

PROTOTIPO DE AZULEJO A BASE DE RESINA EPOXICA Y RESIDUOS GENERADOS  
EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LA GUADUA (VIRUTA Y ASERRÍN).

IVONNE CONSTANZA RAMOS CASTAÑEDA

JUAN FELIPE HENAO TELLEZ



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS

BOGOTÀ

17 DE NOVIEMBRE DE 2019

**Prototipo de azulejo a base de resina epoxica y residuos generados en el proceso de transformación de la guadua (viruta y aserrín).**

**Ivonne Constanza Ramos Castañeda**

**Juan Felipe Henaó Tellez**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas.**

**Josè Alcides Ruiz**

**Docente**



Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Bogotá

**Tabla de contenido**

Resumen.....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
1. Planteamiento del Problema.....	11
1.1 Formulación del Problema.....	11
1.2 Delimitación del Problema .....	14
2 Justificación .....	15
3 Hipótesis .....	19
3.1 Pregunta problema.....	19
4 Objetivos.....	20
4.1 Objetivo General.....	20
4.2 Objetivos Específicos.....	20
5 Metodología .....	21
6 Marco Teórico .....	24
6.1 Antecedentes.....	24
6.2 Marco Normativo .....	29
6.3 Marco Conceptual.....	31
6.4 Conclusiones parciales .....	32

# AZULEJO DE RESINA Y RESIDUOS DE GUADUA (VIRUTA Y ASERRÍN)

	4
7 Desarrollo de la Metodología .....	34
7.1 Materia Prima.....	34
7.2 Desarrollo de Entrevista.....	34
7.3 Conclusiones .....	35
8 Materiales .....	36
Desperdicios de Guadua .....	36
8.1 Resina.....	38
8.2 Herramientas.....	39
8.3 Molde.....	40
9 Proceso constructivo: Azulejo para baños .....	42
9 Aplicación de Normativa .....	45
12 Bibliografía.....	59
Anexos.....	62

**Lista de Figuras**

Figura 1: Vista en corte superior del uso de la guadua. ....	11
Figura 2: Residuos generados del proceso de fabricación de la guadua .....	12
Figura 3 Piso laminado, empresa Induguadua, Armenia Quindío. ....	16
Figura 4 Desarrollo de metodología .....	21
Figura 5 Corte de la guadua en tablillas,.....	27
Figura 6 Biomasa proveniente de residuos agrícolas y foréstaes. ....	28
Figura 7 Entrevista, empresa Arme Ideas en Guadua .....	35
Figura 8. Desperdicio en forma de aserrín, ocasionado por el lijado y desbastado .....	36
Figura 9 Agregados gruesos del alijado y desbastado de la guadua .....	37
<i>Figura 10</i> Desperdicio en forma de polvillo y cortes pequeños .....	37
Figura 11 Probetas con resina poliéster .....	38
Figura 12 Resina epoxica .....	39
Figura 13 Herramientas para el desarrollo del azulejo. ....	40
<i>Figura 14</i> Molde elaborado en madera MDF .....	40
Figura 15 Diferentes tipos de residuo de guadua .....	42
<i>Figura 16</i> Aplicación de resina sobre el molde y residuos de guadua .....	43

## AZULEJO DE RESINA Y RESIDUOS DE GUADUA (VIRUTA Y ASERRÍN)

	6
Figura 17 Secado con pistola de calor para evitar burbujas de aire. ....	43
Figura 18 Separador en malla de alambre en recipiente. ....	45
Figura 19 Recipientes de agua destilada durante absorción. ....	46
Figura 20 Baldosa sumergida en agua destilada durante 21 horas. ....	46
Figura 21Capa de resina epoxica para ensayo de impacto.....	48
<i>Figura 22</i> Probetas para prueba de impacto ..... 49	49
Figura 23 Esfera de acero cromada aprox. 20mm. ....	49
Figura 24 Dosificacion de sulfato de sodio y agua ..... 51	51
Figura 25 Ciclos de prueba de durabilidad ..... 52	52
Figura 26 Ensayo de resistencia al fuego..... 53	53
Figura 27 Impacto del fuego, azulejo en residuos de guadua. ....	53
Figura 28 Malla de fibra de vidrio ..... 55	55
Figura 29 Mezcla de pegacor ..... 56	56
Figura 30 Aplicación de la llana dentada..... 56	56
Figura 31 Instalación del azulejo ..... 57	57

**Lista de Tablas**

Tabla 1 Dosificaciones de mezclas, elaboración de conglomerado con uso de residuos .....	26
Tabla 2 Resultados de la prueba de absorción .....	47
Tabla 3 Prueba de absorción de agua, Norma NTC 4321-3(2015).....	47
Tabla 4 Descripción del tiempo en segundos, prueba de fuego.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

### **Resumen**

El proyecto tiene como objetivo elaborar un revestimiento de pared para baños y cocinas con la (viruta y aserrín) que es generado en el proceso de transformación de la guadua, con la finalidad de reutilizar material desechado. Recopilando información existente de empresas que producen materiales con guadua, se abre un estudio sobre las posibilidades de crear un nuevo elemento con la materia prima sobrante y la descripción de las condiciones actuales en la aplicación y elaboración de los acabados arquitectónicos, compitiendo con los materiales cerámicos. Se busca reemplazar los métodos utilizados hoy en día para los diferentes tipos de acabados, teniendo en cuenta esto se determina un material que funcione para los diferentes diseños que desee el usuario y que requiera la protección de productos resistentes a la humedad. Teniendo en cuenta la Norma Técnica Colombiana sobre las propiedades que debe seguir un revestimiento, y siguiendo las recomendaciones se tendrá como prioridad la implementación de un material que cumpla con los requisitos adaptados en los criterios de calidad para lograr una aplicación a gran escala, en cuanto al ámbito de la obra blanca y que hace parte del proceso constructivo de una vivienda.

#### **Palabras claves:**

Desperdicios de guadua, acabados arquitectónicos, resina epoxica.



### **Abstract**

The project aims to develop a wall covering for bathrooms and kitchens with the (shavings and sawdust) that is generated in the process of transformation of the guadua, in order to reuse waste material. Collecting existing information from companies that produce materials with guadua, a study is opened on the possibilities of creating a new element with the surplus raw material and the description of the current conditions in the application and elaboration of the architectural finishes, competing with the ceramic materials. It seeks to replace the methods used today for different types of finishes, taking into account this determines a material that works for the different designs that the user wants and that requires the protection of moisture resistant products. Taking into account the Colombian Technical Standard on the properties that a coating must follow, and following the recommendations, the implementation of a material that meets the requirements adapted in the quality criteria to achieve a large-scale application, as a priority will be taken to the field of white work and that is part of the construction process of a house.

### **Keywords:**

Bamboo waste, architectural finishes, epoxy resin.

### Introducción

En los procesos de adaptación de la guadua para los distintos usos que le han dado, a partir de los sobrantes que allí se produce que usualmente no son utilizados, siendo un material que finalmente se desecha o se use como combustible de baja calidad según (Cabezas Arevalo, 2009) quien asegura en su tesis que también son manipulados para elaborar este producto, cuando podrían tener un uso adecuado y con mayor beneficio industrial. En este caso es importante considerar a estos sobrantes como materia prima dentro de otro proceso productivo, como por ejemplo los tableros aglomerados en guadua, que son formados a partir de pequeñas partículas provenientes del corte y astillado de la madera.

Una investigación realizada por estudiantes de la universidad nacional de Palmira, que aseguraron en su artículo de la revista *Acta agronómica*. que al utilizar la guadua como un material aglomerado se puede obtener una alta resistencia al fuego, o como se propone es este trabajo, la reconstrucción de un enchape a partir de residuos de guadua y resina epoxica. Así mismo se aborda la norma NTC 4321-4. (2015) que especifica la resistencia a flexión que debe tener un acabado, se realizan dos pruebas más que determina la absorción de agua y la resistencia al impacto establecidas por el Icontec, en procura de fijar la combinación adecuada para elaborar un revestimiento a base de (viruta y aserrín) de guadua. De esta manera se demuestra que el elemento puede responder correctamente y que además plantea otro tipo de solución a los desperdicios ocasionados.

## 1. Planteamiento del Problema

### 1.1 Formulación del Problema

La problemática se presenta con el uso inadecuado de la fabricación y proceso de transformación de la guadua para la creación de laminados, esterillas, artesanías y estructuras. Los productos han generado un gran porcentaje de residuos y estos a su vez se utilizan como combustible o un sistema de carbón vegetal produciendo mayor contaminación ambiental.

El objetivo específico de investigación, parte de la utilización de residuo, que significa aproximadamente el 40% del total de la guadua (ver figuras 1 y 2).

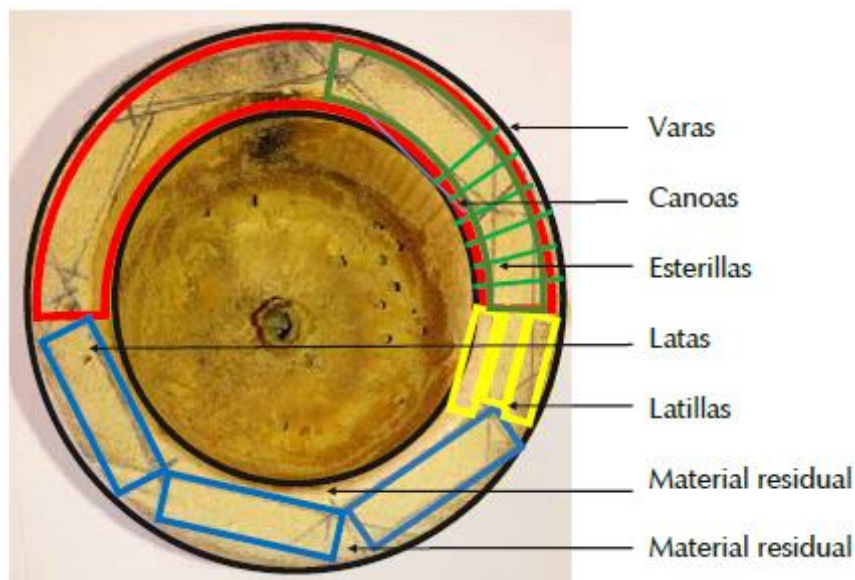


Figura 1: Vista en corte superior del uso de la guadua.

