

IMPERMEABILIZANTE NATURAL A PARTIR DE LA CENIZA CASCARILLA DE
ARROZ PARA MUROS EN ADOBE

SANTIAGO ANDRES FRESNEDA SANCHEZ

JEFFERSON CAMILO MENDEZ CHAPARRO



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

PROGRAMA TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

BOGOTA D.C.

2 DE DICIEMBRE DE 2019

Impermeabilizante natural a partir de la ceniza cascarilla de arroz para muros en adobe

Santiago Andrés Fresneda Sánchez

Jefferson Camilo Méndez Chaparro

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
tecnólogo en construcciones arquitectónicas

José Alcides Ruiz Hernández

Docente del proyecto



Universidad La Gran Colombia

Facultad de arquitectura

Tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá D.C.

Dedicatoria

Inicialmente dedicamos este trabajo a nuestros padres dado que nos ofrecieron apoyo, motivación y fortaleza para el desarrollo del mismo, colaborándonos para cumplir con nuestro proyecto de grado.

Además dedicamos a nuestros profesores de proyecto y consultorio quienes nos brindaron sus conocimientos, críticas constructivas y sugerencias para la ejecución y elaboración general de nuestro proyecto.

Agradecimientos

Primordialmente agradecemos a la universidad por darnos la oportunidad de obtener los conocimientos, brindar las oportunidades para demostrar nuestras habilidades y crecer profesionalmente.

A cada uno de los profesores que con sus aportes constructivos se logró la guía y elaboración de este proyecto.

A nuestros padres que apoyaron cada una de nuestras decisiones y su amor condicional.

Tabla de contenidos

Resumen.....	12
Abstract	13
Introducción	14
Pregunta problema	16
Justificación.....	16
1 Objetivos.....	18
1.1 Objetivo general.....	18
1.2 Objetivos específicos.....	18
2 Marco teórico.....	19
2.1 La cascarilla de arroz	19
2.2 Sistemas de impermeabilización.....	24
2.2.1 Tipos de impermeabilizantes	24
2.2.2 Impermeabilización de muros.....	26
2.2.3 Desventajas según los impermeabilizantes	28
2.3 El Adobe	30
2.3.1 Vulnerabilidades sísmicas	31
2.4 Sábila (Aloe Vera).....	33
2.4.1 Usos y aplicaciones	34
3 Marco Referencial	35

4	Metodología.....	54
4.1	Fases de la metodología.....	54
4.1.1	Planos prototipos	55
4.1.2	Prototipos.....	56
4.1.3	Impermeabilizante	64
4.1.4	Trabajo de laboratorio	70
5	Resultados.....	80
6	Conclusiones.....	82
7	Lista de Referencias.....	84
8	Anexos	88

Lista de Tablas

Tabla 1 Composición química de la cascarilla de arroz.	40
Tabla 2 Generación de cascarilla de arroz	40
Tabla 3 Comparación de precios cascarilla de arroz y cemento	43
Tabla 4 Características físicas - Cascarilla de arroz	45
Tabla 5 Peso de los muretes sin tiempo en el horno	71
Tabla 6 Pesaje de prototipos sin tiempo en horno	72
Tabla 7 Muretes después del secado en horno.....	74
Tabla 8 Pesaje de prototipos después del secado en horno.....	76
Tabla 9 Peso de prototipos después de las pruebas de inmersión.....	81

Lista de Figuras

Figura 1 Cascarilla de arroz. Elaboración propia.....	19
Figura 2 Producción de arroz. Tomado de Arroceros del Huila.....	20
Figura 3 Censo producción arrocera en Colombia 2018-2019. Adaptado de Departamento Administrativo Nacional de estadística	21
Figura 4 Puzolana, subproducto de tratamiento agrícola. Cascarilla de arroz quemada. Elaboración propia	22
Figura 5 Impermeabilización de muros. Tomado de Impermeabilizaciones Económicas	26
Figura 6 Adobe. Prototipos del proyecto. Elaboración propia.....	30
Figura 7 Humedad en el adobe. Humedad por capilaridad y penetración en el muro por aleros cortos. Tomado de Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada	32
Figura 8 Pérdida de recubrimiento en muros. Tomado de Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada.....	33
Figura 9 Mata de Sábila. Elaboración propia.....	33
Figura 10 Viviendas en adobe de la candelaria.	36
<i>Figura 11</i> Erosión de material en fachada y muro de la localidad la candelaria. Elaboración propia	37
Figura 12 Elaboración de 9 muretes de adobe de 40 x 40. Tomado de Repositorio institucional Universidad La Gran Colombia.....	38
Figura 13 Diagrama de barras, Resultados finales tras pruebas de ensayo comparativo entre las mezclas. Tomado de Repositorio institucional Universidad La Gran Colombia.....	38
Figura 14 Planos molde para muretes. Elaboración propia, creado en AutoCAD	55

Figura 15 Planos molde para prototipos. Elaboración propia, creado en AutoCAD	55
Figura 16 Trazado y Corte y de los moldes en tablero aglomerado. Elaboración propia.....	56
Figura 17 Unión de las piezas. Elaboración propia	56
Figura 18 Moldes finales para los adobes. Elaboración propia.	57
Figura 19 y Figura 20 Recolección de tierra. Elaboración propia	58
Figura 21 y Figura 22 Adición de tierra al recipiente y peso del material. Elaboración propia ...	58
Figura 23 y Figura 24 Adición de arena al recipiente y peso del material. Elaboración propia...	59
Figura 25 y Figura 26 Mezcla de tierra, arena y paja. Elaboración propia.....	59
Figura 27 Mezcla de los materiales con agua. Elaboración propia.....	60
Figura 28 Ensayo de lavado. Elaboración propia	60
Figura 29 y Figura 30 Vertimiento de la mezcla en los moldes. Elaboración propia.....	61
Figura 31 Vertimiento total de la mezcla de adobe. Elaboración propia.....	61
Figura 32 y Figura 33 Desmolde de los prototipos. Elaboración propia	62
Figura 34 Desmolde del murete y prototipos desmoldado. Elaboración propia.....	62
Figura 35 Prototipos finales. Elaboración propia	63
Figura 36 Secado de los prototipos de adobe. Elaboración propia	63
Figura 37 Cascarilla de arroz en su estado natural. Elaboración propia.....	64
Figura 38 y Figura 39 Quema total de la cascarilla de arroz. Elaboración propia.....	64
Figura 40 Resultado de la quema de la cascarilla. Elaboración propia	65
Figura 41 Apisonamiento de la ceniza. Elaboración propia	65
Figura 42 Resultado del apisonamiento de la ceniza. Elaboración propia	66
Figura 43 Sábila utilizada para la extracción del cristal. Elaboración propia.....	66
Figura 44 Resultado final del licuado de la sábila. Elaboración propia.....	67

