El segundo término, es decir $0.01(F - 15)(PI - 10)$, es el índice de grupo parcial determinado a partir del índice de plasticidad. A continuación se dan algunas reglas para determinar el índice de grupo:

1. Si la ecuación (2.30) da un valor negativo para GI , éste se toma igual a 0.
2. El índice de grupo calculado con la ecuación (2.30) se redondea al número entero más cercano (por ejemplo, $GI = 3.4$ se redondea a 3; $GI = 3.5$ se redondea a 4).
3. No hay un límite superior para el índice de grupo.
4. El índice de grupo de suelos que pertenecen a los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5, y A-3 siempre es 0.
5. Al calcular el índice de grupo para suelos que pertenecen a los grupos A-2-6 y A-2-7, use el índice de grupo parcial para PI , o

$$GI = 0.01(F - 15)(PI - 10) \quad (2.31)$$

En general, la calidad del comportamiento de un suelo como material para subrasantes es inversamente proporcional al índice de grupo.

EJEMPLO 2.4

Clasifique los suelos dados en la tabla según el sistema de clasificación AASHTO.

Suelo No.	Análisis por cribado; por ciento que pasa			Plasticidad para la fracción que pasa la malla No. 40	
	Malla No. 10	Malla No. 40	Malla No. 200	Límite líquido	Índice de plasticidad
1	100	82	38	42	23
2	48	29	8	—	2
3	100	80	64	47	29
4	90	76	34	37	12

Solución Para el suelo 1, el porcentaje que pasa la malla No. 200 es 38%, mayor que 35%, por lo que se trata de un material de arcilla limosa. Procediendo de izquierda a derecha en la tabla 2.4, vemos que tal suelo cae bajo A-7. Para este caso, $PI = 23 > LL - 30$, por lo que es A-7-6. De la ecuación (2.30), tenemos

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Para este suelo, $F = 38$, $LL = 42$ y $PI = 23$, por lo que

$$GI = (38 - 35)[0.2 + 0.005(42 - 40)] + 0.01(38 - 15)(23 - 10) = 3.88 \approx 4$$

Por consiguiente, el suelo es **A-7-6(4)**.

Para el suelo 2, el porcentaje que pasa la malla No. 200 es menor que 35%, por lo que se trata de un material granular. Procediendo de izquierda a derecha en la tabla 2.4, encontramos que es A-1-a. El índice de grupo es 0, por lo que el suelo es **A-1-a(0)**.

Para el suelo 3, el porcentaje que pasa la malla No. 200 es mayor que 35%, por lo que se trata de un material de arcilla limosa. Procediendo de izquierda a derecha en la tabla 2.4, encontramos que es A-7-6.

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Dados $F = 64$, $LL = 47$ y $PI = 29$, tenemos

$$GI = (64 - 35)[0.2 + 0.005(47 - 40)] + 0.01(64 - 15)(29 - 10) = 16.1 \approx 16$$

Por consiguiente, el suelo es **A-7-6(16)**.

Para el suelo 4, el porcentaje que pasa la malla No. 200 es menor que 35%, por lo que se trata de un material granular. De acuerdo con la tabla 2.4, es A-2-6.

$$GI = 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

Ahora, $F = 34$ y $PI = 12$, por lo que

$$GI = 0.01(34 - 15)(12 - 10) = 0.38 \approx 0$$

El suelo es entonces **A-2-6(0)**. ■

Tabla 2.5 Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos tipo grava.

Símbolo de grupo	Criterios
GW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 4; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
GP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para GW
GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad menor que 4
GC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
GC-GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
GW-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GM
GW-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GC
GP-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GM
GP-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GC

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros (Prueba D-2487 de la ASTM). El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en las tablas 2.5, 2.6 y 2.7; clasifica los suelos en dos amplias categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.
2. Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:

- W: bien graduado
- P: mal graduado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50)

Tabla 2.6 Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos.

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Tabla 2.7 Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 7$; se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CL en la figura 2.12)
ML	Inorgánico; $LL < 50$; $PI < 4$; o se grafica debajo de la línea A (véase la zona ML en la figura 2.12)
OL	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL < 50$ (véase zona OL en la figura 2.12)
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica sobre o arriba de la línea A (véase la zona CH en la figura 2.12)
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica debajo de la línea A (véase la zona MH en la figura 2.12)
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL \geq 50$ (véase zona OH en la figura 2.12)
CL-ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada en la figura 2.12
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

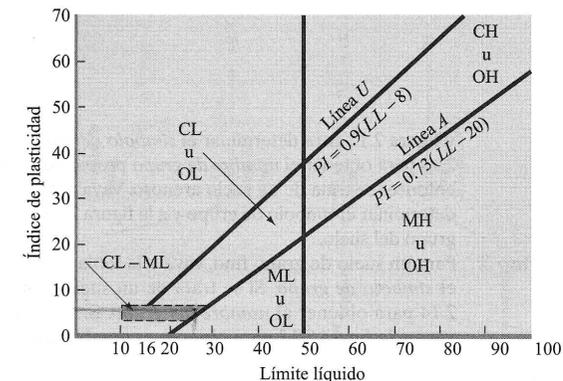
Para una clasificación apropiada con este sistema, debe conocerse algo o todo de la información siguiente:

1. Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa la malla de 76.2 mm y es retenida en la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm)
2. Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No. 4 (abertura de 4.75 mm) y es retenida en la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm)
3. Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm)
4. Coeficiente de uniformidad (C_u) y coeficiente de curvatura (C_z)
5. Límite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 40

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupo para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML, y Pt. Damos a continuación un procedimiento paso a paso para la clasificación de suelos:

Paso 1: Determine el porcentaje de suelo que pasa la malla No. 200 (F). Si $F < 50\%$, se trata de un suelo de grano grueso, es decir, tenemos un suelo tipo grava o arenoso (donde F = porcentaje de granos más finos que la malla No. 200). Vaya al paso 2. Si $F \geq 50\%$, se trata de un suelo de grano fino. Vaya al paso 3.

Paso 2: Para un suelo de grano grueso, $(100 - F)$ es la fracción gruesa en porcentaje. Determine el porcentaje de suelo que pasa la malla No. 4 y es retenido en la malla No. 200, F_1 . Si $F_1 < (100 - F)/2$, entonces el suelo tiene más grava que arena, por lo que es un suelo tipo grava. Vaya a la tabla 2.5

**FIGURA 2.12** Carta de plasticidad.

Símbolo de grupo	Nombre de grupo
GW	< 15% arena → Grava bien graduada
GP	≥ 15% arena → Grava bien graduada con arena
	< 15% arena → Grava mal graduada
	≥ 15% arena → Grava mal graduada con arena
GW-GM	< 15% arena → Grava bien graduada con limo
	≥ 15% arena → Grava bien graduada con limo y arena
GW-GC	< 15% arena → Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% arena → Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP-GM	< 15% arena → Grava mal graduada con limo
	≥ 15% arena → Grava mal graduada con limo y arena
GP-GC	< 15% arena → Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% arena → Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	< 15% arena → Grava limosa
	≥ 15% arena → Grava limosa con arena
GC	< 15% arena → Grava arcillosa
	≥ 15% arena → Grava arcillosa con arena
GC-GM	< 15% arena → Grava limo-arcillosa
	≥ 15% arena → Grava limo-arcillosa con arena
SW	< 15% grava → Arena bien graduada
	≥ 15% grava → Arena bien graduada con grava
SP	< 15% grava → Arena mal graduada
	≥ 15% grava → Arena mal graduada con grava
SW-SM	< 15% grava → Arena bien graduada con limo
	≥ 15% grava → Arena bien graduada con limo y grava
SP-SC	< 15% grava → Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% grava → Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP-SM	< 15% grava → Arena mal graduada con limo
	≥ 15% grava → Arena mal graduada con limo y grava
SP-SC	< 15% grava → Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% grava → Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SM	< 15% grava → Arena limosa
	≥ 15% grava → Arena limosa con grava
SC	< 15% grava → Arena arcillosa
	≥ 15% grava → Arena arcillosa con grava
SC-SM	< 15% grava → Arena limo-arcillosa
	≥ 15% grava → Arena limo-arcillosa con grava

Figura 2.13 Diagrama de flujo para nombres de grupo de suelos tipo grava y arenosos (según ASTM, 1998).

y figura 2.12 para determinar el *símbolo de grupo*, y luego vaya a la figura 2.13 para obtener el *nombre de grupo* propio del suelo. Si $F_1 \geq (100 - F)/2$, entonces se trata de un suelo arenoso. Vaya a la tabla 2.6 y figura 2.12 para determinar el *símbolo de grupo* y a la figura 2.13 para obtener el *nombre de grupo* del suelo.

Paso 3: Para un suelo de grano fino, vaya a la tabla 2.7 y figura 2.12 para obtener el *símbolo de grupo*. Si se trata de un suelo inorgánico, vaya a la figura 2.14 para obtener el *nombre del grupo*. Si se trata de un suelo orgánico, vaya a la figura 2.15 para obtener el *nombre del grupo*.

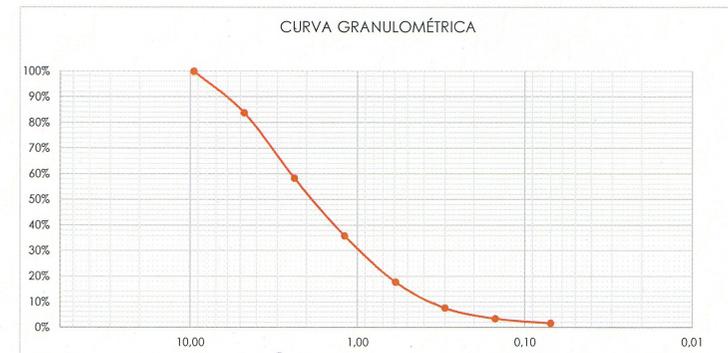
Note que la figura 2.12 es la carta de plasticidad desarrollada por Casagrande (1948) y modificada en alguna medida aquí.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		Número:
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca		Fecha de creación:
Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas		Fecha de revisión:
Instrumento tipo: Tamizadora circular, Juego de tamices		Año lectivo: 2015-2016
		Serie: 3200110294294

Proyecto: Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta en la ciudad de Cuenca.
 Solicitado por: Arq. Juan Pablo Astudillo
 Procedencia del Material: Ladrillera Riera
 Fecha: 22 de enero del 2016

Análisis granulométrico						
TAMIZ #	ABERTURA	PESO RETENIDO	P. RET. ACUM.	%	%	ESPECÍFICO
	mm.	gr	gr.	RETENIDO	PASA	
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	
Nº 4	4,75	161,37	161,37	16,14	83,86	
Nº 8	2,38	255,29	416,66	41,68	58,32	
Nº 16	1,19	225,10	641,76	64,19	35,81	
Nº 30	0,59	180,28	822,04	82,23	17,77	
Nº 50	0,30	101,15	923,19	92,35	7,65	
Nº 100	0,15	42,09	965,28	96,56	3,44	
Nº 200	0,07	18,00	983,28	98,36	1,64	
PASA #200		16,43				
TOTAL		999,71				