Tomado de “Muro panel térmico estructural compuesto en guadua y cartón”, R. Cassandrouter (2018). Recuperado de <https://cutt.ly/3e08ktX>



*Figura 2:* Residuos generados del proceso de fabricación de la guadua en la empresa arme ideas en guadua. a: desperdicio de guadua en agregados grandes. b: desperdicio de guadua en polvillo. c: desperdicio de guadua en astillado y polvillo. d: desperdicio de guadua en los coretes de boca de pescado y otras uniones. Elaboración propia.

Una de las afectaciones más frecuentes en el manejo de los procesos de la guadua y la producción de grandes cantidades de viruta, aserrín y polvillo, es en la salud y la contaminación visual que se obtiene de allí, ya que el polvillo que se genera puede afectar a largo plazo al que opera, por otra parte, se ha comprobado que el utilizar el desperdicio aumenta el aprovechamiento del material en su totalidad.

La guadua requiere de un manejo adecuado desde su tupo de plantación y es habitual que se genere un desecho menor en su primera recolección, sin embargo, allí no se produce en grandes proporciones dicho desperdicio, uno de los productos en que se ha podido evidenciar más afondo

el problema, es en los laminados, por lo general en este elemento de fabricación no se utiliza por completo la guadua ya que deben cortar el material en secciones rectangulares, sometiendo y transformando la materia prima en acabados, siendo transportado a la comercialización y puesta directamente en los pisos de una construcción.

Por otro lado, actualmente existen materiales de uso convencionales para la construcción de viviendas comunes, como bloque, concreto, PVC, cemento y arcilla. Una de las grandes preocupaciones es el consumo energético y el impacto ambiental que han generado estos productos, ya que esto nos hace pensar en los orígenes más tradicionales que ha tenido la arquitectura y lo largo del tiempo se han desarrollado con mayor productividad generando una dependencia de productos nocivos para el entorno.

Las poblaciones en la historia de Colombia con respecto al entorno de las ciudades principales, que han reconocido como material importante a la guadua ya que fue una de las presencias más representativa y constantes para la construcción de sus viviendas, esto ocasiono que popularmente se comenzara a llamar con el término despectivo: madera de pobres (Colorado, 2008). Sin embargo, esto ha provocado un distanciamiento y ha llegado a desvalorizar las propiedades y características del acero vegetal.

Frente a los anteriores problemas se debe buscar una nueva alternativa para su manejo, donde se pueda utilizar la materia prima sobrante y el aprovechamiento de sus características, diseñando materiales nuevos que valoricen a la guadua y promueva su uso nuevamente.

## **1.2 Delimitación del Problema**

Se realizó un estudio de investigación, el cual pueda justificar los posibles materiales a ejecutar en el proyecto, que delimiten cuales podrían funcionar para utilizar la materia prima sobrante, teniendo en cuenta que la forma de los desperdicios no suele ser de la misma dimensión, estudiando también los porcentajes obtenidos por las empresas comercializadoras, cuantificando las cantidades y las herramientas que se emplean, reduciéndola solo a laminados y artesanías y la variación de costos que genera, fabricando un producto que favorezcan el uso de la guadua aprovechando todo el material y encontrando ideas con las que el desperdicio pueda utilizarse como materia prima importante en los acabados de una vivienda; todo esto para encontrar un enfoque en el ciclo de vida de la (viruta y aserrín) de tal forma que se pueda intervenir y reutilizar el material empleado.

## 2 Justificación

Según Morales (2016) citando a Vélez, En la actualidad, el bambú se ha expresado como un material muy resistente o como lo suele llamar el arquitecto Vélez que bautizó a la guadua como “El Acero Vegetal”. Él ha empujado los límites y las posibilidades estéticas de la guadua, Según el artículo Vélez reconoce su trabajo como una apuesta por darle “más vegetarianismo a la arquitectura”.

El material ha tenido varias aplicaciones en los distintos sectores de producción, como cultura, estructuras y diseños, etc. alguno de ellos son elementos fabricados manualmente y utilizados como: instrumentos musicales, utensilios para el hogar, artesanías, muebles, herramientas, hasta una gran variedad de elementos para la construcción. Por otra parte, sus fibras son una de las cualidades más favorables y de mejor resistencia. Según el estudio realizado por, Estrada, M; Ramirez, F; Maldonado, A; Correa, J. (2010) en el que confirmaron el potencial de las fibras de guadua para ser utilizado como refuerzo en la mezcla de productos existentes.

En empresas como Induguadua, ubicada en Armenia, Quindío Colombia en donde se han incorporado en la línea de fabricación de maderas laminadas, desde un proceso que se le ha realizado al material, logrando transformarlo en grandes cantidades de tablillas en secciones iguales, luego pasa por una maquina lijadora hasta prepararlo para unirlo con otras, como se muestra en la figura 3.



*Figura 3* Piso laminado, empresa Induguadua, Armenia Quindío, Elaboración propia.

A partir de los productos laminados en el que sé a podido desempeñar la guadua, cambiando por completo su visión como elemento estructural, y optando por un uso distinto que ha tenido una gran aceptación en el mercado de los acabados. Desde este punto la investigación se ha centrado en la fabricación de pisos, ya que se ha encontrado menos aprovechamiento de toda la materia prima inicial y grandes cantidades de desperdicio, según en la tesis de los estudiantes Sepúlveda, A, Bolívar, O. (2009) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. de la Facultad de Ingeniería Civil.

Ellos encontraron información detallada de los tipos de cortes que se le debe aplicar a la guadua, empezando por su lugar de plantación, donde allí se generó residuos de aproximadamente 5% del peso del material. Luego de esto, ellos encontraron que al hacer los laminados para piso se deben de cortar las caras de cada listón. En este proceso obtuvieron un desperdicio del 30%. Luego de esto se pasó el material por un cepillo que desbasta los listones



para darles calibre (entre 6 y 10 milímetros) y de ahí se generó una viruta gruesa, del 25 % más pesada. Al sumar todo esto se obtuvo un 55% de desperdicio final. Concluyendo así, que era demasiado esfuerzo para aprovechar apenas el 45% de la materia prima inicial.

Actualmente, una de las empresas productoras de guadua, (Bambú de Colombia. 2019), ubicada en Montenegro Quindío, establece un desperdicio del 2% de cada unidad del material, ya que ellos solo manejan productos que no requieren de un proceso de elaboración, como el sembrado y el curado, a diferencia de otras empresas que fabrican madera laminada, tableros de esterilla, mobiliarios, etc.

Por lo tanto, de alguna manera se podría mitigar el desperdicio, generando así un nuevo material, ya que hay empresas como (Induguadua) que reúnen todos los residuos para luego fundirlos dentro de una caldera, y no optimizar la materia prima desechada. Por otra parte, cambiando su vida útil es una de las maneras en el que el material se adaptaría con respecto a sus características en cuanto a calidad y durabilidad. De tal manera que se tome la viruta y el aserrín como elemento de fabricación para elaborar un revestimiento, que funcione para baños y cocinas de una vivienda.

En estos lugares es necesario fabricar elementos que impermeabilicen las paredes, y que resistan la humedad, por lo tanto, la madera como la guadua no son materiales que soporte lugares de tal carácter, una de las formas en que la superficie no se afecte es la aplicación de resina epoxica; ya que la resina es un producto que se seca con el aire y sirve como recubrimiento natural de defensa contra insectos u organismos patógenos, para certificar que el material dure, y no se vea afectado por el agua.

El proyecto busca el porte de una alternativa que genere nuevos productos utilizando materiales naturales y que ayuden a mitigar los desechos, con reducción de desperdicio y logrando estar al alcance de cualquier persona según sus necesidades, a partir del mercado de los revestimientos y azulejos, ya que allí solamente se encuentran materiales cerámicos. Esta alternativa genera un reconocimiento a la guadua, porque a medida que pasan los años, las personas han olvidado este tipo de material, por otra parte, es indispensable promover la utilidad del acero vegetal.

Una de las cosas que debe importar sobre el producto es que visualmente logre ser agradable y de gran utilidad para cualquier persona que lo desee emplear, ya sea para un diseño de baño o cocina, siempre y cuando cumpla con la ficha técnica, que especifique su calidad y estabilidad del elemento. Partiendo de que es un material reciclado y que aporta a temas constructivos, en el que se logra cambiar el desecho por material nuevo y sustentable. Por lo tanto, es un diseño que combina guadua con textura encapsulada mejorando la apariencia de un espacio.

### **3 Hipótesis**

Al implementar un producto para los acabados de un baño y cocina con la viruta y aserrín, se realizará la solución para el manejo de los desperdicios ocasionados en el proceso de transformación de la guadua, que garantice durabilidad, resistencia al fuego e impacto. puesto a que permita reutilizar el material y que conceda la adaptación de materiales nuevos para la construcción.

#### **3.1 Pregunta problema**

¿De qué manera se pueden elaborar azulejos o revestimientos para baños y cocinas tomando la viruta y el aserrín que es generada en el proceso de transformación de la guadua?

## 4 Objetivos

### 4.1 Objetivo General

Elaboración de un azulejo para baños y cocinas utilizando los residuos ocasionados por el proceso de transformación de la guadua (viruta y aserrín) combinando los materiales con resina epoxica y permitiendo optimizar el ciclo de vida de sus desperdicios para mejorar su rendimiento.