Figura 45 Materiales procesados para la mezcla. Elaboración propia.....	67
Figura 46 y Figura 47 Licuado de la ceniza con sábila. Elaboración propia	68
Figura 48 Dosificación No. 1 y Figura 49 Dosificación No. 2. Elaboración propia	69
Figura 50 y Figura 51 Enumeración de los prototipos para el secado en el laboratorio. Elaboración propia	70
Figura 52 y Figura 53 Pesaje de los prototipos, muretes y obtención de datos en la báscula del laboratorio. Elaboración propia	71
Figura 54 y Figura 55 Colocación de los prototipos y muretes en el horno. Elaboración propia.	73
Figura 56 y Figura 57 Retiro de los muretes y prototipos del horno. Elaboración propia.....	73
Figura 58 y Figura 59 Toma de pesajes de los prototipos y muretes después del secado. Elaboración propia	74
Figura 60 Representación en diagrama de torta con porcentaje de pérdida de agua de los muretes secados al horno. Elaboración propia	75
Figura 61 Representación grafico de barras de pérdida de peso de prototipos. Elaboración propia	75
Figura 62 Representación diagrama de torta de proporción de pérdida de agua de los prototipos. Elaboración propia	77
Figura 63 y Figura 64 Aplicación de la mezcla impermeabilizante con las dosificaciones A, B, C y D. Elaboración propia	77
Figura 65 y Figura 66 Aplicación de los impermeabilizantes tipo A, B, C, D. Elaboración propia	78
Figura 67 Prototipo No.8 sin impermeabilizar. Elaboración propia.....	79

Figura 68 y Figura 69 Inmersión de los prototipos con impermeabilizante en diferentes dosificaciones. Elaboración propia 79

Figura 70 Prototipo sin impermeabilizar después de la prueba de inmersión. Elaboración propia 80

Figura 71 Prototipos impermeabilizados después de la prueba de inmersión. Elaboración propia 80

Resumen

El objeto del proyecto es la elaboración de un impermeabilizante natural, a partir del aprovechamiento de la cascarilla de arroz implementado en prototipos de adobe, con el propósito de brindar los beneficios de un impermeabilizante. La investigación da solución a la necesidad de protección contra la humedad a las viviendas en adobe con un impermeabilizante natural, compuesto con un material fundamental que para muchos es visto como desecho infructuoso en el caso de la cascarilla de arroz, la cual se utilizó en estado de ceniza convirtiéndose en una propuesta ecológica, amigable con el medio ambiente y de bajo costo. Se recopiló información existente respecto a las propiedades de la ceniza, de este modo apoyar el desarrollo del impermeabilizante y establecer diferentes mezclas expuestas a prueba en los prototipos de adobe elaborados para el proyecto, y así clasificar la información y los datos descubiertos en el procedimiento.

Palabras claves: Impermeabilizante, Cascarilla, Ceniza, Adobe, Ecológico.

Abstract

The object of project is the elaboration of an impermeabilisant natural, as of harnessing of the rice husk implemented in adobe prototypes, with the purpose of toast the benefits of an impermeabilisant. The investigation give solution to the need for protection against of humidity to the homes in adobe with a impermeabilisant natural, composed with a material fundamental that for many is seen as waste fruitless in the case of the rice husk, which was used in state of cinder becoming in a proposal ecological, friendly with the environment and of low cost. Was collected information existing respect the properties of the cinder, in this way support the development of the impermeabilisant and set different mixes exposed to test in the prototypes of adobe elaborate to the project, and so classify the information and data discovered in the procedure.

Keywords: Impermeabilisant, Husk, Cinder, Adobe, Ecological.

Introducción

El presente trabajo denominado “Desarrollo de impermeabilizante natural a base de cascarilla de arroz”, surgió a través de la idea de realizar un producto natural para construcción amigable con el medio ambiente, aprovechando también un residuo agrícola generado en gran cantidad en Colombia, cumpliendo así con una responsabilidad social y ecológica.

Comenzando se realiza la investigación general, propiedades y beneficios de la cascarilla de arroz, sistemas de impermeabilización, el adobe como enfoque para la aplicabilidad del producto, y otros conceptos que rodean la temática del proyecto; referentes para la metodología, técnicas, pruebas y ensayo expuestos en el marco teórico y marco referencial para fundamentar el objeto de estudio.

Dicho objeto de estudio se compromete con realizar un producto natural el cual no genere un gran impacto ambiental, reduciendo la contaminación y alejándose del uso de materiales tóxicos para su fabricación ayudando así con la ecología y cuidado del planeta.

De lo anterior se sostiene en la actualidad la construcción aplica materiales, elementos y métodos que producen un gran impacto ambiental por sus tratamientos en la explotación de recursos naturales, aumento en los costes energéticos y generación de desechos no renovables que incrementan la contaminación del agua, el aire y la tierra; como la generación de impermeabilizantes convencionales no es amigable con el medio ambiente debido a que son

productos derivados del petróleo, del plástico y de otros componentes químicos los cuales emiten olores, gases y humos tóxicos nocivos para el entorno.

Para la metodología del proyecto, se considera como una investigación experimental, tras una serie de análisis de los aspectos identificados, procede al desarrollo del producto natural donde se tiene en cuenta las construcciones en tierra para la aplicabilidad y enfoque del proyecto ecológico a exponer.

Las construcciones en tierra anteriormente mencionadas, se desarrollan con materiales vernáculos como el bahareque, la tapia pisada, el adobe, bloques de tierra comprimida, y otros; son sistemas constructivos considerados patrimonios culturales que caracterizan la historia de la arquitectura. En Colombia son evidenciados inicialmente en el siglo XVI de acuerdo con Corradine (1989) y reflejan la esencia de los principios de sostenibilidad, ante esto es importante conservar dichas viviendas y no dejarlas perder por el deterioro a consecuencia de los cambios climáticos del ambiente que las lesionan físicamente.

Por todo lo antes dicho, este proyecto investigativo propone desarrollar un impermeabilizante natural el cual será aplicado inicialmente en unos prototipos de adobe para sus respectivas pruebas, así verificar los resultados y la función del mismo, llegar finalmente a presentar las conclusiones que acceden a valorar el impermeabilizante natural a base de cascarilla de arroz y cumplir con el propósito de implementarlo como material de protección para las viviendas en adobe contra las afectaciones que se ven sometidas por humedad.

Pregunta problema

¿Cómo elaborar un impermeabilizante natural con cascarilla de arroz para muros en adobe?

Justificación

El proyecto surge a partir de la idea de crear un impermeabilizante natural el cual genere un menor impacto ambiental y reduzca la huella de carbono al hacer uso de residuos naturales y no de compuestos y sustancias tóxicas muy contaminantes para el ambiente producidas por el petróleo, polímeros, poliuretano, resinas acrílicas, piedra caliza, polietileno, etc.