PASA TAMIZ Nº4= 164,37 gr
 PESO ANTES DEL ENSAYO= 1000 gr
 PESO DESPUÉS DEL ENSAYO= 999,71 gr



Resultados	
Módulo de Finura	3,93



CDU: 691.491		CO 02.07-101
Norma Técnica Ecuatoriana	LADRILLOS CERAMICOS DEFINICIONES. CLASIFICACION Y CONDICIONES GENERALES	INEN 293 1977-05
1. OBJETO		
1.1 Esta norma tiene por objeto establecer la clasificación, definiciones y condiciones generales de uso de los ladrillos cerámicos empleados en la construcción.		
2. ALCANCE		
2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos, fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales silico- calcáreos.		
3. DEFINICIONES Y CLASIFICACION		
3.1 <i>Ladrillo</i> . Es una pieza de arcilla moldeada y cocida, en formado paralelepípedo o prisma regular, que se emplea en albañilería,		
3.2 <i>Ladrillo común (mambón)</i> . Es el ladrillo moldeado a mano.		
3.3 <i>Ladrillo de maquina</i> . Es el ladrillo moldeado mecánicamente y en producción continua.		
3.4 <i>Ladrillo reprensado</i> . Es el ladrillo que se prensa entre el moldeo y la cochura.		
3.5 <i>Ladrillo macizo</i> . Es el ladrillo fabricado a mano o a máquina sin perforaciones en su interior, o con perforaciones celulares que pueden llegar hasta el 20% de su volumen.		
3.6 <i>Ladrillo hueco</i> . Es el ladrillo fabricado a máquina con perforaciones en su interior, que pasan del 20% de su volumen.		
3.7 Las dimensiones de los ladrillos tendrán los nombres siguientes:		
3.7.1 <i>Largo l</i> . Es la mayor dimensión de un ladrillo.		
3.7.2 <i>Ancho a</i> . Es la dimensión intermedia de un ladrillo.		
3.7.3 <i>Alto h</i> . Es la menor dimensión de un ladrillo.		
4. CONDICIONES GENERALES		
4.1 <i>Materia prima</i> . Los ladrillos deben fabricarse de arcilla o tierra arcillosa, a veces con adición de otros materiales, de suficiente plasticidad o consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones. No deben contener material que pueda causar eflorescencia de carácter destructivo o manchas permanentes en el acabado.		
<i>(Continúa)</i>		

NTE INEN 293	1977-05		
<p>4.2 <i>Fabricación</i>. Los ladrillos se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800° C. Una vez cocidos, deben tener una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpean con un material duro, deben emitir un sonido metálico.</p>			
4.3 Dimensiones y tolerancias			
4.3.1 En las construcciones proyectadas según el sistema de coordinación modular, se aplicarán las disposiciones de la Norma INEN 317.Coordinación Modular de la Construcción. Dimensiones modulares de ladrillos cerámicos.			
4.3.2 En los casos en que no se aplique la coordinación modular de la construcción, se usarán las dimensiones especificadas en la tabla 1.			
TABLA 1. Dimensiones de ladrillos cerámicos en cm			
(1) Tipo de ladrillo	(2) Largo L	(3) Ancho a	(4) Alto h
Común	39	19	9
De máquina	39	19	9
	29	14	9
Reprensado	29	19	9
	29	14	9
hueco	29	19	19
	29	19	14
	29	19	9
4.3.3 Por convenio entre el proveedor y el comprador, podrán fabricarse y utilizarse ladrillos de un alto <i>h</i> igual a 7 cm.			
4.3.4 Los ladrillos de un mismo tipo deben tener dimensiones uniformes. No se permitirá en ellas una variación mayor del 4%.			
<i>(Continúa)</i>			

ANEXO 6: NTE-INEN 294: Ladrillos cerámicos: Determinación de la resistencia a la compresión



CDU: 691.421

CO 02.07-301

Norma Técnica Ecuatoriana	LADRILLOS CERAMICOS DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION	INEN 294 1977-05
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo de ladrillos cerámicos que se emplean en albañilería para determinar su resistencia a la compresión.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados en arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales silico-calcáreos.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga progresiva de compresión a una muestra de ladrillo, hasta determinar su resistencia máxima admisible.</p> <p style="text-align: center;">4. DISPOSICION ESPECÍFICA</p> <p>4.1 La carga que se aplique para determinar la resistencia a la compresión de un ladrillo ejercerá el esfuerzo correspondiente, en la misma dirección en que las cargas o los pesos propios vayan a actuar sobre él en las construcciones. En caso de duda, esta dirección corresponderá a la menor dimensión del ladrillo.</p> <p style="text-align: center;">5. METODO</p> <p>5.1 Instrumental</p> <p>5.1.1 Puede usarse cualquier máquina de compresión provista de plato con rótula de segmento esférico, siempre que las superficies de contacto de los apoyos sean iguales o mayores que las muestras de prueba.</p> <p>5.2 Preparación de las muestras</p> <p>5.2.1 Las muestras a utilizarse consisten en mitades de ladrillos con caras planas y paralelas, obtenidas de cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables, cortados mediante herramientas adecuadas, para evitar que se deterioren las aristas.</p> <p>5.2.2 En caso de que las muestras presenten irregularidades de forma o sus caras tengan estrías o ranuras, se someterán al siguiente tratamiento de preparación:</p> <p>a) Se recubren las caras de la muestra, que van a estar en contacto con la máquina, con una capa compuesta por una mezcla que contenga azufre en proporción de 40 a 60% o (en masa) con arcilla, ceniza volcánica u otro material inerte. La aplicación de esta capa se hará de la manera indicada en el Anexo A.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

NTE INEN 294

1977-05

<p>b) Una vez aplicadas las capas de la mezcla de azufre, se dejará enfriar durante un tiempo mínimo dos horas.</p> <p>c) Cuando la superficie de la muestra presente oquedades, se llenarán con pasta de cemento Portland, que se dejará fraguar durante 24 horas, después de las cuales se procederá a la aplicación de la capas.</p> <p>5.3 Procedimiento</p> <p>5.3.1 Las muestras se ensayan centrándolas con respecto a la rótula y de manera que la carga se aplique en la dirección de su menor dimensión.</p> <p>5.3.2 Aproximadamente hasta la mitad de la carga máxima probable, se aplica ésta a cualquier velocidad. La carga restante se aplica gradualmente, en un tiempo no inferior a un minuto ni superior a dos.</p> <p>5.4 Cálculos</p> <p>5.4.1 La resistencia a la compresión se calcula por la ecuación siguiente:</p> $C = \frac{P}{A}$ <p>Siendo:</p> <p>C = La resistencia a la compresión, en Megapascales. P = La carga de rotura, en Newtones. A = Área de la seccionen milímetros cuadrados.</p> <p>5.4.2 La superficie A se calcula por la ecuación siguiente:</p> $A = a \times l$ <p>Siendo:</p> <p>a = ancho de la muestra, en milímetros. l = largo de la muestra, en milímetros.</p> <p>5.5 Expresión de los resultados</p> <p>5.5.1 El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la compresión del lote de ladrillos sometidos a ensayo.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continua)</i></p>

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3989 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

INEN		CO 02.07-302
CDU: 691.421		
Norma Técnica Ecuatoriana	LADRILLO CERAMICOS DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION	INEN 295 1977-05
1. OBJETO		
1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo de los ladrillos cerámicos empleados en albañilería para determinar su resistencia a la flexión.		
2. ALCANCE		
2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico- calcáreos.		
3. RESUMEN		
3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga progresiva de flexión a una muestra de ladrillos, hasta determinar su resistencia máxima admisible.		
4. MÉTODO		
4.1 Instrumental		
4.1.1 Puede usarse cualquier máquina de las empleadas para ensayos de flexión, siempre que los apoyos tengan una longitud por lo menos igual al ancho de la muestra de prueba y aseguren su contacto total y permanente con la misma.		
4.2 Preparación de las muestras		
4.2.1 Las muestras a utilizarse consistirán en cinco ladrillos secos, enteros y sin defectos apreciables.		
4.3 Procedimiento		
4.3.1 Colocar el ladrillo de muestra con su cara mayor sobre los apoyos, asegurando una separación de 15cm entre éstos. Hacer descender la pieza superior hasta obtener un contacto directo con la superficie en el centro de la luz. Las tres líneas de contacto se mantendrán paralelas. Aplicar la carga hasta la rotura de la muestra.		
4.3.2 La velocidad de aplicación de la carga será tal que el cabezal de la máquina no avance más de 1,5 mm por minuto.		
4.4 Cálculo		
4.4.1 El módulo de rotura se calcula con la ecuación siguiente:		
$R = \frac{300 G l}{2b d^2}$		
Siendo:		
R = módulo de rotura, en Megapascales.		
G = carga de rotura, en Newtones.		
l = distancia entre apoyos en milímetros.		
B = ancho de cara a cara de la muestra, en milímetros.		
D = promedio del espesor de cara a cara de la muestra en milímetros.		
4.5 Expresión de los resultados		
4.5.1 El promedio de los valores obtenidos en cinco muestras representa la resistencia a la flexión del lote de ladrillos sometidos a ensayo.		
<i>(Continúa)</i>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

INEN		CO 02.07-303
CDU: 691.421		
Norma Técnica Ecuatoriana	LADRILLOS CERAMICOS DETERMINACION DE ABSORCION DE HUMEDAD	INEN 296 1977-05
1. OBJETO		
1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método de ensayo de los ladrillos cerámicos empleados en albañilería para determinar la absorción de la humedad.		
2. ALCANCE		
2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico- calcáreos.		
3. RESUMEN		
3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la determinación de las masas de una muestra de ladrillo antes y después de ser sumergida en agua, estableciéndose la diferencia entre las dos masas como base para conocer el valor de la absorción de la humedad.		
4. MÉTODO		
4.1 Instrumental		
4.1.1 <i>Balanza</i> con capacidad mínima de 5 kg y con escala que permita lecturas hasta de 0,5 g.		
4.1.2 <i>Estufa</i> , de desecación regulada a una temperatura de 110° C		
4.2 Preparación de las muestras		
4.2.1 La muestra a ensayar consistirá en cinco ladrillos enteros, que se desecarán en estufa a 110°C hasta obtener masa constante. Luego se enfriarán a la temperatura ambiente y se volverán a pesar. Si se observa un aumento de masa mayor del 1%, se repetirá la operación.		
4.3 Procedimiento		
4.3.1 Una vez preparadas las muestras y anotada su masa constante, sumergirlas en agua destilada, a una temperatura de 15 a 30° C durante 24 horas. Al sacar las muestras del agua, secarlas con una toalla húmeda antes de pesarlas. La pesada de cada muestra debe concluirse antes de cinco minutos de sacada del agua.		
4.4 Cálculo		
4.4.1 La absorción de cada muestra expresada en % se calcula por la ecuación siguiente:		
$\text{Absorción}\% = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$		
Siendo:		
P ₁ = masa de la muestra desecada.		
P ₂ = masa de la muestra después de 24 horas de sumergida.		
4.5 Expresión de los resultados		
4.5.1 El promedio de los valores de absorción obtenidos en cinco muestras representa el porcentaje de absorción de humedad del lote de ladrillos inspeccionado.		
<i>(Continúa)</i>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

