

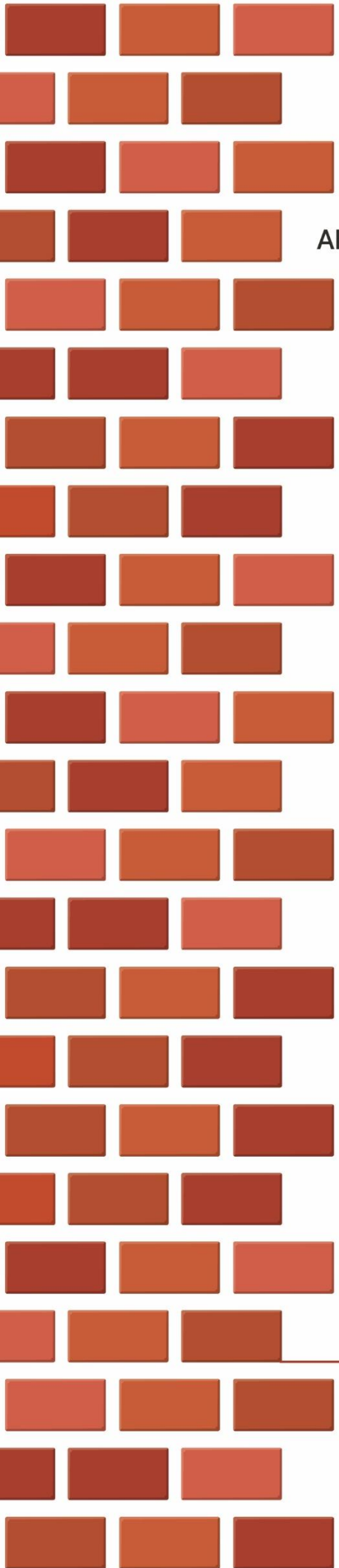
**APLICABILIDAD DE UNA MATERIA
PRIMA NACIDA A PARTIR DE
RESIDUOS CERÁMICOS**

Cindy Tatiana Pabón Lozano

Universidad del Valle
Facultad de Artes Integradas

Diseño Industrial - 3550
Santiago de Cali
2017





APLICABILIDAD DE UNA MATERIA PRIMA NACIDA A PARTIR DE RESIDUOS CERÁMICOS

Cindy Tatiana Pabón Lozano

Proyecto de grado para optar por
el título de Diseñadora Industrial.

Director de Tesis:

Ángel Miguel Uribe Becerra
Diseñador Industrial

Universidad del Valle
Facultad de Artes Integradas

Diseño Industrial - 3550
Santiago de Cali
2017



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
PROGRAMA ACADÉMICO DE DISEÑO INDUSTRIAL**

ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE GRADO

La Estudiante CINDY TATIANA PABÓN LOZANO identificada con Cédula de ciudadanía número 1.144.181.046 de Cali y código 201231641, presentó y aprobó su trabajo de grado titulado "*Tuile - Aplicabilidad de una materia prima nacida a partir de residuos cerámicos*", el cual fue aprobado por el siguiente jurado evaluador:

Jurado Diseñador: María Ximena Dorado Velasco
Jurado Experto: Leti del Pilar Fajardo Cabrera

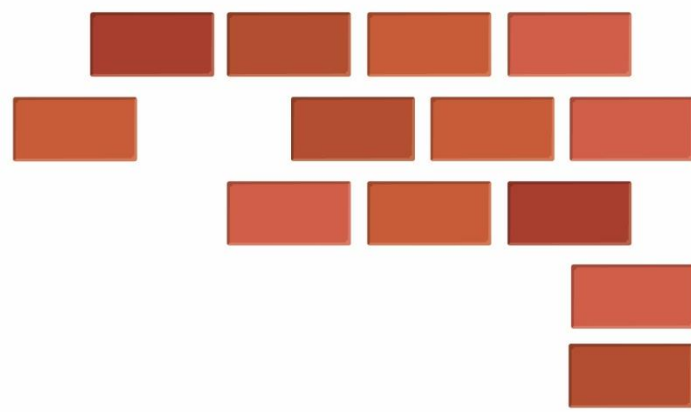
Para constancia de la anterior, se firma en la ciudad de Santiago de Cali, el 30 de marzo de 2017, según 2-2017 del Comité del Programa.

ÁNGEL MIGUEL URIBE BECERRA
Director del Proyecto

PABLO ANDRÉS JARAMILLO ROMERO
Vo. Bo. Director del Programa Académico

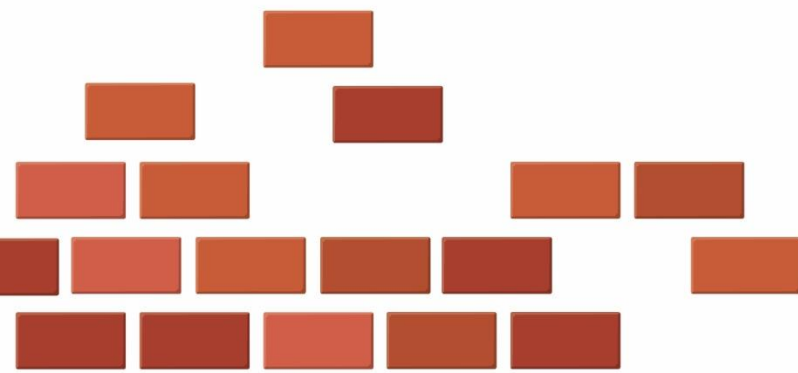
DIANA PAOLA VALERO RAMÍREZ
Vo. Bo. Jefe Departamento de Diseño

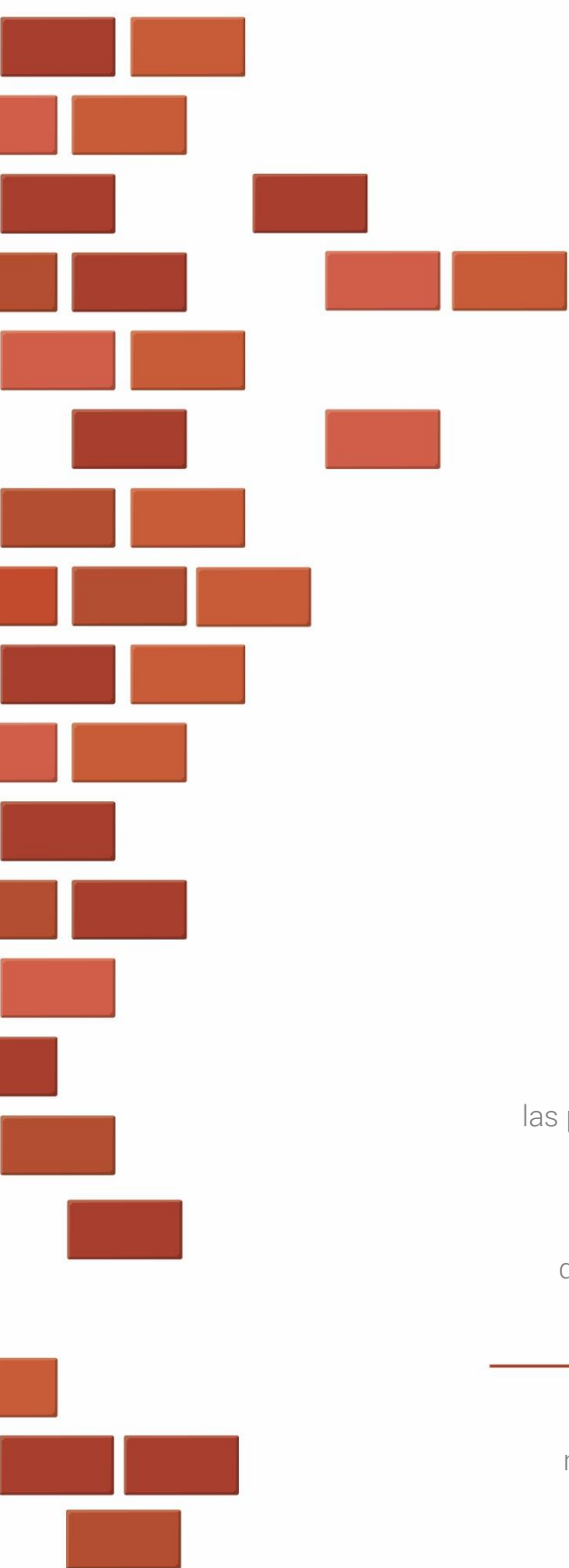
Sandra P. Franco G.



Dedico de manera muy especial a mi hermana
Stephanie quién siempre ha estado para mí,
impulsándome en el momento más difícil para
lograr la culminación de este proyecto, sus virtudes
infinitas me ayudan a admirarla cada día más.

A mi padre que, aunque hoy no nos acompaña
estaría orgulloso de este momento y a mi familia
por el apoyo incondicional.





No soy una persona de religión, pero sí creo que todas las personas que cruzan nuestro camino, tienen algo que aportar a nuestra vida, siempre hay algo que aprender de cada una de ellas, por eso quiero dar las gracias a todas las personas que se cruzaron por mi lado durante este proceso, que, aunque largo y arduo el recorrido, llega a su fin.

Especial agradecimiento al profesor Julio Caicedo ingeniero de materiales, quien acompañó, estuvo presente y pendiente del trabajo, a la Escuela de Ingeniería de Materiales por brindarme los cimientos para el desarrollo del proyecto.

Agradezco a mi familia, mi abuelita que siempre ha estado muy pendiente de mí, a mis hermanos y padres y finalmente a mis amigos, infinitas gracias a ustedes.

Contenido

Tabla de Tablas	8
Tabla de Ilustraciones	¡Error! Marcador no definido.
Introducción	12
Resumen	13
Abstract	13
Problemática.....	15
Justificación	16
Objetivos.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
Objetivos Metodológicos.....	17
1. Esquema Metodológico.....	18
2. Marco Teórico.....	20
Materias primas cerámicas	20
Propiedades de los materiales Cerámicos.....	20
Clasificación y uso de los materiales cerámicos a base de silicato	21
PEC - L.....	22
(“Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente”).....	22
Motivación para la investigación	22
Obtención de la materia prima.....	23
Proceso de fabricación de materiales cerámicos	24
Proceso de elaboración del material PEC-L	25
Descripción simple	25
Bloque estructural o ladrillo	27
Adoquín.....	29
Teja.....	30
Tipos de cubiertas.....	34
El Tejado.....	35
El efecto térmico de los materiales	37
Parámetros físicos del ambiente.....	38
Habitabilidad.....	38
3. Marco Contextual	39
Contexto Natural.....	39
Municipio de Santiago de Cali:	39

Aspectos Geográficos:.....	39
Clima	40
Temperatura	40
Contexto específico:.....	41
Viviendas de la ciudad de Cali.....	41
Contexto Sector ladrillero.	43
4. Estado del Arte.....	45
Conclusión de la investigación	48
5. Marco Legal.....	50
Normativas.....	50
ACUERDO 0373 DE 2014	50
POT Santiago de Cali	50
Altura de los techos:	51
Generalidades:	51
Construcción:	52
Aislamiento de techos:	52
Drenajes:	52
Cercado de techos transitables:	53
Acceso a techos intransitables:.....	53
Fuentes de aire para la combustión:	54
6. Referentes Formales	56
Tipos de tejas	56
Innovación en tejas	60
7. Requerimientos y Determinantes.....	60
Requerimientos.....	60
Determinantes.	62
Requerimientos y determinantes.	62
8. Propuesta de Diseño	64
Concepto de Diseño:.....	64
9. Fase creativa – Bocetación	66
10. Alternativas	67
Vistas ortogonales.....	67
Canal de lluvias	67
Salida de aire.....	67
Vistas ortogonales.....	68
Canal de lluvias	68
.....	68
Cámara de aire.....	68
Temperatura	69
Visualización en casa.....	69
Vistas ortogonales.....	70

Canal de lluvias	70
Cámara de aire.....	70
Temperatura	71
11. Evaluación de alternativas	72
Conclusión de la evaluación.....	73
Vistas ortogonales.....	75
.....	75
.....	76
Canal de lluvias	76
Cámara de aire.....	77
Temperatura	77
Herramienta “the liDS wheel”	79
The liDS wheel - Tablas	84
Conclusión	85
Bibliografía.....	86
Anexo	91

Tabla de Tablas

Tabla 1 Esquema metodológico del proyecto	18
Tabla 2 Clasificación y uso de productos cerámicos a base de silicatos Por: (Ashby, 2002)	21
Tabla 3 Características y propiedades del mortero híbrido base (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016).....	26
Tabla 4 Propiedades del bloque (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)	28
Tabla 5 Especificaciones técnicas para bloques estructurales según la NTC 4026 Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)	28
Tabla 6 Propiedades del adoquín (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016).....	30
Tabla 7 Especificaciones técnicas para adoquines según la NTC 2017 Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016).....	30
Tabla 8 Propiedades de la teja (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)	31
Tabla 9 Factores que intervienen en la pérdida de energía. - Elaboración propia	38
Tabla 10 Valores medios mensuales de temperatura (°C) - Fuente: (IDEAM, 2014). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	40
Tabla 11 Datos mercado en sector ladrillero - Cali - Elaboración propia.....	44
Tabla 12. Tipos de tejas - Elaboración propia	56
Tabla 13. Requerimientos - - Elaboración propia	61
Tabla 14. Comparación por pares	61
Tabla 15. Determinantes - - Elaboración propia	62
Tabla 16. PDS - Requerimientos y determinantes	63
Tabla 17 Evaluación de alternativas - Elaboración propia.....	72
Tabla 18 Criterios de evaluación – Requerimientos y determinantes - Elaboración propia	72
Tabla 19 Criterios de evaluación LiDS wheel - Elaboración propia	84
Tabla 1920 : Estrategias LiDS wheel de la 1 a la 7 - Elaboración propia	84

Ilustración 1 Muestra RL Por: Robayo; Mejía & Mulford	24
Ilustración 3 El proceso cerámico - Elaboración propia, Fuente: Escuela de Ing. de Materiales	25
Ilustración 2 El proceso cerámico Fuente: El seminario.....	25
Ilustración 4 Mortero híbrido base (RL) (cubos de 50.8 mm	26
Ilustración 5 (a) Fabricación bloque (RL)(Maquina Cinva Ram); (b) Ensayo de compresión del bloque (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)	27
Ilustración 6(a) Fabricación del adoquín (máquina vibro-compactadora); (b) Ensayo de flexo tracción del adoquín (RL). Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)	29
Ilustración 7 (a) Ensayo de resistencia a la flexión de la teja (RL); (b) Curva carga-extensión por flexión de la teja (RL).....	31
Ilustración 8 Efecto chimenea - Fuente: (Atlas concorde, 2014)	33
Ilustración 9Cubierta plana - - Elaboración propia	34
Ilustración 10 Cubierta curva - - Elaboración propia	34
Ilustración 11 Cubierta tipo cúpula - - Elaboración propia	34
Ilustración 12 Cubierta a 1 agua - - Elaboración propia	34
Ilustración 13 Pérdida de calor - - Elaboración propia - Fuente: Manual acondicionamiento térmico CCHC.....	34
Ilustración 14 Cubierta a 2 aguas - - Elaboración propia	35
Ilustración 15 cubierta a 4 aguas - - Elaboración propia	35
Ilustración 16 Cubierta mansarada - - Elaboración propia	35
Ilustración 17 Cubierta en sierra - - Elaboración propia	35
Ilustración 18 Instalación tejado - Fuente: El maestro de casas	36
Ilustración 19 Detalles techo - Fuente: Blog spot/cubierta	36
Ilustración 20 Licencias de construcción de viviendas unifamiliares Fuente: Curadurías Urbanas (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).	42
Ilustración 21Licencias de construcción de viviendas bifamiliares Fuente: Curadurías Urbanas (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).	42
Ilustración 22 Licencias de construcción de viviendas multifamiliares Fuente: Curadurías Urbanas (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).	43
Ilustración 23 Teja Altiplana, por: Tejas de Chena	57

Ilustración 24 Teja coloquial por: Tejas de Chena	57
Ilustración 25 Formas: Plana, Duetto y Torreón Por: Tejas Chena	57
Ilustración 26 Teja de inicio a término Por: Tejas Chena	57
Ilustración 27 Texturas: Lisa, Acanalada y Gravilada por: Tejas Chena	57
Ilustración 28 Textura lisa Por: Tejas Chena.....	57
Ilustración 29 Colores Por: Tejas Chena	57
Ilustración 30 Color clásico Po: Tejas Chena.....	57
Ilustración 31 Teja coloquial Por: Tejas Chena.....	58
Ilustración 32 Teja diseño Por: Tejas Chena.....	58
Ilustración 33 Teja de inicio a término Por: Tejas Chena	58
Ilustración 34 Formas Por Teja y Tejas	58
Ilustración 35 Textura lisa Por: Teja y tejas	58
Ilustración 36 Texturas Por: Teja y Tejas.....	58
Ilustración 37 Colores Por: Tatiana Pabón	58
Ilustración 38 Colores - Elaboración propia	58
Ilustración 39 Teja Europa Por: Tejas Chena	59
Ilustración 40 Teja Europa individual Por: Tejas Chena	59
Ilustración 41 Textura lisa Por: Teja y Tejas	59
Ilustración 42 Colores - Elaboración propia	59
Ilustración 43. Teja cobert.	60
Ilustración 44. Teja fotovoltaica	60
Ilustración 45 Moodboard - Elaboración propia	65
Ilustración 46. Fase creativa	66
Ilustración 47 Vistas Ortogonales - Alt 1	67
Ilustración 48 Lluvia - Alt 1 - Elaboración propia	67
Ilustración 49 Canal de agua - Alt 1 - Elaboración propia.....	67
Ilustración 50 Salida de aire - Alt 1 - Elaboración propia	67
Ilustración 51 Vistas ortogonales - Alt 2 Por Tatiana Pabón	68
Ilustración 52 Lluvia - Alt 2 - Elaboración propia	68

Ilustración 53 Cámara de aire- Alt 2 - Elaboración propia	68
Ilustración 54 Canal de agua - Alt 2 - Elaboración propia	68
Ilustración 55 Temperatura - Alt 2 - Elaboración propia	69
Ilustración 56 Visualización en casa - Alt 2 - Elaboración propia	69
Ilustración 57 Vistas ortogonales - Alt 3 Por Tatiana Pabón	70
Ilustración 58 Lluvia - Alt 3 - Elaboración propia	70
Ilustración 59 Cámara de aire - Alt 3 - Elaboración propia	70
Ilustración 60 Canal de agua - Alt 3 - Elaboración propia	70
Ilustración 61 Temperatura - Alt 3 - Elaboración propia	71
Ilustración 62 Visualización en casa - Alt 3 - Elaboración propia	71
Ilustración 63 Vistas ortogonales- Propuesta final- Elaboración propia	75
Ilustración 64 Visualización tejado - Propuesta final - Elaboración propia	75
Ilustración 65 Canal de lluvia - Propuesta final - Elaboración propia	76
Ilustración 66 Temperatura y Cámara de aire - Propuesta final - Elaboración propia	77
Ilustración 67 Acoplamiento teja viga - Elaboración propia	78
Ilustración 68 Vigas Verticales - Elaboración propia	78
Ilustración 69 Soporte Horizontal - Elaboración propia	78
Ilustración 70 Instalación - Elaboración propia	79
Ilustración 71 Incrustación teja - viga - Elaboración propia	79
Ilustración 74 Apariencia interior - Elaboración propia	80
Ilustración 72 Proporción Humano - Objeto -Elaboración propia	80
Ilustración 73 Apariencia exterior - Elaboración propia	80
Ilustración 75 Herramienta The liDS wheel - Elaboración propia	83
Ilustración 76 Evaluación de estilo - Elaboración propia	91

Introducción

En la actualidad existen numerosas investigaciones en torno a la creación de nuevos materiales a partir del reciclaje, que poseen características y propiedades similares e incluso superiores a las de una materia prima nueva, sin embargo, no logran ir más allá del ámbito académico y sus objetivos de investigación. Esto limita el alcance de proyectos que tienen todo el potencial en el diseño de producto, reducido a la publicación de artículos científicos.

Por tanto, se tomó como base, las investigaciones en nuevos materiales reciclados de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle como parte de la primera etapa del proyecto, con el fin de escoger una investigación de nuevos materiales a la cual darle continuidad.

Una vez identificado el material, se realizó un estudio acerca de él, y basados en la información obtenida se tomaron en consideración las opciones para su aplicabilidad dando como resultado una propuesta objetual planteada desde la perspectiva del diseño industrial.

Resumen

Aprovechando las investigaciones y publicaciones de la Universidad del Valle como fuentes de investigación, se llegó a la Escuela de Ingeniería Materiales, con el fin de obtener de ellas la base con la cual desarrollar el proyecto de grado; allí se dio la oportunidad de que dos ramas del conocimiento se dieran apoyo y así se complementara una investigación de producción de un nuevo material con el diseño de un producto.

Para la selección de la investigación con la cual trabajar se tuvieron en la cuenta los siguientes factores: La facilidad de producción y la disponibilidad de bienes para la fabricación del mismo. Con ello se llegó a "PEC - L", el material elegido por cumplir de forma óptima los factores mencionados anteriormente respecto a las demás opciones. Una vez elegida la investigación se procedió al conocimiento de esta y así darle continuidad en el desarrollo de un producto que se ajuste a sus características.

Abstract

Taking advantage of the Valle University as a resource in research sources, it was reached the school of materials engineering, in order to obtain from its research the basis with which to develop the project of degree, there was given the opportunity that two branches Of the knowledge would be supported and thus will be complemented an investigation for the production of a new material with the design of a product.

In order to select the research with which to work, the following factors were taken into account: The ease of production and the availability of goods to manufacture the same. This resulted in "PEC - L", the material chosen that better meet the above mentioned factors with respect to the other options, once the research was chosen, the knowledge of this was obtained and thus to give continuity with the development of a product that conforms to its characteristics.



CAPÍTULO 1

PROBLEMÁTICA

En esta sección se define el problema, la necesidad y la justificación de la problemática.