Para la aplicabilidad y alcance del proyecto inicialmente se enfoca en la impermeabilización de los muros en adobe, teniendo en cuenta que las viviendas vernáculas en tierra se caracterizan por sus principios de conservación, sostenibilidad, ecología al aplicar recursos naturales disminuyendo costos económicos gracias a su construcción de forma artesanal con materia prima presente en lugar donde se desarrolla, sin embargo estos sistemas presentan lesiones físicas principalmente en las fachadas por los efectos y cambios climáticos generando humedad que se evidencia en la morfología del material, a cabo de esto se plantea realizar un impermeabilizante natural como protección de las afectaciones climáticas y mitigar las lesiones patológicas que se presentan en el adobe.

La industria colombiana se destaca en la producción de arroz, la cual anualmente es de 400.000 toneladas según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]; del

anterior se genera la cascarilla que protege el grano de arroz, desecho de difícil biodegradación y no es aprovechado del todo presentando así mismo problemas en su almacenamiento, al hecho de acumularse y la única solución en muchos casos es el de arrojarlos a cuerpos de agua impactando al medio ambiente. Por tal razón se busca aprovechar los beneficios de este residuo para aportar en la reducción del impacto ambiental que puede ocasionarse por la acumulación y la mala disposición final que se le da a los desechos naturales. En conclusión surge la idea de realizar un impermeabilizante de fácil obtención, producción y aplicación disminuyendo costos y la contaminación del ambiente.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Crear un impermeabilizante natural con cascarilla de arroz para muros vernáculos en adobe.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar las propiedades y beneficios de la cascarilla de arroz.
- Definir las cantidades y materiales para la dosificación adecuada del impermeabilizante de conformidad con los resultados obtenidos en las pruebas.
- Analizar las reacciones y comparar las diferentes dosificaciones del impermeabilizante aplicado a los prototipos.

2 Marco teórico

El marco se plantea inicialmente por la investigación de los materiales y recursos a utilizar alusivos a la temática del trabajo que serán de gran ayuda para identificar, clarificar y obtener información valiosa para la ejecución y metodología del proyecto y lograr el objetivo principal de crear un impermeabilizante para la protección de adobe con el aprovechamiento de residuos naturales.

2.1 La cascarilla de arroz



Figura 1 Cascarilla de arroz. Elaboración propia.

Es un residuo orgánico que protege y envuelve al grano, clasificado como un subproducto derivado de la actividad arrocera empleada en múltiples ocupaciones del sector agropecuario como lo son: camas avícolas, floricultura, concentrados para animales y suplentes de combustibles fósiles. Poco a poco se ha transformado como alternativa atrayente en el sector de la construcción

debido a que posee buena cantidad propiedades ideales para elementos que exigen resistencia, durabilidad, elasticidad y así mismo se beneficia económicamente, ecológicamente y de buena calidad para los elementos constructivos.



Figura 2 Producción de arroz. Tomado de Arroceros del Huila

Alienergy (2010) menciona que mediante la unión comercial con ROA y FLORHUILA se cuenta con la accesibilidad de la cascarilla en sus múltiples molinos de arroz ubicados en el Tolima, Huila, Meta y Casanare. Se es comercializada la actividad de recolección de este residuo para darle buen uso en el aprovechar la demanda de las industrias que la solicitan en varias presentaciones como en pacas, cruza y quemada.

El terreno sembrado de arroz mecanizado en el segundo semestre del año 2015 fue de 295.971 hectáreas, para un total producido de 1.558.000 toneladas de arroz y en el primer semestre del 2019 se realizó el cálculo de 352.850 hectáreas de siembra y la cosecha de arroz aumentó a comparación del primer semestre del 2018 unas 19.072 hectáreas según el censo del presente año.

El consumo de arroz se promedia en 41.60 kilogramos, quiere decir que en Colombia se consume 2.011 millones de kilogramos de arroz (Federación Nacional de Arroceros y DANE). Un 20% del anterior pertenece a la cascarilla de arroz, un desecho generado a partir de ese cultivo. Se obtiene por medio de este producto un 90% de sílice considerado un tejido vegetal alternativo para las aplicaciones en el sector de la construcción y también por sus cualidades **puzolánicas**. Se caracteriza “La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero” (Novoa, Becerra, y Vásquez 2016, p.1). Agregada inicialmente por celulosa, hemicelulosa y lignina; contiene propiedades resistentes a la absorción y reducción de permeabilidad según el estudio realizado por los estudiantes anteriormente mencionados.

Producción arrocera en Colombia 2018 - 2019

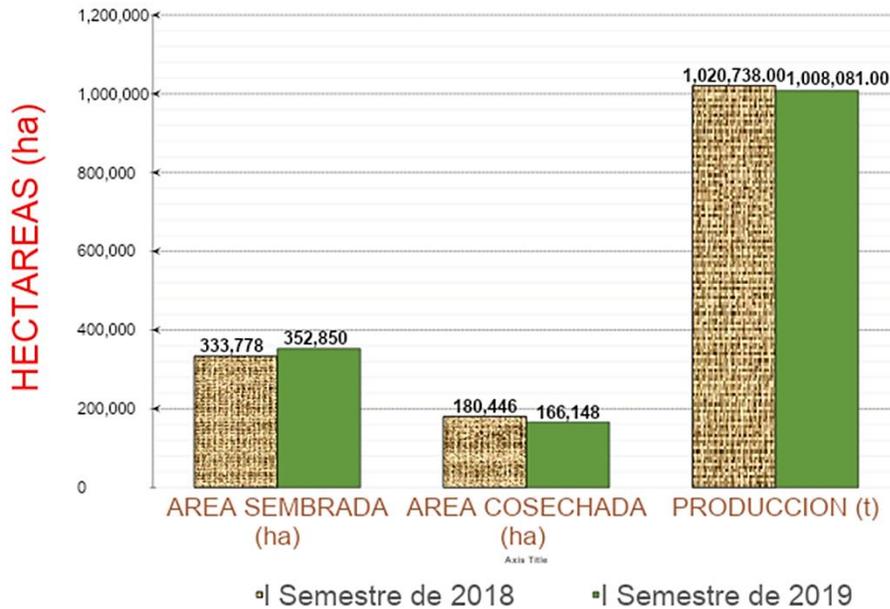


Figura 3 Censo producción arrocera en Colombia 2018-2019. Adaptado de Departamento Administrativo Nacional de estadística

Stulz y Mukerji (1997) consideran las puzolanas como materiales naturales o artificiales que poseen propiedades de sílice y alúmina que al momento de realizar una mezcla se endurecen en temperaturas normales debido a que previamente son molidas de forma muy fina y mezcladas con cal. Pueden sustituir el cemento portland de un quince por ciento a un cuarenta por ciento sin disminuir la resistencia del concreto.