CDU: 691.421		CO 02.07-401
Norma Técnica Ecuatoriana	LADRILLOS CERAMICOS REQUISITOS	INEN 297 1977-05
1. OBJETO		
1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos que deben cumplir los ladrillos cerámicos empleados en la construcción.		
2. ALCANCE		
2.1 Esta norma comprende los ladrillos cerámicos fabricados de arcilla moldeada y cocida. No comprende a los ladrillos refractarios o fabricados con materiales sílico-calcáreos.		
3. CLASIFICACIÓN		
3.1 Para los efectos de esta norma, los ladrillos cerámicos se clasifican en macizos y huecos.		
3.2 Los ladrillos macizos se clasifican, de acuerdo a su calidad, en tres tipos: tipo A, tipo B y tipo C.		
3.3 Los ladrillos huecos se clasifican, de acuerdo a su uso, en tres tipos: tipo D, tipo E y tipo F.		
4. REQUISITOS		
4.1 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos macizos deberán cumplir con las siguientes características fundamentales:		
4.1.1 El tipo A, será ladrillo reprensado, de color rojizo uniforme, con ángulos rectos y aristas rectas. No tendrá manchas, eflorescencias, quemados ni desconchados aparentes en caras y aristas.		
4.1.2 El tipo B, será ladrillo de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas, diferenciando-se del tipo A en que puede tener pequeñas imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 5 mm.		
4.1.3 El tipo C, será semejante al tipo B, diferenciándose de él en que puede, además, ser fabricado a mano y tener imperfecciones en sus caras exteriores, así como variaciones de rectitud en sus aristas hasta de 8 mm.		
4.2 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos huecos deberán ser ladrillos de máquina, de color rojizo, con ángulos rectos y aristas rectas.		
4.3 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos huecos se emplearán en los siguientes usos estructurales.		
4.3.1 El tipo D, podrá emplearse en la construcción de muros soportantes, tabiques divisorios no soportantes y relleno de losas alivianadas de hormigón armado.		
<i>(Continúa)</i>		

- 4.3.2 El tipo E, podrá emplearse únicamente en la construcción de tabiques divisorios no soportantes y rellenos de losas alivianadas de hormigón armado.
- 4.3.3 El tipo F, podrá emplearse únicamente en el relleno de losas alivianadas de hormigón armado.
- 4.4 De acuerdo a la clasificación del numeral 3, los ladrillos cerámicos deberán cumplir con los requisitos que se indican en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos de resistencia mecánica y absorción de la humedad que deben cumplir los ladrillos cerámicos.

Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25
hueco tipo D	6	5	4	16
hueco tipo E	4	4	3	18
hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

5. SELECCIÓN DE MUESTRAS

- 5.1 Las muestras de ladrillo se seleccionarán de acuerdo a la Norma INEN 292. Ladrillos cerámicos. Muestreo.

(Continúa)

NOTA 1. 1 MPa = 10 kgf/cm²

ANEXO 10: NTE-INEN 986: Tejas cerámicas: Definiciones. Clasificación y condiciones generales



CDU: 666.72

CO 02.07-105

Norma Técnica Ecuatoriana	TEJAS CERAMICAS. DEFINICIONES. CLASIFICACIÓN Y CONDICIONES GENERALES	INEN 986 1982-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece las definiciones, la clasificación y las condiciones generales de uso de las tejas cerámicas empleadas en el recubrimiento de techos.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende las tejas cerámicas fabricadas de arcilla moldeada y cocida. No comprende las tejas fabricadas con materiales silicocalcáreos.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Teja. Es una pieza acanalada o plana, de poco espesor, hecha de arcilla o tierra arcillosa, adecuadamente quemada.</p> <p style="text-align: center;">4. CLASIFICACION</p> <p>4.1 Las tejas de arcilla se clasifican en dos grupos principales: las tejas curvadas y las tejas planas.</p> <p>4.1.1 La teja curvada es la que tiene forma acanalada en el sentido longitudinal, con una ligera reducción de su ancho hacia un extremo.</p> <p>4.1.2 La teja plana tiene la forma de un paralelepípedo regular de espesor muy reducido en relación a sus demás dimensiones.</p> <p style="text-align: center;">5. CONDICIONES GENERALES</p> <p>5.1 Las tejas deben fabricarse de arcilla o tierra arcillosa, de suficiente plasticidad y consistencia para que puedan tomar forma permanente y secarse sin presentar grietas, nódulos o deformaciones.</p> <p>5.2 Las tejas se fabrican por el procedimiento de cocción al rojo, a una temperatura mínima de 800°C. Una vez cocidas deben tener una masa homogénea de resistencia uniforme. Deben tener un color rojizo y, cuando se golpean con un material duro, deben emitir un sonido metálico.</p> <p>5.3 Dimensiones y tolerancias</p> <p>5.3.1 Las medidas nominales de las tejas en centímetros serán las siguientes:</p> <p>a) para la teja curvada:</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

NTE INEN 986

1982-12

<p>largo: 44 cm ancho: 22 cm espesor: 1 cm flecha de la curvatura: 6 cm.</p> <p>b) Para la teja plana:</p> <p>largo: 44 cm ancho: 30 cm espesor: 1 cm.</p> <p>5.3.2 Las dimensiones de las tejas deben ser uniformes. No se permite en ellas una variación mayor del 4%.</p> <p>5.3.3 Por convenio entre el fabricante y el comprador podrán fabricarse tejas hasta de 60 cm de largo, variando en proporción las otras dimensiones.</p> <p>5.4 Tejas vidriadas</p> <p>5.4.1 Las tejas cerámicas pueden llevar en su cara exterior o interior una capa de material impermeable que reduce notablemente la absorción de humedad. En este caso se conoce como tejas vidriadas.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>

ANEXO 11: NTE-INEN 988: Tejas cerámicas: Determinación de la resistencia a flexión



CDU: 666.72

CO 02.07-318

Norma Técnica Ecuatoriana	TEJAS CERAMICAS. DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXION	INEN 988 1982-12
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo de las tejas cerámicas para comprobar su resistencia a la flexión.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende las tejas cerámicas fabricadas de arcilla moldeada y cocida. No comprende las tejas fabricadas con materiales silicocalcáreos.</p> <p style="text-align: center;">3. RESUMEN</p> <p>3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la aplicación de una carga vertical progresiva sobre una teja colocada horizontalmente sobre soportes separados hasta llegar a la rotura de la teja.</p> <p style="text-align: center;">4. METODO</p> <p>4.1 Aparato</p> <p>4.1.1 Se utilizará una máquina apropiada para los ensayos de flexión. Las piezas de carga y apoyo serán de acero. Las partes en contacto con la muestra serán cilíndricas y las líneas de contacto deberán mantenerse perfectamente paralelas.</p> <p>4.2 Preparación de la muestra</p> <p>4.2.1 Se someterán al ensayo por lo menos cinco tejas enteras, desecadas en una estufa entre 110° y 115°C hasta obtener masa constante.</p> <p>4.2.2 Sobre el lomo o en la parte central de la muestra se preparará una superficie de 6 x 6 cm, con una capa plana de mortero de yeso calcinado para la aplicación de la carga.</p> <p>4.3 Procedimiento</p> <p>4.3.1 Colocar la muestra de ensayo, con el lomo hacia arriba, centrada sobre cuatro puntos de apoyo, dos en cada extremo o boca.</p> <p>4.3.2 Colocar los dos soportes de cada extremo exactamente a 15 cm de la línea transversal del centro de la teja, dejando, por lo tanto, un espacio libre de 30 cm entre los apoyos.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

NTE INEN 988

1982-12

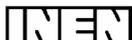
<p>4.3.3 Aplicarla carga sobre la superficie preparada ala velocidad de 40 a 50 kg/min.</p> <p>4.4 Cálculo e informe de resultados</p> <p>4.4.1 La resistencia a la flexión de cada muestra está dada por la carga de rotura que indique la máquina.</p> <p>4.4.2 Se tomará como resultado la media aritmética de los valores obtenidos en las cinco muestras ensayadas, consignándose también los dos valores extremos.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continua)</i></p>

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-9999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

ANEXO 12: NTE-INEN 989: Tejas cerámicas: Determinación de la absorción de agua

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

CDU: 666.72



CO 02.07-319

Norma Técnica Ecuatoriana	TEJAS CERAMICAS. DETERMINACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE AGUA	INEN 989 1982-12
<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece el método de ensayo de las tejas cerámicas para determinar la absorción de agua.</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma comprende las tejas cerámicas fabricadas de arcilla moldeada y cocida. No comprende las tejas fabricadas con materiales silicocalcáreos.</p> <p>3. RESUMEN</p> <p>3.1 El procedimiento descrito en esta norma se basa en la determinación de las masas de una muestra de tejas antes y después de sumergirse en agua, estableciéndose la diferencia entre las dos masas como base para conocer el valor de la absorción de agua.</p> <p>4. METODO</p> <p>4.1 Instrumental</p> <p>4.1.1 Balanza con capacidad mínima de 2 kg y con escala que permita lecturas hasta de 0,2 g.</p> <p>4.1.2 Estufa de desecación regulada ala temperatura de 110°C.</p> <p>4.2 Preparación de las muestras</p> <p>4.2.1 La muestra para el ensayo de absorción constará, al menos de cinco tejas enteras, o tres fragmentos representativos de cada una de las cinco. La masa de cada pieza no debe ser menor de 250 g.</p> <p>4.2.2 Las tejas enteras o las piezas representativas se desecarán en estufa a 110°C hasta obtener masa constante. Luego se enfriarán a la temperatura ambiente y se volverán a pesar. Si se observa un aumento de masa mayor del 1%, se repetirá la operación.</p> <p>4.3 Procedimiento</p> <p>4.3.1 Una vez preparadas las muestras y anotada su masa constante, sumergirlas en agua destilada o de lluvia, cuya temperatura se llevará hasta la ebullición, la cual se mantendrá durante una hora. Dejar enfriar el agua a la temperatura ambiental.</p> <p>4.3.2 Sacar las muestras del agua y dejar escurrir ésta durante un tiempo no mayor a un minuto.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>		