### 4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el potencial del desperdicio de guadua como materia prima, que permita reconocer su funcionamiento y características para mejorar los procesos en la fabricación y el aprovechamiento de la guadua en su totalidad.
- Establecer un método de acabados en baños y cocinas que sea compatible entre los sistemas tradicionales, evaluando sus propiedades para lograr un material que cumpla con todas sus características de instalación.
- Crear un producto para los acabados de pared en baños y cocinas con la viruta y aserrín de guadua y la aplicación de resina epoxica permitiendo un proceso eficiente en la instalación, uso y comercialización del revestimiento logrando disminuir el desperdicio y aumentando su ciclo de vida.

## 5 Metodología

La metodología de la investigación se desarrollará dentro de los parámetros de tecnología y construcción, por lo que su enfoque estará hacia el proceso de aprovechamiento y sostenibilidad. Donde se emplea un proceso cuantitativo que analiza los datos obtenidos de distintas fuentes de información y conocimiento, utilizando herramientas las cuales permitan a probar la hipótesis, por otra parte, se utilizaron las variables en cuanto a los tipos de baldosas cerámica, resistencia al fuego y su durabilidad, haciéndola una investigación exploratoria, inductiva y experimental. Ver figura 4.

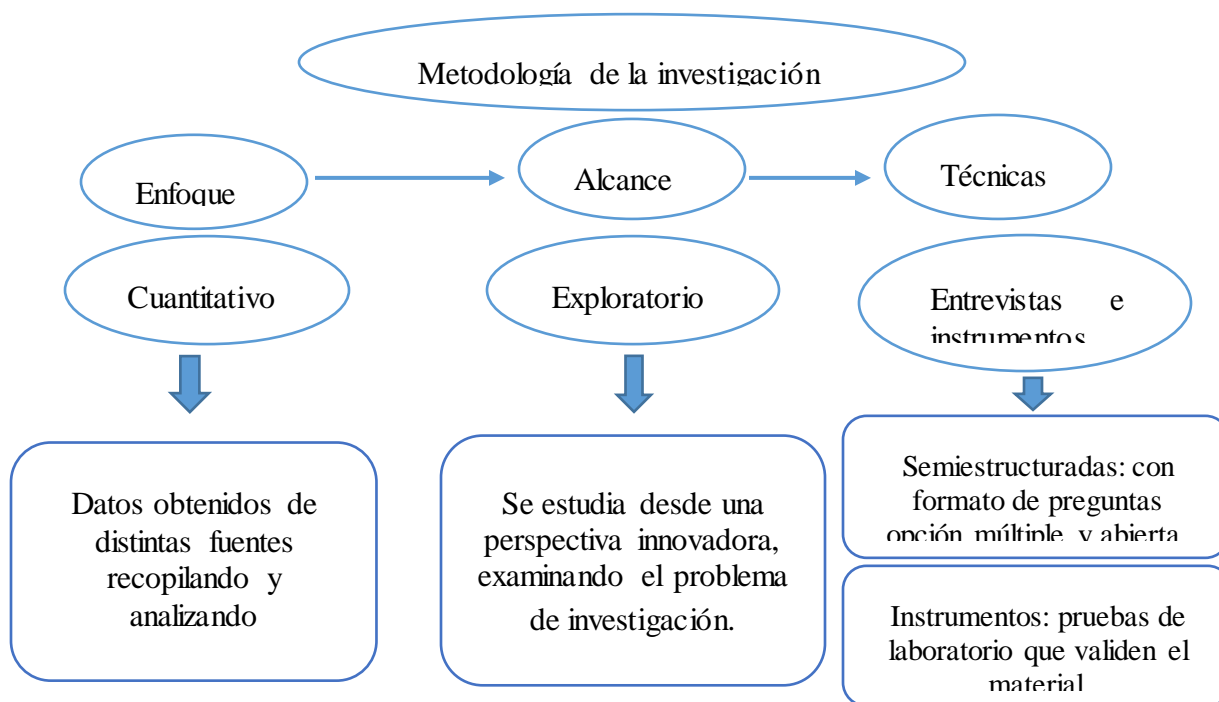


Figura 4 Desarrollo de metodología, Elaboración propia.

Abarcando más a fondo el problema que se ha generado con los desperdicios, el enfoque está basado en el análisis de todos los datos que presenta el material, con porcentajes de residuos de la materia inicial. Ya que se ve la necesidad de medir y estimar la magnitud de los desperdicios

en los distintos procesos en que se somete a la guadua, observando todos los tipos de cortes desde grandes y pequeños. Según, Lavado, Peña, Soto, D, Soto, M, Soto, D, Torres, 2012. Los desperdicios de guadua se pueden enfocar en la cadena de productiva ya que son variables y funcionales, como una materia prima de muy buena calidad para la creación de nuevos materiales. Por lo tanto, se mide las capacidades y características cuantificando el material con ensayos y pruebas de laboratorio.

A la guadua se le ha dado un lugar en muchos sectores de la construcción, y es un material de múltiples usos. En los distintos lugares de fabricación no se han aprovechado de forma adecuada los desperdicios, los cuales pueden aportar características para la reconstrucción de un nuevo elemento. Esta investigación está reflejada hacia un alcance exploratorio, empleando la totalidad del material para mejorar el uso en el campo laboral. ya que se debe realizar un producto que no ha sido fabricado y a su vez conocer las propiedades del nuevo elemento, logrando solucionar el problema.

Según el artículo publicado por la agencia de noticias Universidad Nacional (UN). Donde se expone unos estudios realizados con el Grupo de Investigación en Diversidad Biológica de la U.N. Sede Palmira, donde se demostró que la Guadua presenta características que no son comunes por sus ventajas geométricas y físicas, con cualidades que definen su uso final y logra ser fundamentales en la construcción, siendo la guadua un elemento con mayor producción, y a su vez existiendo grandes cantidades de desperdicio el cual se puede aprovechar en su máxima capacidad.

Una de las formas para recopilar información sobre los desperdicios ocasionados, está basado en entrevistas semiestructuradas, teniendo en cuenta los tipos de residuos en magnitudes grandes y pequeñas que produce las empresas que transforman la guadua en madera laminada,

esterilla o artesanías. El objetivo que se espera alcanzar, de acuerdo a los formatos de entrevistas con preguntas de opción múltiple y abiertas, está en generar una estadística donde demuestre que la materia prima sobrante no se le da un uso adecuado y por el contrario se suele desechar, validando que el material en sus cortes presenta fibras de diferentes tamaños.

Una parte importante para el desarrollo del revestimiento, está en la elaboración de pruebas de laboratorio en el cual se ejecute el material a ensayos que valide su comportamiento y sus características frente a la humedad, resistencia al fuego, impacto y durabilidad, teniendo en cuenta que el elemento está diseñado para baños y cocinas. A partir de la evaluación del material se adquiriendo información detallada de sus propiedades físicas y químicas el cual debe responder según su capacidad, ya que está expuesto a zonas que tienen un mayor contacto con el agua y el fuego.

## 6 Marco Teórico

### 6.1 Antecedentes

Este análisis está expuesto hacia la representación de un elemento de interiores para una vivienda, como proyecto de abordaje al problema propuesto, será necesario plantear algunos parámetros que sirvan como eje conceptual, sobre los que se apoya la investigación. Para empezar, entenderemos el concepto de revestimiento, según Pérez y Merino, 2011. “Es la envoltura de un material específico, que se utiliza para el adorno y la protección de las paredes, el techo o el piso”(párr. 3). Posteriormente la utilización de acabados es una parte crucial de la obra, y se requiere de productos con altos estándares de calidad.

En la investigación se muestra a la guadua como material principal, ya que es un árbol que se define como la “Planta gramínea parecida al bambú que tiene un tallo arbóreo, espinoso y lleno de agua, que suele medir hasta 20 m de alto por 20 cm de ancho”, Memoria desconocida (2016), sin embargo, en la fabricación de este elemento se han ocasionado desperdicios entre grandes y pequeños algunas veces pueden llegar a ser enormes cantidades, luego de un tiempo de haber cortado varios guaduales como lo proponen, Sepúlveda y Bolívar, que encontraron información detallada de los tipos de cortes que se le debe aplicar a la guadua, empezando por su lugar de plantación, en el cual se presenta los primeros residuos.

Por consiguiente, uno de los productos que se han obtenido, aparte de otros tipos de utilidad que tiene la guadua, como lo suele ser para estructurar y envolventes, es la elaboración de laminados, también se afirma que el material se comporta muy bien en cualquier campo y sus propiedades funcionan exactamente igual, no importa de qué manera se vaya a ejecutar (López, F, Correa, J. 2009).



Según López y Correa, donde afirma que El material puede ser utilizado para el diseño de elementos en estructuras, construidas totalmente con guadua, o para estructuras mixtas de guadua y otros materiales, de igual forma los sobrantes llegan a ser tan útiles como la construcción de una vivienda. De tal forma que se podría destacar la búsqueda realizada por el Grupo de Investigación en Materiales y Medio Ambiente, (Lavado et al., 2012). Estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Administración, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

Ellos realizaron una alternativa para el uso de los residuos provenientes del proceso de transformación de la guadua, aserrín, viruta y polvillo, en donde elaboraron un conglomerado con la materia prima sobrante y almidón de yuca, para la fabricación de un objeto útil biodegradables. Asimismo, realizaron las pruebas pertinentes que lograrán validar su prototipo y mejorar el uso de estos desperdicios, dosificando y preparando las mezclas de tal forma que la combinación este conformada por dos componentes en cantidades iguales, estas dosificaciones se establecieron previamente de acuerdo al tamaño de los sobrantes y el lavado del almidón.

Elaboraron ocho dosificaciones de mezclas las cuales moldearon en probetas cilíndricas secadas a temperatura ambiente y protegidas de cualquier humedad (tabla 1) durante seis días y en horno a cuarenta y ocho horas. Durante este tiempo evaluaron las variables del peso y sus dimensiones expuestas a fuego durante una hora y quince minutos y a su vez observaron las capacidades del material frente a ensayos de absorción a la humedad, resistencia a compresión y tracción frente a sus propiedades mecánicas.