Problemática

La Universidad del Valle, forma profesionales dentro de muchas ramas del conocimiento en diferentes disciplinas, sin embargo, existe una desvinculación en el proceso de formación interdisciplinar, lo que limita el potencial de los proyectos de investigación dirigidos por una sola rama del conocimiento.

Actualmente existen registros de numerosas investigaciones en torno a la creación de nuevos materiales provenientes del reciclaje, en estas investigaciones se logra activar y potencializar materiales que antes eran considerados residuos sólidos, sin embargo concluyen con la obtención de materia prima y la alta potencialidad para usos en el desarrollo de nuevos elementos de ingeniería y la sugerencia de en qué puede usarse, pero no es aplicada en un producto y no van más allá del ámbito académico y sus objetivos de investigación, lo que vuelve a la investigación inconclusa en términos feraces.

Un ejemplo de esto es PEC-L¹, una materia prima desarrollada a partir de residuos cerámicos que mejora las características para la fabricación de bloques estructurales superando los estándares de calidad de la norma (NTC 4026). El proyecto es elaborado por ingenieros de materiales de la Universidad del Valle, que presenta un gran resultado con el potencial de ser aplicados en el diseño de un nuevo producto pero que se queda solo en la publicación del artículo “Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente”.

¿De qué manera el diseño industrial puede aportar en la terminación o resultado final en una etapa subsiguiente de un proyecto de investigación desarrollado en la Escuela de Ingeniería de Materiales?

¹ PEC-L hace referencia a la abreviación del artículo “Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente”

Justificación

Dentro del quehacer del diseñador se encuentra “concebir y producir procesos interactivos mediante objetos unitarios o sistemas de ellos expresados, entre otros, por productos personales y de uso, equipamientos industriales, envases, embalajes, transportes, mobiliario y equipamiento doméstico y público, utilizando de forma adecuada los procesos productivos, considerando el ciclo de vida del producto”² y la integración de una disciplina como esta, en un proyecto de investigación de otra área, como la ingeniería en este caso, permita que toda la cadena productiva continúe desde la elaboración de un nuevo material hasta un producto comercial.

El proyecto busca que con el trabajo interdisciplinario entre la Escuela de ingeniería de materiales y el departamento de diseño, concluir con una investigación que tendrá como resultado un producto innovador en términos de diseño y fabricación, así como propender porque los proyectos e investigaciones de la Universidad del Valle se fortalezcan de modo tal que la vinculación de las diversas disciplinas aporten beneficios académicos y profesionales tanto para la Universidad y sus Facultades como para la comunidad misma.

Objetivos

Objetivo general.

Desarrollar una propuesta desde el diseño industrial para definir la aplicabilidad de una materia prima producida a partir del reciclaje.

Objetivos específicos.

- Aprovechar el material que surge de la investigación elaborada en la Escuela de Materiales de la Universidad del Valle.
- Definir una categoría de uso dentro de las opciones que arroja la investigación.
- Desarrollar un elemento que corresponda a la categoría de uso.
- Plantear las condiciones adecuadas para la aplicación del material.

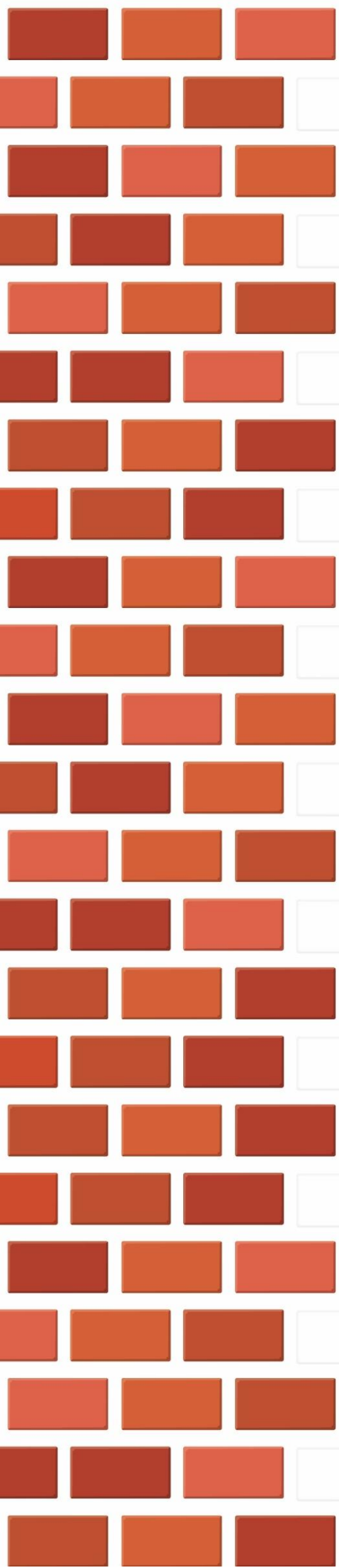
Objetivos Metodológicos.

- Identificar las propiedades del nuevo material.
- Conocer las propiedades y características de los materiales cerámicos.
- Clasificar la materia prima dentro de un tipo de material.
- Determinar qué tipo de productos cumplen con las características de uso de ese material.

1. Esquema Metodológico.

Etapas		Fases	Objetivo	Actividades
INVESTIGACIÓN	IDENTIFICAR	Observación de una problemática.	Establecer las características que hacen que el problema sea posible de intervenir desde el diseño industrial.	Análisis de los problemas, necesidades y oportunidades de diseño.
		Definición del problema.	Identificar el problema que genera la falta de trato.	
		Objetivos	Definir el objetivo alcance del proyecto y los objetivos a través de los cuales se logrará.	
	INFORMACIÓN E INVESTIGACIÓN	Documentación	Identificar qué está sucediendo en torno al tema a trabajar.	Recopilar los datos necesarios para comprender el estado actual del tema.
		Identificación de una oportunidad.	Aprovechar los elementos existentes para alimentar la investigación.	Partir de las investigaciones sobre el tema para generar una perspectiva de lo que se ha trabajado y lo que no.
		Conceptualización y contextualización	Definir el contexto a trabajar.	Establecer las características del lugar y espacio definido de modo que pueda abordarse más fácil el desarrollo de la propuesta.
		Marco legal	Nombrar la normativa relevante para el desarrollo del proyecto.	Consultar qué dice la legislación vigente en relación al desarrollo de la propuesta final.
DISEÑO	INTEGRAR	Alternativas	Definir los parámetros de forma y función que serán base para el desarrollo de las alternativas.	Revisar referentes, formales y de uso. Bocetar.
			Proponer 3 alternativas que cumplan con el objetivo planteado.	
			Seleccionar la alternativa definitiva y desarrollarla como propuesta final.	Estudio y análisis de las alternativas generadas a partir de los determinantes y requerimientos.
		Propuesta final	Definir de manera clara y detallada los componentes del diseño.	Definición de mecanismos y funcionabilidad.
DESARROLLO		Detalles finales y diseño técnico.	Definir los procesos productivos.	
		Construcción del modelo	Elaborar una representación digital del objeto.	
	VALIDAR		Verificar las condiciones de uso, accesibilidad, función y mecanismo.	Realizar las comprobaciones pertinentes.

Tabla 1 Esquema metodológico del proyecto



CAPÍTULO 2

INVESTIGACIÓN

En esta sección se consignará toda la documentación teoría y datos pertinentes con relación al proyecto.

2. Marco Teórico.

Materias primas cerámicas

Estas son los materiales base, a partir de los cuales se fabrican los productos cerámicos. Los cerámicos clásicos son fabricados con materias primas naturales, son cerámicas tradicionales, ladrillos, tejas, lozas, porcelanas de mesa, Clinker, entre otras. De acuerdo con su funcionalidad pueden ser: Plásticos los cuales son esencialmente arcillas y no plásticos los cuales pueden tener varias funciones como, desgrasantes (materiales que reducen la plasticidad permitiendo una mejor manejo u operabilidad y facilitando el secado); y fundentes (que facilitan una cocción a menor temperatura e introducen los elementos necesarios para la formación de nuevas fases). (Aparicio, 2003).

El proceso de producción parte de la elevada pureza de las materias primas a utilizar, que luego deben ser especialmente preparadas para las fases de conformado y densificación. El control de calidad del producto es extremadamente estricto, en lo que respecta a la microestructura y propiedades físicas (Aparicio, 2003).

Propiedades de los materiales Cerámicos.

Comparados con los metales y plásticos su dureza es superior, no son combustibles y tampoco oxidables.

La dureza los hace un material ampliamente utilizado como abrasivo y como puntas cortantes de herramientas; tienen una gran resistencia a altas temperaturas, con enorme poder de aislamiento térmico y, también, eléctrico. Asimismo, gran resistencia a la corrosión y a los efectos de la erosión que causan los agentes atmosféricos; alta resistencia a casi todos los agentes químicos. Una característica fundamental es que pueden fabricarse en diferentes formas con dimensiones determinadas para cada necesidad de uso y aplicabilidad. Los materiales cerámicos son generalmente frágiles o vidriosos. Casi siempre se fracturan ante esfuerzos de tensión y presentan poca elasticidad. (Alarcón, 2007).

Clasificación y uso de los materiales cerámicos a base de silicato

Tabla 2 Clasificación y uso de productos cerámicos a base de silicatos Por: (Ashby, 2002)

Tipo	Subtipo	Aplicación	
Porcelana	Blanda	Artículos de mesa Objetos de uso doméstico y ornamental	CR
	Semidura	Loza vitrificada Loza sanitaria Vajillas y uso doméstico - ornamental	CR
Porcelana dura	Feldespática Cordierítica Especial	Objetos de uso ornamental Uso odontológico Vajillas y objetos de uso artístico Electrotécnica: aislantes de alta y baja tensión Materiales resistentes al choque térmico Aislantes eléctricos para alta frecuencia Velas para motores auto-motivos Refractarios especiales	SR CR CR SR
Gres	Industrial Fino	Pisos y revestimientos Artículos de mesa Recipientes de uso doméstico Objetos ornamentales	SR CR o SR SR
Cerámicas porosas de pasta blanca	Loza técnica	Velas para filtros Filtros depuradores de uso químico o electroquímico Recipientes porosos	
	Loza dura	Loza sanitaria Vajillas y uso doméstico – ornamental Revestimientos y pavimentos	CR
	Loza blanca	Vasijas y utensilios de uso doméstico y ornamental Loza sanitaria Revestimientos Recipientes porosos Filtros depuradores de uso químico	CR SR
Cerámicas porosas de color	Fayenza Esmaltadas	Productos decorativos y de uso doméstico Pavimentos	CR CR
	Modelado Industrial de arcilla	Adornos, estatuas, recipientes domésticos, ladrillos Tejas, ladrillos decorativos	SR

CR: Con recubrimiento / SR: Sin Recubrimiento

PEC - L

(“Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente”)

La información expuesta a continuación es principalmente de la autoría de Rafael Andrés Robayo Salazar, Ruby Mejía de Gutiérrez, Alexandra Jimena Mulford Carvajal, del Grupo de Investigación “Materiales compuestos” de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle. En ella se describe el trabajo desarrollado por ellos y los detalles de una materia prima producida a partir del reciclaje.

Motivación para la investigación

Constituyen residuos aprovechables aquellos que pueden llegar a ser nuevamente de utilidad para una persona o grupo de ellas, entre estos se encuentran los desechos de construcción y demolición, que, como su nombre lo indica, son materiales de desecho generados por actividades diversas relacionadas con la construcción y que generan grandes y graves problemas en las ciudades por carecerse de escombreras suficientes. Se componen principalmente de tierra, piedras, áridos (recursos mineros extraídos de la tierra por medio de una cantera²), cemento, yeso, hormigón, ladrillos, madera de construcción, materiales para techos, materiales de plomería, cables eléctricos y partes de residuos generales y municipales (Mondal, 2016). Por sus cualidades y características este tipo de desecho es tirado o almacenado en escombreras, insuficientes como ya se dijo y que terminan en vías públicas, separadores, caños de aguas lluvias, etc.

La alta demanda de elementos constructivos, los altos volúmenes de residuos producidos en el mundo, y la falta de tratamiento de los mismos, convierten los residuos cerámicos en una oportunidad competitiva para el uso como material base en la fabricación de bloques estructurales, adoquines y tejas, que logren ser clasificados como materiales ambientalmente amigables, al no hacer uso de recursos naturales y aprovechar el residuo industrial y no requerir temperatura de curado o sinterización.

² Una cantera es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos **Fuente especificada no válida.**

A nivel nacional, no existe ningún estudio estadístico que muestre la cantidad de residuos que se generan anualmente, sin embargo, en algunas ciudades con mayor crecimiento demográfico, como Bogotá se generan 15 millones de toneladas de RCD; por otro lado, en Cali se generan alrededor de 1000 toneladas al año, de las cuales no están siendo aprovechadas ni una mínima parte siquiera. Igualmente se afirma que alrededor del 54% corresponde a material cerámico (ladrillos, azulejos, tejas y otros) y un 12% al concreto (Guarín, Montenegro, & Walteros, 2011). “Los altos volúmenes de residuos cerámicos, tanto procedentes de la industria como los propios de las actividades de construcción y demolición, han motivado la búsqueda de alternativas que permitan el mayor aprovechamiento y valorización de ellos, entre las cuales se destaca la tecnología de activación alcalina, que ha demostrado ser altamente viable para convertir desechos y subproductos industriales, con características apropiadas, en materiales útiles a la sociedad”. (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016) con diversas referencias y una experiencia considerable acumulada (2001-2015) en el tema de activación alcalina, el grupo de investigación “Materiales Compuestos” de la Universidad del Valle lleva a cabo el trabajo de investigación enfocado a la producción de elementos constructivos a partir de un mortero híbrido obtenido mediante la activación alcalina de un residuo de ladrillo cocido (RL) procedente de la industrial y la adición de un 10 % en peso (con respecto al RL) de Cemento Portland (OPC).

Obtención de la materia prima.

Se entiende como materia prima, un material, un producto o una sustancia involucrada en la producción de bienes intermedios y productos terminados. Estos comúnmente son producidos por la naturaleza y requieren ser procesados o tratados para diversos fines industriales. El término materias primas incluye tanto los materiales utilizados en los productos de construcción como productos energéticos necesarios para su desarrollo. Son productos que se pueden comprar y vender como productos básicos en todo el mundo (Gerencie, 2010)

Para la fabricación del material base se recicló residuo de ladrillo (RL) y cemento portland (OPC). El residuo de ladrillo fue encontrado en una ladrillera de Cali (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), una vez recolectado el material comenzaron las pruebas necesarias para la fabricación. Primero se obtuvo la composición química

usando un espectrómetro MagiX-Pro PW-2440 Phillips³ el cual la determinó mediante fluorescencia de rayos X. Luego se determina el tamaño de la partícula mediante granulometría láser, usando un equipo Mastersizer 20004, y al obtener los datos necesarios se procedió a la fabricación del mortero híbrido, el cual tenía una relación 1:1 entre arena y su precursor (la arena fue obtenida de un río de Cali). El cemento portland fue agregado en un 10% respecto al peso del material RL, y con su presencia en la mezcla se evitó el proceso de curado térmico. Una vez obtenida la mezcla comenzó el proceso de activación alcalina, para el cual utilizaron una combinación de hidróxido de sodio y silicato sódico comercial como activadores.



Ilustración 1 Muestra RL Por: Robayo; Mejía & Mulford

Proceso de fabricación de materiales cerámicos

Los productos cerámicos originalmente han sido fabricados a mano, usando rocas y diferentes minerales para darle forma. El proceso cerámico convencional consta de cinco pasos: Preparación de la materia prima; preparación del cuerpo cerámico; moldeado; secado; cocción y producto (Ilustración 2; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), mientras que la materia prima producida del reciclaje consta de seis pasos: Recolección de residuos; preparación de la materia prima; preparación del cuerpo cerámico; moldeado; secado, y producto (Ilustración 3; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

³ Es un equipo para analizar materiales por medio de espectros, los cuales pueden dar información como, por ejemplo, su composición química.

⁴ Este equipo sirve para diferenciar los tamaños de partículas muy pequeñas.



Ilustración 2 El proceso cerámico Fuente: El seminario

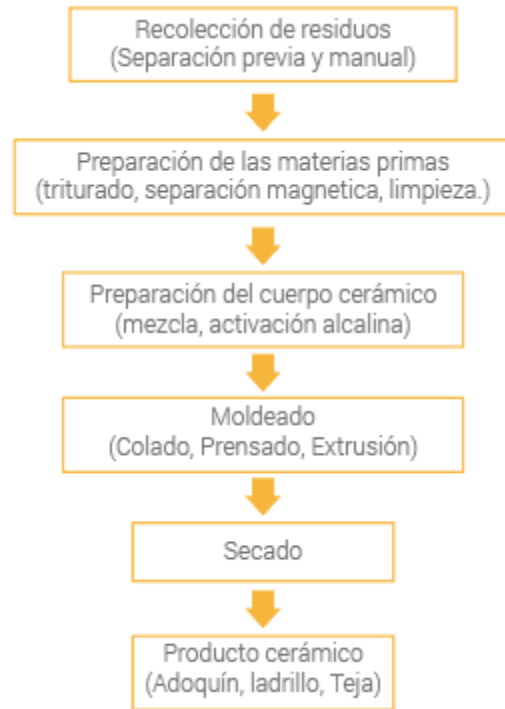


Ilustración 3 El proceso cerámico - Elaboración propia, Fuente: Escuela de Ing. de Materiales

Proceso de elaboración del material PEC-L

Descripción simple

El material se forma al mezclar residuos de RL 90% y OPC 10%, la presencia del OPC en la mezcla evita el requerimiento de curado térmico; los activadores alcalinos usados fueron una mezcla de hidróxido de sodio y silicato sódico comercial, la relación líquido/sólido fue de 0.25. El mortero base (Ilustración 4) fue obtenido en una mezcladora horizontal CreteAngle con un tiempo de mezclado de 5 minutos y todo el proceso fue llevado a cabo dentro de las instalaciones de la Universidad.

Se produjeron especímenes cúbicos de 50.8 mm de lado para evaluar la resistencia a la compresión según la norma NTC 220⁵, tal como se puede observar en la Ilustración 4.

⁵ Norma técnica colombiana (NTC 220), "Determinación de la resistencia de morteros de cemento hidráulico usando cubos de 50 mm o 50,8 mm de lado," Bogotá, Icontec, 2004.



Ilustración 4 Mortero híbrido base (RL) (cubos de 50.8 mm)

Las pruebas de compresión fueron realizadas a los 7 y 28 días, los resultados de la prueba se pueden observar en la Tabla 3 obteniendo un promedio de fuerza entre los 27.3 y 48.6 Mpa (megapascuales). “Es evidente el incremento de la resistencia con base en la edad de ensayo, el cual representa una ganancia cercana al 78 %, siendo un indicativo de la buena calidad del RL utilizado como material precursor. Como ensayo complementario se determinó el tiempo de fraguado del conglomerante activado alcalinamente (RL) con base en la norma NTC 118⁶, arrojando como resultado un tiempo de fraguado inicial y final de 160 y 290 minutos, respectivamente.” (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Tabla 3 Características y propiedades del mortero híbrido base (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Característica y/o propiedad	Resultado
Relación precursor: arena	1:1
Relación líquido/sólido	0:23
Relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (molar)	6:78
Relación $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ (molar)	0.13
Tiempo de fraguado inicial (pasta)(min)	160
Tiempo de fraguado final(pasta)(min)	290
Rc_7 (MPa)	27.28+/-3.86
Rc_{28} (Mpa)	48.61+/-1.28

⁶ Norma técnica colombiana (NTC 118), “Método de ensayo para determinar el tiempo de fraguado del cemento hidráulico mediante el aparato de Vicat,” Bogotá, Icontec, 2004.

Una vez valorado, superó las expectativas dando resultados superiores a las normas bajo las cuales se evaluó; basados en los resultados obtenidos, las condiciones del material en estudio y las normas técnicas colombianas (NTC) pertinentes, se tienen como posibles aplicaciones potenciales, elementos de mampostería como bloques, adoquines y tejas.

Bloque estructural o ladrillo

La fabricación del bloque estructural o ladrillo se realizó mediante una prensa manual Cinva Ram del llamado mortero (muestra base del material), a una forma estándar de ladrillo, con dimensiones de 300x150x100 mm de lado, ancho y alto respectivamente, desde la cual podría ser usado como elemento de construcción.



Ilustración 5 (a) Fabricación bloque (RL) (Máquina Cinva Ram); (b) Ensayo de compresión del bloque (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

La Tabla 4 muestra los resultados de absorción de agua y densidad, los cuales fueron calculados mediante el procedimiento descrito en la norma NTC 40247. Comparando los resultados obtenidos con los rangos establecidos en la norma NTC 40268 (Tabla 5), los bloques desarrollados pueden considerarse como bloques de peso normal (2000 kg/m³

⁷ Norma técnica colombiana (NTC 4024), "Muestreo y ensayo de prefabricados de concreto reforzados y vibro compactados," Bogotá, Icontec, 2001.

⁸ Norma técnica colombiana (NTC 4026), "Unidades de concreto (bloques y ladrillos), para mampostería estructural," Bogotá, Icontec, 1997

o más) y con base en las especificaciones de resistencia a la compresión mínima y absorción de agua establecidas en la norma se pueden clasificar como “bloques estructurales de clase alta” con valores de resistencia superiores hasta en un 31.5 % respecto a la resistencia mínima requerida para dicha clasificación (13 MPa) y un valor de absorción de agua promedio 18.8 % inferior al establecido por la norma NTC 4026 (9 %). (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Tabla 4 Propiedades del bloque (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Propiedad	Resultado
Carga(KN)	729.7+/- 105
Rc ₂₈ (MPa)	17.09+/-2.45
Absorción (Aa) (%)	7.3
Densidad(kg/m ³)	2019.8

Tabla 5 Especificaciones técnicas para bloques estructurales según la NTC 4026 Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Resistencia a la compresión a los 28 días (Rc ₂₈), evaluada sobre el área neta promedia (Anp) (mínimo, MPa)			Absorción de agua (Aa) % según el peso (densidad) secado en horno (máximo, kg/m ³)		
Clase	Promedio de 3 unidades	Individual	Peso liviano, menos de 1680 kg/m ³	Peso mediano, de 1680 kg/m ³ hasta menos de 2000 kg/m ³	Peso normal, 2000 kg/m ³ o más
Alta	13	11	15%	12%	9%
Baja	8	7	18%	15%	12%

Adoquín

La fabricación del adoquín se llevó a cabo por medio de la maquina vibro-compactadora de operación manual con vibrador eléctrico. Los adoquines obtenidos se clasifican según la norma NTC 2017⁹ como “tipo 2”, con forma de “I”, y tienen un rectángulo inscrito de 200x90 mm y una altura de 80mm.