En general los materiales puzolánicos son subproductos de tratamientos industriales o agrícolas, que son elaborados en grandes cantidades y siguen sin aprovecharse estableciendo una preocupación por el desperdicio del mismo. Por lo anterior se argumenta el aumento de la utilización de estos materiales que aportan en el ahorro de gastos y energías, mitigando la contaminación ambiental y en diferentes casos, enriquecen la calidad del producto final.



Figura 4 Puzolana, subproducto de tratamiento agrícola. Cascarilla de arroz quemada. Elaboración propia

Tal como expresan Mukerji y Stulz (1997), en las generalidades de las puzolanas:

La combustión de los residuos agrícolas elimina la materia orgánica y, en la mayoría de los casos, produce una ceniza rica en sílice. De los residuos agrícolas comunes, las cáscaras de arroz producen la ceniza de mayor cantidad (también llamado horno Paddy) - alrededor del 20% del peso - que también tiene el mayor contenido de sílice - alrededor del 93% del peso. Es su gran contenido de sílice lo que le da a la ceniza sus propiedades puzolánicas (párr. 34).

Sin embargo, sólo la sílice amorfa (no cristalino) posee estas propiedades, es por esta razón que la temperatura y duración de la combustión son importantes en la producción de la ceniza de cáscara de arroz (RHA). La sílice amorfa se obtiene quemando la ceniza a una temperatura menor de 700°C. Una combustión sin control de las cáscaras de arroz, ejemplo cuando son usadas como combustible o quemada en un montón, generalmente a temperaturas mayores de 800°C, genera la cristalización de la sílice, que es menos reactiva (párr. 35).

La ceniza de cascarilla de arroz permite reemplazar hasta un treinta por ciento del cemento de mortero o concreto. Por lo anterior logra ser compuesta con 30 a 50% de cal hidratada para ser aplicada como cemento en morteros, enlucidos y concreto en masa (Stulz y Mukerji, 1997).

Por sus propiedades la cascarilla tiene una gran capacidad para la solución de problemáticas y reemplazo de las materias básicas por lo que la hacen una opción viable y ecológica.

2.2 Sistemas de impermeabilización

De Arkitektura (2011) menciona la vida útil de toda edificación necesita de que se conserve de las afectaciones climáticas como: calor, frío, lluvia y en algunos lugares la nieve, los anteriores son factores que ocasionan daños en los muros y losas, el problema empeora todavía más al filtrarse agua por entre el concreto. Este problema es uno de los más comunes en las losas, que a diferencia de los muros aparecen en ubicación horizontal, lo que provoca que el agua escurra con gran dificultad y peor también si al instante de la construcción no se le suministró una pendiente adecuada. Todo esto ocasiona que el agua se encharque y aparezcan filtraciones.

Fundamentalmente un impermeabilizante es una sustancia que detiene el agua y se pueden encontrar en una gran variedad de productos que favorecen a eliminar este problema y ampliar la vida útil de la vivienda o edificación.

Se afirma también que "En el ramo de la construcción, los impermeabilizantes son un producto fundamental para el mantenimiento de las obras" Adame (s.f) citado por Arias (2013, pàrr. 2).

2.2.1 Tipos de impermeabilizantes

De la Rosa (2013) clasifica la variedad de impermeabilizantes para cada tipo de problema y de clima como lo son:

Asfálticos: Son los más utilizados, igualmente con diversas aplicaciones a la variedad de necesidades como climáticas, estructurales, decorativas y de resistencia. Poseen gran adherencia, durabilidad, fácil aplicación, resistentes a los rayos UV y humos industriales.

Acrílicos: Ideal para todas las estructuras secas, recubrimientos pétreos, lugares bajo inmersión y aplicables en la totalidad de climas con gran durabilidad a comparación del asfáltico sobre agua.

Prefabricados: Asfaltos transformados en función a la resistencia y durabilidad reduciendo el tiempo para construcción de la obra aprovechando recursos. Aplicados en la mayoría de las necesidades de impermeabilización. Ejemplo: (Coverply y vitroplay).

Integrales: Adicionados al concreto y al mortero evitando la penetración por capilaridad brindando propiedades plastificantes e impermeabilizantes resistentes a la humedad.

Para estructuras metálicas: Mezcla asfáltica emulsionada con elastómeros aplicado como revestimiento impermeable en frío, sin membrana adicional, ideal para muros, recomendado en clima frío y templado de gran elasticidad y resistencia.

Los sistemas de impermeabilización se catalogan según el elemento o zona a impermeabilizar:

1. Cubierta Plana
2. Cubierta Inclínada
3. Cimentaciones, muros y soleras.

4. Zonas húmedas y jardineras
5. Estructura de obras civiles

Según lo aclarado anteriormente, en el siguiente párrafo se expone la temática enfatizada en la impermeabilización de muros y así identificar los diferentes sistemas aplicados como protección.

2.2.2 Impermeabilización de muros



Figura 5 Impermeabilización de muros. Tomado de Impermeabilizaciones Económicas

De la misma forma que se presentan filtraciones por las cubiertas, también se pueden encontrar en los muros; surgen comúnmente por la humedad del suelo, la incidencia pluvial del lugar, la variedad de líquidos que circulan en las tuberías de la edificación e incluso aun por los errores de impermeabilización aplicados en las fachadas.

Para hacer la respectiva reparación de dichas filtraciones desarrolladas se debe actuar con tiempo y precisión para luego no tener problemas estructurales por dejar correr la humedad en el lugar, puesto que si no se corrige, la filtración se traslada hacia los lados

Tal como aclara Construmatica (s.f.) en la categoría de sistemas de impermeabilización de muros:

Impermeabilización de muro con humedad por capilaridad

Se hace la aplicación de una banda autoadhesiva precedente de la imprimación asfáltica con una cantidad mínima de 300 gr. por m² y la disposición de lámina bituminosa en forma de banda autoadhesiva con armadura de PE y de 2 mm de espesor intercalada en la estructura del muro al ancho de la capa del mortero.

Impermeabilización de muro con humedad directa o bajo nivel freático

Humedad directa baja:

- Se protege la cara externa del muro con una capa asfáltica protectora transformada con caucho en cantidad de 500 gr por m².
- Capa drenante de polietileno de alta densidad fijada mecánicamente, ubicando el geotextil en el muro y parte del terreno.
- En caso de los aislamientos térmicos va posteriormente de la lámina asfáltica y previamente del drenante.

Humedad directa alta:

- Se protegen la cara externa de los muros, establecida por el empleo de una membrana adhesiva asfáltica con una cantidad de 300 gr por m².
- Lámina asfáltica autoadhesiva de betún variado con polímeros y remate superior de polietileno coextrusionado.
- Capa de desagüe en polietileno fijada mecánicamente en la parte superficial.