Tabla 1

*Dosificaciones de mezclas, elaboración de conglomerado con uso de residuos de guadua y almidón de yuca. Grupo de investigación en materiales y medio ambiente*

No.	ALM	ASR	VIR	A-V	H <sub>2</sub> O
A1	22.5	19.5	0.0	0.0	788.0
A2	22.5	0.0	17.2	0.0	810.0
A3	22.5	0.0	0.0	17.3	732.0
B1	36.0	15.6	0.0	0.0	899.0
B2	36.0	0.0	13.7	0.0	900.0
B3	36.0	0.0	0.0	13.8	900.0
C1	44.9	13.0	0.0	0.0	1100.0
C2	44.9	0.0	11.5	0.0	1122.0
C3	44.9	0.0	0.0	11.5	1010.0

*Nota:*Almidón (ALM), aserrín (ASR), viruta (VIR), manera conjunta (A-V), agua (H<sub>2</sub>O).Tomado de “título del documento” Lavado, Peña, Soto, D, Soto, M, Soto, D, Torres, González. 2012, Recuperado de

En el presente estudio, se concluyó sobre las propiedades de los residuos generados en la fabricación de la guadua, como una fuente de gran potencia y de materia prima para la ejecución de nuevos materiales, finamente se presentaron capacidades de resistencia al fuego y una alta absorción a la humedad.

Por otra parte, se conoce de otros lugares donde apoyan a la guadua como un material sostenible, en la organización Inbar, (2007) donde promueven a personas del común sin ningún tipo de estudio, que logren elaborar una vivienda con sus propias manos. Ya que en este lugar promueve el crecimiento ambientalmente sostenible utilizando bambú. Ellos cuentan con alrededor de 45 miembros. Donde La misión es mejorar el bienestar de los productores y usuarios con el contexto de recuperar los recursos sostenibles del bambú, mediante la consolidación,

coordinación y apoyo del desarrollo de una comunidad con estrategia de adaptabilidad. Ellos han demostrado que el bambú es un material efectivo en estructuras hasta ahora basadas en madera.

Por otra parte, una de las soluciones por las cuales se puede evitar el desperdicio al realizar pisos laminados, ya que de la manera en que se ejecutan estos productos, es extrayendo secciones rectangulares de la guadua, como se muestra en la figura 5.



*Figura 5* Corte de la guadua en tablillas, para la elaboración de pisos laminados, donde luego se prepara para el proceso de lijado y desbastado del material, procurando que todas las tablillas sean del mismo tamaño. Elaboración propia

Según Daniel palacios estudiante de la universidad nacional de Colombia sede Bogotá, donde el plantea una formaleta triangular, la cual propone instalar en la parte inferior de la raíz de la guadua, desde su estado de maduración. Durante este periodo se proyecta a la plata con un crecimiento de tres lados y no de forma circular. De esta forma se logra que el material se optimice en su totalidad y que funcione para la producción de los laminados, ya que en este caso se presenta un gran desperdicio el cual se podría disminuir. Es importante aclarar que los desperdicios no han sido utilizados solamente para elaborar productos aglomerados, sino que también existen materiales poco convencionales que logran que el material aporte más de lo que se puede obtener de él. En la zona cafetera de Colombia se ha logrado evaluar el potencial de residuos en los bosques

de guadua, como una posible fuente de biomasa para la producción de energía, según (Camargo, J, Arango, A, Amezquita, M. 2006). En este estudio se realizó una investigación sobre la existencia de guaduales secos en diferentes cultivos los cuales se estimó la biomasa disponible a nivel regional, (ver figura 6).

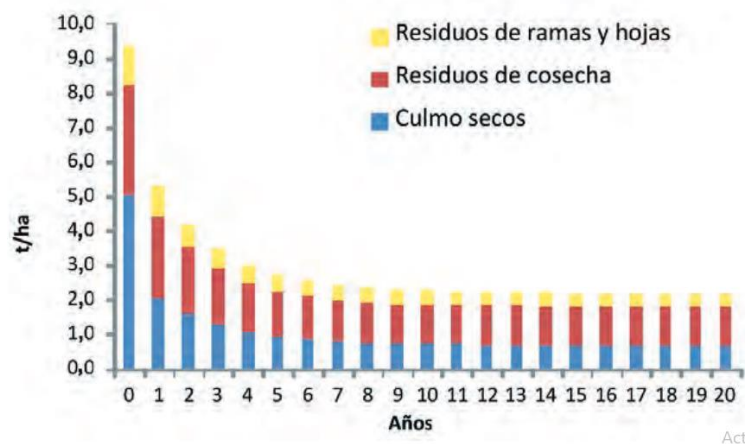


Figura 6 Biomasa proveniente de residuos agrícolas y forestales. Tomado de “Potencial de residuos de guadua seca en los bosques de la finca Yamira en Pereira. (Años) intensidad de aprovechamiento del 25% del culmo seco cosechados cada año.” J. Camargo; A. Arango, M. Amezquita, M. 2006. Recuperado de

Se podría decir que en el Eje Cafetero de los bosques de guadua ha existido, un total de guaduales secos equivalente a 176.400. En donde esta cantidad podría ser utilizada para la elaboración de energía; además, en términos generales este ejercicio sobre el manejo del material es una de las prácticas más adecuadas, ya que la guadua puede llegar a su estado de maduración luego de un año, y ser utilizada como combustible para generar energía.

## 6.2 Marco Normativo

Para esta investigación se tendrá en cuenta las reglamentaciones y normativas, según las especificaciones, consideraciones y recomendaciones, mencionadas en la norma colombiana Icontec (NTC), con los ensayos a los cerámicos, donde logren validar el azulejo a base de resina epoxica con la (viruta y aserrín) del proceso de fabricación de la guadua. Por otra parte, es importante destacar la durabilidad a agentes patógenos y garantizar la resistencia de los materiales, según la normativa de Invias 2013 (INV-E) donde se estipula un ensayo a la durabilidad y desgaste de los agregados gruesos, logrando así verificar sus propiedades.

- **NTC 4321-3 Baldosas cerámicas. parte 3: Método de ensayo para determinar la absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad aparente. (2015)**

El método normativo consiste en medir y estimar la absorción de agua adquirida por una baldosa cerámica, a través de la cara vista ligeramente apoyada, sin tocar la profundidad del recipiente, durante un periodo de 24h, luego de pasado este tiempo se mide la absorción de agua total teniendo en cuenta el peso adquirido al finalizar el ensayo y logrando encontrar una variable que justifique cada probeta.

- **NTC 4321-5 Baldosas cerámicas. parte 5: Método de ensayo para determinar la resistencia al impacto por medio del coeficiente de restitución. (2015)**

Este método normativo especifica cual debe ser resistencia de un revestimiento al dejar caer sobre una de las caras vista de una baldosa una esfera de acero de 1 kg de masa, desde una altura estimada de un metro, según la normativa NTC 4321-5. Esta prueba permite comparar y observar la fuerza de impacto que recibe cualquier tipo de baldosas, posteriormente cualquier elemento que pueda caer sobre ella. Según esta normativa se debe calcular el rebote generado en el momento del contacto con la esfera y la baldosa para sacar el coeficiente de restitución, el cual se debe calcular como lo estipula la norma.

- **INV-E 220 -13 Solides de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de magnesio o sodio.**

Esta norma determina la resistencia a la desintegración de los agregados Mediante este método se puede obtener una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de sulfato de sodio para determinar la resistencia a los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear.

En este ensayo de debe sumergir una de las muestras a 18 horas y luego retirarla durante 4 horas a temperatura ambiente. Es importante que luego de estas horas se sumerja nueva mente el material por 18 horas, este procedimiento se debe repetir durante cinco ciclos, según la norma el último ciclo se debe lavar con agua tibia y luego otras 4 horas a temperatura ambiente. Para

finalizar el ensayo el material se mide para comprobar que el elemento luego del proceso se haya desgastado.

### 6.3 Marco Conceptual

Para realizar y continuar con el trabajo se elaboró una investigación en la cual se abordaron conceptos bases o previos, los cuales dieron paso la comprensión del tema y sus derivados, para finalmente profundizar sobre el desarrollo del prototipo y trabajo de grado, dentro de los cuales se encontraron los siguientes términos, cuyas definiciones fueron tomados de la página web Construmatica (s.f.).

**Desperdicios:** El concepto de desperdicio es el material desechado que se usa para denominar el derroche de ciertos materiales. usualmente se llega a nombra como basura y/o desperdicio, siendo caracterizados como términos similares. Estos suelen ser clasificados como orgánicos e inorgánicos.

**Proceso de Transformación de la Guadua:** En la investigación se comprende al proceso de transformación, como el manejo que se suele dar al material en los diferentes procesos de elaboración, que se han convertido en productos convencionales en el desarrollo por el cual se enfoca a la guadua, de este modo la ejecución se comprende como la segunda fase del proceso de manipulación de la guadua.

**Materia prima:** Este se define como el elemento que se incluye en la elaboración de un producto, otra forma en la cual se puede expresar es como un material que se transforma y hace parte del resultado final.

**Acabados arquitectónicos:** Se le llaman acabado a todos los detalles estéticos que se realizan luego de terminada la estructura y composición de un edificio, llegan hacer revestimientos o recubrimientos que logran proteger las paredes, luego concluir la obra negra. Son parte importante de la estética y el confort de una vivienda.

**Revestimientos:** En la actualidad, el diseño de los espacios y la estética de los edificios está muy valorado por los usuarios. De este modo, para poder adaptarse a todas las peticiones, tanto estéticas como técnicas, las empresas están desarrollando grandes innovaciones. Los revestimientos se convierten en diseños decorativos de materiales que logran ser seguros, y son utilizados en techos y suelos.