*Ilustración 6(a) Fabricación del adoquín (máquina vibro-compactadora); (b) Ensayo de flexo tracción del adoquín (RL).
Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)*

Se llevó a cabo una prueba de flexión a 3 puntos por medio de la máquina de ensayos universales Instron 3366 de 50 KN de capacidad a una velocidad de ensayo de 1mm/min. El cálculo de la resistencia a la flexión o módulo de ruptura (M_i) fue llevada a cabo según el procedimiento descritos en la norma NTC2017, obteniendo como resultados los detallados en la Tabla 6, probando que los adoquines cumplen con las especificaciones técnicas de la citada norma. Los adoquines así producidos no presentan fenómenos de eflorescencias. “En concordancia con la densidad del bloque estructural, los adoquines elaborados mediante esta técnica de vibro-compactación presentaron una densidad de 2094.65 kg/m³. C” (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

⁹ Norma técnica colombiana (NTC 2017), “Adoquines de concreto para pavimentos,” Bogotá, Icontec, 2004.

Tabla 6 Propiedades del adoquín (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Propiedad	Resultado
M _{t28} (KN)	4.42 +/- 0.47
R _{c28} (MPa)	24.60 +/- 1.34
Absorción (Aa) (%)	6.58
Densidad(kg/m ³)	2094.65

Tabla 7 Especificaciones técnicas para adoquines según la NTC 2017 Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Módulo de rotura (M _i) a los 28 días (mínimo, MPa)		Absorción de agua (Aa) % (máximo, kg/m ³)
Promedio de 5 Especímenes	Individual	Promedio de 3 Especímenes
4.2 – 5.0	3.8 - 4.2	7%

Teja

La fabricación de la teja se realizó de forma manual y se garantizó un espesor promedio de 10 mm. Durante el proceso fue necesario incorporar en una cantidad de 0.5% con relación al peso del mortero híbrido base (RL) fibras de polipropileno de longitud de 20mm. "Las fibras de polipropileno evitaron la propagación de fisuras por fenómenos de retracción por secado en las tejas. La clasificación de las tejas fue de alto perfil (tipo I), al presentar una proporción altura, ancho mayor a 1:5. La carga de rotura por flexión fue obtenida mediante un montaje que se ajusta al perfil de la teja (Ilustración 7 (a)), el cual se describe en la norma NTC 2086¹⁰ " (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016).

¹⁰ Norma técnica colombiana (NTC 2086), "Tejas de arcilla," Bogotá, Icontec, 1996.

La carga de rotura obtenida es de 995 N la cual no supera el valor mínimo que es de 1100 N; sin embargo, se destaca una tenacidad de flexión obtenida de 4111 N por mm, como respuesta al comportamiento de absorción de energía post fractura promovido por el arrancamiento de las fibras (Ilustración 7 (b)).

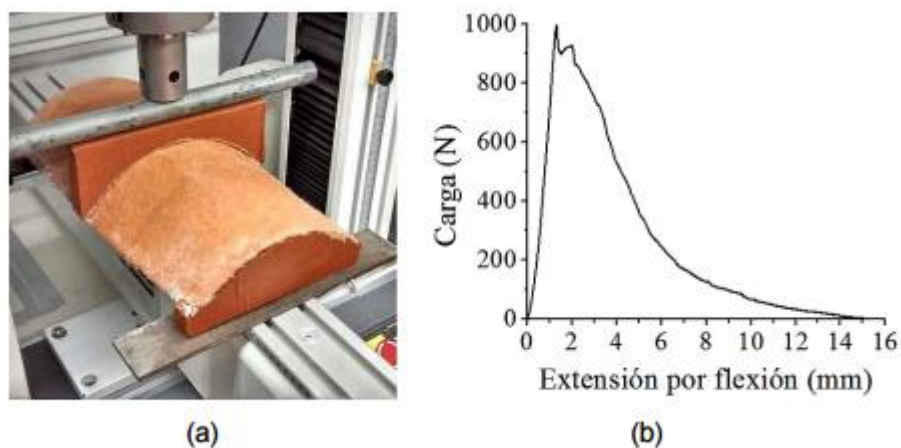


Ilustración 7 (a) Ensayo de resistencia a la flexión de la teja (RL); (b) Curva carga-extensión por flexión de la teja (RL)

La resistencia al impacto fue realizada con una esfera de acero de 109.7 g de peso y se dejó caer desde una altura inicial de 500mm y se incrementó la altura en 100mm cada vez hasta observar la primera rotura o fisuración de la teja. La altura final que soportó la teja antes de su falla fue de 2500 mm, valor 5 veces superior al mínimo establecido por la norma NTC 2086 (500 mm), y en concordancia con el valor de tenacidad que refleja su capacidad de absorber energía. El porcentaje de absorción de agua de la teja (RL) fue inferior al 10 %, cumpliendo el requisito establecido en la norma NTC 2086 (Tabla 8) Igualmente, en este caso tampoco se observaron eflorescencias (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016).

Tabla 8 Propiedades de la teja (RL) Fuente: (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016)

Propiedad	Resultado	NTC 2086
M_{t28} (KN)	995.00	1100 (mín.)
Resistencia al impacto (altura, m)	2.50	0.5 (mín.)
Absorción (%)	8.70	10 (máx.)

“Acorde con las especificaciones de la norma NTC 2086, el único requisito que no cumplen las tejas es el de la carga de rotura por flexión, la cual fue un 10 % inferior a la especificada; sin embargo, este valor podría obtenerse o superarse mediante el uso de un fibroreforzamiento mayor o el aumento del espesor” (Robayo, Mejía, & Mulford, 2016).

Resultados relevantes del nuevo material:

- Los resultados de las pruebas realizadas, muestran la posibilidad de usar el elemento obtenido para la fabricación de materiales de construcción tipo adoquín, teja y bloques estructurales (ladrillo).
- Según la norma bajo la cual fueron puestos a prueba (NTC 4026), los bloques estructurales son considerados “de clase alta”, ya que superan el umbral de absorción de agua mostrando un 31.5% más de resistencia y 18.8% menos de absorción, comparados con los requerimientos de la norma.
- Los adoquines cumplen con los requerimientos básicos de la norma NTC 2017 ya que tienen un módulo de ruptura de 4.42 MPa y una absorción de 6.58%, lo cual los clasifica como adoquines “tipo 2” por lo que podrían ser usados en la elaboración de vías y andenes adoquinados.
- Las tejas regidas por la norma NTC 2086 se clasifican como tejas de alto perfil (tipo 1) ya que su resistencia al impacto fue cinco veces más alta que la establecida, Así mismo el porcentaje de absorción fue del 8.70% estando por debajo del umbral que no debía superar.
- El material presenta su mayor utilidad en la fabricación de bloques estructurales y tejas, ya que en estas formas superan de forma muy amplia los estándares establecidos por la norma (NTC 4026) y presenta algunas debilidades al emplearse en adoquines, ya que apenas supera levemente los estándares básicos de su norma regente (NTC 2017).

Teniendo en cuenta que el elemento constructivo adoquín es de “tipo 2” o clase media y presenta debilidades en su implementación, se decide descartarlo y dado que los elementos constructivos ladrillo y teja son de “tipo 1” o clase alta se pretende usar uno de estos para la aplicabilidad del material en el diseño de producto.

El desarrollo urbano de Cali se encuentra en una pendiente ascendente, cada vez se construyen más casas¹¹, pero no se ofrecen nuevas alternativas. En pro de resolver la dicotomía entre elegir trabajar con bloques estructurales (ladrillo) o tejas, se escogen tejas ya que, como el ladrillo, son fundamentales en la construcción, con el plus de que aportan al confort de la vivienda, donde la condición endémica (altas temperaturas ¹²) de la ciudad permite que las condiciones de habitabilidad se logren resolver desde la cubierta la cuál es un problema susceptible de trabajar desde el diseño industrial.

Se entiende por cubierta al elemento de una construcción ubicado en la parte superior cuya función principal es proteger un lugar de las diversas inclemencias climáticas, especialmente de la lluvia. Además de ayudar con el equilibrio térmico. (Jiménez, 2010)

Confort térmico: Hace referencia a las condiciones necesarias para que la sensación de temperatura en un lugar se considere agradable. Las temperaturas optimas con la cual se tiene sensación de confort oscilan entre los 22 y los 24 °C (Aip - Arquitectura, imagen, pintura, 2011).

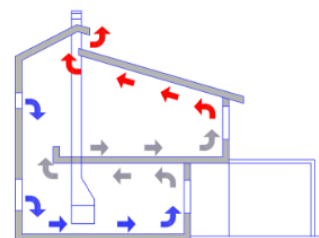
Existen dos medios por el que se puede obtener un confort térmico, bien sea por medio de calefacción y refrigeración o por medio de la eficiencia energética, el cual busca el menor consumo de energía y se puede llevar a cabo en este caso, con la mejora de las condiciones de ventilación de los espacios bajo cubierta. (Putnam & Carlson, 2012)

Eficiencia energética: optimización de procesos con el fin de reducir el consumo de energía, generando un excedente que podrá ser utilizado con otros fines. (Putnam & Carlson, 2012)

Esta parte de la construcción, recibe la mayor incidencia de radiación solar por lo que puede considerarse como el elemento de mayor importancia en cuanto a confort térmico se refiere; la cubierta por sí misma no puede mejorar las condiciones internas del edificio, es decir, no puede enfriar la temperatura del interior, sin embargo, una cubierta bien diseñada, puede lograr que la temperatura interior no se haga superior a la del aire exterior (Merçon, 2008). Además, un buen diseño también puede optimizar los recursos naturales del lugar a un nivel de confort óptimo, eficiente, ecológico y más económico. (Perseus, 2012)

Dentro de los factores que afectan la climatización, se encuentran la humedad, la temperatura y la velocidad del aire al interior de la vivienda. Estos factores condicionan la sensación térmica que las personas perciben.

Efecto chimenea: Tendencia a la ascensión de los gases y el aire por el cañón de la chimenea o cualquier otro conducto al ser sometidos al calor debido a su baja densidad en comparación con la del gas y el aire que los rodea (Putnam & Carlson, 2012)



*Ilustración 8 Efecto chimenea -
Fuente: (Atlas concorde, 2014)*

¹¹ Véase la página 33

¹² Véase la Tabla 10

Tipos de cubiertas:

Cubierta plana:

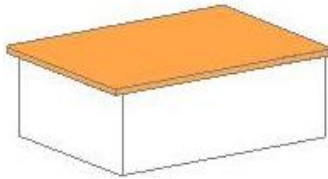


Ilustración 9 Cubierta plana --
Elaboración propia

Cubierta curva:

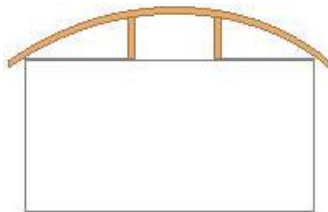


Ilustración 10 Cubierta curva --
Elaboración propia

Cubierta tipo cúpula:

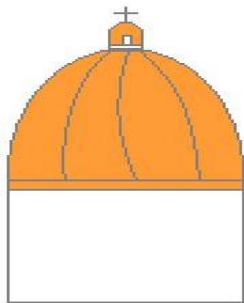


Ilustración 11 Cubierta tipo
cúpula -- Elaboración propia

Cubiertas inclinadas:

Cubierta a un agua:

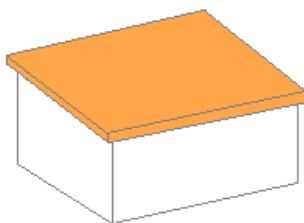


Ilustración 12 Cubierta a 1 agua -
- Elaboración propia



Ilustración 13 Pérdida de calor -- Elaboración propia - Fuente: Manual acondicionamiento térmico CCHC

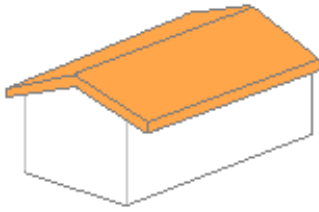
Tipos de cubiertas

Cubiertas planas: Es una cubierta ubicada con una pendiente respecto a la horizontal es inferior al 5%, en cuya superficie puede darse el tránsito de personas o la colocación de maquinarias, dependiendo del tipo de material usado para su construcción. (Madrid, 2015, pág. 12)

Cubiertas curvas: Es una cubierta en forma de Arco con un tirante que transmite los esfuerzos horizontales, permitiendo mantener la forma y permitiendo que solo se transfieran esfuerzos verticales. (Peña, 2003, pág. 10)

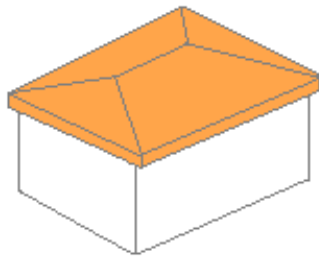
Cubiertas cúpulas: Son cubiertas cuya principal característica es que trabajan por compresión, lo que quiere decir que se transmite la carga entre todos los elementos que la conforman. (Peña, 2003, pág. 22)

Cubierta a dos aguas:



*Ilustración 14 Cubierta a 2 aguas
-- Elaboración propia*

Cubierta a cuatro aguas:



*Ilustración 15 cubierta a 4 aguas
-- Elaboración propia*

Cubierta mansarada:

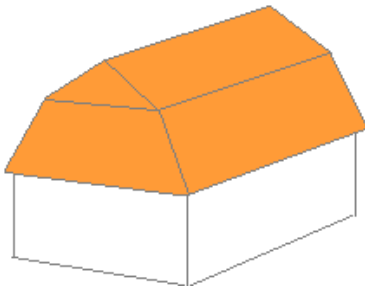
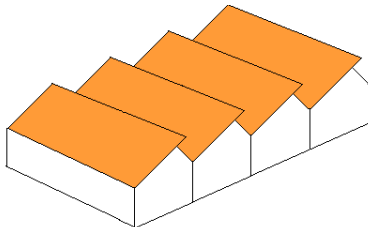


Ilustración 16 Cubierta mansarada -- Elaboración propia

Cubierta en sierra:



*Ilustración 17 Cubierta en sierra -
- Elaboración propia*

Cubiertas inclinadas: Es una cubierta ubicada a una pendiente mayor de 5% respecto a la horizontal, su inclinación dependerá exclusivamente del clima, en lugares con mayor cantidad de lluvias o nevadas aumentará la pendiente para evitar acumulaciones que generen sobreesfuerzo en el material. (Peña, 2003)

Las pendientes más utilizadas en la construcción de techos son:

- En techos de zinc y tejas de fibrocemento: del 20% al 27%.
- En techos contruidos con tejas de barro: del 30% al 60%.
- En techos de paja u hojas de palma: del 50% al 80%.

El porcentaje de la pendiente es equivalente a la cantidad de centímetros que debe estar elevada la parte más alta del techo por cada metro de longitud. (Peña, 2003)

El Tejado

Una vez se decide la forma de la cubierta, el último paso para el levantamiento de una casa es el tejado. La construcción de los tejados puede variar. Básicamente existen 2 tipos de tejas: la árabe y la plana, la teja árabe puede ser instalada sobre una cubierta de forma irregular, mientras que la teja plana, necesita de una cubierta completamente uniforme, de lo contrario no encajaría como debe ser (Valderas, 2011). Este tipo de tejas se pone con una cuarta parte por encima de la otra, en ocasiones con un porcentaje bajo en cemento debido a que la intemperie la somete a movimientos de dilatación y viceversa.

Teja: Pieza de arcilla cocida, hormigón o cemento de asbesto, de diferentes tamaños y formas. (RAE, 2014)

Canal: 1. Vía o conducto por el cual el agua es conducida hasta una salida. 2. Teja semicilíndrica que se coloca con su superficie cóncava hacia arriba para solaparse con la contigua. (RAE, 2014)

Larguero: viga de acero o madera encargada de soportar cargas en puntos separados. (RAE, 2014)

Solera de apoyo: pieza larga de madera ubicada perpendicular a la pendiente del techo, sobre la cual se clavan las Alfardas. (RAE, 2014)

Alfardas: piezas de madera ubicadas en el sentido de la pendiente (paralelas a la pendiente) sobre las cuales se clava la tablilla perpendicularmente. (RAE, 2014)

Correas: piezas de madera ubicadas sobre las alfardas en forma perpendicular. (RAE, 2014)

Cumbrera: es la última línea de tejas que solapan a las tejas finales de cada vertiente de la cubierta. (RAE, 2014)

Pared con cámara: Pared de albañilería formada por dos hojas que están separadas por un espacio intermedio vacío y unidas por hojas o tirantes metálicos. También llamada pared hueca, pared sorda. (RAE, 2014)

ventilación natural: Proceso de ventilación mediante el

movimiento natural del aire. (RAE, 2014)

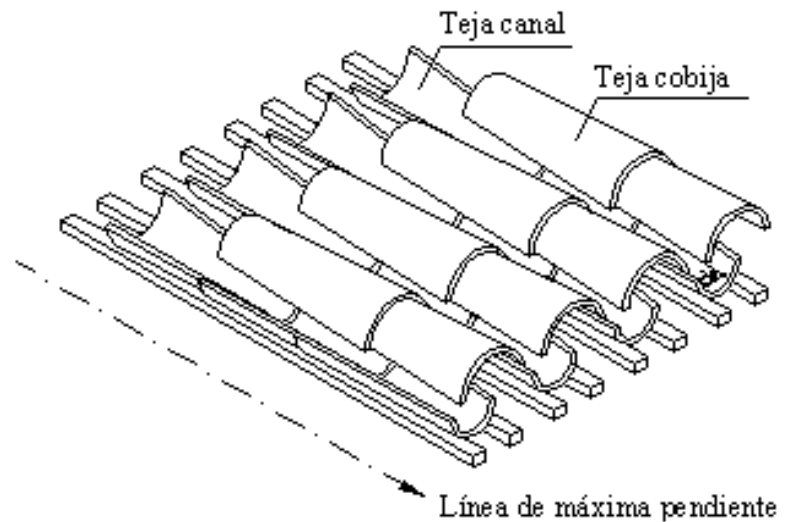


Ilustración 18 Instalación tejado - Fuente: El maestro de casas

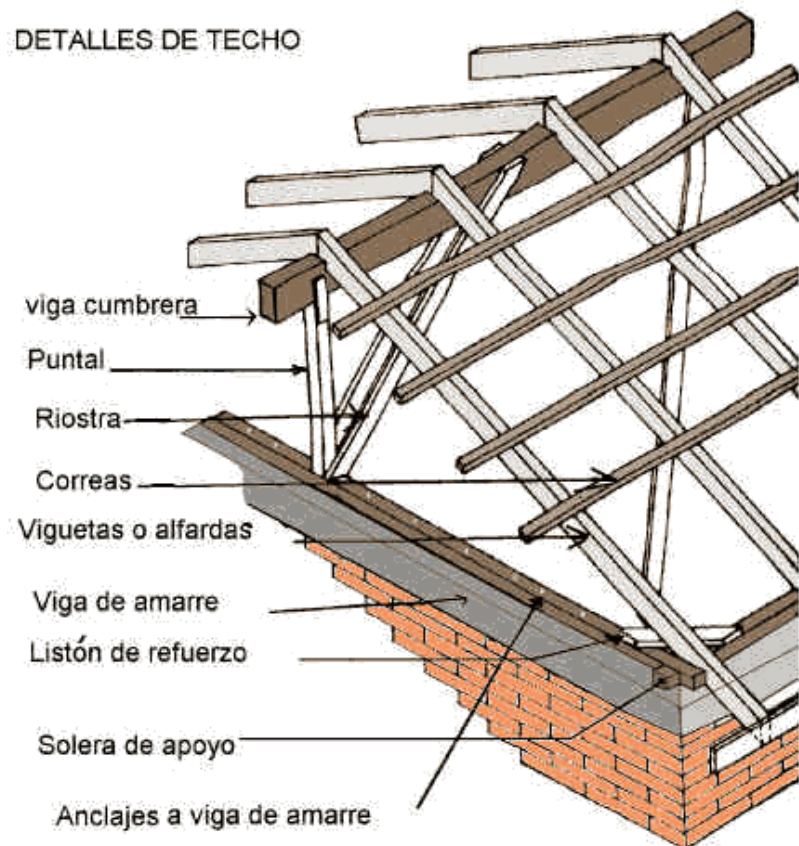


Ilustración 19 Detalles techo - Fuente: Blog spot/cubierta

Ventilación cruzada:

Circulación del aire a través de ventanas u otros espacios abiertos situados en lados opuestos de una sala o habitación. También llamada ventilación transversal. (Putnam & Carlson, 2012)

Temperatura del aire:

Determina cuánto calor el cuerpo pierde hacia el aire, principalmente por convección. (Putnam & Carlson, 2012)

Temperatura media radiante:

Representa el calor emitido en forma de radiación por los elementos del entorno y se compone de las temperaturas superficiales ponderadas de todos los cerramientos. Es deseable que el valor no difiera mucho de la temperatura del aire. (Putnam & Carlson, 2012)

Velocidad del aire:

El movimiento del aire influye fuertemente en la pérdida del calor del cuerpo por convección y por evaporación. Las velocidades de aire hasta 0,1 m/s por lo general no se perciben. (Putnam & Carlson, 2012)

Humedad: Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que está presente en la superficie o el interior de un cuerpo o en el aire. (RAE, 2014).