Nivel freático:

- Empleo de membrana doble adherida compuesta por imprimación previa asfáltica con una cantidad mínima de 300 gr por m², dos láminas asfálticas adherentes de betún variado con polímeros y remate superior de polietileno coextrusionado.

2.2.3 Desventajas según los impermeabilizantes

Poliuretano:

- Corta vida.
- Emisión de olores y humos.
- Producto derivado del petróleo y de los gases que provocan problemas físicos convirtiéndose en irritantes.
- La espuma de poliuretano emite humos muy tóxicos si se incendia.

Acrílicos:

- Se desprenden fácilmente por la intemperización.

- No se recomienda para piscinas.
- Incompatibilidad con impermeabilizantes asfálticos.
- No se debe emplear bajo los rayos del sol.

Integrales:

- No es recomendable en clima frío.
- No se recomienda su uso en amenazas de lluvia.
- Evitar el contacto con los ojos y la piel.
- Tóxico por ingestión e inhalación.

Asfálticos:

- Proceso complicado de instalación. (Se requiere mano especializada).
- Se debe hacer una buena inversión en los rollos.
- Se pueden presentar problemas en la superficie a trabajar, puesto que no todas poseen los requerimientos para adherir el manto.

Cementante:

- Inconsistencias a las grietas y deformaciones.
- Cuando aparecen grietas sobre la capa debe eliminarse por completo y aplicarlo nuevamente.
- Sin aditivos se agrieta prontamente.
- No es recomendable para terrazas.
- No se debe emplear bajo los rayos del sol.

- No se aplica a temperaturas inferiores de 5°C.

Cristalización capilar:

- Los aditivos aplicados son muy costosos.
- Gracias a su ágil fraguado y endurecimiento se necesita de mano de obra especializada.

2.3 El Adobe



Figura 6 Adobe. Prototipos del proyecto. Elaboración propia

La ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA - AIS (s.f) define el adobe como una técnica constructiva tradicional que consiste en elementos macizos de barro sin cocer; se presentan en varias dimensiones entre las más conocidas desde 30cm de largo x 15 cm de ancho y 7cm de alto hasta las de 40cm de largo x 20cm de ancho y 10cm de alto.

Se fabrican con barro húmedo en moldes o “adoberas” con las dimensiones previamente planteadas; luego de un par de días de secado se desmoldan y se dejan secar a la intemperie por unos quince a treinta días sin la influencia directa del sol. Cabe mencionar que al adicionar materiales naturales como las fibras, paja y estiércol de caballo mejora las condiciones.

Las viviendas en adobe manifiestan comúnmente unas características constructivas que amplían las vulnerabilidades sísmicas estructurales. A causa de la antigüedad de estas viviendas y por el desgaste de las características mecánicas de los materiales provocan que en el caso de un sismo, su capacidad de resistirlo sea reducida; por lo cual se determina intervenir y así reducir los daños en la estructura por dichos sismos.

2.3.1 Vulnerabilidades sísmicas

Uno de los factores principales es que aportan en el aumento a la vulnerabilidad sísmica del adobe tal como se expone en el manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS] (s.f) son:

Protección contra la humedad

La falta de sobrecimientos en los muros de adobe y tapia favorece que se presenten humedades en la zona inferior de los muros por capilaridad. Esta humedad tiende a deteriorar los materiales con el paso del tiempo.

La presencia de aleros cortos o deficiencias en el pañete aumentan la probabilidad que el agua lluvia penetre en el muro, generando socavación y erosión de los

materiales, lo cual facilita la presencia de agrietamientos y disminuye la resistencia del sistema estructural (p. 45).

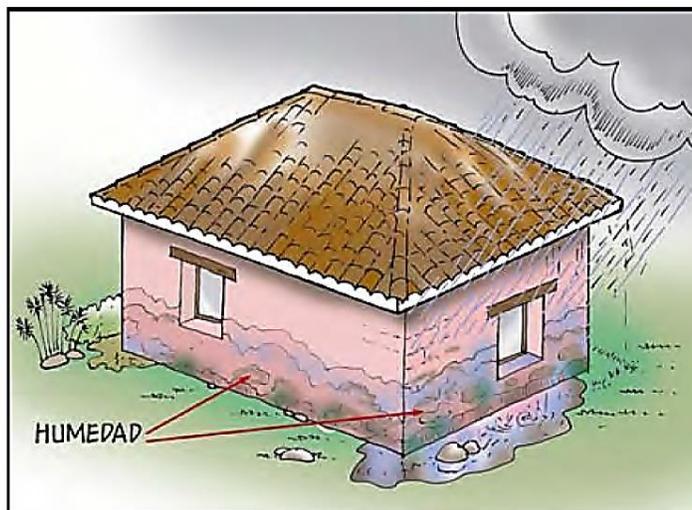


Figura 7 Humedad en el adobe. Humedad por capilaridad y penetración en el muro por aleros cortos. Tomado de Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada

Recubrimiento de muros

Cuando los pañetes de los muros de fachada tienen muy poco contenido de cal presentan desmoronamiento, lo cual los hace susceptibles a deteriorarse por los factores climáticos.

El uso de pañetes de cemento o materiales no tradicionales, genera un bloqueo del frente de evaporación del muro, lo cual disminuye la cohesión entre las partículas de suelo que conforman el muro. Esto induce pérdida en la capacidad portante y disminución de la vida útil de las edificaciones de adobe y tapia pisada (p.46).



Figura 8 Pérdida de recubrimiento en muros. Tomado de Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada

2.4 Sábila (Aloe Vera)



Figura 9 Mata de Sábila. Elaboración propia

Ramírez G. (2003) define la sábila como una planta herbácea, aparece inicialmente en África, cultivada en un tipo de suelo arenoso que durante la cosecha anual, se tajan sus hojas más

pequeñas, físicamente constituida por un tallo vegetativo, con paredes gruesas, carnosas, con espinas y raíces, de color verde. Contiene en su interior una pulpa cristalina babosa muy nutritiva.

2.4.1 Usos y aplicaciones

Entre sus usos principales es la aplicación para protección general de la piel, manchas, bloqueo de los rayos solares, humectación, cicatrización y otros. También para ser consumida como antitóxico, antimicrobiano, enfermedades venéreas, remediar alergias, antiviral, reforzar el sistema inmunológico y demás síntomas generales.

E.F.P Ingeniería Civil (s.f.) expone los componentes químicos como el calcio, potasio, sílice, sodio, hierro, aluminio, magnesio, entre otros. Además las firmas que posee, funcionan para reforzar polímeros y materiales para construcción como el cremento, sus propiedades comprimen al cemento y lo hace impermeable.