NTE INEN 989

1982-12

<p>4.3.3 Volver a pesar las muestras húmedas anotando el valor de su masa.</p> <p>4.4 Cálculo</p> <p>4.4.1 La absorción de cada muestra, expresada en porcentaje, se calcula por la ecuación siguiente:</p> $\text{absorción \%} = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100$ <p>4.5.1 El promedio de los valores de absorción obtenido en las cinco tejas o en sus fragmentos representativos, indica el porcentaje de absorción de agua del lote de tejas inspeccionado.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>
--



CDU: 666.72

CO 02.07-407

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

Norma Técnica Ecuatoriana	TEJAS CERAMICAS. REQUISITOS	INEN 990 1982-12
1. OBJETO		
1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las tejas cerámicas empleadas en el recubrimiento de techos.		
2. ALCANCE		
2.1 Esta norma comprende las tejas cerámicas fabricadas de arcilla moldeada o cocida. No comprende las tejas fabricadas con materiales sílico - calcáreos.		
3. CLASIFICACION		
3.1 Para efectos de esta norma, las tejas se clasifican de acuerdo a su forma y acabado, en los siguientes tipos:		
Tipo A. La teja común curva.		
Tipo B. La teja común plana		
Tipo C. La teja vidriada curva		
Tipo D. La teja vidriada plana		
4. REQUISITOS		
4.1 Resistencia a la flexión		
4.1.1 La resistencia a la flexión será determinada por la Norma INEN 988 y no debe ser menor de los valores indicados en la Tabla 1.		
TABLA 1. Resistencia a la flexión de las tejas		
Tipo de teja	Resistencia a la flexión, en kg/cm ²	
	Promedio de cinco tejas	Mínimo para una teja cualquiera
A	100	80
B	70	55
C	100	80
D	70	55
<i>(Continúa)</i>		

NTE INEN 990

1982-12

4.2 Absorción de agua

4.2.1 La absorción de agua será determinada por la Norma INEN 989 y no podrá exceder los valores indicados en la Tabla 2.

TABLA 2. Absorción de agua de las tejas

Tipo de teja	Absorción de agua el porcentaje	
	Promedio de cinco tejas	Una teja cualquiera como máximo
A	18%	20%
B	20%	22%
C	12%	14%
D	14%	16%

(Continúa)

PARTE 3

CAPÍTULO 1 - CARGAS

NORMA PARA DETERMINAR LAS CARGAS A EMPLEARSE EN PROYECTOS DE EDIFICACIONES

1.1 PROPÓSITO

Esta norma establece las cargas mínimas permanentes y accidentales a considerarse en el cálculo y diseño de estructuras.

No se han tomado en cuenta las cargas temporales debidas a los procesos constructivos, ni las cargas dinámicas de viento, sismo, vehículos en movimiento, explosión, hundimiento de cimentaciones y otras debidas a fenómenos naturales.

Este código proporciona solo una guía general para el calculista y diseñador de estructuras. La responsabilidad final de la estabilidad de la estructura recae en el ingeniero calculista. Sin embargo, las construcciones en general deben diseñarse para resistir por lo menos las cargas permanentes (carga muerta) y las sobrecargas de uso (carga viva) mínimas aquí especificadas. Las memorias de cálculo y diseño deben contar con el estudio realizado para determinar esas cargas y deben adjuntarse siempre a los planos de construcción.

1.2 DEFINICIONES

1.2.1 Cargas permanentes (carga muerta)

Las cargas permanentes están constituidas por las masas de todos los elementos fijos de la construcción como partes estructurales, muros, tabiques, recubrimientos, instalaciones sanitarias, eléctricas, de acondicionamiento, máquinas o equipos y todo artefacto integrado permanentemente a la estructura.

1.2.2 Sobrecargas de uso (carga viva)

Las sobrecargas de uso dependen de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por la masa de las personas, muebles, equipos y accesorios móviles o temporales, mercadería en transición, etc.

Las sobrecargas mínimas a considerar son las siguientes:

Tabla 1. Cargas Vivas Uniformemente Distribuidas Mínimas, Lo y Cargas Vivas Concentradas Mínimas

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m2)	Carga Concentrada (kN)
Departamentos (ver Residencias)		
Sistemas de pisos para circulación		
Para Oficinas	2,4	9,0
Para Centros de Computo	4,8	9,0
Armerías y salas de instrucción militar	7,2	
Áreas de Reunión y Teatros		
Asientos fijos	2,9	
Lobby	4,8	

Asientos móviles	4,8	
Plataformas de Reunión	4,8	
Escenarios	7,2	
Balcones (Exterior)	4,8	
Residencias Uni-bifamiliares con área menor a 9,0 m2	2,9	
Salas de Billar, bolos y otras áreas de recreación similares	3,6	
Corredores-pasarelas-plataformas para mantenimiento	2,0	1,33
Corredores	4,80	
Primer Piso		
Otros pisos de igual ocupación, excepto si se indicara otro		
Salas de Baile	4,8	
Comedores y Restaurantes	4,8	
Emparrillados para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2.600 mm2)		1,4
Construcción de pisos con placa metálica auto deslizante (área de 645 mm2)		0,9
Escape para incendio	4,8	
Únicamente para residencias unifamiliares	2,00	
Escaleras fijas	Ver sección 1.4	
Garaje (únicamente vehículos para pasajeros)	2,0 a, b	
Camiones y Buses	a, b	
Coliseos (ver estadios y arenas, graderíos)		
Gimnasios - pisos y balcones	4,80	
Pasamanos, guardavías y agarraderas de seguridad	Ver sección 1.4	
Hospitales		
Sala de quirófanos, laboratorios	2,90	4,50
Cuarto de pacientes	2,00	4,50
Corredores sobre el primer piso	4,00	4,50
Hoteles (ver residencias)		
Bibliotecas		
Salas de lectura	2,90	4,50
Estanterías	7,20c	4,50
Corredores sobre el primer piso	4,00	4,50
Fábricas/Industria/Manufactura		
Livianas	6,00	9,00
Pesadas	12,00	13,40
Marquesinas	3,60	
Edificios de Oficinas		
Salas de archivo y computación se diseñará para		

la mayor carga prevista		
Lobbies y corredores del primer piso	4,80	9,00
Oficinas	2,40	9,00
Corredores sobre el primer piso	4,00	9,00
Institutos de Rehabilitación		
Celdas	2,00	
Corredores	4,80	
Residencias		
Viviendas (uni y bifamiliar)	2,00	
Hoteles y residencias multifamiliares		
Habitaciones y sus corredores	2,00	
Salones de uso público y sus corredores	4,80	
Graderíos para estadios y similares	4,80 ^d	
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	1,00 ^{s, k}	
Cubiertas empleadas para áreas de paseo	3,00	
Cubiertas empleadas en jardinería o patios de reunión.	4,80	
Cubiertas empleadas para propósitos especiales	i	i
Toldos y Carpas		
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0,24 (no reducible)	
Todas las demás	1,00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta	8,90	
Miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		
Todos los otros usos		1,40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		1,40
Unidades Educativas		
Aulas	2,00	4,50
Corredores sobre el primer piso	4,00	4,50
Primer piso corredores	4,80	4,50
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0,90
Veredas, circulación vehicular y patios que puedan estar cargadas por camiones 12,00 35,60^f	12,00	35,60 ^f
Estadios y Coliseos		
Graderíos	4,80 ^d	
Asientos fijos (sujetos al piso)	3,00 ^d	

Escaleras y Rutas de escape	4,80	
Únicamente residencias Uni-bifamiliares	2,00	
Áreas de almacenamiento sobre cielos rasos, tumbados	1,00	
Bodegas de almacenamiento (deberán ser diseñadas para cargas mayoradas previstas)		
Livianas	6,00	
Pesadas	12,00	
Almacenes		
Venta al por menor		
Primer piso	4,80	4,50
Pisos superiores	3,60	
Venta al por mayor. Todos los pisos	6,00	
Barreras vehiculares	Ver sección 1.4	
Pasarelas y plataformas elevadas (otras a excepción de vías de escape)	3,00	
Patios y terrazas peatonales	4,80	

NOTAS AL PIE DE CUADRO

^a Los pisos en estacionamientos o partes de los edificios utilizados para el almacenaje de vehículos a motor serán diseñados para las cargas vivas uniformemente distribuidas de la Tabla No. 1 o para las siguientes cargas concentradas:

- (1) Para vehículos particulares (hasta 9 pasajeros) 13,4 kN actuando en una superficie de 100 mm. por 100 mm. y
- (2) Para losas en contacto con el suelo que son utilizados para el almacenamiento de vehículos particulares 10 kN por rueda.

^b Los estacionamientos para camiones y buses serán diseñados por un método aprobado (p.ejm AASHTO, MTOP) que contenga las especificaciones para cargas de camiones y buses.

^c Estas cargas se aplican también para espacios de almacenamiento que soportan anaqueles fijos con uso de doble acceso en librerías y bibliotecas sujetas a las siguientes limitaciones en los anaqueles: altura máxima 2,30 m, ancho máximo 0,30 m por lado de acceso, y espaciamiento entre anaqueles no menor a 0,90 m.

^d Adicionalmente para las cargas vivas verticales el diseño incluirá fuerzas horizontales de desplazamiento aplicadas a cada fila de asientos como sigue: 40 kg por metro lineal en la dirección paralela a la fila de asientos y 15 kg por metro aplicados en la dirección perpendicular de cada fila de asientos. Estas fuerzas no serán consideradas en forma simultánea.

^e La carga concentrada de rueda será aplicada en un área de 100 mm x 100 mm (apoyo de una gata hidráulica).

^f La carga mínima concentrada en escaleras aplicada en un área de 50 mm x 50 mm es 1,4 kN.

^g Cuando la carga viva uniforme de cubierta se reduzca a menos de 1 kN/m², de conformidad con la sección 4.1 y sea aplicada para el diseño de miembros estructurales continuos, la carga viva reducida de cubierta debe aplicarse en tramos adyacentes o alternos, de manera que produzca el

máximo efecto.

^h Las cubiertas con propósitos especiales serán diseñadas con la carga correspondiente a un análisis debidamente sustentado.

ⁱ En la región andina, incluyendo sus estribaciones desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas en previsión de caídas de granizo o ceniza.

^j En los sitios donde sea necesario considerar la carga de granizo se adicionará una carga de 1,0 kN/m² en la zona de los aleros a una distancia desde el borde hacia el centro de la luz igual al 10% de la luz libre y no menor a 1 m.