Confort higro-térmico: La humedad es tan importante para el comportamiento térmico de un edificio como las propiedades de temperatura y la relación entre ambos es lo que se conoce

como "confort higro-térmico". (Putnam & Carlson, 2012)

El efecto térmico de los materiales

Antes de que el calor del ambiente impacte afectando un lugar, primero debe traspasar los muros que protegen la estructura, generalmente el impacto del calor externo se produce por radiación. Esta actúa mediante el aumento de la temperatura de la estructura de forma directa y al causar un intercambio de calor con la temperatura del aire del entorno. El aire mantiene una temperatura inferior a la superficie del edificio debido a que este se encuentra en un constante asoleo, y esos flujos de aire que se encuentran a menor temperatura que las paredes y el techo permiten una disminución de la sensación térmica en el interior de la estructura. (ADAE - instituto para la diversificación y ahorro de la energía , 2011)

El calor es la energía que se produce cuando la radiación solar traspasa el ambiente y golpea algún lugar. A las casas llega por el aire y la radiación directa, lo cual puede resultar beneficioso o perjudicial según la ubicación que tenga la vivienda. La influencia externa del calor es controlada por los materiales que componen la estructura de la vivienda, por tal motivo seleccionar adecuadamente los materiales puede ser la diferencia entre una vivienda con una temperatura agradable o un lugar que resulte casi inhabitable.

Los techos de las casas son la superficie que más energía recibe del Sol. Los colores pueden ayudar al material en la absorción o repulsión de energía, entre más oscuros mayor energía absorbe y por mucho aislamiento que se ponga es más simple elegir colores claros, que permitan a los materiales del techo ahorrar energía.

Parámetros físicos del ambiente.

El ser humano no siente la temperatura de una habitación, él siente es la pérdida de energía que tiene su cuerpo, por ende, los factores que deben medirse son aquellos que afectan la pérdida de energía.

Tabla 9 Factores que intervienen en la pérdida de energía. - Elaboración propia

Temperatura del aire	°C
Temperatura media radiante	°C
Velocidad del aire	m/s
Humedad	Pa

La influencia de esos parámetros en la pérdida de energía no es igual, sin embargo, no es suficiente medir solo uno de ellos. “Por ejemplo, la temperatura media radiante frecuentemente tiene tanta influencia como la temperatura del aire en la pérdida de energía” (Chavez del valle, 2002)

Habitabilidad.

Es la cualidad que tiene un espacio para brindar unas características mínimas para el confort y la salud humana, ésta se especializa en mejorar las condiciones térmicas, específicamente en el aislamiento de las altas temperaturas, y como segunda prioridad el aislamiento acústico. (Heidegger, 1951, pág. 8)

3. Marco Contextual

Contexto Natural

Municipio de Santiago de Cali:

Santiago de Cali, capital del departamento del Valle del Cauca, segunda ciudad de la República de Colombia, Fundada hace 477 años por Sebastián de Belalcázar, limitada al norte por el municipio de Yumbo; al sur por el municipio de Jamundí; al oriente la acompañan los municipios de Palmira, Candelaria y el Departamento del Cauca; por último, al occidente se encuentran los municipios de Dagua y Buenaventura. (ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI, 2016).

Aspectos Geográficos:

El Valle del Cauca se encuentra en Colombia, en el continente sudamericano y cuenta administrativamente con 42 municipios, siendo su capital Santiago de Cali; es de las regiones más ricas y de mayor desarrollo el país, con costas sobre el océano pacífico en extensión de 200 km, donde se ubica el puerto más importante del país (Buenaventura).

Las coordenadas geográficas de localización de Santiago de Cali son, latitud norte 3°27'26", longitud oeste de 76°31'42", su altitud es de 995 m.s.n.m (metros sobre el nivel del mar), con una extensión municipal de 564 km².

El clima de la ciudad es cálido con un promedio en la temperatura de 23°C y una precipitación anual de 1.080,4 mm (ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI, 2016).

Clima

El clima es de sabana tropical. La cordillera Occidental bloquea los frentes de aire húmedo provenientes del océano Pacífico, aunque es notable que la brisa marina llega al territorio, el cual ofrece espacialmente una gran variabilidad de climas (Aero Cali S.A, 2015).

1

Temperatura

La temperatura media es de 23.1 °C (73.6 °F) con un mínimo promedio de 15 °C (66 °F) y un máximo promedio de 32 °C (86 °F), con un máximo absoluto de 36 °C y mínimo absoluto de 13 °C. Las estaciones secas van de diciembre a febrero y de julio a agosto y la estación de lluvias de marzo a mayo y de septiembre a noviembre (Aero Cali S.A, 2015).

Tabla 10 Valores medios mensuales de temperatura (°C) - Fuente: (IDEAM, 2014). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Temperatura (°C)	Mínima Absoluta	Mínima media	Media	Máxima media	Máxima absoluta
Enero	16	20.5	23.9	31.1	36.6
Febrero	15	20.0	23.9	31.1	33.9
Marzo	17	19	24.2	30.0	35.8
Abril	14	16.9	23.8	28.0	34.4
Mayo	16	18.2	23.6	28.5	36.2
Junio	14	19.0	23.8	30.5	34.6
Julio	15	20.0	23.9	31.9	32.4
Agosto	16	20.5	24	33.0	32.6
Septiembre	15	19.5	23.8	30.5	32.1
Octubre	14	16.4	23.2	28.0	33.8
Noviembre	15	18.7	23.2	28.5	36.2
Diciembre	17	20.5	23.4	31.0	35.3

Contexto específico:

Viviendas de la ciudad de Cali.

Por vivienda se entiende una construcción cuya función primordial es la de brindar refugio y habitación a las personas, protegiéndolas de los percances climáticos y otras amenazas, aunque existen diversas denominaciones tales como: apartamento, aposento, casa, domicilio, estancia, hogar, mansión, morada, etc., lo que diferencia a cada una de ellas es el espacio y la disposición con el cual cada uno es caracterizado. (ARQHYS , 2011)

El municipio de Cali cuenta con tres tipos de viviendas licenciadas, las cuales son:

Vivienda Unifamiliar: es aquella en la que una única familia ocupa el edificio en su totalidad por lo general, en uno o dos pisos. (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014)

Vivienda Bifamiliar: el término "Bi" se utiliza para referirse a dos cosas, en este caso Bi-Familiar para definir las dos familias que ocupan un solo lote de manera individual tanto, en su construcción, en su acceso, así como en sus servicios. (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014)

Vivienda Multifamiliar: se refiere a un conjunto habitacional o departamental bajo un régimen de condominio, es decir, propiedades individuales con servicios y áreas compartidos, como pueden ser escaleras, elevadores, alberca, área jardinera, canchas deportivas. Aquellas viviendas que son horizontales suelen diseñarse con las casas o departamentos sobre una porción de terreno individual. (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).

En las siguientes imágenes (Ilustración 20, Ilustración 21, Ilustración 22)se podrá observar el crecimiento del desarrollo urbano en la ciudad por medio del licenciamiento de construcción de viviendas de tipo unifamiliar, bifamiliar y multifamiliar

vivienda unifamiliar para el año 2005

vivienda unifamiliar para el año 2010

de vivienda unifamiliar para el año 2012

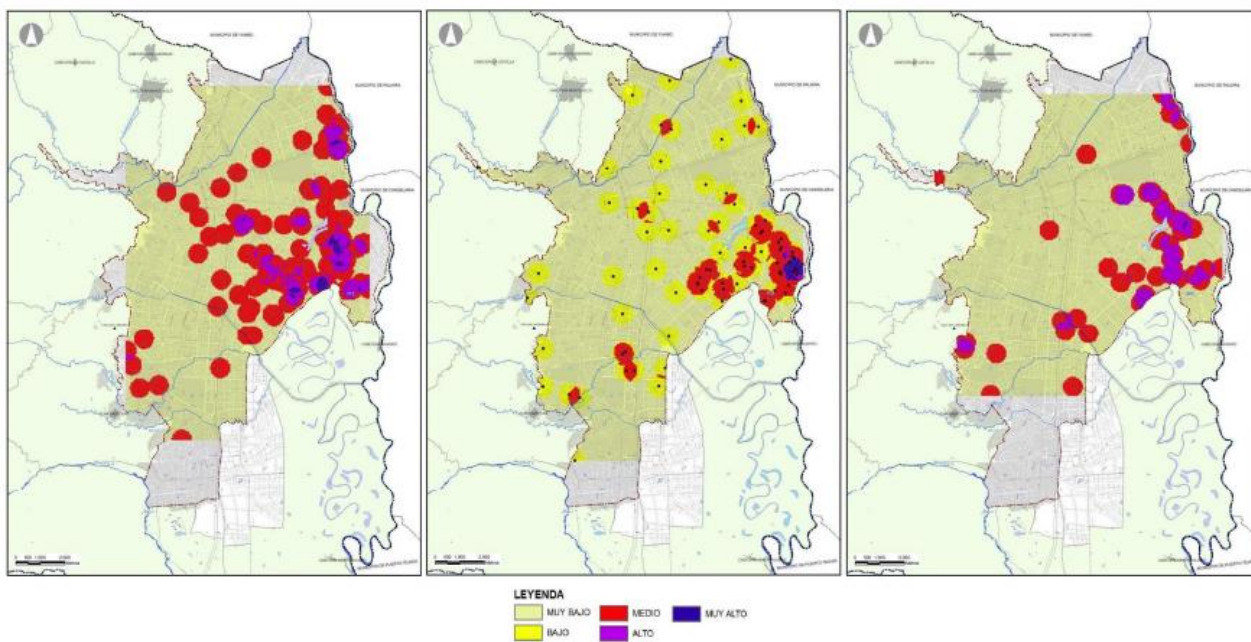


Ilustración 20 Licencias de construcción de viviendas unifamiliares Fuente: Curadurías Urbanas (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).

vivienda bifamiliar para el año 2005

vivienda bifamiliar para el año 2010

de vivienda bifamiliar para el año 2012

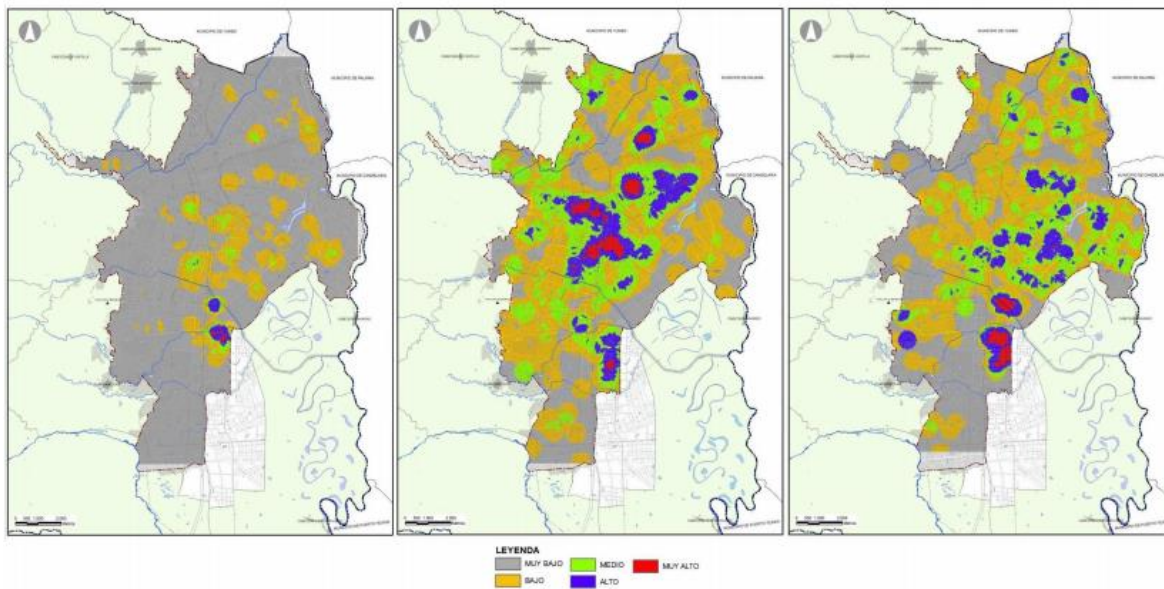


Ilustración 21 Licencias de construcción de viviendas bifamiliares Fuente: Curadurías Urbanas (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).

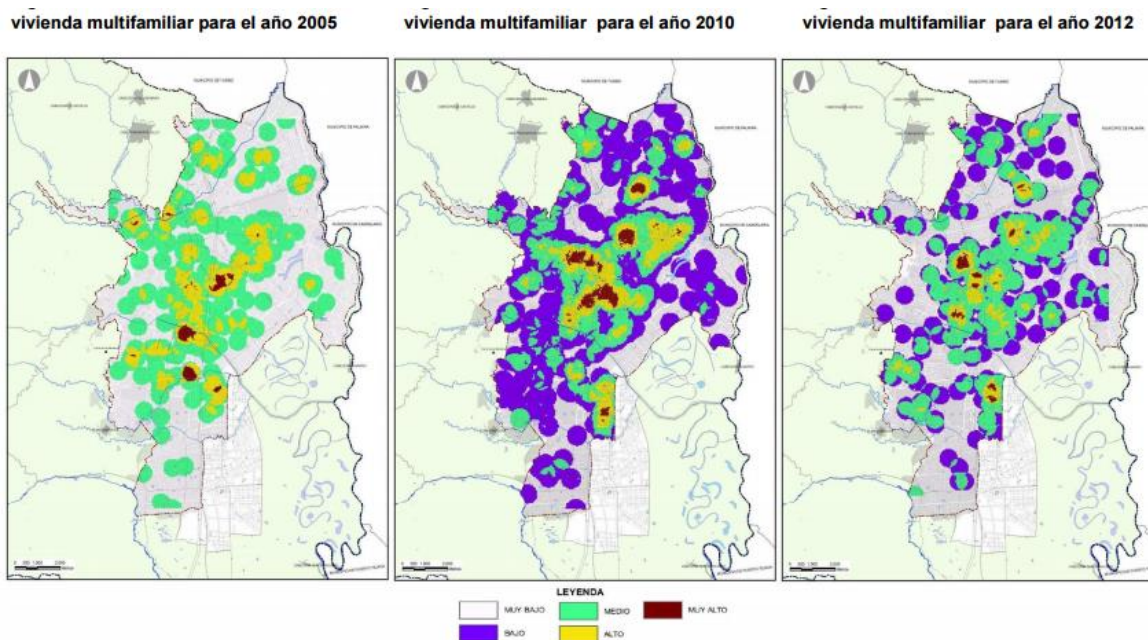


Ilustración 22 Licencias de construcción de viviendas multifamiliares Fuente: Curadurías Urbanas (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).

Para los años de análisis el municipio ha otorgado un total de 239 licencias de viviendas unifamiliar, 1,170 licencias de viviendas bifamiliares y 1.121 licencias de viviendas multifamiliares. (Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).

Para el desarrollo de este proyecto, se abordarán las cubiertas de tejado de barro de la ciudad de Cali de forma que se optimice el confort térmico de la vivienda por medio de la eficiencia energética ofrecida en el efecto chimenea.

Contexto Sector ladrillero.

Según la CAEM la distribución nacional del sector ladrillero en Colombia está dada por 14 departamentos con 1.343 ladrilleras registradas de las cuales alrededor de 214 están ubicadas en el Valle del Cauca. (Herrera C, 2016, pág. 2)

Es necesario determinar la demanda de la teja actual dentro del mercado, de modo que al obtener información sobre el volumen de producción con respecto al porcentaje de ventas validará en términos productivos la relevancia del rediseño de la teja de arcilla convencional. Para ello se seleccionó OCCIARCILLAS (la Asociación de Ladrilleros del Sur Occidente Colombiano) ya que representa un gran sector de la industria ladrillera como punto referente en cuanto a fabricación y venta y a HOMECENTER como referente de ventas.

OCCIARCILLAS está conformado por: Vallegres Tejas y Ladrillos S.A., Ladrillera San Benito Ltda., Ladrillera La Sultana, Ladrillera Meléndez, Ladrillera Terranova, Ladrillera los Almendros y Ladrillera Ladecol. De las siete ladrilleras dos no producen ni comercializan tejas y de los cinco restantes, tres producen y comercializan, las otras solo comercializan.

A continuación, una tabla que recopila la información obtenida:

Tabla 11 Datos mercado en sector ladrillero - Cali - Elaboración propia

Empresa	% que produce la empresa en tejas respecto a su total de productos.	Volumen de producción Mensual.	% de venta.	Atendido por:
Vallegres	30%	Alrededor de 500 Toneladas. (aprox. 250000 unid de tejas)	Entre 80 y 100% (Dependiendo de la temporada)	Ingeniero Juan Carlos Delgado - Jefe de producción Jacky Akelsberg - Asesor comercial.
La Sultana	30%	Alrededor de 300 Toneladas. (aprox. 150000 unid de tejas)	Entre 70 y 100% (Dependiendo de la temporada)	Liliana Gómez - Administradora del punto de fábrica sede López.
Meléndez	20%	No brinda info.	90%	Myriam Ruth Arcos
Homecenter	X	No produce, pero piden alrededor de 3000 unidades por punto de venta.	X	Andrés Rodríguez - Atención al profesional

4. Estado del Arte

En la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle, hay conformados 3 grupos de investigación, el GMR (Grupo de Materiales Compuestos), el TPMR (Tribología, Polímeros, Metalurgia de polvos y Transformaciones de residuos sólidos), y el RDAI (Recubrimientos Duros y Aplicaciones Industriales). La profesora titular Ruby Mejía de Gutiérrez doctora en Ciencias químicas y el profesor titular Julio Cesar Caicedo, doctor en ingeniería pertenecientes a los grupos de investigación mencionados anteriormente concuerdan en que únicamente el 20% de sus proyectos avanzan a una etapa productiva mientras que el 80% restante se quedan en publicaciones.

Dentro de los proyectos de investigación que avanzaron a la etapa productiva, se encuentra el “Desarrollo de aleación de aluminio serie 6XXX para uso como conductor eléctrico en aplicaciones de cables umbilicales”, la iniciativa de este proyecto fue dada por la empresa necesitada, la pregunta a resolver era si un cable de aluminio serie 6xxx con nuevas aleaciones podría lograr un mínimo de voltaje requerido sin disminuir su resistencia al esfuerzo tensil, que sirviera como conductor eléctrico y fuera utilizable en los cables umbilicales que se emplean para comunicaciones (Piamba, 2016, pág. 15). Para el desarrollo del proyecto se aliaron la Universidad del Valle y Colciencias, la investigación buscó principalmente modificar los componentes de las aleaciones con las que se combina el aluminio, para producir mejores resultados. Se evaluó la resistencia mecánica, conductividad y resistencia a la corrosión en ambiente marino, con lo que se buscó impactar el mercado de los cables umbilicales (Piamba, 2016, pág. 16).

Por otro lado, se encuentra el proyecto “Desarrollo de propuestas innovadoras de diseño derivadas de reciclaje y reutilización de desechos para la microindustria del calzado” elaborado en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, el resultado es un producto fabricado a partir de residuos reciclados, es un trabajo motivado por la preocupación del cuidado ambiental, en él analizan el sistema de producto en la micro-industria de calzado con el fin de entender y encontrar problemáticas asociadas al ciclo de vida del producto y con ello proponer productos ambientalmente sostenibles para el sector. *“Comprender que los materiales derivados del reciclaje y la reutilización pueden convertirse en materia prima para el proceso de fabricación de calzado si se resalta sus características técnicas, abre el espectro de posibilidades”* (Téllez, 2012, págs. 13 -62). Este trabajo experimenta con algunos materiales reciclados que se consideraron que no han sido concebidos como uso alternativo, pero que con un proceso de intervención pueden llegar a transformarlos, ajustando sus características técnicas de modo que resulte materia prima para la fabricación de zapatos, de acuerdo a ello se seleccionaron cuáles materiales

cumplían con los requerimientos planteados para someterlos a las pruebas de experimentación, los materiales que se eligieron fue por tener características de flexibilidad y adaptación, estos eran el papel, el plástico y el tetra-pack, una vez con los resultados de las pruebas, se eligió el más viable y se planteó el sistema de obtención de suministro y gestión operacional, el cual se basa en la recolección, selección y clasificación, lavado y secado, corte, tejido. Con ello iniciar los prototipos de prueba (Téllez, 2012, págs. 13-62).

En búsqueda de investigaciones sobre materia prima a partir de residuos cerámicos se encuentra el trabajo, "Residuos cerámicos para su posible uso como materia prima en la fabricación de Clinker de cemento portland: Caracterización y activación alcalina" realizado en Madrid - España, su énfasis investigativo está enfocado a desarrollar cementos que precisen menor energía en su formación, degraden menos los entornos y emitan menos gases contaminantes a la atmósfera (Puertas & Martínez-Ramírez, 2006, pág. 73). En él se estudian la composición y activación alcalina de seis residuos cerámicos (tres residuos cocidos de baldosas fabricadas con arcillas rojas, otros dos residuos cocidos de baldosas fabricadas con arcillas blancas, y finalmente un residuo cocido procedente de la mezcla de residuos blancos y rojos) debido a su potencial viabilidad de suplir parcialmente, algunas de las materias primas, más usadas cuando es preparado el crudo de cemento, al final se exponen los resultados previos obtenidos donde muestra que la composición química y mineralógica adecuada para su posible empleo, no son tóxicos ni radioactivos (Puertas & Martínez-Ramírez, 2006, págs. 73-79). Ellos parten de hacer un estudio molecular del material y de acuerdo a su estructura determinar si es apto o no de ser procesado para el empleo como materia prima. Esta, es una investigación dirigida a la necesidad de reemplazar insumos nuevos por unos reutilizados en la elaboración de un producto específico (en este caso Clinker de cemento portland), pero lo interesante de este trabajo investigativo-experimental es todo el proceso para la obtención de resultados, que incluye la documentación, la selección de residuos a usar y el estudio molecular de la composición del material, ya que los resultados del mismo, permiten tener claridad de las características y propiedades de los mismos que aunque fueron evaluados con unos requerimientos determinados, pueden replantearse en otro contexto y con otras especificidades no estudiadas hasta el momento.