Otra aplicación en construcción se puede reflejar con buenos comportamientos como aditivo en las mezclas con agua para el cemento Portland, para restauración, mejorador de propiedades mecánicas, retardante para las mezclas y prevenir el agrietamiento. También visto desarrollar una pintura natural adicionada con agua, cal y sal.

Dadas las características anteriores, la sábila se toma como referente y aditivo para el impermeabilizante a realizar en este proyecto, mejorando las propiedades de la mezcla.

3 Marco Referencial

Desarrollo de recubrimiento natural Nopal para fachadas en adobe de la candelaria

Se destaca la metodología de investigación desarrollada por Pinzón y Benítez (2018), plantearon inicialmente en su proyecto la investigación sobre la humedad en las construcciones en tierra, en la que determinaron el Nopal como material natural utilizado para impermeabilizar, de la cual toman la idea, para realizar la comparación y la posible aplicación a las construcciones antiguas en tierra en el sector de la Candelaria, Bogotá previamente después de realizar un seguimiento fotográfico y análisis patológicos de estas viviendas.

Enfocándose como objetivo principal “Mejorar las condiciones del pañete para contrarrestar la humedad en las viviendas en adobe de la candelaria a partir de la utilización del Nopal” (p. 14).

Aplicaron el método cuantitativo y cualitativo: Mediante la recopilación y análisis de la información en estudios estadísticos, clases de impermeabilizantes y patologías del lugar estudiado en la investigación.

La investigación se diseñó por:

1. “La clasificación de las patologías que sufre la edificación en adobe del sector de la candelaria”.
2. “ Los tipos de material que se emplean en el mantenimiento de las viviendas”
(p. 40).

El análisis de datos se dirigió al sector de la candelaria requerido a su gran construcción vernácula en el sector.



Figura 10 Viviendas en adobe de la candelaria.
Diagrama Adaptado de Repositorio institucional Universidad La Gran Colombia.

Los estudiantes compararon según el resultado del estudio del DANE en el año 2005 el cual aclara que las casas indígenas son un 23,5% sistemas constructivos en Adobe, Bahareque, Tapias pisadas con el realizado para octubre del 2018 el 16% son viviendas en adobe.

Se aclara el concepto de patología como análisis físicos o mecánicos evaluadas a las viviendas, se evidencian como fisuras, grietas, moho y demás, mediado que este proyecto se enfoca a la humedad como daño físico en las construcciones de tierra gracias a la lluvia, condensación, capilaridad, etc. Aplican las posibles soluciones a estas afectaciones.

Deterioros en viviendas de adobe: (Resumen de la tabla 2 tipos de deterioro (Pinzón y Benítez, p 42)

Físico: Desprendimiento, desgaste, erosión (36%)

Mecánicos: Fisura, abombamiento de muro, grietas (24%)

Biológicos: Hongos (2%)

Otros: Manchas negras, blancas y de color (4%)

Concluyen que “El 14% de la viviendas en adobe se ven afectadas por la humedad filtrada por los elevados índices de lluvia que provocan un desprendimiento del material”

En la siguiente imagen se evidencia una de las patologías por humedad en la candelaria.



Figura 11 Erosión de material en fachada y muro de la localidad la candelaria. Elaboración propia

Los estudiantes realizaron unos prototipos de adobe (muretes) para realizar las aplicaciones del material desarrollado en la investigación y así mismo facilitar los estudios, pruebas y ensayos para el análisis de la reacción final del producto.



Figura 12 Elaboración de 9 muretes de adobe de 40 x 40. Tomado de Repositorio institucional Universidad La Gran Colombia

Ensayos de laboratorio aplicados:

1. Se adaptaron los prototipos para realizar el ensayo de prueba de goteo.
2. Análisis de resultados de absorción de humedad de nopal sin curar
3. Análisis de resultados de absorción de humedad de nopal con 3 días de curado
4. Análisis de resultados de absorción de humedad de nopal con 8 días de curado

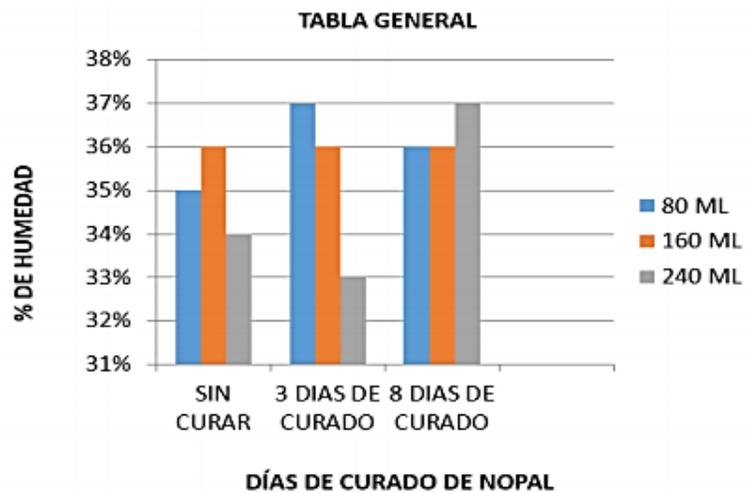


Figura 13 Diagrama de barras, Resultados finales tras pruebas de ensayo comparativo entre las mezclas. Tomado de Repositorio institucional Universidad La Gran Colombia

Gracias a los prototipos, implementaron las tablas de cantidades requeridas para la elaboración de la mezcla final que luego es aplicada a los mismos prototipos alcanzando resultados notorios a través del tiempo para el curado del nopal, sometidos después a pruebas y estudios de laboratorio para así mismo verificar la absorción de humedad de la mezcla compuesta inicialmente propuesta, a lo anterior el mejor grado de absorción del nopal fue el sin curado osciló entre el 33% y 34% a comparación de las demás dosificaciones expuestos en los días de curado. (Pinzón y Benítez, 2018).

Se tomó de referente el anterior proyecto de grado de la universidad por la metodología aplicada y la elaboración de los prototipos porque ayudaron a una buena ejecución y demostración de la función del producto y concluir de manera justificada la propuesta.

Estudio preliminar de la pirolisis de la cascarilla de arroz para la obtención de combustibles

En las siguientes tablas y datos mencionados del presente referente se destacan los valores cuantitativamente y en porcentajes, de las propiedades, producción y generación de la cascarilla de arroz en el país según el estudio realizado. Beneficiando así mismo el conocer las ventajas que posee este residuo, adicionando información importante para esta investigación trabajo.

Tabla 1 Composición química de la cascarilla de arroz.

ELEMENTO	% DE PESO
Carbono (C)	39 a 42
Oxígeno (O)	32 a 34
Minerales (ceniza)	14 a 24
Hidrogeno (H)	4 a 5
Nitrógeno (N)	0.3 a 2

Nota: Adaptado de Repositorio Universidad de los Andes

Según García, J. (2007) destaca la generación en Colombia del proceso de molinería de arroz paddy es regulado y respaldado por INDUARROZ. En el año 2003 estimó la producción de 511.531 toneladas de cascarilla de arroz al año generados en (Casanare, Huila, Tolima y Meta).