**Resina epoxica:** Es un polímero termoestable, cuyo efecto logra cambiar su estado líquido a convertirse en sólido pasa de estado líquido a sólido, esto sucede al aplicar un endurecedor. La resina epoxi es el resultado de la mezcla de Bisfenol A y Epiclorohidrina. Los cuales se comprenden como un plástico del cual logra resistir a los impactos.

#### 6.4 Conclusiones parciales

- Con base a lo que se ha investigado, podemos comprender y entender, que el caso de nuestro objeto de estudio (azulejo para baños a base de resina epoxica y desperdicios de guadua), no se ha desarrollado un posible elemento con dichos materiales, que cambie y



optimice la materia prima sobrante, solo se ha tenido como referencia a los más allegados, como son los aglomerados y laminados en guadua, en donde se tiene conocimiento alguno por su utilidad y parecido a un acabado arquitectónico.

- Teniendo en cuenta los referentes y los factores, aplicados a la teoría de nuestro objeto de estudio, el cual ha permitido tener un conocimiento sobre los desperdicios en la fabricación de los diferentes productos en guadua, analizando a su vez el ciclo de vida de la viruta y aserrín, donde se dedujo la re-utilización de dichos residuos, haciendo que en un 95% se utilice la totalidad de la guadua. Buscando también el trasfondo de los distintos tipos de resina y el cual logra ser el más adecuado para la elaboración del revestimiento. Por otra parte, teniendo en cuenta la NTC 4321 la cual describe los parámetros de ensayo, que validen la calidad y propiedades de una baldosa cerámica, si dejar a un lado la importancia de utilizar materiales que logren competir y mejorar características que no posee una baldosa cerámica, dándole así una mejor durabilidad y resistencia a impactos.
- Para nuestro proyecto sirve implementar un producto que permita soportar contacto con agentes líquidos y altas temperaturas. También debe mejorar el rendimiento y en un caso, reducir los costes a largo plazo, por si en dado caso se desea retirar para inspeccionar, repara o cambiar el lugar del azulejo, sin que se fracture el material.

## **7 Desarrollo de la Metodología**

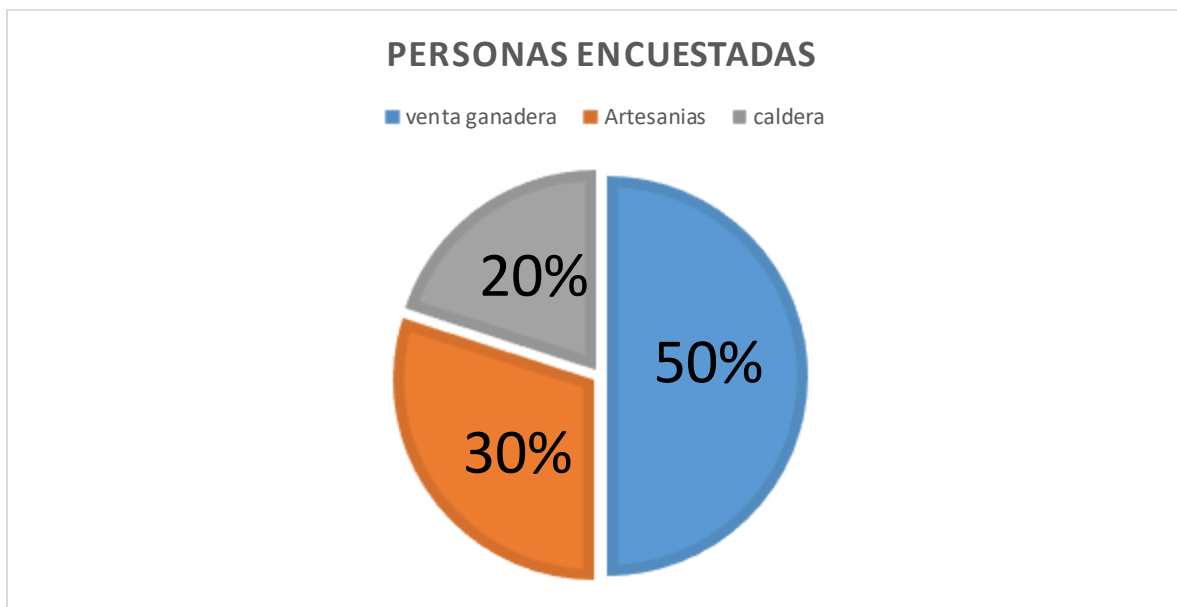
### **7.1 Materia Prima**

La evaluación de la materia prima se comprende en la investigación como el material con el cual se desarrolla el prototipo, de esta manera los residuos generados por el proceso de fabricación son productos principales y de gran importancia, para solucionar el problema del estudio de caso. Por otra parte, a diferencia de la viruta y aserrín de la madera común se sabe que los elementos que de allí se transforman suelen tener en una amplia gama de piezas siendo un material muy convencional.

### **7.2 Desarrollo de Entrevista**

Para el desarrollo de las técnicas según la metodología de la investigación, se realizaron entrevistas semiestructuradas con formatos de preguntas cerradas y abiertas las cuales, se logró evaluar la importancia de los residuos y la forma en que la empresa manipulaba dicho material, posteriormente se desarrolló un análisis fotográfico el cual apoyó la justificación del problema planteado.

En términos generales la empresa a la cual se logró acceder por medio de permisos y autorizaciones, fue a (Arme ideas en guadua) que está ubicada en Soacha Cundinamarca, de allí se entrevistaron a diez personas las cuales aseguraron que la empresa solo utiliza el desperdicio de agregados gruesos para elaborar artesanías y que actualmente la viruta y el aserrín se vende para fines ganaderos. (Ver figura 7)



*Figura 7 Entrevista, empresa Arme Ideas en Guadua.* Nota: Se entrevistaron el máximo de 10 personas las cuales especificaron el uso que le da la empresa a sus diferentes tipos de desperdicios. La gráfica específica que el 50% de las personas encuestadas señalan que la empresa utiliza más sus agregados gruesos para elaborar artesanías, el 30% dice que la viruta y el aserrín son para usos ganaderos como: corrales y arena para gatos. El 20% dice que son utilizados como combustible que alimenta la caldera. Elaboración propia.

### 7.3 Conclusiones

- En la ejecución de las entrevistas, se pudo observar, que el desgaste del material está conformado por diferentes formas y que unas logran ser nocivas para la salud, ya que el polvillo puede afectar vías respiratorias si no se tiene un equipo de seguridad laboral adecuado. En este sentido se logró indagar los diferentes usos que puede lograr ser la guadua, según la encuesta realizada la empresa desarrolla más desperdicio con la venta de esa materia prima, para usos domésticos y ganaderos.
- Finalmente se obtuvo antecedentes necesarios los cuales dieron pie para verificar que la guadua presenta desperdicios entre grandes y pequeños, provenientes del astillado y lijado de la guadua.

## 8 Materiales

### Desperdicios de Guadua

Empezando por la recolección de los residuos de guadua, generados del astillado y lijado del material, se lograron recolectar grandes cantidades provenientes de la empresa arme ideas en guadua, donde actualmente se encuentra ubicada en Soacha Cundinamarca, por otra parte, esta empresa se ha basado en la fabricación de casetones en guadua y pisos laminados, una de sus características es que cuentan con un establecimiento para la venta de artesanías o según lo que desee el cliente. (ver figura 8, 9, 10)



*Figura 8.* Desperdicio en forma de aserrín, ocasionado por el lijado y desbastado de la guadua. Nota: La empresa almacena estos agregados para luego venderlos en el sector de la ganadería. Elaboración propia



*Figura 9* Agregados gruesos del alijado y desbastado de la guadua. Nota: algunos de estos elementos son utilizados por la empresa para fabricar distintas artesanías. Elaboración propia.



*Figura 10* Desperdicio en forma de polvillo y cortes pequeños del alijado y desbastado de la guadua. Nota: En la empresa armen ideas en guadua, dividen las zonas según el uso. Y los diferentes cortes para el cual se desee utilizar. Elaboración propia

### 8.1 Resina

Uno de los objetivos por el cual se logra el producto es la compactación de desperdicios de la guadua y resina epoxica, ya que esta posee características que combinan bien con cualquier tipo de superficie o material, en primera instancia se utilizó resina poliéster, pero dado a que este producto solo funciona como sellante o recubrimiento para cascos, no suele ser el más adecuado para el desarrollo del azulejo.

En un ensayo realizado se observó, que este producto puede llegar a ser nocivo y tóxico por medio de su olor, también se evidencia que el curado tarda más de lo establecido y su composición es bastante pegajosa (ver figura 11).



*Figura 11* Probetas con resina poliéster. Nota: Al elaborar estas probetas se observó que el material no brillaba como se esperaba y no logró cubrir la totalidad de la baldosa, ya que luego de retirado el molde se encontraron huecos desfavorables y grietas que no lograban ser una ventaja como prototipo final. Elaboración propia.



### Conclusiones parciales

Como consecuencia este producto no genero capacidades propuestas, por esta razón se indago más sobre que material era funcional para el desarrollo del prototipo final, pese a que los azulejos son elementos que debe estar expuesto a las paredes interiores y a su vez deben combinarse muy bien con el espacio. Por esta razón se utilizó la resina epoxica ya que este tipo de resinas funciona bien con elementos o superficies en madera (ver figura 12).