Sumados a los casos de investigación, se encuentra un caso investigativo a nivel de laboratorio dirigido por el ICITECH-UPV (Instituto de Ciencia y Tecnología del Hormigón de la Universidad Politécnica de Valencia.) en conjunto con la Universidad Jaume I de Castellón, el Imperial Collage de Londres y la Universidad de Estadual Paulista de Sao Paulo (Brasil), donde se propone un nuevo tipo de cemento con propiedades de

resistencia mejores a las de los aglomerados usados hoy en día y sostenible, elaborado sólo a partir de residuos cerámicos, una sustancia química activadora y agua, según dice María Victoria Borrachero investigadora jefe del ICITECH "se trata de un material totalmente novedoso. Su principal característica es que no contiene cemento portland, lo que lo convierte en un material más sostenible que los empleados actualmente" (Borrachero, 2013, pág. 2).

La investigación para este caso en particular es meramente experimental de laboratorio en búsqueda de un nuevo producto o la mejora de otro, se trata de tomar elementos que les puedan servir y hacer, "experimentar" que pasa si... usan "x" en vez de "y" elemento, claramente hay que tener un conocimiento previo de las propiedades de cada elemento a usarse para con ello poder asumir que puede funcionar. "El proceso para obtener el cemento en este caso es muy sencillo. Primero, trituramos el ladrillo, se muele y se mezcla con la disolución activadora. Inmediatamente después, se amasa junto con el árido, y el cemento ya está preparado para ser colocado en moldes y sometido a un proceso de endurecimiento especial a alta temperatura" (Borrachero, 2013, págs. 3-4), gracias a los resultados obtenidos positivamente están analizando nuevas sustancias activadoras que les permitan obtener un producto final aún más sostenible a partir cenizas de cáscara de arroz. Este trabajo demuestra que también es válida únicamente la exploración experimental para obtener resultados satisfactorios, a diferencia del caso anterior "Residuos cerámicos para su posible uso como materia prima en la fabricación de Clinker de cemento portland: Caracterización y activación alcalina" no hay todo un proceso investigativo de documentación y preselección de material para un estudio molecular en laboratorio, sino que se dirigen únicamente a la experimentación de la elaboración del producto.

Por último, el caso de trabajo realizado por Earthpac, una empresa Neo Zelandesa interesada en crear productos que sean ambientalmente sostenibles. Gracias a ese deseo surgen diferentes productos de empackado a base de nuevos materiales, como es el Potato pac, una materia prima que nace de la extracción de almidón principalmente a papas. Las cuales son transportadas desde una granja para luego pasar impulsadas por agua a través de cuchillas a 120 km por hora, con lo cual queda una mezcla de almidón y agua, luego es separada el agua, el almidón, y los residuos extras, que se usan más tarde para alimentar animales de granja. Tras el proceso de extracción del almidón el agua sobrante continúa siendo potable, por lo que se usa para otros procesos, el almidón seco es termoformado para crear platos, cucharas y empaques, que son los productos en los que se especializa la empresa. Por último, cuando los objetos son usados, pueden usarse para formar compostaje que ayuda a la fertilización de los cultivos de papas. Por lo que se genera una cadena de reciclaje orgánico bastante eficiente. (Earthpac, 2016)

Como bien es mencionado en las diversas investigaciones, dan cuenta de la existencia de varias vías de reciclado y factores a tener en cuenta, como el uso y la disposición final, y es de suma importancia tener en cuenta los procesos existentes, las propiedades y características de los nuevos materiales, para poder elaborar nuevas alternativas, de uso adecuadas y eficientes. La recopilación de estos proyectos sirve para ver desde diferentes perspectivas el abordaje del tema con relación a los materiales reciclados y su uso en el desarrollo de producto.

Conclusión de la investigación

Darle uso a un nuevo material que proviene del reciclaje de escombros puede resultar altamente ventajoso para una ciudad, debido a la posible eliminación de descargas en escombreras ilegales que pueden representar altas sumas de dinero por recoger y transportar escombros de un sitio a otro, la reducción de los costos en la importación de materias primas tradicionalmente provenientes de reservas naturales, que pueden suplirse con el reciclaje de los residuos cerámicos, disminuyendo el volumen de residuos obtenidos en los vertederos. En especial cuando en la misma no existe ningún tipo de utilización del recurso.

La obtención de materiales producidos a partir del reciclaje también tiene un propósito con el medio ambiente tales como:

Recuperar materias primas

- Promover un valor económico a los residuos.
- Evitar recurrir a la fuente natural.

Por ende, generar aplicabilidad a las materias primas propuestas por diversas investigaciones dentro de la Universidad del Valle permite, por un lado, el aprovechamiento del recurso en el desarrollo de producto y por el otro, generar puentes entre carreras desvinculadas en el proceso de formación académica.

El proyecto pretende tomar la investigación PEC-L, la cual activa alcalinamente residuos cerámicos produciendo un material apto para la fabricación de elementos constructivos y rediseñar la teja convencional por una que mejore las condiciones de confort térmico en la vivienda ya que, al ser la parte de la construcción con mayor incidencia de radiación solar y el contexto que abarca el proyecto es Cali, resulta ser una solución innovadora y pertinente.



CAPÍTULO 3

MARCO LEGAL

En esta sección se consignará las normas legales pertinentes con respecto al proyecto.

5. Marco Legal

En esta etapa se busca recolectar las normativas relevantes para el desarrollo del proyecto de modo tal que delimite la propuesta bajo la legislación colombiana.

Colombia es un estado social de derecho. Dentro de las muchas significaciones que este concepto abarca, está la de que nuestro país es un Estado jurídicamente organizado y regido por normas de obligatorio cumplimiento tanto para las autoridades como para los asociados. Igualmente, la ley, general y abstracta, regula las diversas actividades del acontecer de los habitantes del territorio nacional.

Hecha esta aclaración, se procederá a mirar, de manera general, las normas pertinentes al desarrollo de nuestro proyecto, no sin advertir que la construcción de vivienda y demás y de los insumos utilizados en ella, es de las actividades más estrictamente reguladas por las diversas normas de carácter nacional y local por las implicaciones que conlleva.

Normativas

ACUERDO 0373 DE 2014

POT Santiago de Cali

En la Ley 388 de 1997, la cual regula la construcción en Colombia, en su Artículo 28 se adoptan los planes de ordenamiento territorial POT en todos los distritos y municipios del territorio nacional, en el Decreto 150 de 1999 se da un año más de plazo para entrar en funcionamiento por lo tanto cada municipio tiene su propio POT.

Normas especiales aplicables: Actualización Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Santiago de Cali, expedido por el Acuerdo 0373 de 2014 por el Concejo Municipal, en el Subcapítulo V, NORMAS VOLUMETRICAS, Artículos 354 al 356.

Las normas del presente Acuerdo no pretenden impedir el uso de materiales, de métodos de diseño, o de construcción no contemplados específicamente en él. La Secretaría de Obras Públicas puede aceptar métodos alternativos, siempre que se logre demostrar que la alternativa propuesta produce al menos los mismos resultados especificados en el presente Acuerdo, respecto de resistencia estructural, durabilidad, efectividad, resistencia al fuego, seguridad y salubridad. Los costos que exija la elaboración de tales conceptos serán de cargo de la persona que presenta el método alternativo.

ARTÍCULO A.3.9.1. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Altura de los techos:

La altura libre mínima permitida en todo espacio o cuarto habitable debe ser 2.10 m, medida desde el nivel de piso acabado hasta la parte más baja del techo o cielo raso.

ARTÍCULO B.4.2.6. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Si en una edificación algún cuarto tiene un techo o cielo raso inclinado, la altura libre mínima exigida se requiere únicamente en la mitad del área. La porción del cuarto cuya altura sea menor de 1.5 m, medida desde el piso acabado hasta el cielo raso, no debe incluirse en ninguno de los cálculos del área mínima del cuarto.

PARÁGRAFO B.4.2.6.1. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Sección B.10.2 TECHOS. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Generalidades:

En esta sección se especifican los requisitos generales de construcción de techos, así como las obras complementarias a los mismos, tales como aislamiento, acceso, drenaje, techos vidriados, desvanes y cobertizos.

ARTÍCULO B.10.2.1. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Construcción:

Las cubiertas de los techos deben asegurarse firmemente a los elementos de soporte y deben protegerse adecuadamente contra la intemperie.

ARTÍCULO B.10.2.2. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Aislamiento de techos:

En este artículo se especifican las recomendaciones mínimas para el aislamiento de techos.

ARTÍCULO B.10.2.3. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Los techos combustibles deben aislarse mediante una cubierta apropiada aplicada directamente.

PARÁGRAFO B.10.2.3.1. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Cuando se utilizan retardadores de fuego, deben aplicar aislamientos apropiados, según el tipo de cubierta instalada.

PARÁGRAFO B.10.2.3.2. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Drenajes:

Los sistemas de techos deben tener pendientes adecuadas para drenaje, cuando no se diseñen para soportar agua y granizo acumulado.

ARTÍCULO B.10.2.4. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Los drenajes deben colocarse en cada uno de los puntos bajos del techo, a menos que tengan pendientes para drenar por las esquinas; los drenajes deben tener el tamaño adecuado para permitir la adecuada recolección del agua del techo.

PARÁGRAFO B.10.2.4.1. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Los techos o cubiertas deben diseñarse para soportar una carga viva superior a 35 kg/m² sin sufrir deflexión.

PARÁGRAFO B.10.2.4.2. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Cercado de techos transitables:

Un techo o una azotea transitable, de fácil acceso mediante obras fijas, debe cercarse con baranda o parapeto de una altura mínima de 90 cm.

ARTÍCULO B.10.2.5. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Acceso a techos intransitables:

Cuando un techo no disponga de obras fijas de acceso, debe proveerse de escaleras verticales o debe exigirse la colocación de ganchos u otros puntos fijos de apoyo, con el fin de permitir el acceso al techo para desarrollar labores de mantenimiento y limpieza.

ARTÍCULO B.10.2.6. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Toda edificación debe poseer un sistema para la evacuación de aguas lluvias provenientes de techos, patios, azoteas y otras áreas descubiertas.

PARÁGRAFO D.3.4.1.2. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Sección D.4.11 EVACUACIÓN DE HUMO Y ENTRADA DE AIRE. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Esta sección establece los requisitos mínimos que deben cumplirse para el control de diseño, construcción, alteraciones y uso de dispositivos para evacuación de humos provenientes de la combustión de aparatos que quemen gas, así como las normas que deben seguirse para asegurar la provisión correcta de aire de combustión para dichos aparatos.

ARTÍCULO D.4.11.1. General. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.

Fuentes de aire para la combustión:

El aire para combustión desde el exterior de la edificación debe suministrarse como se estipula a continuación:

D.4.11.3.5.1. A través de aberturas permanentes de área requerida hacia el exterior de la edificación, en pisos, techos o paredes del local.

PARÁGRAFO D.4.11.3.5. Código de construcción colombiano, Bogotá, Colombia, 20 de octubre de 1995.



CAPÍTULO 4

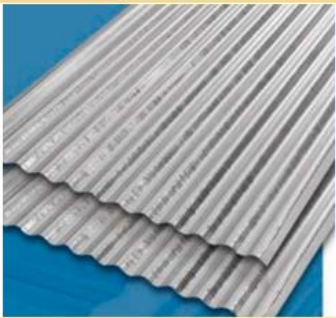
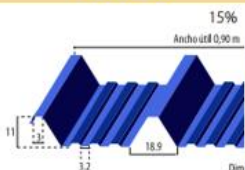
FASE DE DISEÑO

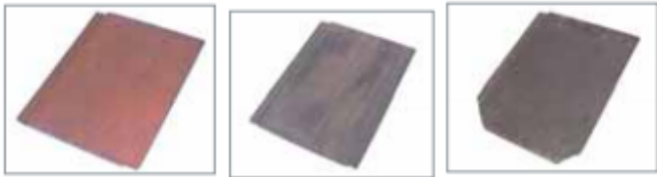
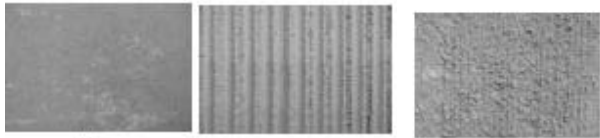
En esta sección se consignarán los antecedentes, el concepto de diseño, requerimientos y determinantes y las alternativas de solución.

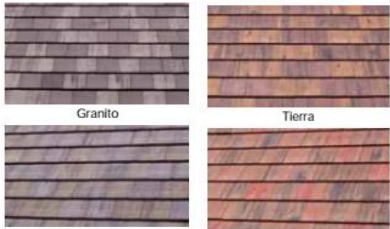
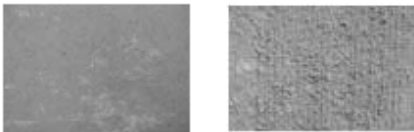
6. Referentes Formales.

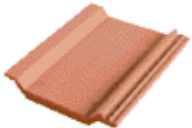
Tipos de tejas

Tabla 12. Tipos de tejas - Elaboración propia

Nombre	Tejas de zinc	Tejado arquitectónico	Cubierta Master 1000	Canaleta
Imagen				
Especificaciones técnicas	Ancho útil: 755 mm Espesor nominal: 0.15 mm Arrugas: 12 Largo: 6,8,10,12 pies Alto: 15 mm	Ancho: 721 mm Largo: 1830 Peso: 3.85 Espesor nominal: 0.30 mm	Ancho: 721 mm Largo: 1830 Peso: 3.85 Espesor nominal: 0.30 mm	Ancho: 900 mm Largo: 3000 Peso: 4.82 Espesor nominal: 0.46 mm
Material	Zinc	Acero galvanizado	Acero galvanizado	Acero galvanizado
Texturas				
Colores	  AZUL LUMINOSO RAL 5010 ROJO GRANATE RAL 3009	   RAL 6005 RAL 9006 Cobre    Blanco Almendra Rojo Granate RAL 5005	   RAL 6005 RAL 9006 Cobre    Blanco Almendra Rojo Granate RAL 5005	   RAL 6005 RAL 9006 Cobre    Blanco Almendra Rojo Granate RAL 5005

Nombre	Teja Altiplana	Teja Coloquial
Imagen	 <i>Ilustración 23 Teja Altiplana, por: Tejas de Chena</i>	 <i>Ilustración 24 Teja coloquial por: Tejas de Chena</i>
Características	Impermeable Fácil de instalar Aislamiento térmico y acústico. A sísmica. Resistencia a la flexión	Impermeable Fácil de instalar Aislamiento térmico y acústico. A sísmica. Resistencia a la flexión
Especificaciones técnicas	Altura: 334 mm Largo: 420 mm Espesor: 22 mm Peso: 5.1 kg Año: 2008	Altura: 334 mm Largo: 420 mm Onda: 70 mm Peso: 4.7 kg Año: 2008
Material	Mezcla de hormigón y barro	Mezcla de hormigón y barro
Diseños o formas	 <i>Ilustración 25 Formas: Plana, Duetto y Torreón Por: Tejas Chena</i>	 <i>Ilustración 26 Teja de inicio a término Por: Tejas Chena</i>
Texturas	 <i>Ilustración 27 Texturas: Lisa, Acanalada y Gravilada por: Tejas Chena</i>	 <i>Ilustración 28 Textura lisa Por: Tejas Chena</i>
Colores	 <i>Ilustración 29 Colores Por: Tejas Chena</i>	 <i>Ilustración 30 Color clásico Po: Tejas Chena</i>

Nombre	Teja Coloquial	Teja Diseño
Imagen	 <i>Ilustración 31 Teja coloquial Por: Tejas Chena</i>	 <i>Ilustración 32 Teja diseño Por: Tejas Chena</i>
Características	Impermeable Fácil de instalar Aislamiento térmico y acústico. A sísmica. Resistencia a la flexión	Impermeable Fácil de instalar Aislamiento térmico y acústico. A sísmica. Resistencia a la flexión
Especificaciones técnicas	Altura: 334 mm Largo: 420 mm Onda: 70 mm Peso: 4.7 kg Año: 2008	Altura: 334 mm Largo: 420 mm Espesor: 22 mm Peso: 5.1 kg Año: 2008
Material	Mezcla de hormigón y barro	Mezcla de hormigón y barro
Diseños o formas	 <i>Ilustración 33 Teja de inicio a término Por: Tejas Chena</i>	 <i>Ilustración 34 Formas Por Teja y Tejas</i>
Texturas	 <i>Ilustración 35 Textura lisa Por: Teja y tejas</i>	 <i>Ilustración 36 Texturas Por: Teja y Tejas</i>
Colores	 <i>Ilustración 37 Colores Por: Tatiana Pabón</i>	 <i>Ilustración 38 Colores - Elaboración propia</i>

Nombre	Teja Europa		
Imagen	 <i>Ilustración 39 Teja Europa Por: Tejas Chena</i>		
Características	Impermeable Fácil de instalar Aislamiento térmico y acústico. A sísmica. Resistencia a la flexión		
Especificaciones técnicas	Altura: 330 mm Largo: 413 mm Onda: 292 mm Peso: 4.9 kg Año: 2008		
Material	Mezcla de hormigón		
Diseños o formas	 <i>Ilustración 40 Teja Europa individual Por: Tejas Chena</i>	Texturas	 <i>Ilustración 41 Textura lisa Por: Teja y Tejas</i>
Colores	 <i>Ilustración 42 Colores - Elaboración propia</i>		

Innovación en tejas

La teja “Colbert” es un estilo de teja que implementa el canal y la cumbrera en una sola forma, fabricada en material plástico, por medio del proceso de inyección



Ilustración 43. Teja cobert.

Las tejas solares fotovoltaicas son un tipo de teja que busca implementar paneles solares desde el tejado, en forma de la teja Europa.



Ilustración 44. Teja fotovoltaica

7. Requerimientos y Determinantes

Requerimientos

En esta fase era necesario listar todas las necesidades del objeto y con ello clasificarlas en un tipo de requerimiento bien sea: *de Uso, Función, Estructurales, Económico y de mercado, Formales, Técnico – productivos*, y por último filtrar las necesidades redundantes.

Tabla 13. Requerimientos - - Elaboración propia

Descripción	Tipo
Seguridad: que el elemento de la sensación de firmeza (no se caerá). Manipulación: Que el elemento sea fácil de instalar, cambiar, usar. Reparación: Qué se pueda reemplazar fácilmente.	Uso
Acabado: Debe tener el menor número de tratamientos posibles. Resistencia: Debe resistir las diferentes situaciones catastróficas a los que se exponga.	Funcional
Unión: Los elementos deben acoplarse entre sí. Núm. de componentes: La estructura debe requerir el menor número de piezas.	Estructural
Estilo: que el elemento se integre con el contexto para que la persona se familiarice con él.	Formal

A continuación, se realiza una evaluación de comparación por pares de las variables para determinar los porcentajes de importancia que los requerimientos de diseño deben tener en la propuesta.

Tabla 14. Comparación por pares

	SEGURIDAD	MANIPULACIÓN	REPARACIÓN	ACABADO	RESISTENCIA	UNIÓN	NUM COMPONENTES	ESTILO	TOTAL	NORMALIZACIÓN	TIPO DE REQUERIMIENTO		
SEGURIDAD		1	1	1	1	0	1	1	6	7	19%	USO	42%
MANIPULACIÓN	0		0	1	0	0	0	1	2	3	8%		
REPARACIÓN	0	1		1	0	0	1	1	4	5	14%		
ACABADO	0	0	0		0	0	0	1	1	2	6%	FUNCIONAL	22%
RESISTENCIA	0	1	1	1		0	1	1	5	6	17%		
UNIÓN	1	1	1	1	1		1	1	7	8	22%	ESTRUCTURAL	31%
NUM COMPONENTES	0	1	0	1	0	0		0	2	3	8%		
ESTILO	0	0	0	0	0	0	1		1	2	6%	FORMALES	6%
TOTAL									36				100%

Como podemos observar en la tabla de comparación por pares, el tipo de requerimiento que más peso de importancia tiene es el de uso con un 42%, seguido del estructural con un 31% lo que significa que estos criterios deben predominar en el diseño de las alternativas.

Determinantes.

En esta fase era necesario verificar aquellos elementos que delimitan el proyecto tales como: Las normas legales, la influencia del clima, las restricciones del material, etc.

Tabla 15. Determinantes -- Elaboración propia

Descripción	Tipo
Contextualización con el entorno.	Urbanístico
Debe evitar la filtración de agua al llover.	Climatológico
Debe resistir la intemperie (el sol, la lluvia y los cambios climáticos).	Climatológico
Debe cumplir con los estándares exigidos por ley.	Legal
El elemento debe poderse fabricar en Pec - L.	Material
La producción debe ser viable en términos de producción y venta.	Monetario
Debe generar climatización en el ambiente.	Climatológico
El elemento debe permitir el paso del aire.	Formal

Las determinantes al ser de carácter limitador tienen un porcentaje de igual importancia de implementación en las alternativas.

Requerimientos y determinantes.

Una vez son listados los requerimientos y determinantes con sus respectivos tipos, se elabora la tabla PDS (Product Desing Specification) para determinar si son elementos medibles, deseables u obligatorios.