Tabla 2. Factor de carga viva aplicable al elemento

Elemento	K_{LL} ^a
Columnas interiores	4
Columnas exteriores sin losas en voladizo	4
Columnas de borde con losas en voladizo	3
Columnas esquineras con losas en voladizo	2
Vigas de borde sin losas en voladizo	2
Vigas interiores	2
Todos los demás elementos no identificados incluyendo: Vigas de borde con losas en voladizo Vigas en voladizo Losas en una dirección Losas en dos direcciones	1
Elementos que no tengan mecanismos de transferencia de corte normal a la dirección de la luz.	

^a El valor de K_{LL} puede ser calculado en lugar de los valores precedentes

1.3 REDUCCIÓN DE CARGAS VIVAS

Exceptuando las cargas vivas de cubierta todas las cargas mínimas uniformemente distribuidas que se indican en la Tabla 1, podrán ser reducidas de acuerdo con las siguientes disposiciones.

1.3.1 Cargas generales

Sujeto a las limitaciones de las secciones 1.3.2 a 1.3.5 los elementos para los que el valor de $K_{LL} \cdot A_T$

es de al menos 35 m² pueden ser diseñados para una carga reducida de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL} \cdot A_T}} \right)$$

donde:

L= carga viva reducida por metro cuadrado del área soportada por el elemento.

Lo= carga viva sin reducir del área soportada por el elemento de conformidad con la Tabla 1.

K_{LL} = factor de carga viva aplicable al elemento de la Tabla 2.

A_T = área tributaria en metros cuadrados

L será al menos 0,5Lo para elementos que soportan un solo piso y 0,4Lo para elementos que soportan dos pisos o más.

1.3.2 Cargas vivas pesadas

Las cargas vivas que excedan 4,8 kN/m² no pueden ser reducidas, excepto cuando el elemento soporte dos o más pisos en que se podrá reducir hasta en un 20 %.

1.3.3 Estacionamientos para vehículos particulares

Las cargas vivas no se pueden reducir, con excepción en elementos que soporten dos o más pisos, se podrá reducir hasta en un 20%.

1.3.4 Ocupaciones especiales

Para cargas vivas de 4,8 kN/m² o menos no se podrá reducir la carga en lugares de reuniones públicas.

1.3.5 Limitaciones para losas en una dirección

El área tributaria A_T para losas en una dirección no podrá exceder una superficie definida por un ancho de la losa normal a la luz igual a 1,5 veces la luz principal de la losa.

1.4 REDUCCIÓN DE CARGA VIVA EN CUBIERTAS

En la región andina, incluyendo sus estribaciones desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas, en previsión de caídas de granizo o ceniza.

La carga uniformemente distribuida, Lo, en cubiertas determinada según la Tabla 1, se permite que sea reducida de conformidad con las siguientes disposiciones.

1.4.1 Cubiertas planas, inclinadas y curvas

Se permite reducir la carga viva de cubierta de conformidad con la siguiente ecuación:

$$L_r = L_0 R_1 R_2 \quad \text{donde } 0,58 \leq L_r \leq 0,96$$

Donde, L_r es la carga viva uniforme reducida en proyección horizontal en kN/m^2 .

R_1 y R_2 = factores de reducción de conformidad con las siguientes fórmulas:

$$1 \quad \text{para } A_T \leq 18,58 \text{ m}^2$$

$$R_1 = 1,2 - 0,011 A_T \quad \text{para } 18,58 \text{ m}^2 < A_T < 55,74 \text{ m}^2$$

$$0,6 \quad \text{para } A_T \geq 55,74 \text{ m}^2$$

$$1 \quad \text{para } F \leq 12,5 \%$$

$$R_2 = 1,2 - 0,006 F \quad \text{para } 12,5 < F < 37,5 \%$$

$$0,6 \quad \text{para } F \geq 37,5 \%$$

A_T = área tributaria en metros cuadrados soportados por el elemento estructural

F = Pendiente de la cubierta (expresada en porcentaje)

1.4.2 Cubiertas para propósitos especiales

En las cubiertas que tengan una ocupación para jardines u otros propósitos especiales se permite la reducción de acuerdo con la Sección 1.3.

1.5 COMBINACIONES DE CARGA

1.5.1 Generalidades

Los edificios y otras estructuras serán diseñados utilizando las disposiciones de las secciones 1.5.3 o 1.5.4. Las secciones 1.5.3 o 1.5.4 serán utilizadas exclusivamente para dimensionar elementos de un material de construcción en particular dentro de la estructura.

1.5.2 Símbolos y notación

D = carga muerta

E = carga de sismo a nivel de diseño (factorada)

F = carga de fluidos con presiones y alturas máximas bien definidas

F_a = carga de inundación

H = carga por la presión lateral de tierra, presión de agua en el suelo, o presión de materiales a granel

L = carga viva

L_r = carga viva de cubierta

R = carga de lluvia

S = carga de granizo

T = cargas por efectos acumulados de variación de temperatura, flujo plástico, retracción, y asentamiento diferencial

W = carga de viento

1.5.3 Combinaciones de cargas mayoradas utilizando el diseño de última resistencia

1.5.3.1 Alcance

Las combinaciones de carga y los factores indicados en la sección 1.5.3.2 se utilizarán únicamente en los casos en los cuales están específicamente autorizados por la norma de diseño del material.

1.5.3.2 Combinaciones básicas

Las estructuras, componentes y cimentaciones deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas mayoradas de acuerdo a las siguientes combinaciones:

- 1,4 (D+F)
- 1,2 (D+F+T)+1,6 (L+H)+0,5 (L_r o S o R)
- 1,2 D+1,6(L, O S o R)+(L o 0,8W)
- 1,2 D+1,6W+L+0,5 (L_r o S o R)
- 1,2 D+1,4E+L+0,2 S
- 0,9D+1,6W+1,6H
- 0,9D+1,4E+1,6H

Excepciones:

- El factor de carga en L para las combinaciones 3, 4 y 5 puede ser igual a 0,5 para todos los

usos en los cuales L_0 de la tabla 1 sea menor o igual que $4,8 \text{ kN/m}^2$, con excepción de estacionamientos o áreas destinadas a reuniones públicas.

- El factor de carga en H será igual a cero en las combinaciones 6 y 7 si la acción estructural debido a H contrarresta aquella producida por W o E. Cuando la presión lateral de tierra provea resistencia a las acciones estructurales debido a otras fuerzas, ésta no deberá incluirse en H pero será incluida en la resistencia de diseño.
- En las combinaciones 2, 4 y 5 la aplicación de la carga S será considerada como carga de granizo en techos planos (p_r) o carga de granizo en techos con pendiente (p_s).

Cuando sea apropiado se deberá investigar cada estado límite de resistencia relevante. Deberá investigarse el efecto de una o más cargas que no actúan simultáneamente. Los efectos más desfavorables tanto de viento como de sismo deberán ser investigados pero no necesitan ser considerados simultáneamente.

Referirse al capítulo correspondiente a diseño sismo resistente para la definición de la carga sísmica E.

1.5.4 Combinaciones nominales de cargas utilizando diseño mediante esfuerzos de trabajo

1.5.4.1 Combinaciones básicas

Las cargas aplicables serán combinadas mediante las siguientes expresiones y se deberá utilizar la que produzca el efecto más desfavorable en el edificio, cimentación o en el elemento estructural que está siendo considerado. Deberá investigarse el efecto de una o más cargas que no estén actuando.

- D+F
- D+H+F+L+T
- D+H+F+(L_r o S o R)
- D+H+F+0,75(L+T)+0,75(L_r o S o R)
- D+H+F+(W o 0,7E)
- D+H+F+0,75(W o 0,7E)+0,75L+0,75(L_r o S o R)
- 0,6D+W+H
- 0,6D+0,7E+H

Excepciones:

- En las combinaciones 4 y 6 la aplicación de la carga S será considerada como carga de granizo en techos planos (p_r) o carga de granizo en techos con pendiente (p_s).

Los efectos más desfavorables tanto de viento como de sismo deberán ser investigados pero no necesitan ser considerados simultáneamente.

Referirse al capítulo correspondiente a diseño sismo resistente para la definición de la carga sísmica E.

El incremento del esfuerzo admisible no debe ser utilizado con las cargas o combinaciones de carga de esta especificación a menos que se pueda demostrar que tal incremento esté justificado por el desempeño estructural debido a la velocidad y duración de la carga.

MASAS UNITARIAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
Material	Masa Unitaria kN/m ³
A. Rocas	
Basalto	29,0 – 30,0
Granito	26,0 – 28,0
Andesita	26,0 – 28,0
Sienita	27,0 – 29,0
Pórfido	26,0 – 27,0
Gabro	29,0 – 31,0
Arenisca	26,0 – 27,5
Calizas compactas y mármoles	27,0 – 28,0
Pizarra para tejados	28,0
B. Piedras artificiales	
Adobe	16,0
Amianto-cemento	20,0
Baldosa cerámica	18,0
Baldosa de gres	19,0
Hormigón simple	22,0
Hormigón armado	24,0
Ladrillo cerámico prensado (0 a 10% de huecos)	19,0
Ladrillo cerámico perforado (20 a 30% de huecos)	14,0
Ladrillo cerámico hueco (40 a 50% de huecos)	10,0
Ladrillo artesanal	16,0
Bloque hueco de hormigón	12,0
Bloque hueco de hormigón alivianado	8,5
C. Materiales granulares	
Arena seca	14,5
Arena húmeda	16,0
Arena saturada	18,0
Arena de pómez seca	7,0
Ripio seco	16,0
Ripio húmedo	20,0
Grava (canto rodado)	16,0
Gravilla seca	15,5
Gravilla húmeda	20,0
Tierra seca	14,0
Tierra húmeda	18,0

ANEXO 15: Ensayos de compresión de la piezas propuesta

Tierra saturada	20,0
D. Morteros	
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1: 5	20,0
Cemento compuesto cal y arena	18,0
Cal y arena	16,0
Yeso 10,0	10,0
E. Metales	
Acero	78,5
Aluminio	27,0
Bronce	85,0
Cobre	89,0
Estaño	74,0
Fundición gris	72,0
Latón	85,0
Plomo	114,0
Zinc	72,0
F. Materiales diversos	
Alquitrán	12,0
Asfalto	13,0
Cal	12,0
Hielo	9,0
Libros y documentos	8,5
Papel	11,0
Plástico en planchas	21,0
Vidrio plano	26,0
G. Contrapisos y recubrimientos kN/m2	
Baldosa de mármol reconstituido, con mortero de cemento: por cada cm., de espesor	0,22
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm., de espesor	0,20
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm., de espesor	0,16
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm., de espesor	0,22
H. Cielorrasos y Cubiertas	
De yeso sobre listones de madera (incluidos los listones)	0,20
De mortero de cemento compuesto cal y arena	0,55
Plancha ondulada de fibrocemento: de 8 mm de espesor	0,20
de 6 mm de espesor	0,15
Chapa ondulada de acero galvanizado: de 0,5 mm de espesor	0,07
de 0,8 mm de espesor	0,09
de 1,3 mm de espesor	0,14
Teja de barro cocido sin mortero	0,50
Teja plana con mortero de cemento	0,85
Teja de hormigón con mortero	1,15