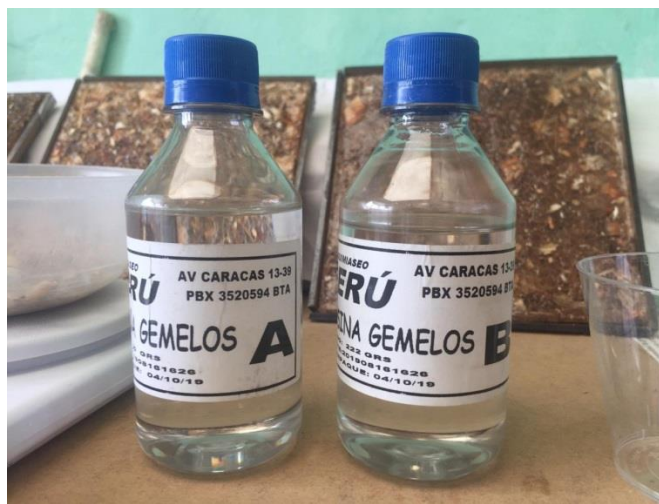


Figura 12 Resina epoxica. Nota: Resulta de la mezcla de Bisfenol A y Epiclorohidrina. Elaboración propia

## 8.2 Herramientas

Para el desarrollo del azulejo es necesario de las herramientas necesarios, ya que se debe medir las cantidades de desperdicio que debe tener cada revestimiento, asimismo es necesario el uso de guantes y medidores de mililitros, pese a que las dos partes en las que se compone la resina epoxica, una de ellas suele ser más espesa que la otra, por esta razón se debe utilizar los dosificadores (ver figura 13).



Figura 13 Herramientas para el desarrollo del azulejo. Elaboración propia.

### 8.3 Molde

Se encontró una alternativa para la fabricación de los moldes, el cual está elaborado con madera aglomerada MDF, cortada a laser con las medidas establecidas en la investigación para el desarrollo del azulejo. Este elemento es una parte importante para la fabricación, ya que la resina suele ser bastante líquida, y logra esparcirse en cualquier superficie, por esta razón se debe sellar muy bien todas las esquinas del molde, evitando algún agujero (ver figura 14).



Figura 14 Molde elaborado en madera MDF Nota: Moldes cortados con maquina laser. Medida del molde (20X20). Es desarmable ya que se utilizó superbonder, en la parte de las juntas. Elaboración propia.



### **Cera desmoldante**

La cera cuenta como factor principal para el desmontaje del azulejo, luego de terminado su tiempo de curado, esta herramienta cumple la función de evitar que el material se conecte con el molde MDF y se pueda retirar con mayor facilidad, principalmente el molde debe estar totalmente cubierto de dicho material ya que la resina logra extenderse luego de su aplicación.

### **Conclusiones parciales**

- Las herramientas que se utilizaron en la investigación lograron que el prototipo obtuviera las características que se esperaba, a partir del uso de elementos de protección que evitaron que la resina se pudiera contaminar y se lograra su transparencia.
- En el momento del desmontaje, se tuvo que desarmar la estructura del molde para que el azulejo se lograra retirar completamente sin afectar su forma y característica.

### 9 Proceso constructivo: Azulejo para baños

En primer lugar, se debe tener el molde MDF con las respectivas medidas, para la investigación se realizaron dimensiones de (0.20x0.20m) ya que actualmente son las más utilizadas en el mercado de los acabados cerámicos. Luego de esto se debe aplicar una cera desmoldante para facilitar el desencofrado de la muestra. Se hace una previa clasificación de los residuos de guadua y a su vez conociendo que son de diferentes tipos y tamaños (Ver figura 15) escogiendo el estilo de acabado dándole un diseño propio.



*Figura 15* Diferentes tipos de residuo de guadua. Elaboración propia.

Luego de esto, con los dos elementos que componen a la resina epoxica se tasan en una misma cantidad dependiendo del tamaño de la baldosa, combinando el A y B. Se mezcla repetitivamente hasta lograr su textura cristalina. La realización de la baldosa se puede hacer en dos fases, en la primera se agrega la mitad de los residuos de guadua y la resina sobre el molde previamente recubierto de cera desmoldante, se esparce homogéneamente en la segunda fase se deja secar lo ya agregado unos pocos minutos y se agrega el resto de residuos y el resto de resina homogéneamente, se organiza dependiendo del diseño que le quiera dar (ver figura 16). Cuando se tenga la forma adecuada se puede hacer un proceso de secado para desaparecer todo tipo de

burbujas con ayuda de una pistola de calor (ver figura 17) este procedimiento puede ser opcional dependiendo la cantidad de burbujas que se generen en el proceso de elaboración.



*Figura 16* Aplicación de resina sobre el molde y residuos de guadua. Elaboración propia.



*Figura 17* Secado con pistola de calor para evitar burbujas de aire. Elaboración propia

En el proceso de secado se deja en una superficie al aire libre donde no se afecte por lluvias, pero si se expone al calor del sol, se deja un tiempo de aproximadamente 24 horas, la calidad de secado puede variar según las condiciones en las que se deje la muestra. El proceso de desencofrado se facilita gracias a que se aplicó la cera desmoldante previamente.

### **Criterios para el desarrollo del producto de demostración**

El producto de demostración consiste en desarrollar un posible acierto con los materiales e incluyendo costos realizados en un m<sup>2</sup>. Para determinar las características que puede llegar a generar. Compitiendo con los materiales tradicionales, para la construcción de acabados en el espacio de baños. Efectuando un modelo a escala 1:1 que pueda llegar a competir con ventajas más favorables, que las de una baldosa convencional.

### **Conclusiones parciales:**

- Para el desarrollo del prototipo se debe tener en cuenta realizar la mezcla de forma uniforme con sus dos componentes de la resina epoxica A y B, ya que uno suele ser más denso que el otro, así mismo la unión de estos dos elementos genera burbujas de aire, las cuales pueden desaparecer luego del tiempo establecido para su curado.
- Por otra parte, la muestra debe mantenerse en un lugar con superficie nivelada, ya que el curado del prototipo puede llevar a tardarse.
- Finalmente, el material obtuvo superficies ásperas, las cuales presentaban problemas para la finalidad del azulejo la cual debe estar totalmente lisa como las baldosas tradicionales, para mejorar su textura se utilizó lija de calibre 320, luego se aplicó una última capa la cual dio el brillo final.

## 9 Aplicación de Normativa

### NTC 4321-3 Baldosas cerámicas. Parte 3: Método de ensayo para determinar la absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad aparente. (2015)

En esta prueba se tomaron 5 tipos de baldosas de diferentes marcas incluyendo el prototipo de la investigación, (resina con residuos de guadua), con un tamaño de 0.20x0.20m cada una. Inicialmente se deben dejar secar en un horno durante 15 min hasta que tengas una masa contante. Luego en cada recipiente se coloca un separador para que la baldosa no tengan contacto directo con el suelo del recipiente (ver figura 18).



*Figura 18* Separador en malla de alambre en recipiente. Elaboración propia.

Después del secado, se pesa una por una cada baldosa, luego a los recipientes se le aplica un litro de agua destilada ya que los azulejos deben estar totalmente sumergidos dejando que el líquido las cubra totalmente. Durante 24 horas las 5 probetas se dejan allí, (ver figura 19 y 20).





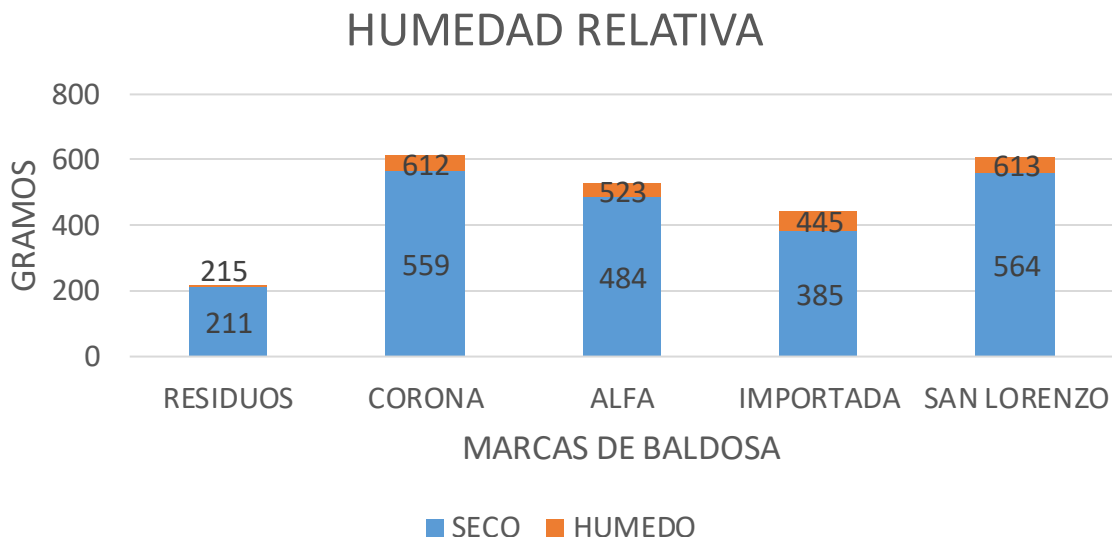
Figura 19 Recipientes de agua destilada durante absorción. Elaboración propia.



Figura 20 Baldosa sumergida en agua destilada durante 21 horas. Elaboración propia

Al terminado este tiempo se retira cada baldosa de los contenedores, dejando a un lado los recipientes utilizados, finalmente se vuelve a pesar cada probeta las cuales han sido previamente ensayadas. Con los datos obtenidos se logra medir la cantidad de agua absorbido por cada baldosa. (Ver Tabla 2 y 3)

Tabla 2 Resultados de la prueba de absorción



Nota: la tabla de humedad relativa especifica las variables que se encontraron y que determinaron los resultados con menor problema.

Tabla 3 Prueba de absorción de agua, Norma NTC 4321-3(2015)

N°	Marca de la baldosa	Peso Inicial	Peso Final
1	Alfa	484 Gramos	527 Gramos
2	Corona	559 Gramos	612 Gramos
3	Importada (india)	384 Gramos	445 Gramos
4	Cerámica Sanlorenzo	564 Gramos	613 Gramos
5	Azulejo a base de resina y residuo de guadua	211 Gramos	215 Gramos

Nota: En la tabla se describe los datos obtenidos por cada baldosa de diferente marca. Para determinar el porcentaje de la cantidad de agua absorbida por cada baldosa se utilizó la fórmula estipulada por la Norma NTC 4321-3 (2015).  $\text{Peso final} - \text{Peso inicial}$ , sobre el peso final x 100.