Tabla 2 Generación de cascarilla de arroz

2003	Semestre (A) Ton.	Semestre (B) Ton.	Total (Ton/año)
Casanare	17.076	76.473	93.549
Huila	18.678	20.714	39.393
Meta	14.732	86.595	101.327
Tolima	64.443	75.190	139.632
Otros DPTOS	60.920	76.710	137.631

Total	175.849	335.682	511.531
-------	---------	---------	---------

Nota: Adaptado de Repositorio Universidad de los Andes

Adicionalmente expone:

- La cascarilla de arroz contiene fibra y vitamina.
- La composición química IGAC de la cascarilla posee azufre (s) contenida por 0.06% de peso.
- Posee alto contenido de carbono seguido del hidrógeno y el nitrógeno.
- Por otro lado, la cascarilla al ser un residuo agrícola contiene un alto porcentaje de celulosa entre (37%-44%).

**Silla urbana en argamasa cementante con cascarilla de arroz quemada al 100%
sustituyendo el 20% de cemento**

La temática central del proyecto presentado por (Benítez y Muñoz, 2016) se ve enfocada en la aplicación de la cascarilla de arroz quemada para la creación de una mezcla clasificada como argamasa cementante, para luego construir una silla urbana reemplazando una cierta cantidad de cemento.

En el desarrollo de este proyecto fueron realizadas varias mezclas con diferentes dosificaciones, consistían entre menos a mayor porcentaje de la cascarilla quemada, mezclada uniformemente con el cemento. Depositadas luego en los tubos para muestras de concreto,

permitiéndoles secar, y tiempo después desmoldadas para ser analizadas con pruebas de laboratorio; una de ellas es la inmersión de los dados en agua sumergidos por 24 horas, a fin de llevarlos a los últimos ensayos de resistencia a la compresión, de igual forma para adquirir y analizar los diferentes resultados de las muestras con diversas proporciones de materiales para la argamasa.

De los resultados anteriormente mencionados, Diana y John afirman en su investigación, que al hacer uso del material no biodegradable proveniente de la industria arroceras en colombiana como lo es la cascarilla de arroz, se clasifica conforme a materia prima de buena calidad y de fácil acceso. De tal forma es una gran opción para emplearla en la construcción, considerándose incluso por una alternativa de bajo costo, puesto que al construir con el 100% de cemento es más costoso y el material si es compatible con el concreto, dado que reemplaza correctamente el 20% de cemento por el 100% de la cascarilla de arroz quemada demostrado en la construcción del mobiliario urbano.

Este proyecto refleja buenos resultados constructivos y ecológicos, debido a que la elaboración de productos a partir de materiales naturales son capaces de resistir a los impactos del entorno y comprometiéndose aun con la sociedad al contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Se destaca de la investigación que no ignoran el valor económico, puesto que resaltan los precios de la cascarilla de arroz y el cemento para compararlos entre sí, de tal forma demostrar los detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3 Comparación de precios cascarilla de arroz y cemento

Material	Presentación Kg por bulto	Precio por bulto	Precio por Kg
Cemento	17.076	76.473	93.549
Cascarilla quemada al 100%	18.678	20.714	39.393

Nota: Adaptado de Repositorio institucional Universidad La Gran Colombia

De la tabla realizada por Diana y John se evidencia que el costo de la cascarilla es menor del 50% de lo que vale el cemento, por esto se puede inferir que económicamente es más factible utilizar la cascarilla quemada, para remplazar cierto porcentaje de cemento y no preparar la mezcla completamente con el cemento. Por todo lo anterior económicamente mencionado, los resultados obtenidos y las pruebas realizadas se toma como referente para el desarrollo y guía de la presente investigación.

Diseño preliminar de impermeabilización en edificaciones para el futuro desarrollo de un manual técnico

Este proyecto realizado por Tique, Gaitán y Barriga (2015) estudiantes de la facultad de ingeniería civil, investigaron de manera técnica toda la información factible de los sistemas de impermeabilización de viviendas, recopilando esa información esencial para el desarrollo del proyecto.

Su base de apoyo consistió en la información suministrada por las empresas encargadas de la venta y producción de productos sintéticos que dan solución a los problemas de humedad; con ello dan a conocer el debido proceso que cada quien como constructor debe acatar para construir una estructura de calidad, protegida de las acciones naturales y antrópicas a las que se ven sometidas. Además de esto, el proyecto nos muestra las consecuencias (daños) que se producen por la falta de una buena impermeabilización ya sea por error del proceso o falta de conocimiento.

En las edificaciones se presentan varias humedades que claramente son evidenciadas comúnmente a causa del nivel freático, por la condensación y filtración. Lo anterior ocurre por la falta de conocimiento de estos estos fenómenos, al ignorar esta problemática y no poner en marcha un sistema de prevención para contrarrestar dichas humedades, se entiende totalmente la obligación de proceder a una reparación para socorrer los problemas mencionados; teniendo en cuenta que al no ejecutarse en lo más pronto posible, el problema aumentara consiguiendo perjudicar la salud de quienes habitan allí.

Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería

Este proyecto busca replantear los sistemas constructivos en cuanto la utilización de materiales industriales y reemplazarlos con materiales más ecológicos, satisfaciendo las necesidades de materiales para el sector más vulnerable de la sociedad, sin dejar a un lado los

requerimientos técnicos de seguridad y confort que exigen las normas de construcción para dicho país.

Se recalca la necesidad de combatir contra la huella de carbono que genera la construcción y es considerada una de las más contaminantes para el planeta. Para proponer una solución, la tesis toma el uso de la cascarilla de arroz, un residuo agrícola que ayudaría a reducir los impactos ambientales ocasionados por la construcción.

Tabla 4 Características físicas - Cascarilla de arroz

Parámetro	Valor
Peso específico (g/cm ³)	0.78
Peso unitario suelto (Kg/m ³)	133.0
Peso unitario compactado (Kg/m ³)	145.0

Nota: Adaptado de Biblioteca Universidad de San Carlos de Guatemala

En la tabla anterior se muestran los valores indagados por Giancarlo, posteriormente plasmados en la investigación, se cita la anterior para tener el conocimiento en cuanto al peso de la cascarilla de arroz en diferentes parámetros, fortaleciendo así mismo, los valores técnicos sobre este residuo orgánico.

Esta investigación valora el aprovechamiento de la cascarilla de arroz como compuesto orgánico en morteros de mampostería y acabados, dados los beneficios que ofrece este residuo

agrícola evaluado en otros países, beneficia otras actividades en construcción, teniendo en cuenta que no se quiere afectar su resistencia.