FECHA DE COEFICION	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DATO (días)	FEDE W (kg)	LARGO (mm)	ALTO (mm)	ANCHO (mm)	AREA (mm²)	C. DE ROTURA (kgf)	C. DE ROTURA (N)	RESIST A COMPRESION (Mpa)	F. DE ROTURA (kg/cm²)	CODIGO ROTURA	NOEA	TIPO	Temperatura (°C)	Humedad relativa, %	OBSERVACIONES	RESPONSABLE		
ENSAYOS DE COMPRESION																				
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca																				
Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas																				
Instrumento tipo: Módulo para ensayos de compresión de cilindros de hormigón ACCU-TEC touch 360.																				
Proyecto: Pruebas de estructuras casimira para cubierta en la ciudad de Cuenca.																				
Solicitado por: Arquitecto: A. Albaladejo																				
COMPRESION VERTICAL																				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,80	150,00	75,10	291,00	43850,00	3681,0	36098,46	0,63	8,43	H C1	10,00	2	19,70	50,00		El tiempo entre la rotura y la rotura de la pieza cuenta con el tiempo de quemado y fresa de 10 minutos, y el tiempo de almacenamiento	Edison Castillo-C.	
20-4c-15	21-ene-16	32	5,92	152,00	75,60	294,00	44922,00	1148,0	11238,09	0,25	2,55	H C2	10,02	3	19,75	50,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,68	151,00	74,80	289,50	43714,50	2441,0	23938,15	0,55	5,58	H C3	10,05	3	19,80	50,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,53	151,00	74,50	290,50	43885,50	3101,0	30410,58	0,69	7,07	H C4	10,08	3	19,80	51,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,88	152,00	75,20	292,00	44384,00	3909,0	38334,39	0,86	8,81	H C5	10,10	2	19,82	52,00				
				151,20	75,04	291,80				0,64	6,49									
COMPRESION HORIZONTAL																				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,55	312,00	75,60	295,00	22302,00	1300	1274,87	0,06	0,58	H C1	10,15	2	19,82	52,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,52	309,00	74,90	293,20	21860,68	1150	1127,77	0,05	0,52	H C2	10,16	2	19,81	52,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,52	308,40	75,30	294,50	22175,85	800	784,54	0,04	0,36	H C3	10,20	2	19,81	51,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,55	311,30	74,60	289,40	21589,24	1140	1117,66	0,05	0,53	H C4	10,22	2	19,80	51,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,54	309,50	74,20	289,20	21687,04	1060	1039,51	0,05	0,49	H C5	10,25	2	19,80	52,00				
				310,04	74,92	292,66				0,05	0,50									
COMPRESION TRANSVERSAL																				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,84	312,60	74,80	294,20	23382,48	995,0	9790,29	4,19	42,69	T C1	10,50	5	19,78	53,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,52	310,50	75,30	289,60	23380,65	1048,0	104735,56	4,48	45,68	T C2	10,52	2	19,75	52,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,84	305,40	74,60	289,30	22782,84	10110,0	99145,74	4,35	44,38	T C3	10,35	3	19,75	52,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,71	307,80	74,80	290,50	23023,44	9521,0	93369,59	4,06	41,35	T C4	10,37	2	19,75	52,00				
20-4c-15	21-ene-16	32	5,80	311,30	75,60	291,20	23834,28	8120,0	79630,40	3,38	34,50	T C5	10,39	5	19,73	52,00				
				309,52	75,02	291,36				4,09	41,72									



Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustin Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas, edison.castillo@uoenca.edu.ec, 0963367390, 4051102 ext. 2150

ANEXO 16: Ensayos de flexión de la pieza propuesta



ENSAYOS DE FLEXIÓN
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca
Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas
Instrumento tipo: **Máquina para ensayos de compresión de cilindros de hormigón ACCI-TEK Ikuich 350.**

Número: 0006
Fecha de creación: 25/01/2016
Fecha de revisión: 20/03/16
Auto-revisión: 20/03/16
Fecha: 11/08/2013







Proyecto: Rehabilitación estructuras - ex-monio para subterráneo en la ciudad de Cuenca.
Solicitado por: Arq. Juan Pablo Abadillo

FECHA DE CONFECCION	FECHA DE BOTARRA	EDAD TIEMPO (días)	FECHO IV (d)	LONGITUD (cm)	ANCHO (mm)	AREA APROX. (cm²)	INTE ENTRE LEAS (cm)	C. DE BOTARRA (N)	C. DE BOTARRA (kg)	F. DE BOTARRA (N/m²)	F. DE BOTARRA (kg/cm²)	CODIGO	FORMA	TIPO	TEMPERATURA (°C)	Humedad relativa, %	RESPONSABLE
FLEXIÓN EN SENTIDO TRANSVERSAL																	
20-dic-15	20-ene-16	31	5891	310	75.1	23281	160	4.895.27	478	0.64	6.524	VF1	3	3	19.75	61.00	Edson Castillo C.
20-dic-15	20-ene-16	31	5698	309	75.2	23237	160	5.754.90	587	0.79	8.037	VF2	2	2	19.72	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	5731	308	74.6	22977	160	4.950.98	505	0.68	6.937	VF3	1	1	19.71	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	6165	312	75.3	23464	160	5.843.14	594	0.79	8.082	VF4	2	2	19.71	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	5820	310.5	74.2	23880	160	4.235.29	432	0.58	5.986	VFS	2	2	19.71	61.00	
FLEXIÓN EN SENTIDO LONGITUDINAL																	
20-dic-15	20-ene-16	31	5798	290	74.8	21892	160	10.080.00	1006.00	1.49	15.147	HF1	1	1	19.70	61.00	Edson Castillo C.
20-dic-15	20-ene-16	31	5967	295.4	75.3	22244	160	12.850.00	1265.00	1.86	18.994	HF2	1	1	19.71	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	6234	292.9	74.3	21762	160	12.170.00	1217.00	1.78	18.142	HF3	1	1	19.72	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	5863	293.1	75	21983	160	9.810.00	981.00	1.43	14.614	HF4	1	1	19.72	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	6245	291.2	74.8	21782	160	10.080.00	1009.00	1.48	15.129	HFS	4	4	19.72	61.00	
FLEXIÓN EN SENTIDO LONGITUDINAL																	
292.52 74.84 1.61 16.485																	

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas, edson.castillo@ucuenca.edu.ec, 0983367390, 4051102 ext. 2150



ANEXO 17: Ensayos de absorción de humedad de la pieza propuesta



ENSAYOS DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca
Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas

Número: FUC
Fecha de creación: 20/03/16
Fecha de revisión: 20/03/16
Auto-revisión: 20/03/16
Fecha: 11/08/2013



Instrumento tipo: **Horno HIMOOT SECADO DE MUESTRAS, CAPACIDAD 198L TEMPERATURA DESDE AMBIENTE HASTA 149 °C (000) DIMENSION INTERNA 4051102 ext. 2150**

Proyecto: Rehabilitación estructuras - ex-monio para subterráneo en la ciudad de Cuenca.
Solicitado por: Arq. Juan Pablo Abadillo

Proyecto: Rehabilitación estructuras - ex-monio para subterráneo en la ciudad de Cuenca.
Solicitado por: Arq. Juan Pablo Abadillo

FECHA DE CONFECCION	FECHA DE BOTARRA	EDAD TIEMPO (días)	FECHO IV (d)	LONGITUD (cm)	ANCHO (mm)	AREA APROX. (cm²)	INTE ENTRE LEAS (cm)	C. DE BOTARRA (N)	C. DE BOTARRA (kg)	F. DE BOTARRA (N/m²)	F. DE BOTARRA (kg/cm²)	CODIGO	FORMA	TIPO	TEMPERATURA (°C)	Humedad relativa, %	RESPONSABLE
FLEXIÓN EN SENTIDO TRANSVERSAL																	
20-dic-15	20-ene-16	31	5891	310	75.1	23281	160	4.895.27	478	0.64	6.524	VF1	3	3	19.75	61.00	Edson Castillo C.
20-dic-15	20-ene-16	31	5698	309	75.2	23237	160	5.754.90	587	0.79	8.037	VF2	2	2	19.72	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	5731	308	74.6	22977	160	4.950.98	505	0.68	6.937	VF3	1	1	19.71	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	6165	312	75.3	23464	160	5.843.14	594	0.79	8.082	VF4	2	2	19.71	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	5820	310.5	74.2	23880	160	4.235.29	432	0.58	5.986	VFS	2	2	19.71	61.00	
FLEXIÓN EN SENTIDO LONGITUDINAL																	
20-dic-15	20-ene-16	31	5798	290	74.8	21892	160	10.080.00	1006.00	1.49	15.147	HF1	1	1	19.70	61.00	Edson Castillo C.
20-dic-15	20-ene-16	31	5967	295.4	75.3	22244	160	12.850.00	1265.00	1.86	18.994	HF2	1	1	19.71	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	6234	292.9	74.3	21762	160	12.170.00	1217.00	1.78	18.142	HF3	1	1	19.72	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	5863	293.1	75	21983	160	9.810.00	981.00	1.43	14.614	HF4	1	1	19.72	61.00	
20-dic-15	20-ene-16	31	6245	291.2	74.8	21782	160	10.080.00	1009.00	1.48	15.129	HFS	4	4	19.72	61.00	
FLEXIÓN EN SENTIDO LONGITUDINAL																	
292.52 74.84 1.61 16.485																	

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas, edson.castillo@ucuenca.edu.ec, 0983367390, 4051102 ext. 2150



ANEXO 18: Ensayos de compresión de materiales para la pieza propuesta

ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE MATERIALES		FAUC FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO		Número: 0001
Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca		Fecha de creación: 15/07/23		
Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas		Fecha de emisión:		
Instrumento tipo: Máquina para ensayos de compresión de cilindros de hormigón ACCU-TEK touch 350		Año lectivo: 2015-2016		
		Serie: 411000423		

Proyecto: Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta en la ciudad de Cuenca.
Solicitado por: Arq. Juan Pablo Astudillo