De la Probeta N° 1 Se obtuvo un aumento de su peso inicial hasta su peso final por un 8,1% que equivale al agua absorbida. De la probeta N° 2 Se obtuvo un aumento de su peso inicial hasta su peso final por un 8,6% que equivale al agua absorbida. De la probeta N° 3 Se obtuvo un aumento de su peso inicial hasta su peso final por un 13,7% que equivale al agua absorbida. De la probeta N° 4 Se obtuvo un aumento de su peso inicial hasta su peso final por un 7,9% que equivale al agua absorbida. De la probeta N° 5 Se obtuvo un aumento de su peso inicial hasta su peso final por un 1,8% que equivale al agua absorbida.

### Conclusiones parciales

- Los ensayos se lograron adaptar de acuerdo a lo establecido en la norma técnica Colombia para baldosas de pared, los cuales son importantes en la terminación de una obra y deben ser funcionales para el acabado de los baños y cocinas.
- Después de pesar las baldosas previamente sumergidas en el agua destilada se llegó a la conclusión, de que la baldosa de resina con residuos de guadua fue la que menos agua absorbió considerablemente en comparación con las otras. Ya que el material no tiene características las cuales lleguen a descomponer el material y absorber líquido.

### NTC 4321-5 Baldosas cerámicas. Parte 5: Método de ensayo para determinar la resistencia al impacto por medio del coeficiente de restitución. (2015)

Para esta prueba fue necesaria una placa de concreto de 75x75x50mm con una capa de resina epoxica como soporte el cual logra evitar el contacto con la superficie de concreto. (ver figura 21)



*Figura 21*Capa de resina epoxica para ensayo de impacto. Placa en concreto de 75x75x50mm con capa de resina epoxica. Elaboración propia.



Para esta prueba fueron sometidas 5 baldosas de diferentes tipos incluyendo la de resina con residuos de guadua, todas con el mismo tamaño de la losa de concreto. (ver figura 22)



Figura 22 Probetas para prueba de impacto, las baldosas cerámicas se cortaron con una maquina cortadora y el azulejo a base de resina y guadua con pulidora angular, ya que su elasticidad no permitió los corten con máquina para cerámicos.

Finalmente, con ayuda de una esfera de acero de aproximadamente 20mm como lo establece la Norma para los ensayos de los cerámicos, (ver figura 23). Cada baldosa se debe someter a la caída de la esfera de aproximadamente 1m y se mide la altura del rebote en centímetros luego de la caída de la esfera en la baldosa.



Figura 23 Esfera de acero cromada aprox. 20mm. Elaboración propia.

En el ensayo se obtuvieron variables en las que se pudieron observar que el rebote con la cerámica provoco un impacto directo sobre ellas, donde no lograban una altura máxima de los 2 cm luego del choque con la esfera. (ver tabla 4)

Tabla 4 Resultados de Prueba de impacto.

Corona	Alfa	Importada	San Lorenzo	Resina y guadua
1,6cm	1,8cm	1,4cm	2 cm	12cm

Nota: la esfera que impacto a las 4 baldosas cerámicas, logro que cada una se pudiera quebrar, demostrando que la baldosa elaborada a base de resina epoxica y residuos de guadua obtuviera mejores características que la cerámica tradicional. Elaboración propia.

### Conclusiones parciales

- Para la elaboración del ensayo se recolectaron materiales que lograran recrear la Norma NTC 4321-5, la cual dio una representación gráfica de las ventajas que tiene el prototipo de la investigación.
- En el ensayo se observa como las baldosas cerámicas reaccionan al impacto de un material al instante, con una distancia de 1m, la cual se agrieto dejando que la esfera solo rebotara una vez y provocando que el elemento se destruyera por completo.
- En el ensayo el azulejo a base de resina epoxica y residuos de guadua, soporto el impacto de la esfera, ya que no logro que el producto se dañara o se agrietara manteniendo su forma y estructura.

**INV-E 220 -13 Solides de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de magnesio o sodio. (2013)**

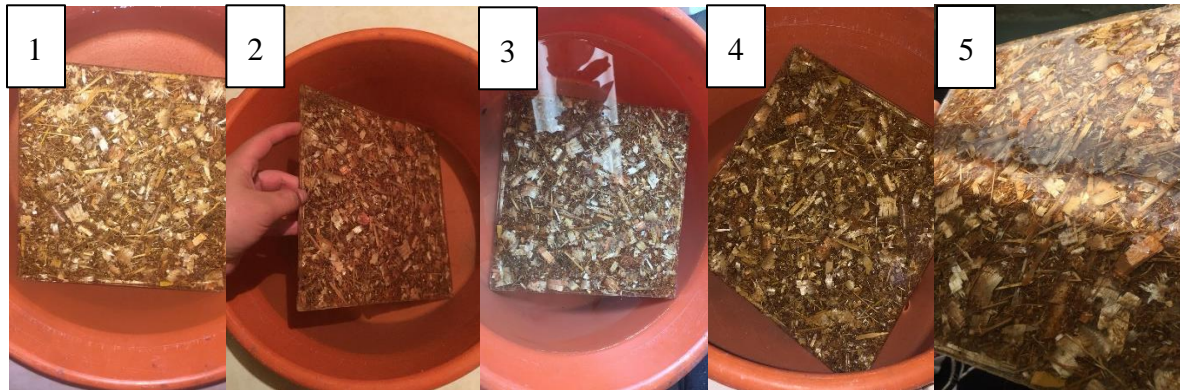
La preparación de la prueba comienza con la dosificación del sulfato de sodio y agua. Para la preparación del líquido según la norma la cual establece que por cada 40gramos de sulfato de sodio o de magnesio un litro de agua, luego de esto se deja reposar por 24 horas antes de realizar el ensayo. También se debe pesar el prototipo teniendo presente su masa inicial. (ver figura 24)



*Figura 24* Dosificación de sulfato de sodio y agua. Para logra cubrir la totalidad de la baldosa en el recipiente utilizado se manejan 4 litros de agua y 160 de sulfato de magnesio, luego de esto se dejó reposar por 24horas. Elaboración propia.

El método del ensayo consta de 5 ciclos el cual se sumerge el material con sulfato de sodio o magnesio durante las próximas 16 a 18 horas, confirmando que el elemento quede sumergido totalmente. Luego de pasadas las 16 o 18 horas se retira el prototipo dejando reposar el azulejo por 15 minutos, luego se pasa el recipiente a un horno hasta que llegue a masa constante. Como última fase para terminar el primer ciclo, se debe deja a la intemperie durante 2 horas a 4 horas, después de dejarlo en el tiempo estimado dicho por la norma, nuevamente se sumerge el elemento en sulfato de magnesio.

Este ciclo se debe repetir durante 5 veces, de esta manera podremos hallar el desgaste del material y su durabilidad. (ver figura 25)



*Figura 25* Ciclos de prueba de durabilidad. N°1 primer ciclo, el azulejo no presenta deterioro. N°2 segundo ciclo, el azulejo aun no presenta desgaste. N°3 tercer ciclo, el azulejo presenta una disminución en su brillo. N°4 cuarto ciclo, el material no ha perdido su forma, pero el agua si ha hecho que la baldosa adquiera pegosidad. N°5 quinto ciclo. En esta parte el método según la norma es retirarlo y secarlo al horno hasta masa constante, luego se debe pesar teniendo su masa final.

Finalmente, en su último ciclo se deja reposar 15 minutos y después de este proceso se lava con agua caliente a 43°C, después haber lavado muy bien el material, nuevamente se envía al horno hasta hallar masa constante durante 24 horas. Para determinar la cantidad del desgaste, se utilizó una de las formulas establecidas por la Norma. (masa inicial – masa final, sobre la masa inicial x 100). Lo que equivale a:

- $222\text{gramos} - 218\text{gramos} = 4$
- $222\text{gramos} / 4 = 0,018$
- $0,018 \times 100 = 1,8\%$

### Conclusiones parciales

- A partir de los resultados obtenidos por la prueba, se observó que el material puede soportar cualquier agente patógeno, y llega a tener una vida útil ampliamente larga.

**Análisis de resultado frete a la exposición de fuego**

En la investigación se abordó el tema del uso frete al fuego y la forma que pueden llegar a tomar las características del material, principalmente se tomaron 4 tipos de baldosas de marcas diferentes, las cuales se midieron en tiempo de resistencia exponiendo el material a una llama de fuego continuo, (ver figura 26 y 27)



*Figura 26* Ensayo de resistencia al fuego. Para el desarrollo del análisis se sometieron primero las baldosas cerámicas, observado el tiempo en segundos al realizarse su primera grieta. Elaboración propia.



*Figura 27* Impacto del fuego, azulejo en residuos de guadua. El fuego absorbió a la baldosa en 7 segundos, pero no lo propago ni tampoco se derritió, solo mente se mantuvo en su espacio afectado.

El ensayo se calculó a partir de la toma de datos, con respecto al tiempo en segundos, la variable se enfoca en la baldosa que más tardo en afectarse. (ver tabla 4)

Tabla 5 Descripción del tiempo en segundos, prueba de fuego

N°	Marca de probeta	Tiempo en segundos
1	Corona	13seg
2	Alfa	24seg
3	Cerámica san Lorenzo	21seg
4	Importada	17seg
5	Prototipo (resina y guadua)	9seg

Nota: La tabla muestra los valores recopilados de la observación, del uso de un soplete para determinar el tiempo menos en que tarda en afectarse con el fuego. N° número de probeta. Elaboración propia.