Tabla 16. PDS - Requerimientos y determinantes

TIPO	NECESIDAD	REQUERIMIENTO O LIMITANTE	MEDIDA	VALOR	DESEO/OBLIGACIÓN
Manipulación	Facilidad de instalación, cambio y uso.	Agarres adecuados.	Percentiles	P85 de hombre	OBLIGATORIO
Acabado	Proceso de fabricación simple	Debe tener el menor número de tratamientos posibles.	Cantidad de procesos post fabricación	Entre 0 y 2	DESEABLE
Urbanístico	Contextualización formal con el entorno	Su apariencia debe ser de techo.	Colores	X Colores	DESEABLE
Climatológico	Resistencia a la intemperie	Material pec-l	PSI		OBLIGATORIO
Seguridad	El usuario debe sentir que está a salvo, que los objetos que cargue no le caigan encima.	sujetadores (para que el material no se caiga)	Altura (cms)	X cms	OBLIGATORIO
Resistencia	Debe resistir diferentes tipos de situaciones catastróficas a los que se exponga.	Resistir cierto peso y x caída.	Peso en kg Altura en cm	5 kg 30 cm	DESEABLE
Estética	Debe ser llamativo	Variedad de colores	Número de colores	X colores	DESEABLE
Climatológico	Evitar las filtraciones de agua.	Formas y canales.	Porcentaje de agua filtrada	0 %	OBLIGATORIO
Climatológico	Climatización del ambiente	Debe tener menor temperatura a la de un ambiente con tejado tradicional.	Diferencia en °C. de al menos 1°	X °C tradicional X °C	OBLIGATORIO
Reparación	Las piezas deben poder repararse o reemplazarse	Que sea asequible en el mercado actual	Cantidad de piezas.	x materiales	DESEABLE
Legal	Se encuentre dentro de la ley.	Debe cumplir con los estándares exigidos por ley	Cumplimiento de normas.	Cumple	OBLIGATORIO
Monetario	La producción debe poderse realizar	Viabilidad de fabricación	\$	X \$	OBLIGATORIO

8. Propuesta de Diseño

Con el desarrollo del proyecto, se busca lograr que la temperatura de las viviendas sea menor y más confortable, por medio de la intervención en el tejado, trabajando conceptos de ahorro energético pasivo (sin elementos adicionales), usando el diseño industrial a través del diseño de tejas.

Concepto de Diseño:

“La vivienda que respira”

Basados en los conceptos de ahorro energético, se pretende que la propuesta de la teja permita el escape del aire (efecto chimenea) por la cubierta de la vivienda.



A complex collage of various images. The collage includes abstract patterns like red and orange wavy lines, a blue and white snowflake icon, a blue and white ripple pattern, a green and gold fractal flower, a green and white diamond shape with a colorful geometric pattern, a red and white triangle, a green and white leaf, a blue and white wave, a brown and white textured pattern, a blue and white sky with a dandelion, a green and white grass, a white and red thermometer, a green and white coiled plant stem, and a red and white wavy pattern. The collage is composed of many small, irregularly shaped pieces that fit together to form a larger, colorful composition.

9. Fase creativa - Bocetación

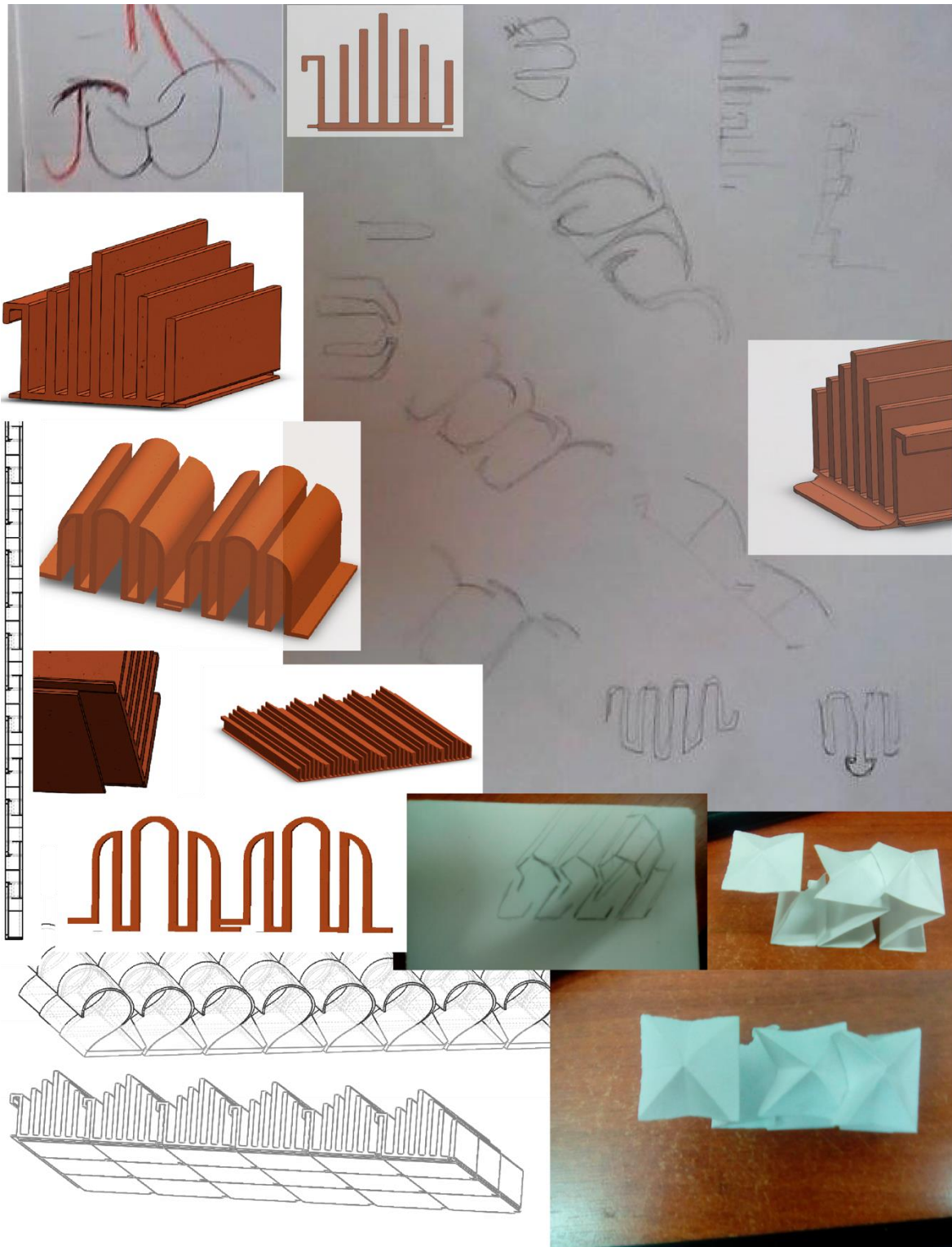


Ilustración 46. Fase creativa

ALTERNATIVA 1



10. Alternativas

Vistas ortogonales.

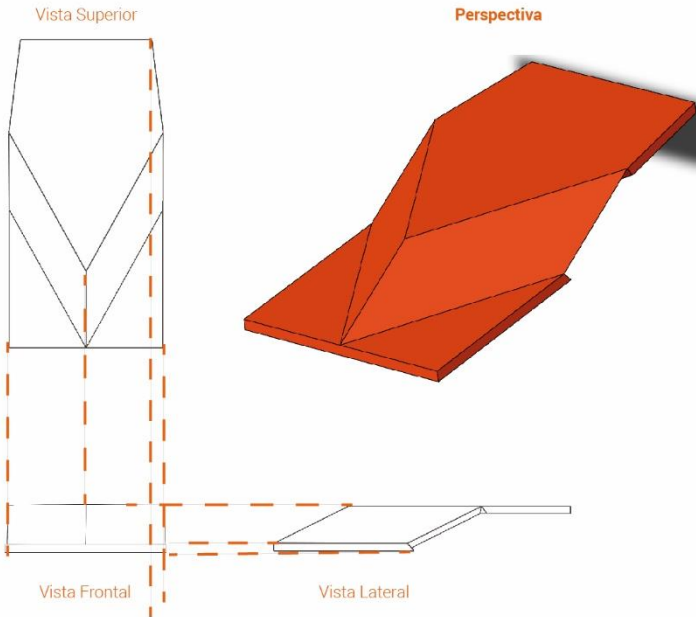


Ilustración 47 Vistas Ortogonales - Alt 1

Salida de aire

Aquí podemos observar como la disposición de varias tejas juntas forman la estructura del tejado con ranuras que permiten el paso del aire. La idea de esta función es que por medio del efecto chimenea, el aire caliente pueda escapar por la parte superior del tejado.

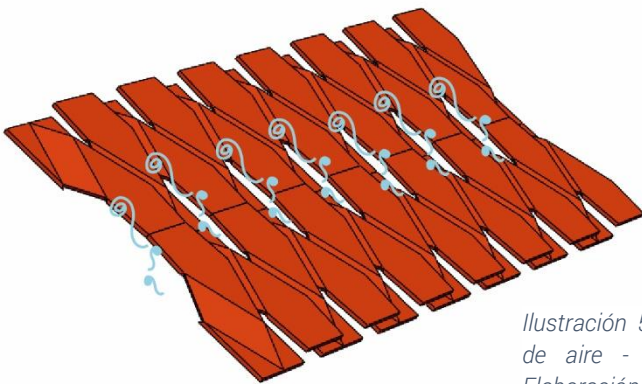


Ilustración 50 Salida de aire - Alt 1 - Elaboración propia

Como alternativa número uno, se realizó una teja con forma recta y geométrica, abierta en los laterales para permitir el paso del aire.

Canal de lluvias

Aquí se puede observar la función de la forma, cómo al unir las piezas individuales la forma crea los canales que permiten el flujo del agua a través del tejado.

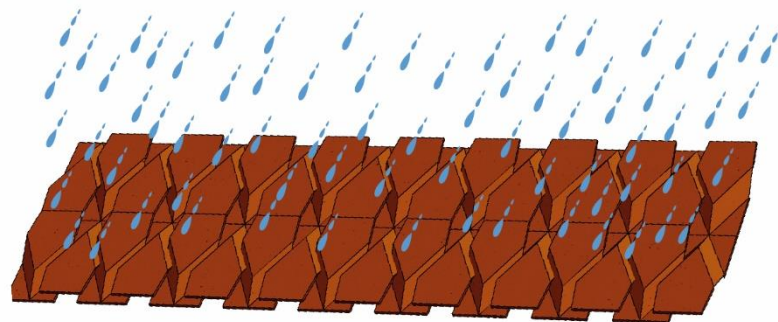


Ilustración 48 Lluvia - Alt 1 - Elaboración propia

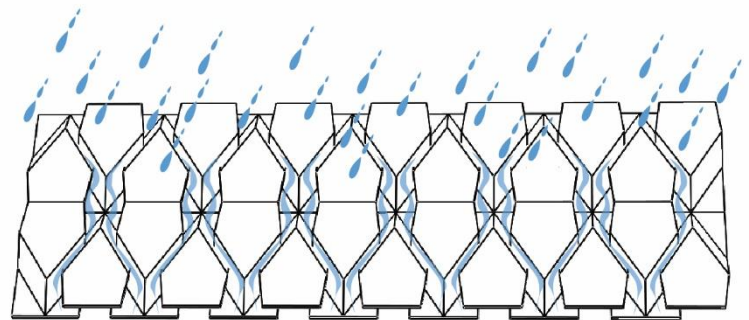


Ilustración 49 Canal de agua - Alt 1 - Elaboración propia

ALTERNATIVA 2



Vistas ortogonales.

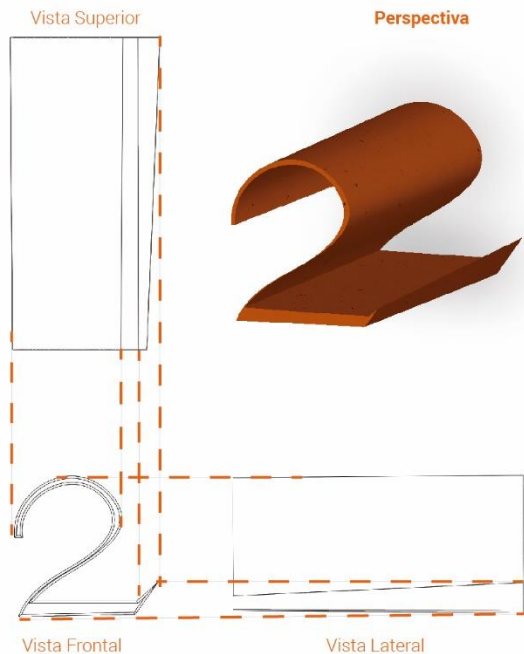


Ilustración 51 Vistas ortogonales - Alt 2 Por Tatiana Pabón

Cámara de aire

Como podemos observar en la figura, al unificar las tejas se puede percibir de la abertura lateral y la cámara de aire que se forma entre la superficie interior y la superficie exterior de la forma.



Ilustración 53 Cámara de aire- Alt 2 - Elaboración propia

Para la propuesta número dos, se realizó una teja con formas orgánicas, vista desde arriba se asemeja a una teja tradicional, cuenta con una abertura lateral que permite el flujo de aire y un espacio entre la superficie superior y la inferior de modo que genera una cámara de aire.

Canal de lluvias

Aquí se puede observar la función de la forma, cómo al unir las piezas individuales la forma crea los canales en la parte interior de la figura que permiten el flujo del agua a través del tejado, sin permitir la filtración de agua a la vivienda.

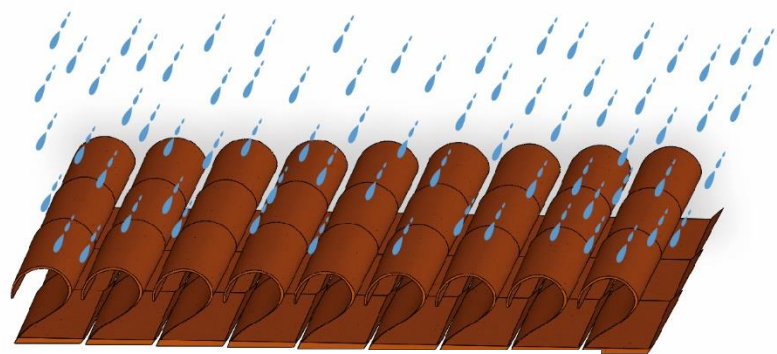


Ilustración 52 Lluvia - Alt 2 - Elaboración propia



Ilustración 54 Canal de agua - Alt 2 - Elaboración propia

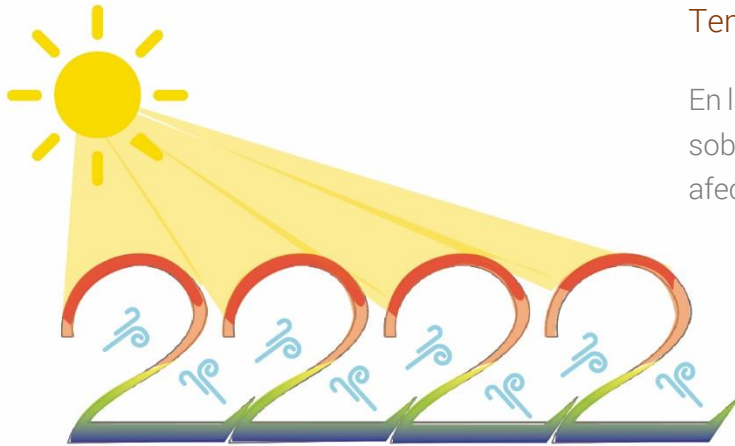


Ilustración 55 Temperatura - Alt 2 - Elaboración propia

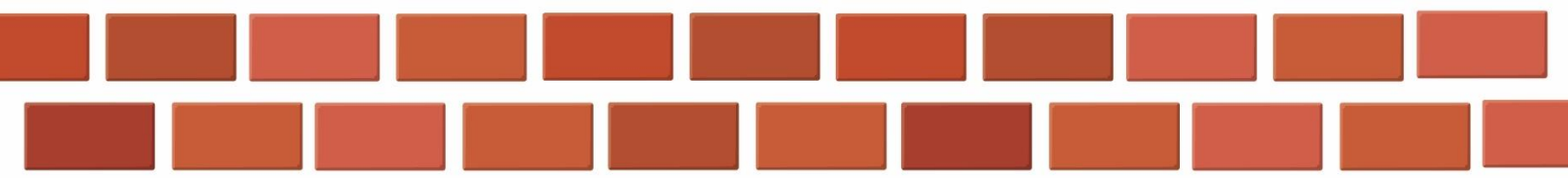
Temperatura

En la figura se muestra la incidencia de la radiación solar sobre la teja número 2, toda la superficie superior es afectada directamente, mientras que al existir una cámara de aire permite la disipación de la temperatura en la parte interior, y las ranuras laterales ayudan en el flujo del aire del interior de la vivienda generando el efecto chimenea.

Visualización en casa.



Ilustración 56 Visualización en casa - Alt 2 - Elaboración propia



ALTERNATIVA 3



Vistas ortogonales.

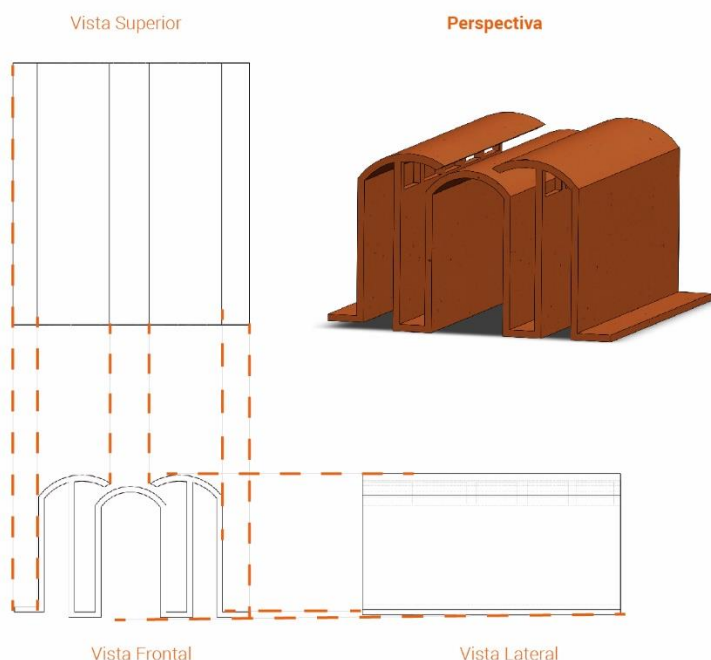


Ilustración 57 Vistas ortogonales - Alt 3 Por Tatiana Pabón

Cámara de aire

Como podemos observar en la figura, la forma de la teja tres por si sola genera una de la cámara de aire y las aberturas laterales en forma de rendija permiten el flujo del aire del interior de la vivienda al exterior.

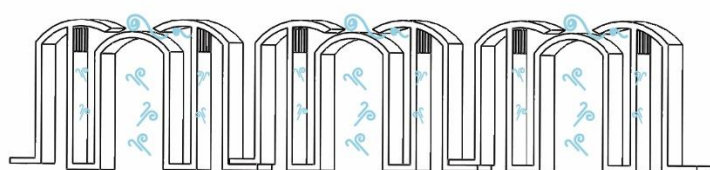


Ilustración 59 Cámara de aire - Alt 3 - Elaboración propia

Para la propuesta número tres, se realizó una teja con formas orgánicas, vista desde arriba se asemeja a una modificación de la teja tradicional, cuenta con dos aberturas laterales tipo rendijas que permiten el flujo de aire y varios espacios en forma de acordeón entre la superficie superior y la inferior de modo que genera una cámara de aire.

Canal de lluvias

Aquí se puede observar la función de la forma, cómo las piezas individuales por medio de la forma crean los canales en la parte interior de la figura que permiten el flujo del agua a través del tejado sin permitir la filtración de agua a la vivienda.

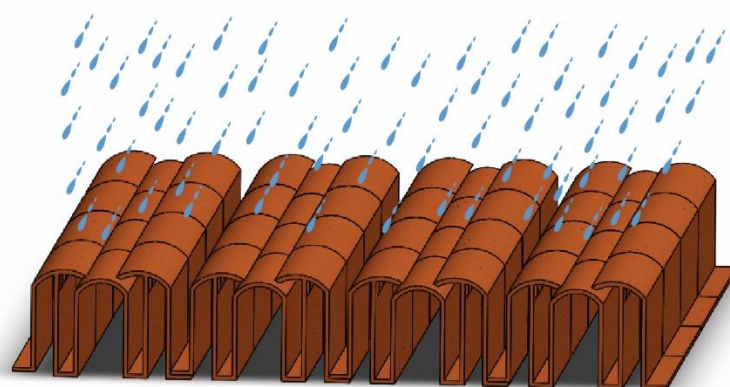
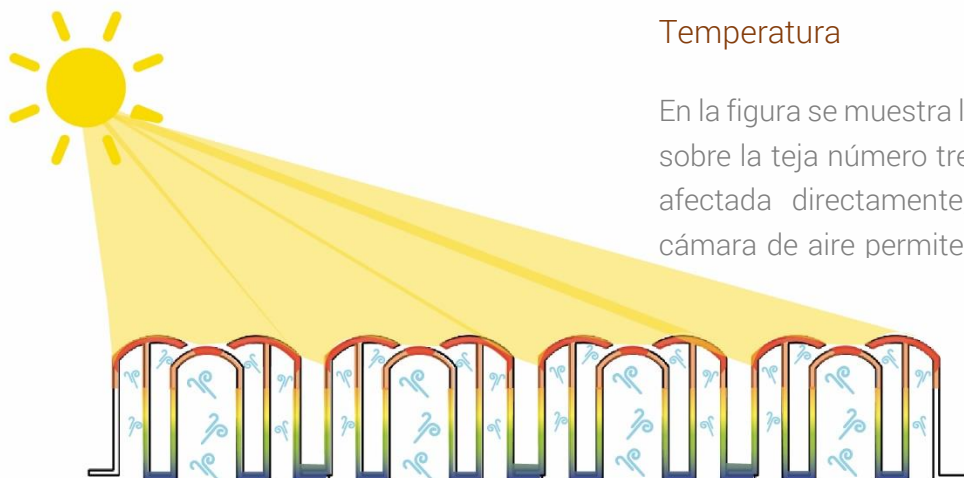


Ilustración 58 Lluvia - Alt 3 - Elaboración propia



Ilustración 60 Canal de agua - Alt 3 - Elaboración propia



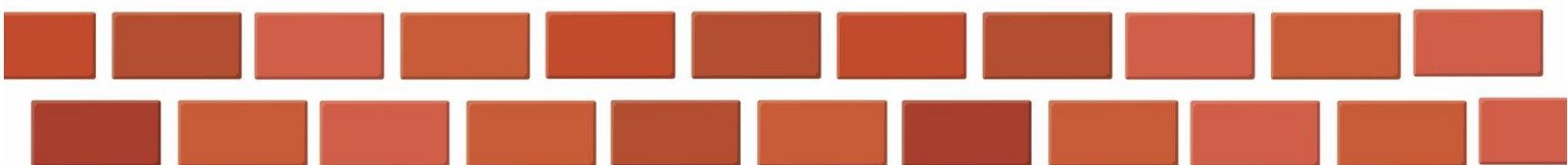
Temperatura

En la figura se muestra la incidencia de la radiación solar sobre la teja número tres, toda la superficie superior es afectada directamente, mientras que al existir una cámara de aire permite la disipación de la temperatura en la parte interior, y las ranuras laterales ayudan en el flujo del aire del interior de la vivienda generando el efecto chimenea.