FECHA DE CONFECCIÓN	FECHA DE ROTURA	EDAD ENVAJO (días)	PESO W (kg)	ALTIMA (mm)	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)	F. DE ROTURA (kg/cm ²)	CODIGO FROBETA	NORMA	RFO	Temperatura (°C)	Humedad relativa		OBSERVACIONES	RESPONSABLE
												%	%		
15-dic-15	04-ene-16	20	2.30	185.00	94.00	6939.77	62.00	AN	10102	4	18.60				
MEZCLA DE RES ACIELAS															
15-dic-15	04-ene-16	20	2.05	176.00	96.00	7238.22	44.00	AR 1	10105	4	18.65				
15-dic-15	04-ene-16	20	2.07	182.00	92.00	6647.60	35.00	AR 2	10107	4	18.65				
15-dic-15	04-ene-16	20	2.08	180.00	92.00	6647.60	44.00	AR 3	10110	4	18.65				
MEZCLA CON ACEREN															
15-dic-15	04-ene-16	20	1.79	170.00	95.00	7088.21	39.0	AC1	10115	1	18.64				
15-dic-15	04-ene-16	20	1.80	172.00	96.00	7238.22	47.0	AC2	10118	4	18.65				
15-dic-15	04-ene-16	20	1.79	179.00	93.00	6792.90	40.0	AC3	10120	4	18.66				
MEZCLA CON POLIESTERO															
15-dic-15	04-ene-16	20	1.92	183.00	95.00	7088.21	29.0	EE1	10125	3	18.62				
15-dic-15	04-ene-16	20	1.96	182.00	94.00	6939.77	25.0	EE2	10127	4	18.62				
15-dic-15	04-ene-16	20	1.94	183.00	95.00	7088.21	35.0	EE3	10130	4	18.62				
RESUMEN															
			1.94	182.67	94.67	7038.73	29.67								

Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Agustín Cueva y Av. 12 de Abril, Laboratorio de Aplicaciones Constructivas y Bioclimáticas, edison.castillo@ucuenca.edu.ec, 0983367390, 4051102 ext. 2150

ANEXO 19: Informe de ejecución de ensayos de laboratorio



Universidad de Cuenca
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Laboratorio de Construcciones y aplicaciones bioclimáticas

Cuenca, Azuay

Informe No LCAB-FAU-2015-0006-L

Cuenca, 28 de enero 2016

En referencia a los diferentes ensayos que se realizan en el laboratorio y a petición de la tesis de grado "Prefabricados estructurales cerámicos para cubierta en la ciudad de Cuenca",

Informe

Que las Srtas. Nataly Lorena Cordero Durán, CI. 0106653637 y Andrea Francisca Orellana Liguapuma, CI. 0105047914, han realizado el ensayo de granulometría, ensayos de compresión, flexión, y el ensayo de adsorción como proceso de análisis del material que utiliza para su tesis, con el título antes descrito.

Los días de ensayo corresponden al mes de enero en los días 04, 20 y 21 del presente año, con un total de 01 muestras ensayada con la máquina tamizadora eléctrica modelo SE-21, para 8 tamices estandarizados de 8" y la balanza tipo balanza de 24kg concreto marca ohaus, serie B423661402, y 39 muestras ensayadas con la máquina para ensayos de compresión y flexión, ACCU-TEK touch 350, mediante la norma ASTM C-39; AASHTO T-22, y capacidad de 1,555 kN (350.000,00 lbf).

Para que conste donde sea oportuno firmo la presente el día 28 de enero de 2016, y se adjunta el resultado de los ensayos.

Edison Castillo C.
Registro.7526 R-15-25780
Técnico Docente;

Hoja Técnica
Edición 1, 2010
Identificación no. 96737 / 96740
SikaTop®-Seal 107

SikaTop®-Seal 107

Mortero cementicio con base acrílica para revestimientos impermeables y semiflexibles.

Descripción SikaTop-Seal 107 es un mortero predosificado de 2 componentes, listo para usar, elaborado con base en cemento, arenas de granulometría seleccionada, fibras, polímeros modificados, para revestimientos impermeables con excelente adherencia.

Usos

- Como revestimiento impermeable en edificaciones y obras civiles, especialmente de tipo hidráulico, ya sea concreto, mortero, albañilería, etc.
- Como impermeabilizante superficial en túneles, canales, albercas, cisternas, depósitos de agua potable, fachadas, balcones, terrazas, etc.
- Para impermeabilizar cimientos y sótanos.

Ventajas

SikaTop-seal 107 es un producto:

- De excelente adherencia, impermeable bajo alta presión de agua ya sea directa (tanques de agua) e indirecta (subterráneos). 2 mm de producto equivalen a 20 mm de mortero convencional.
- Predosificado de fácil mezclado, aplicación y rápido curado (con características y propiedades uniformes).
- Reforzado con fibras para reducir la formación de fisuras.
- No crea barrera de vapor.
- Para contacto con agua potable, sin atacar armaduras y elementos metálicos.
- Se puede aplicar en espesores de 1 a 3 mm por capa.
- Se aplica tanto en elementos interiores como a la intemperie.
- Es semiflexible.

Modo de Empleo

Preparación de la superficie:
La base debe encontrarse perfectamente limpia, rugosa, sin partes sueltas o mal adheridas, totalmente exenta de pintura, grasas, aceites, etc.
Previo a la aplicación de SikaTop-Seal 107, humedezca la base, teniendo cuidado de no dejar agua en la superficie (evitar encharcamientos).

Preparación del producto:
En un recipiente limpio, coloque el 90% de la parte líquida (A) y agregue en forma lenta la parte en polvo (B), revolviendo hasta dejar la mezcla homogénea y sin grumos.
Siga mezclando y agregue el líquido restante (la cantidad necesaria para obtener la consistencia buscada). El mezclado puede efectuarse en forma manual o mecánica (3 minutos a 400 rpm).

Aplicación

SikaTop-Seal 107 se puede aplicar en 1 o más capas en forma uniforme utilizando cepillo de fibra de nylon o llana metálica. De acuerdo a las necesidades se pueden aplicar 1 o 2 capas para un espesor mínimo recomendado de 2 mm. Al aplicar el producto con llana a dos capas es recomendable colocar la primera capa utilizando una llana dentada (dientes entre 2 y 3 mm) y la segunda capa con una llana lisa. La segunda capa se aplica máximo 12 horas después de la primera. El tiempo disponible para la aplicación de SikaTop-Seal 107 es aprox. de 30 minutos (20 °C) desde el momento del mezclado. Las herramientas utilizadas en la colocación de SikaTop-Seal 107 deben limpiarse con agua mientras el producto esté fresco; una vez endurecido sólo puede eliminarse mediante métodos mecánicos.

Para altas presiones de agua aplique 3 mm de espesor en dos capas.



Curado

Riego continuo de agua, iniciándolo tan pronto como pueda e inmediatamente después de endurecido el revestimiento, en caso necesario utilizar **Antisol Blanco**, el cual debe retirarse si hay tratamientos posteriores.

Consumo 2,0 kg/m²/mm de espesor, aprox. Espesor mínimo 2 mm.

Datos Técnicos

Colores: Blanco y Gris

Densidad (A+B): 2,0 kg/l aprox.

Relación de mezcla en volumen Componentes A : B = 1 : 4

Espesor mínimo recomendado: 2 mm

Puesta en servicio: 2 días

Precauciones

SikaTop-Seal 107 debe aplicarse con temperaturas superiores a 8°C.
Espesor mínimo: 1 mm por capa.
Espesor máximo: 3 mm por capa.
Evite excesos de material en los cantos y aristas.
No agregue agua a la mezcla (A+B).
Una vez endurecido el producto, lave con abundante agua antes de llenar el tanque con agua potable.
Para la aplicación de recubrimientos posteriores consulte a nuestro Departamento Técnico.

Medidas de Seguridad y desecho de residuos

Use guantes de caucho en su manipulación.
En caso de contacto con la piel lave con abundante agua y jabón.
En caso de contacto con los ojos lave inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos y acuda al médico.
En caso de Ingestión no provoque el vómito y acuda al médico.
Consultar la hoja de seguridad para el desecho del producto.

Almacenamiento Seis (6) meses en su empaque original, en lugar fresco y bajo techo.

Nota Legal

Toda la información contenida en este documento y en cualquier otra asesoría proporcionada, fue dada de buena fe, basada en el conocimiento actual y la experiencia de Sika Mexicana en los productos, siempre y cuando hayan sido correctamente almacenados, manejados y aplicados en situaciones normales y de acuerdo a las recomendaciones de Sika Mexicana. La información es válida únicamente para la(s) aplicación(es) y al(los) producto(s) a los que se hace expresamente referencia. En caso de cambios en los parámetros de la aplicación, como por ejemplo cambios en los sustratos, o en caso de una aplicación diferente, consulte con el Servicio Técnico de Sika Mexicana previamente a la utilización de los productos Sika. La información aquí contenida no exonerará al usuario de hacer pruebas sobre los productos para la aplicación y la finalidad deseadas. Los pedidos son aceptados en conformidad con los términos de nuestras condiciones generales vigentes de venta y suministro.

Para dudas o aclaraciones:

Sika responde
01 800 123 Sika
7 4 5 2
soporte.tecnico@mx.sika.com
www.sika.com.mx



ANEXO 21: Análisis acústico mediante sonómetro

Industry

Información sobre salud y seguridad:
Para información y consejo sobre la manipulación, almacenaje y traslado de productos químicos usados debe remitirse a la actual Hoja de Seguridad del producto la cual contiene datos de seguridad físicos, ecológicos y toxicológicos.

Notas legales
Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. El usuario de los productos debe realizar pruebas para comprobar su idoneidad de acuerdo con el uso que se le quiere dar. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Producto local, copia de las cuales se mandarán a quien las solicite, o también se puede conseguir en la página "www.sika.es".