### Conclusiones parciales

- En el desarrollo del análisis, con el que se observó en esta prueba de fuego, la cual determino una de las desventajas del modelo planteado, ya que la resina es sensible con el fuego directo.
- Una de las alternativas que podemos encontrar para solucionar el contacto con el fuego, se determina una pintura o disolvente como base, la cual logra controlar el ataque directo con el fuego.
- Finalmente se concluye que el uso de estas baldosas pueda ser para lugares interiores como baños y cocinas. Posteriormente en una cocina se debe tener las baldosas previamente disueltas en pintura inflamable.

## 10 Proceso de Instalación

Para el proceso de instalación se utilizaron materiales tradicionales para la aplicación del azulejo, uno de los productos que se aplicaron en el prototipo final, fue el uso de una maya de fibra de vidrio la cual logra remplazar las marcas que tiene una baldosa cerámica en una de sus caras, para generar el agarre con la superficie de la pared. (ver figura 28)



*Figura 28* Malla de fibra de vidrio. Este material se coloca en la cara no lisa del azulejo de tal forma que el elemento este totalmente cubierta por ella. Elaboración propia.

### Montaje del azulejo (resina y guadua)

Para empezar, se debe humedecer con una esponja la superficie en donde se quiere instalar el azulejo, luego se prepara una mezcla del producto pegador con una dosificación de 2:5, (por cada dos de agua, cinco de pegador). Cuando la mezcla este totalmente homogénea y la superficie limpia y lisa con la cantidad de agua adecuada, se inicia el proceso de instalación. (ver figura 29)

Con la ayuda de una llana dentada se aplica la masa de pegador sobre la superficie dejando unas estrías, las cuales mejoraran el agarre que debe tener la instalación de los acabados de una



vivienda. (ver figura 30). Posterior mente se colocan las baldosas de resina y guadua, dejándolas niveladas y retirando el excedente de la pega (ver figura 31). Luego de esto se verifica que todos los lados del azulejo estén cubiertos de pega, ya que para hacer un buen proceso de instalación el material no debe contener ningún espacio de aire.



*Figura 29* Mezcla de pegacor. Este producto se debe mezclar con la finalidad de que no presente ningún grumo, para que logre la instalación adecuada, la mezcla debe ser espesa, no puede ser muy líquida y que puede que la baldosa no pegue correctamente.  
Elaboración propia.



*Figura 30* Aplicación de la llana dentada. Esta herramienta es necesaria para la instalación de los azulejos, ya que con ella podemos cubrir de pega totalmente el elemento sin dejar ningún espacio de aire, la forma más adecuada de utilizarla es en sentido vertical y luego se debe mover la baldosa hacia los lados derechos he izquierdos para que esté totalmente cubierta con pegacor.  
Elaboración propia.





*Figura 31* Instalación del azulejo. El prototipo logra adaptarse bien a la pega gracias a la malla de fibra de vidrio que posteriormente se le instaló en una de sus caras. También se le agregaron separadores para que la junta de dilatación fuese igual en todos sus lados y lograra un emboquillado adecuado. Elaboración propia.

Finalmente el azulejo se logra adaptar a la superficie de instalación, de allí se colocaron 4 baldosas con diferentes diseños, ya que el prototipo que se desarrolló en la investigación logra ser un producto artesanal y de fácil elaboración, uno de los azulejos que se desarrollaron fueron con desperdicios de guadua es secciones circulares con la forma que suele ser el material, adicionalmente se observa que la resina logra ser un producto el cual puede pintarse con colorantes y dar un acabado con textura diferente a las tradicionales.

Luego del proceso de instalación las baldosas se debe dejar secar durante 24 horas, generando así la resistencia adecuada evitando que se despeguen de la superficie instalada, terminado este proceso el enchape está listo para hacerle los detalles finales, con una espátula se agrega cemento blanco en las juntas de dilatación, con el objetivo de emboquillar el azulejo logrando los acabados interiores en zonas de baños y cocinas para una vivienda.

## 11 Conclusiones y Recomendaciones

Al realizar el trabajo y el prototipo, podemos determinar que, si es viable implementar un producto para los acabados arquitectónicos de una vivienda en zonas de baños y cocinas que permita optimizar el ciclo de vida de los desperdicios de guadua y garantizar la resistencia a los impactos y agolladuras que se pueda producir en el momento de la aplicación comparándolos con materiales tradicionales como la cerámica para los enchapes de estos lugares.

Debido a que se probaron materiales distintos que cumplieran con los requisitos mínimos de propiedades y características optimizando su ciclo de vida, pero que, a su vez tuviera la facilidad de instalar y sustraer la pieza sin afectar su totalidad. Por consiguiente se generaría un aprovechamiento de una materia prima y un desperdicio de guadua no utilizada para usos convencionales, es decir, si se presenta una gran magnitud de empresas que desechan los cortes de la guadua se logra generar tener más productos como los que se proponen en la investigación.

Finalmente el producto que se implementó logró tener mejor resistencia en las pruebas de durabilidad, impacto y absorción de agua donde se determinaron variables más favorables que la de la cerámica, en la investigación se realizó como tema de prueba exterior a las pruebas propuestas por la norma NTC, el análisis de la reacción que tiene el azulejo frente al fuego, con este ensayo se determinó que el material logra ser inflamable y posteriormente se recomienda el uso de una pintura intumescente que pueda proteger el material, en el caso del uso en una cocina es importante tener en cuenta esta recomendación. En conclusión se logró una alternativa que pueda competir con los materiales convencionales para los acabados de una vivienda.

## 12 Bibliografía

- Cabezas Arevalo, R. I. (2009). *Diseño de un Sistema de Compactación de Biomasa de Cascarilla de Arroz y Aserrín, en la Producción de Bloques Sólidos Combustibles (BSC)* (Trabajo de grado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/242>
- Clima 24/7. (14 mayo 2014). Guadua triangular, una forma de optimizar la madera. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=K2DVzPQ8Rsc>
- Ecured. (20 de enero 2012). Desarrollo y definición. Recuperado de <https://n9.cl/f6wp>
- Estrada, Martin; Ramirez, Fernando; Maldonado, Andrea; Correal, J. F. (2010). *Caracterización mecánica de las fibras del bambú colombiano, Guadua angustifolia Mechanical modeling of materials for civil engineering View project*. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/281294505>
- Gerence.com (30 de abril del 2018). Materia prima. [texto de un blog]. Recuperado de <https://www.gerencie.com/materia-prima.html>
- Herramientas y Abrasivos. (IGRA, s. f.) Características de la resina epoxica. Recuperado de <https://n9.cl/63lhu>
- INV-E 220 -13 Solides de los agregados frente a la acción de soluciones de sulfato de magnesio o sodio.
- Inbar, (2007, 05). ods11-ciudades y comunidades sostenibles, Recuperado de: <https://n9.cl/4xoj>
- Camargo J, Arango Á, (2016). Evaluacion de la oferta de residuos de biomasa de guadua para propositos energeticos en el eje cafetero de Colombia. *Comunicación tecnica*. Recuperado

de <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=63f5f848-e2d0-a575-4947-bab4cdca658c&documentId=fee10a6d-9fdc-3897-bcf8-895032253948>

Lavado, Á., Peña, L., Soto, D., Soto, M., Soto, D., Torres, J., y González, O. (2012). Elaboración de un conglomerado con uso de residuos de guadua en matrices de almidón de yuca. *Acta Agronomica*, 61(5), 91–92. Recuperado de <https://n9.cl/2m5o>

La Salle. (13 de noviembre de 2016). Plantas Medicinales. Tomado de <http://plantaslasalle16.blogspot.com/>

Lopez, L. (2009, 07). La Norma NSR-10 para construcción en Guadua y la importancia del secado en Guadua y Madera. Universidad tecnológica de pereira. Recuperado de <http://cort.as/-G9YR>

Maderas. Ciencia y tecnología. (PVA). (01, 2019). Para la fabricación de los laminados de Guadua se utilizó adhesivo de tipo polivinilo de acetato. Recuperado de <http://cort.as/-G9b5>

Marulanda, E. (1998, 03). Empresa bambú de Colombia. Tableros de esterilla prensada e inmobiliaria. Recuperado de <https://guaduabambucolombia.com/>

Michael Tistl, J. (2012, 08). Análisis de desperdicios, La inversión mínima para la producción de laminados. Proyecto UTP-GTZ. Recuperado de <http://cort.as/-G9UX>

Morales, L. (2016). Gatopardo. El arquitecto del acero vegetal. 20. Recuperado de <https://n9.cl/91iuo>

NTC 4321-3 Baldosas cerámicas. parte 3: Método de ensayo para determinar la absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa aparente y densidad aparente. (2015)

NTC 4321-5 Baldosas cerámicas. parte 5: Método de ensayo para determinar la resistencia al impacto por medio del coeficiente de restitución. (2015)

Porto, J, Merino, A. (2011). Definición de revestimiento. Recuperado de (<https://definicion.de/revestimiento/>)

Rivera, Y. (2018, 07). Construcciones en guadua, técnica local en Colombia que debes conocer. Noticias de Arquitectura. Recuperado de <http://cort.as/-IVEL>

Sepúlveda, A, Bolívar, O. (2009). Propuestas para hacer útil el aserrín y la viruta que resultan del proceso de laminado de guadua. (trabajo de grado), Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://n9.c1/0s1k>

Teneche, G. (2013, 07). Guadua y bambú de Colombia. Empresa productora de esterilla. Recuperado de <https://guaduabambucolombia.com/que-es/>

Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira). (03 de octubre del 2017). Explotación de guadua en riesgo por ser considerada recurso forestal. Recuperado de <https://n9.c1/mbmq>

Ucha Florencia. (2011) Definición de desperdicio. (definición ABC). Recuperado de: <https://n9.c1/ls74x>

William Klinger, Yamile Talero. (2001, 12). Propuesta metodológica para la identificación de usos potenciales de la madera a partir de parámetros fisiomecánicos cuantitativos. Artículos científicos. Recuperado de <http://cort.as/-G9SH>

### **Anexos**

Anexo 1: Encuestas a empresas de guadua y a tiendas de cerámicas.