Ilustración 61 Temperatura - Alt 3 - Elaboración propia



Ilustración 62 Visualización en casa - Alt 3 - Elaboración propia



11. Evaluación de alternativas

Para la evaluación se analizaron las 3 propuestas y se calificaron de uno (1) a cinco (5), según los requerimientos y determinantes, usando una matriz ponderadora de propuestas la cual evalúa todas las características de cada propuesta.

Tabla 17 Evaluación de alternativas - Elaboración propia

		Determinantes								Ponderado	Requerimientos								Ponderado	Evaluación
		40%									60%									
		A	B	C	D	E	F	G	H		I	J	K	L	M	N	O	P		
ALTERNATIVAS	1	2	4	5	4	5	2	2	5	1,45	2	4	3	3	4	5	5	3	2,175	3,6
	2	5	5	5	4	5	4	5	5	1,9	3	4	3	4	3	3	5	5	2,25	4,2
	3	3	5	5	4	5	3	5	5	1,75	3	4	3	4	5	5	5	4	2,475	4,2

Tabla 18 Criterios de evaluación – Requerimientos y determinantes - Elaboración propia

Descripción del Determinante	
A	Contextualización con el entorno.
B	Debe evitar la filtración de agua al llover.
C	Debe resistir la intemperie (el sol, la lluvia y los cambios climáticos).
D	Debe cumplir con los estándares exigidos por ley.
E	El elemento debe poderse fabricar en Pec - L.
F	La producción debe ser viable en términos de producción y venta.
G	Debe generar climatización en el ambiente.
H	El elemento debe permitir el paso del aire.

Descripción del Requerimiento	
I	Seguridad: que el elemento de la sensación de firmeza (no se caerá).
J	Manipulación: Que el elemento sea fácil de instalar, cambiar, usar.
K	Reparación: Qué se pueda reemplazar fácilmente.
L	Acabado: Debe tener el menor número de tratamientos posibles.
M	Resistencia: Debe resistir las diferentes situaciones catastróficas a los que se exponga.
N	Unión: Los elementos deben acoplarse entre sí.
O	Núm. de componentes: La estructura debe requerir el menor número de piezas.
P	Estilo: que el elemento no se integre con el contexto para que la persona no lo sienta como algo ajeno a él(la).

Evaluación	
0	NO CUMPLE
1	BAJO
2	CUMPLE POCO
3	REGULAR
4	CUMPLE
5	CUMPLE MUY BIEN

Conclusión de la evaluación.

Según la matriz evaluativa, los resultados fueron los siguientes:

- La propuesta que mejor cumple los determinantes es la alternativa número 2.
- La propuesta que mejor cumple los requerimientos es la alternativa número 3.
- La propuesta que cumple de manera más asertiva los ítems es un empate entre la alternativa 2 y la 3. Por lo tanto, para la propuesta final deben integrarse los elementos de ambas propuestas.

PD: para determinar la apariencia definitiva en el diseño de la teja se decidió realizar una encuesta¹³, en ella se presentaron 4 estilos de tejas existentes que abarcaban desde lo clásico hasta lo moderno, y se determinó que la apariencia clásica resultó ser más atractiva, por lo tanto, el diseño final pretende conservar el estilo de teja clásica con los beneficios de la eficiencia energética. (ver anexo)

¹³ Véase anexos

PROPUESTA FINAL



Vistas ortogonales.

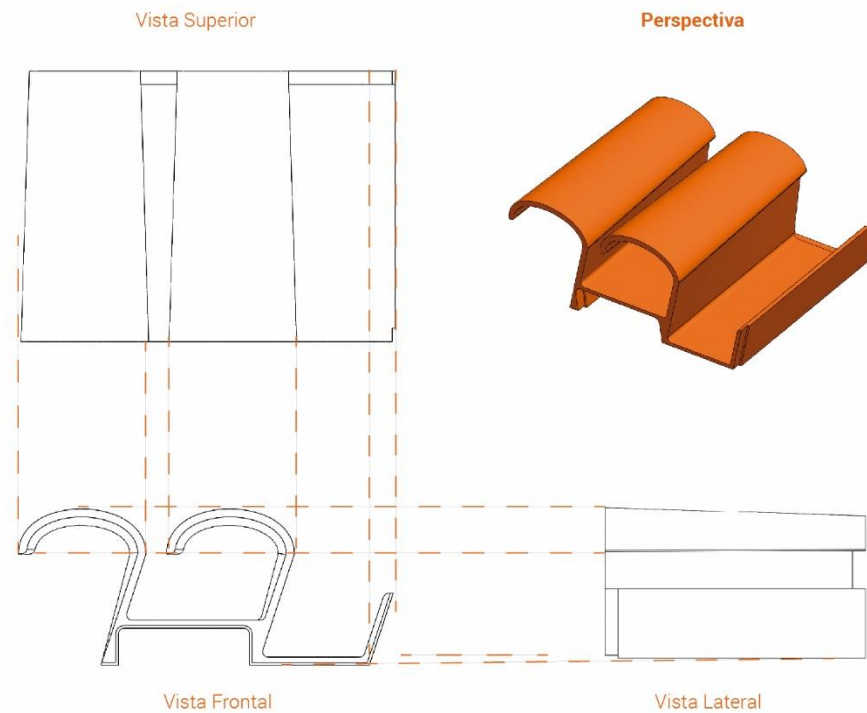


Ilustración 63 Vistas ortogonales- Propuesta final- Elaboración propia



Ilustración 64 Visualización tejado - Propuesta final - Elaboración propia

Para la propuesta final, se realizó una teja con las características de las alternativas 2 y 3, vista desde arriba se asemeja a una teja tradicional, cuenta con una abertura lateral que permite el flujo de aire y un espacio entre la superficie superior y la inferior de modo que genera una cámara de aire.



Canal de agua

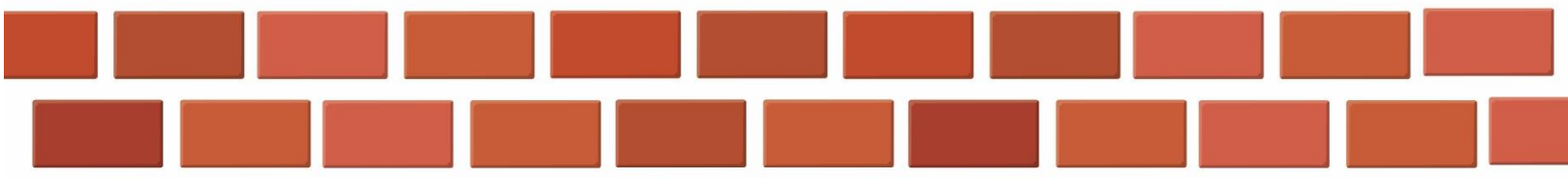


Ilustración 65 Canal de lluvia - Propuesta final - Elaboración propia

Canal de lluvias

Aquí se puede observar la función de la forma, cómo al unir las piezas individuales, la forma crea los canales en la parte interior de la figura que permiten el flujo del agua a través del tejado, sin permitir la filtración de agua a la vivienda.

Cabe resaltar que el techo debe tener una pendiente de inclinación mínima entre 5 y 10° para evitar el empozamiento del agua en los canales en caso de tormentas extremas.



Cámara de aire

Como podemos observar en la figura, al unificar las tejas se puede percatar de la abertura lateral y la cámara de aire que se forma entre la superficie interior y la superficie exterior de la forma.

Temperatura

En la figura se muestra la incidencia de la radiación solar sobre la teja, toda la superficie superior es afectada directamente, mientras que al existir una cámara de aire permite la disipación de la temperatura en la parte interior, y las ranuras laterales ayudan en el flujo del aire del interior de la vivienda generando el efecto chimenea.

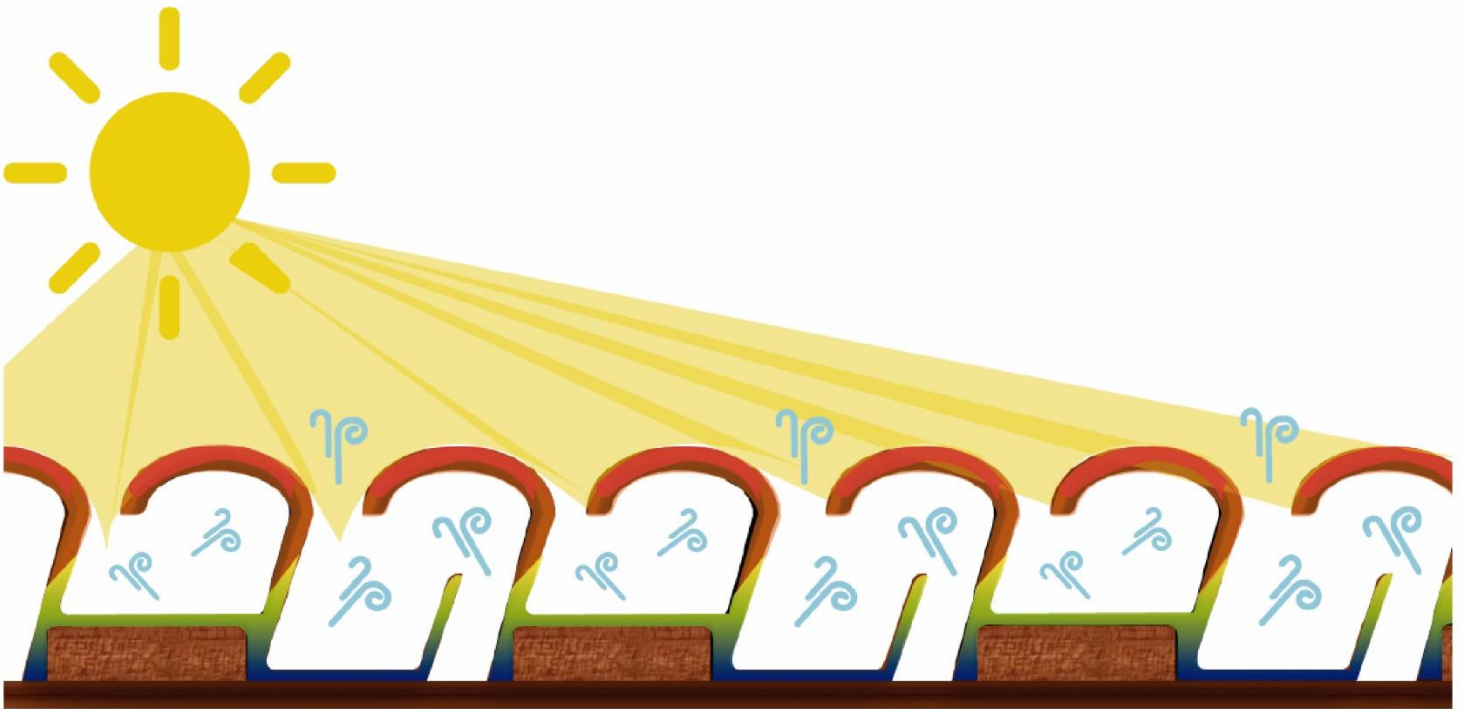


Ilustración 66 Temperatura y Cámara de aire - Propuesta final - Elaboración propia

1



Ilustración 69 Soporte Horizontal - Elaboración propia

2

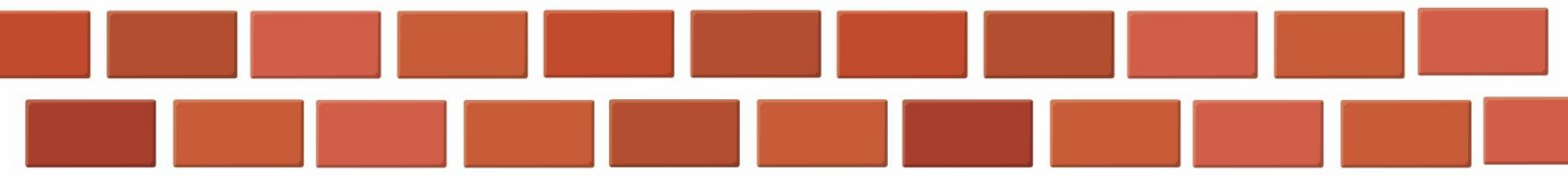


Ilustración 68 Vigas Verticales - Elaboración propia

3



Ilustración 67 Acoplamiento teja viga - Elaboración propia



4



Ilustración 70 Instalación - Elaboración propia

5



Ilustración 71 Incrustación teja - viga - Elaboración propia

El diseño de tuile, está pensado para la fácil instalación, con el menor número de elementos, solo necesita del soporte horizontal (1) y las vigas (2) ya que el diseño de su forma permite el acoplamiento (3) entre la teja y la viga, quedando esta última dentro de la teja (5), las tejas convencionales requieren para su instalación un mayor número de elementos tales como: tejas, alfajía (pequeño soporte entre teja canal y teja cobija), soporte horizontal, entablado, Aislación hidráulica, listones verticales y finalmente las vigas.

Se propone que sea de fijación mixta, es decir tanto fijación mecánica (tornillo) como fijación por adhesión (pegamento) de modo que el recurso utilizado sea menor y en términos de instalación sea más estable que usando un solo método.





Ilustración 74 Apariencia exterior - Elaboración propia

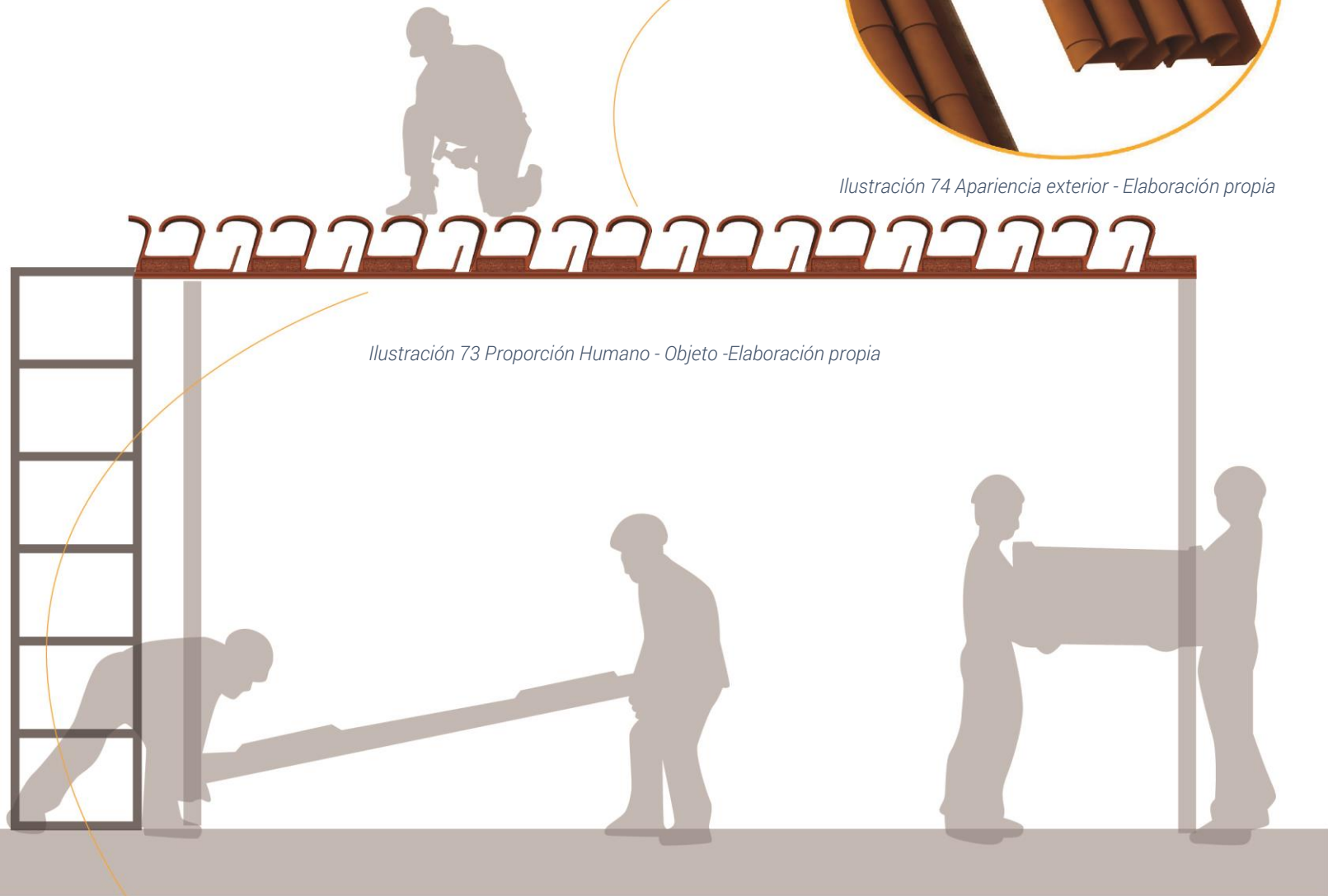


Ilustración 73 Proporción Humano - Objeto -Elaboración propia

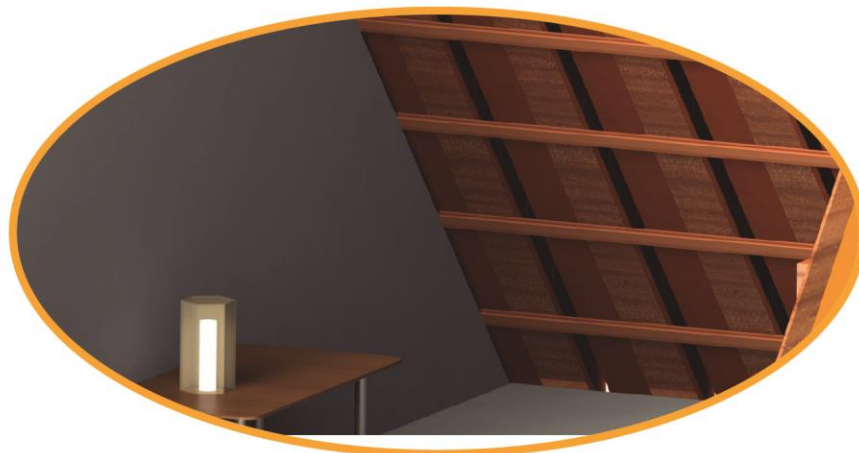
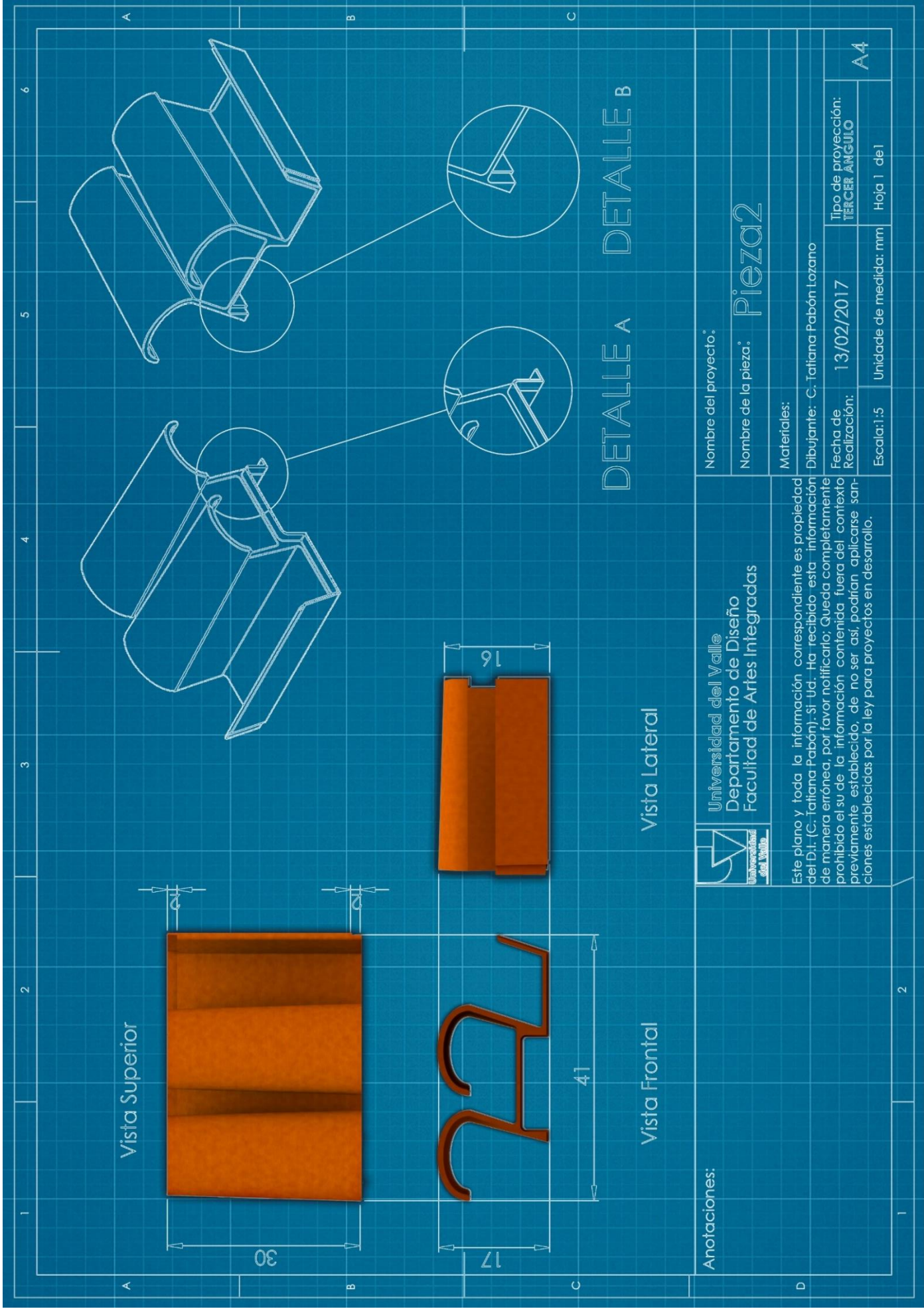


Ilustración 72 Apariencia interior - Elaboración propia





Anotaciones:	 Universidad del Valle Departamento de Diseño Facultad de Artes Integradas Este plano y toda la información correspondiente es propiedad del D.I. (C. Tatiana Pabón). Si Ud. Ha recibido esta información de manera errónea, por favor notificarlo; Queda completamente prohibido el su de la información contenida fuera del contexto previamente establecido, de no ser así, podrán aplicarse sanciones establecidas por la ley para proyectos en desarrollo.	Nombre del proyecto:		Nombre de la pieza:		Pieza2	
		Materiales:					
		Dibujante:		C. Tatiana Pabón Lozano			
		Fecha de Realización:		13/02/2017		Tipo de proyección: TERCER ANGULO	
		Escala:1:5		Unidad de medida: mm		Hoja 1 del	
						A4	

1

2

D

Herramienta “the liDS wheel”

Es una de las herramientas de eco diseño para evaluar cualitativamente el impacto ambiental durante el re-diseño de un producto. Como herramienta integral y holística permite que se pueda tomar el producto original como referencia para aplicar las estrategias. Vale aclarar que la rueda de LiDS utiliza una evaluación ambiental relativa y no es un método con el que se puede determinar el impacto ambiental real de un producto (Hemel, 1998).