Sika, S.A.U.
C/ Aragoneses, 17
28108 Alcobendas (Madrid)
Tel. 91 657 23 75
Fax 91 661 69 80



Sikaflex® 2921 3/3

ANALISIS ACÚSTICO MEDIANTE SONÓMETRO

DESCRIPCIÓN	PONDERACIÓN A C Z	INTERIOR			EXTERIOR		
		dB	FECHA	HORA	dB	FECHA	HORA
Nivel sonoro ponderado Z medido con ponderación temporal Lenta.	LZSmax	97,80			129,57		
	LZSmax Time		18/01/2016	15:45:37		18/01/2016	15:45:37
	LZSmin	54,00			71,54		
Nivel sonoro ponderado Z medido con ponderación temporal Rápida.	LZSmin Time		18/01/2016	15:47:57		18/01/2016	15:47:57
	LZFmin	50,80			67,30		
	LZFmin Time		18/01/2016	15:47:57		18/01/2016	15:47:57
Nivel sonoro ponderado C medido con ponderación temporal Lenta.	LZlmin	56,00			74,19		
	LZlmin Time		18/01/2016	15:48:02		18/01/2016	15:48:02
	LCSmax	97,10			128,64		
Nivel sonoro ponderado C medido con ponderación temporal Rápida.	LCSmax Time		18/01/2016	15:45:37		18/01/2016	15:45:37
	LCSmin	48,80			64,65		
	LCSmin Time		18/01/2016	15:47:57		18/01/2016	15:47:57
Nivel sonoro ponderado C medido con ponderación temporal Rápida.	LCFmax	101,60			134,60		
	LCFmin Time		18/01/2016	15:47:57		18/01/2016	15:47:57
	LCImin	105,30			139,51		
Nivel sonoro ponderado A medido con ponderación temporal Lenta.	LCImin Time		18/01/2016	15:47:57		18/01/2016	15:47:57
	LASmin	28,80			38,16		
	LASmin Time		18/01/2016	15:45:01		18/01/2016	15:45:01
Nivel sonoro ponderado A medido con ponderación temporal Rápida.	LASmin	28,80			38,16		
	LASmin Time		18/01/2016	15:45:01		18/01/2016	15:45:01
	LASmax	88,70			117,51		
Nivel sonoro ponderado A medido con ponderación temporal Rápida.	LASmax Time		18/01/2016	15:46:29		18/01/2016	15:46:29
	LAFmax	94,30			124,93		
	LAFmax Time		18/01/2016	15:46:29		18/01/2016	15:46:29
Nivel que contendría la misma energía sonora que el propio ruido,	LAFmin	27,20			36,04		
	LAFmin Time		18/01/2016	15:47:43		18/01/2016	15:47:43
	LAlmin	28,30			37,49		
Nivel que contendría la misma energía sonora que el propio ruido,	LAlmin Time		18/01/2016	15:44:59		18/01/2016	15:44:59
	LAlmax	95,60			126,66		
	LAlmax Time		18/01/2016	15:46:29		18/01/2016	15:46:29
Es el nivel que contendría la misma energía sonora que el propio ruido	LZeq	81,50			107,98		
Es el nivel que contendría la misma energía sonora que el propio ruido	LCeq	80,50			106,65		
Nivel que contendría la misma energía sonora que el propio ruido,	LAeq	66,80			88,50		



7. APÉNDICE

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Este apéndice ofrece un glosario de la terminología acústica utilizada en este manual. Para mayor información ponerse en contacto con Casella CEL o con su agente local.

PONDERACIÓN A, C y Z

Ponderación estándar de las frecuencias audibles diseñada para aproximar la respuesta del oído humano al ruido.

CALIBRADOR ACÚSTICO

Instrumento que ofrece una fuente de ruido de referencia con un nivel y frecuencia estándares utilizado para calibrar y comprobar el rendimiento de los sonómetros y dosímetros de ruido.

Decibelio (dB)

Unidad física normalizada para medir el nivel sonoro y la exposición al ruido.

dB(A)

Nivel sonoro ponderado A en decibelios.

dB(C)

Nivel sonoro ponderado C en decibelios.

dB(Z)

Nivel sonoro ponderado Z en decibelios.

PONDERACIÓN DE TIEMPO RÁPIDA

Ponderación temporal normalizada aplicada por el instrumento de medición del nivel sonoro.

L_{AE}

El nivel de exposición sonora ponderado A es el nivel que contendría la misma energía sonora en un segundo que la que tiene el propio ruido durante todo el período de medición.

L_{Aeq}

El nivel sonoro continuo equivalente ponderado A es el nivel que contendría la misma energía sonora que el propio ruido, aplicando efectivamente un nivel medio durante el período de medición. Según los procedimientos ISO, si se duplica la energía se produce un cambio de 3dB en el Leq. Esta circunstancia viene indicada por la relación de intercambio $Q=3$. Por ejemplo, si el nivel de ruido en una fábrica fuera constante a 85dB y el período de medición de 4 horas, entonces el LAeq sería de 85dB(A). El cálculo del LAeq no utiliza un umbral como el cálculo del LAVG, a excepción del parámetro LAEQ (T80) definido para la norma ACGIH.

L_{AF}

Nivel sonoro ponderado A medido con ponderación temporal Rápida.

L_{AS}

Nivel sonoro ponderado A medido con ponderación temporal Lenta.

L_{ASmax}

Nivel sonoro máximo ponderado A medido con ponderación temporal Lenta.

L_{AVG}

Parámetro utilizado en las mediciones OSHA. Es el nivel sonoro medio durante un período de medición (equivalente al Leq). Normalmente el término se utiliza cuando

la relación de intercambio Q es un valor distinto a 3, con en el caso de las mediciones utilizadas para la enmienda "Hearing Conservation Amendment" de la OSHA siendo $Q=5$. Durante el cálculo del LAVG se emplea un valor de umbral, donde no se incluyen los niveles por debajo del mismo. Por ejemplo, supongamos un nivel de umbral de 80dB y un relación de intercambio de 5dB ($Q = 5$). Si una medición de una hora se realizase en un ambiente con una variación de los niveles de ruido entre 50 y 70dB, el nivel sonoro no superaría nunca el Umbral, por lo que el instrumento no registraría ningún valor de LAVG. No obstante, si el nivel sonoro supera el umbral de 80dB durante unos pocos segundos, sólo esos segundos contarán para el LAVG, con un nivel de aproximadamente 40dB, que es mucho menor que los niveles sonoros reales del ambiente en el entorno sujeto a medición.

L_{Cpeak}

Nivel sonoro pico ponderado C.

$L_{EP,d}$ ($L_{EX,8h}$)

Exposición personal diaria al ruido definida por SO 1999. Es el LAeq normalizado según un Criterio de Tiempo de 8 horas, esto es, un día normal. Si asumimos que el nivel de ruido para el resto del período de referencia de 8 horas es "silencio", el $L_{EP,d}$ será: menor que el Leq cuando el periodo de medición es inferior a 8 horas, igual que el Leq cuando el periodo de medición es de 8 horas y mayor que el Leq cuando el periodo de medición es superior a 8 horas. Por ejemplo, si se realizase una medición de ruido durante 4 horas y el valor LAeq fuera de 90dB(A), el cálculo del valor $L_{EP,d}$ ofrecería un valor de 87dB(A) dado que el período de medición es la mitad del Criterio de Tiempo de 8 horas y la relación de intercambio es de 3 dB.

L_{Ceq}

El nivel sonoro continuo equivalente ponderado C es el nivel que contendría la misma energía sonora que el propio ruido, aplicando efectivamente un nivel medio durante el período de medición. Según los procedimientos ISO, si se duplica la energía se produce un cambio de 3dB en el Leq. Éste se denota por un índice de intercambio $Q=3$.

PICO

Nivel máximo en dB alcanzado por la presión sonora en cualquier momento durante un período de medición. Con el *CEL-6X0*, el pico se mide con ponderación C, Z o A. Se trata del nivel pico real de la onda de presión, y no debe confundirse con el nivel de presión sonora máximo, L_{max} .

PONDERACIÓN DE TIEMPO LENTA

Ponderación temporal estándar aplicada por el instrumento de medición del ruido.

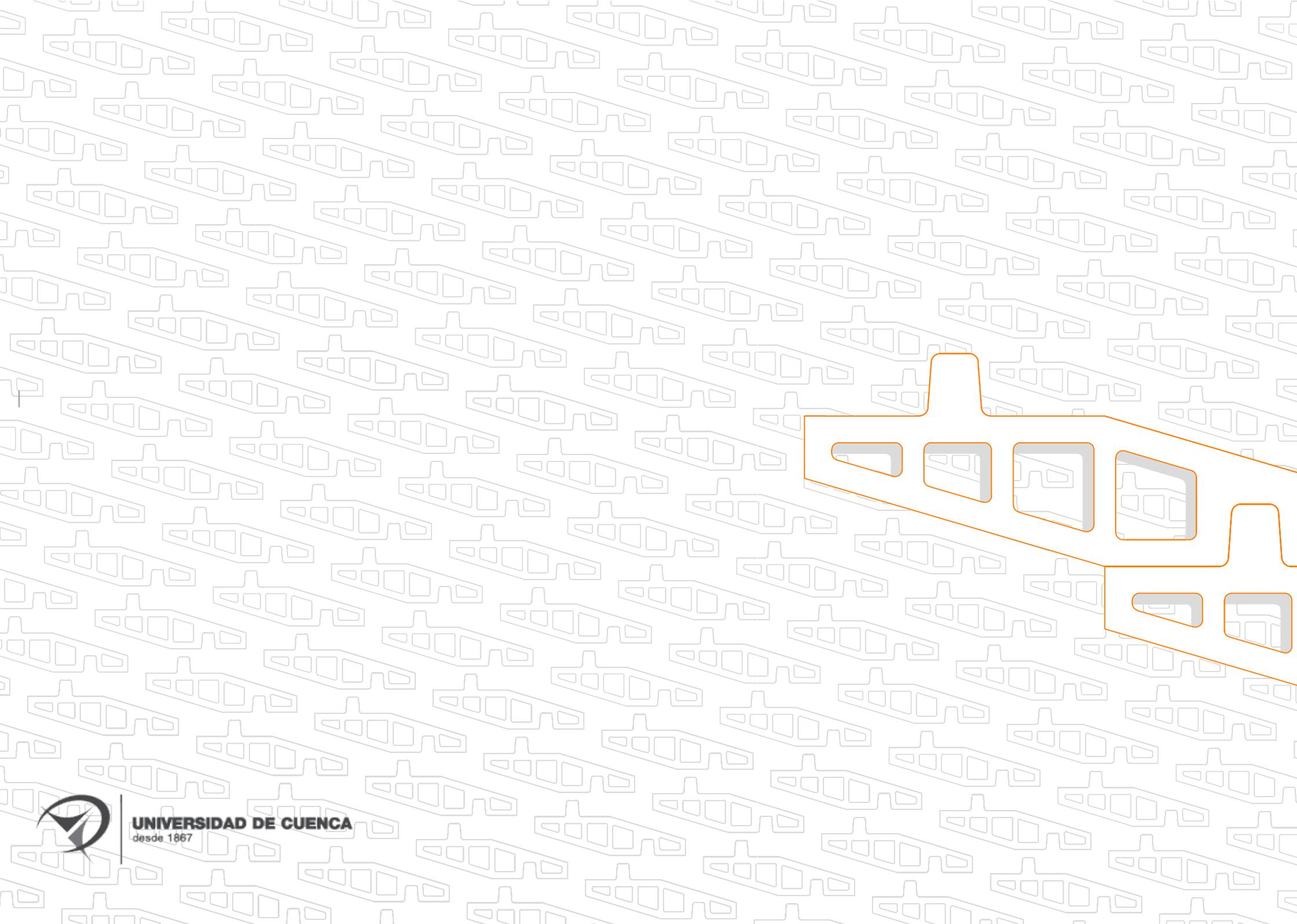
SPL

Nivel de presión sonora. Se trata de la medición física básica del ruido, expresándose normalmente en dB.

UMBRAL

Un nivel de umbral por debajo del cual el sonido queda excluido del cálculo. Las mediciones OSHA utilizan un umbral de 80 dB.

Volver al [Índice](#)



UNIVERSIDAD DE CUENCA
desde 1867