La gráfica radial sale de la aplicación de siete estrategias¹⁴ (1. selección de materiales de bajo impacto, 2. reducción de uso de materiales, 3. técnicas para optimizar la producción, 4. optimización del sistema de producción, 5. reducción del impacto durante el uso, 6. optimización del sistema de fin de vida, 7. optimización de vida útil) estas características medibles son interpretadas por cada una de las aristas del gráfico, las líneas de color representan el producto, (azul para la teja convencional y naranja para el rediseño), el puntaje se mide desde cero (siendo este el más bajo) hasta cinco, es decir, entre más alejado del centro se encuentre la figura, mejor es la valoración del producto con respecto a la característica.

En la Ilustración 75, el rediseño muestra un resultado más balanceado con respecto a la teja convencional en cuanto a la medición de las características, en otras palabras, podría inferirse que, de llevarse a cabo el proyecto, este conllevaría un impacto ambiental menor que seguir fabricando tejas como hasta ahora se han venido haciendo.

¹⁴ Véase la pág. 72

A continuación, la gráfica que representa la teja convencional (Actual) vs la propuesta de diseño elaborada en el proyecto de grado (Rediseño):

THE LIDS WHEEL

Actual Rediseño

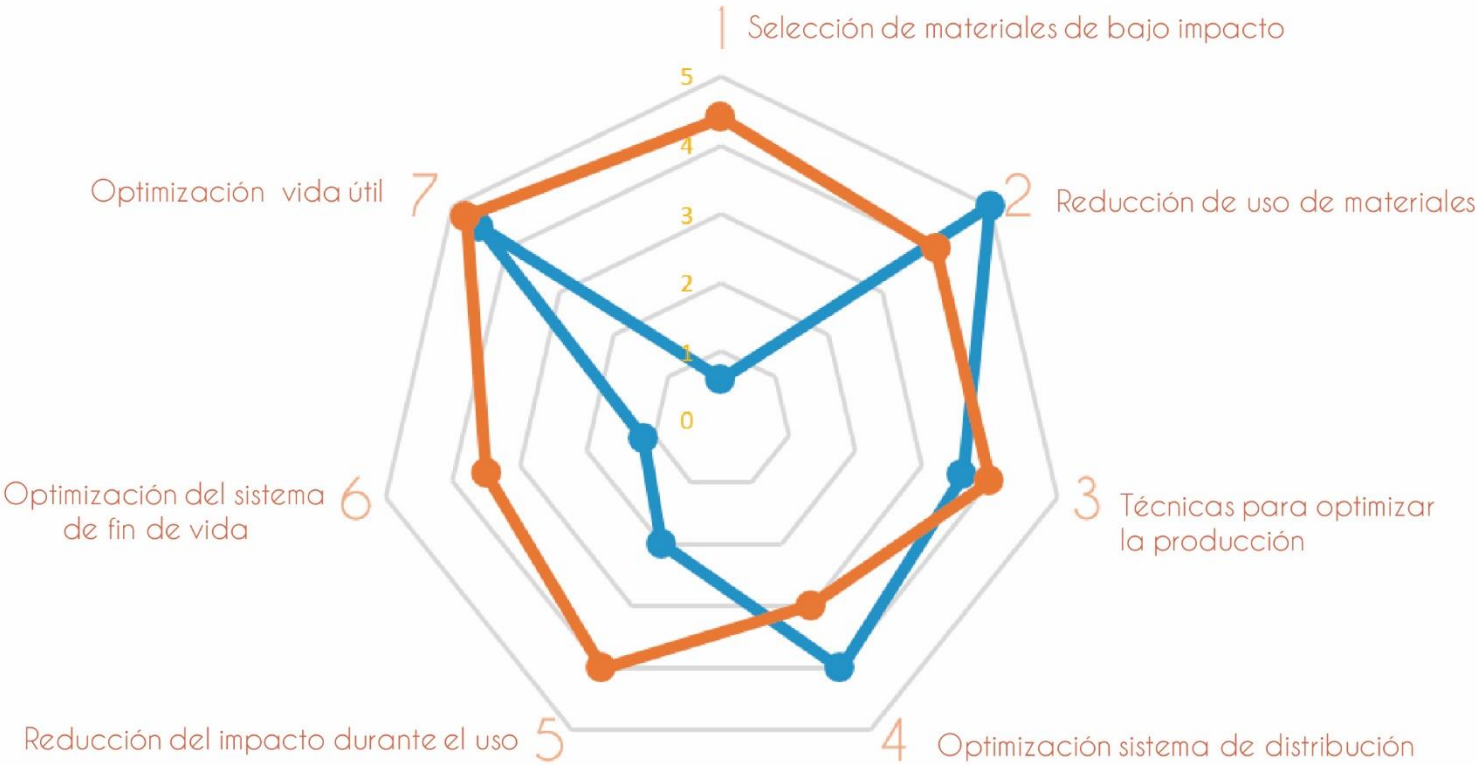
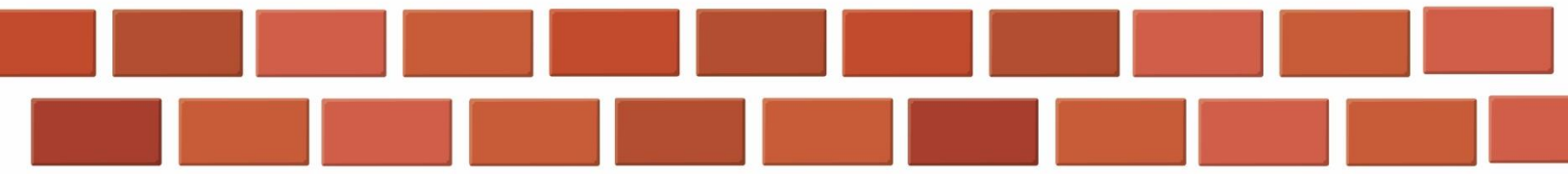


Ilustración 75 Herramienta The liDS wheel - Elaboración propia



Selección de materiales de bajo impacto	Actual	Rediseño
Materiales más limpios	0	5
Materiales renovables	0	5
Menor contenido energético	3	3
Materiales reciclados	0	5
Materiales reciclables	0	4
	0.6	4.4

Técnicas para optimizar la producción	Actual	Rediseño
Técnicas alternativas de producción	3	5
Menor cantidad de producción	5	5
Menor consumo energético al fabricar	3	3
Energía más limpia	2	3
Menos insumos y consumibles	5	4
	3.6	4

Reducción del impacto durante el uso	Actual	Rediseño
Menor consumo de energía	3	5
Fuente de energía más limpia	3	3
Necesita menos consumibles	2	5
Consumibles más limpios	2	3
Sin desperdicio de energía	2	5
Sin consumibles	0	3
	2	4

Optimización vida útil	Actual	Rediseño
Confiabilidad y durabilidad	5	5
Fácil mantenimiento y reparación	5	5
Estructura del producto modular	5	4
Diseño Clásico	3	5
	3.6	4

The liDS wheel - Tablas

Reducción de uso de materiales	Actual	Rediseño
Reducción en peso	5	5
Reducción en volumen al transportar	5	3
	5	4

Optimización sistema de distribución	Actual	Rediseño
packaging	5	2
Modo de transporte energéticamente eficiente	3	2
logística energéticamente eficiente	4	5
	4	3

Optimización del sistema de fin de vida	Actual	Rediseño
Reúso del producto	1	1
Re fabricación	1	5
Reciclado de materiales	0	5
Desarmabilidad	5	5
Recuperación de materiales	0	5
Incineración segura	0	0
	1.16	3.5

Tabla 1920 : Estrategias LiDS wheel de la 1 a la 7 - Elaboración propia

Conclusión

Tuile es una propuesta, que parte de la participación interdisciplinar entre la Ingeniería de Materiales y el Diseño Industrial de la Universidad del Valle, en la cual el objetivo principal era la aplicación de un material producido a partir de residuos cerámicos en el diseño de un producto con el fin de fomentar el aprendizaje reciproco dentro del campus universitario, el cual no se ve implementado.

De este modo la combinación de investigaciones de 2 disciplinas logra resultados más impactantes e innovadores como resulta ser una teja que gracias a su forma permite disminuir la temperatura de la vivienda pero que además proviene de residuos, un material que potencia la resistencia del elemento y la construcción del mismo.

Bibliografía

- A.3.9.1. (20 de Octubre de 1995). Código de construcción colombiano. *ARTÍCULO*. Bogotá, Colombia.
- Actis, R. (2009). *ESCOMBRERAS Ubicación, estabilidad y contaminación ambiental*. Cordoba: LDM Editorial.
- ADAE - instituto para la diversificación y ahorro de la energía . (2011). Los materiales y el confort de las casas. *Solarizate*, 1 - 7.
- Aero Cali S.A. (2015). *Estudio de Plan Maestro Aeropuerto "Alfonso Bonilla Aragón" Cali - Colombia*. Santiago de Cali.
- Aip - Arquitectura, imagen, pintura. (2011). *Aiptijuana*. Obtenido de <http://www.aiptijuana.com/sitio/index.php/novedades>
- Alarcón. (2007). *Química de los materiales cerámicos*. Obtenido de <http://www.uv.es/uimcv/Castellano/ModuloMatCericos/Unidad%201.pdf>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2010). *Alcaldía de santiago de Cali*. Obtenido de <http://www.cali.gov.co/cali/publicaciones.php?id=35589&dprint=1>
- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. (16 de 12 de 2014). *Demografía de Cali*. Recuperado el 2016, de Alcaldía de Santiago de Cali: http://www.cali.gov.co/publicaciones/demografia_de_cali_pub
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2014). *Expediente municipal - Seguimiento y evaluación al plan de ordenamiento territorial*. Cali.
- ALCALDÍA DE SANTIAGO DE CALI. (2016). *Datos Cali y Valle del cauca*. Recuperado el 17 de 05 de 2016, de Alcaldía de Santiago de Cali : http://www.cali.gov.co/comunicaciones/publicaciones/datos_de_cali_y_el_Valle_del_cauca_pub
- Anonimo. (2005). *Gestión y tratamiento de residuos urbanos*. Recuperado el Enero de 2016, de Uned : <http://www2.uned.es/biblioteca/rsu/pagina4.htm>

- Anónimo. (2010). *Recycling Waste*. Recuperado el 02 de 2016, de FeelFriendly.com : <http://feelfriendly.com/recycling-waste-importance-waste.html>
- Aparicio, G. (2003). *Materias primas para la industria cerámica*. Obtenido de Sevilla : http://www.ehu.eus/sem/seminario_pdf/SEMINARIO_SEM_2_031.pdf
- ARQHYS . (08 de 2011). *ARQHYS.com*. Obtenido de Diferencias entre una casa y un apartamento.: <http://www.arqhys.com/diferencias-entre-una-casa-y-un-apartamento.html>
- ASCHE. (2006). *Monografía M-11: "Utilización de árido reciclado para la fabricación de hormigón estructural"*.
- Ashby, M. F. (2002). *Materials selection in mechanical design*. Oxfordshire: Pergamon Press.
- Atlas concorde. (2014). *CERAMICHE ATLAS CONCORDE S.P.A*. Obtenido de CERAMICHE ATLAS CONCORDE S.P.A.: <https://www.atlasconcorde.com/es/>
- BBC. (2015). *Cómo el precio de las materias primas está arruinando negocio del reciclaje*. Recuperado el 30 de 11 de 2015, de Bbc.com: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/10/151029_economia_reciclaje_precios_lf
- Borrachero, M. V. (2013). *Investigadores del ICITECH-UPV obtienen un nuevo tipo de cemento más resistente y sostenible a partir de residuos cerámicos*. Recuperado el 22 de 01 de 2016, de Universidad Politécnica de Valencia: <http://www.upv.es/noticias-upv/noticia-6476-investigacion-c-es.html>
- CEMPRE. (1998). *Manual de gestión integral de residuos sólidos urbanos*. . Montevideo.
- Chavez del Valle, F. J. (2002). *Zona variable del confort térmico*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- CONAM - Consejo Nacional del Ambiente. (2005). *Manual para la gestión de residuos sólidos en la institución educativa*. Biblioteca nacional de Perú, Lima.
- DAGMA. (2015). *Escombros en Cali y estaciones de transferencia*. Recuperado el 20 de 01 de 2016, de Alcaldía de Santiago de Cali: http://www.cali.gov.co/principal/publicaciones/escombros_en_cali_y_estaciones_de_transferencia_pub

- Earthpac. (2016). *earthpac*. Obtenido de earthpac: <http://earthpac.co.nz>
- García, F. &. (2006). Gestión de residuos solidos urbanos: Análisis económico y politicas punlocas. págs. (72) 71-91.
- Gerencie. (2010). *MATERIA PRIMA- la materia prima y su efecto en los costos de producción*. Recuperado el 18 de 01 de 2016, de Gerencie.com: <http://www.gerencie.com/materia-prima.html>
- Glushge, P. I. (1946). *The work of the Scientific Research Institute. Gidrotskhnicheskoge Stroitelstvo*.
- Guarín, N. L., Montenegro, L. Y., & Walteros, L. H. (2011). Estudio comparativo en la gestión de residuos de construcción y demolición en Brasil y Colombia. *Revista Gestión Integral en Ingeniería Neogranadina*, 14.
- Heidegger, M. (1951). *Construir, habitar, pensar*. Darmstadt, Alemania: Serbal 1994.
- IDEAM. (2014). *IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. Obtenido de IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co>
- Lifeceram-Zero Waste. (2013 - 2016). *LIFECERAM*. Obtenido de LIFE12 ENV/ES/230-LIFE CERAM: <http://www.lifeceram.eu>
- Madrid, J. F. (2015). *La cubierta plana*. A Coruña, España: Tectonica.
- Mejia Gomez, C. (Diciembre de 2010). Materiales en el diseño Industrial. *Materiales en el diseño Industrial. Una herramienta metodologica para el diseño de materiales*. Medellín, Antioquia, Colombia: Iconofacto.
- Merçon, M. G. (2008). *Confort térmico y tipología arquitectónica en clima calido- humedo*. Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya.
- Mondal, P. (01 de 17 de 2016). *16 Major Classification of Solid Waste*. Obtenido de Your Article Library: <http://www.yourarticlelibrary.com/solid-waste/16-major-classification-of-solid-waste-solid-waste-management/27415/>
- Paya Bernabeu, J. (2012). La "trasmutación" sostenible de los residuos para nuevas materias primas en el ámbito del concreto. In *DYNA. Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 38-47.

- Peña, A. A. (2003). *Estado de conocimiento de las cubiertas metálicas*. Cataluña: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Perseus, G. (2012). *Eco Casa*. Obtenido de <http://ecocasa.com.es/elementos-principales/>
- Piamba, J. F. (2016). *Estudio de aleaciones de la serie 6XXX para uso en cables umbilicales*. Cali: Universidad del Valle.
- Porras, Á. C. (s.f.). *ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SOBRE EL MANEJO Y GESTIÓN DE ESCOMBROS A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL*. .
- Puertas, F. B., & Martínez-Ramírez, S. (2006). *Residuos cerámicos para su posible uso como materia prima en la fabricación de clínker de cemento Portland: caracterización y activación alcalina*.
- Putnam, R., & Carlson, G. (2012). *Diccionario de Arquitectura, Construcción y Obras públicas*. S.A. EDICIONES PARANINFO. Obtenido de Diccionario de Arquitectura y Construcción : <http://www.parro.com.ar>
- RAE. (2014). *RAE*. Obtenido de Real Academia Española: <http://www.rae.es/>
- Robayo, R. A., Mejía, R., & Mulford, A. J. (2016). Producción de elementos constructivos a partir de residuos de ladrillo activados alcalinamente. *Revista facultad de Ingenierías*, 23.
- Sanchez, M. (2012). Producción limpia y diseño de productos, sistema complejo y política de productos. *Universidad EAFIT*, 21-34.
- Sánchez, M., & Alaejos, P. (2006). *Influencia del árido reciclado en las propiedades del hormigón estructural*. *Cemento - Hormigón*.
- Tam, V. W. (2006). A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, 209-221.
- Tellez, N. H. (2012). Desarrollo de propuestas innovadoras de diseño derivadas de reciclaje y reutilización de desechos para la microindustria de calzado. Bogotá D. C, Distrito Capital, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- Téllez, N. H. (2012). Desarrollo de propuestas innovadoras de diseño derivadas de reciclaje y reutilización de desechos para la microindustria de calzado. Bogotá D. C, Distrito Capital, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

Valderas, X. (6 de Enero de 2011). *El maestro de las obras*. Obtenido de <http://elmaestrodecasas.blogspot.com.co/2011/01/los-tejados.html>

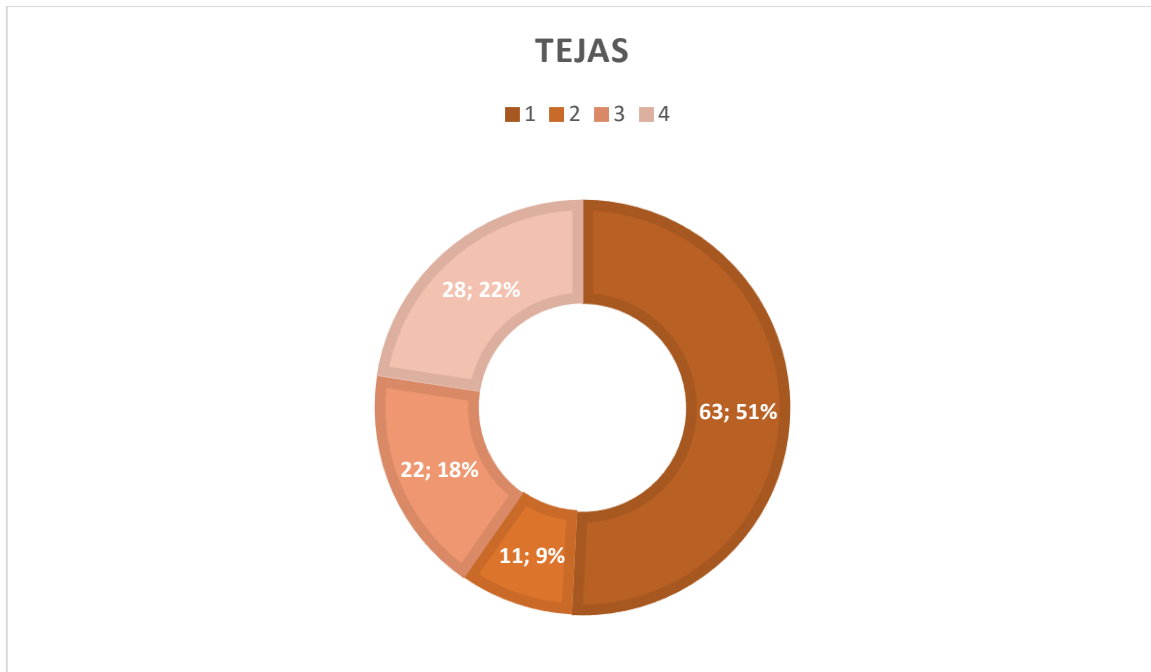
Con el fin de determinar el estilo o la estética del elemento y encontrar algún otro factor significativo, se llevó a cabo una encuesta online de una única pregunta:

- Suponiendo que los 4 tipos de tejado funcionen igual y tengan las mismas características, califique los siguientes tejados, donde 1 es menos atractivo y 4 más atractivo.



Ilustración 76 Evaluación de estilo - Elaboración propia

La pregunta fue resuelta por 124 personas las cuales determinaron sus gustos expresados en la siguiente gráfica.



Conclusiones:

Como podemos observar la teja 1 es el estilo más llamativo, abarcando el 51% de los encuestados, mientras que la teja 3 es la menos llamativa

Los resultados arrojan que las personas encuentran más atractivas las formas simples, las formas rígidas no son del gusto común, mientras que las formas "modernas" gustan solo en un 40% (tomando la muestra de teja 3 y teja 4) por lo que lo pertinente es trabajar con formas simples.