Por lo anterior en el desarrollo metodológico, se fabricaron diversos morteros con distintas dosificaciones de la cáscara de arroz de acuerdo con los métodos y especificaciones de las normas técnicas aprovechables, para finalmente ser llevados al laboratorio y ejecutar los ensayos de granulometría, consistencia, retención de agua, resistencia, adherencia, aislamientos térmicos y permeabilidad.

Tras el ensayo del contenido de humedad y absorción, el investigador sugiere considerar en el momento del diseño de las mezclas, la cantidad de material utilizado de cascara de arroz porque puede provocar porosidad al instante de ser combinada con agua los capilares de la cascara de arroz la absorben, afectando tiempo después la durabilidad de la misma, teniendo en cuenta también que a mayor cantidad de cascarilla, mayor será la aplicación de agua, por lo tanto es importante determinar un término medio en el uso del material (Chur, 2010).

El interés sobre este trabajo se basa en la información que obtiene el documento acerca de la composición física y química de la cascarilla de arroz, métodos de procedimientos y ensayos, obteniendo información valiosa para el proyecto ya que abarca datos específicos de este material en diversos estados y campos en cuanto su uso, aplicación y clasificación entre otros, ayudando a conocer específicamente el material a trabajar.

La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero

En este documento se trabajó el estudio de la ceniza de arroz por su tamaño de partícula era el adecuado como un agregado fino para mortero para uso de baldosas (pisos) debido a su composición química su estudio va desde la fluidez y resistencia a tracción reemplazando la arena desde el 5% hasta el 25% con ello vemos que la ceniza arroz ayudaría a disminuir la explotación de arena y veríamos una significativa reducción de daño a los ríos y cuerpos acuáticos dando una opción ecológica.

Mediante el ensayo granulométrico realizado, se determinó que el módulo de finura para la cascarilla es de 1,64. Agregando a lo anterior se establece que la ceniza de cascarilla de arroz posee una cantidad superior de gruesos y por tanto debe ser regulada la granulometría de la ceniza.

Según Batic, Giaccio, Zerbino e Isaia G (2010),

Otras investigaciones [6] han empleado este residuo como material puzolánico para reemplazar parcialmente el cemento, realizando una molienda para obtener un tamaño de partícula semejante e incorporando a las mezclas agregados gruesos y finos con fines estructurales. (Citado por Novoa, Becerra, y Vásquez, 2016, p. 2-3)

Este referente se toma por los datos y estudios elaborados a la cascarilla de arroz en su estado incinerado (ceniza) y aportando datos de composición física y química de dicho material resaltando los estudios mecánicos que se elaboraron, expuestos en la parte inicial de este referente, con ello todos los resultados se utilizaran para apoyar la investigación del impermeabilizante de ceniza de cascarilla de arroz.

Influencia del porcentaje de micro sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y peso unitario de un concreto mejorado

Este documento principalmente evaluó el porcentaje adecuado de micro sílice que se sustraía a partir de la ceniza la cascarilla de arroz adicionada en la mezcla de mortero en sus estados de inicio y fin para obtener la cantidad idónea de ceniza en cada mezcla de preparación de mortero.

Utilizando una metodología investigativa y científica recolectando y aportando datos de las propiedades de la ceniza de la cascarilla de arroz.

Para obtener la micro sílice a partir de la cascarilla de arroz se tuvo primero que calcinar la cascarilla de arroz en un horno a gas a una temperatura entre los 400° y 600 °C, luego obtenida la ceniza se procedió a colocarla en un molino a mano con la finalidad de reducir el tamaño de la ceniza, posteriormente se colocó la ceniza en un molino de bolas y finalmente para obtener un tamaño micro se tamizó la ceniza en la malla n°325 (0.045) y n° 400 (0.03 mm). Así fue como se obtuvo la micro sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz (Huaroc, 2017, p. 9).

Anita resalta los resultados de su investigación por la ceniza, señala la máxima resistencia es de 376 Kg/cm² al 6% adicionando ceniza en un 27%. Para el asentamiento conto con el 6% adicionado obteniendo una mezcla de calidad, plástica y manejable. En la absorción se llevó en un 6% adicionando el concreto obtuvo baja absorción, y por último el mejor peso unitario del concreto dio un 6% adicionando ceniza.

El referente se utiliza como apoyo en cuanto a la metodología de obtención de ceniza, la obtención de micro sílice de la cascarilla de arroz para dar soporte del estudio de métodos anteriores, con ello evidenciar un riguroso seguimiento en cuanto a fases de la metodología.

Desarrollo de una manta para impermeabilización de cubiertas usando desechos de construcción y materiales naturales

Trujillo (2018) dispone como objeto del proyecto la elaboración de una manta impermeabilizante, beneficiándose del desperdicio de piedra originado de las obras en un estado de polvo, combinadas con fibras y látex natural estabilizado, para diferentes tipos de cubiertas con el fin de contribuir positivamente al medio ambiente.

Sus objetivos van ligados a la elaboración de la manta, describir los elementos utilizados, las pruebas a la manta y a los materiales usados, describir la calidad del producto, proporciones, mezclas, que fueron empleados para su desarrollo y análisis de la viabilidad para ser aplicadas en las cubiertas, de la misma manera comparar los otros productos en competencia con el que se propone. Lo anterior se apoya como estructura de la monografía del proyecto, centrándose en un enfoque ecológico con lo que quieren contribuir a la huella ecológica.

Para la metodología, el proyecto ejecutó una metodología de estudio sistemático, con numerosas pruebas de laboratorio para medir cada factor de composición y características de la manta impermeabilizante con calidad certificada, El método utilizado es el experimental, explicativo, descriptivo y analítico.

El uso de referentes como este se hace para la estructuración de la metodología, comparando objetivos y resultados para la conclusión de enfoques similares y apoyo en el paso a paso.

Influencia de la humedad en el deterioro de las viviendas del barrio obrero de la ciudad de Puyo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza

Ortiz (2011) se enfocó como objeto del trabajo, estudiar generalmente las dificultades causadas por la humedad en las edificaciones del barrio obrero en la ciudades de Puyo, cantón Pastaza, Provincia de Pastaza. Determinado los orígenes de la humedad, estudiar los elementos que rodean las viviendas del proyecto, identificar el estado en que se sitúan y así mismo plantear las soluciones oportunas y necesarias para los problemas descubiertos.

Metodológicamente la investigación se direcciono a brindar soluciones y aclarar las dudas en los moradores del lugar sobre la humedad que se desarrolla en diferentes sitios de las viviendas del barrio Obrero, la que cada día de igual manera va perjudicando el estado de vida del lugar y sus habitantes.

El proyecto de investigación se desarrolló en campo con un enfoque cuantitativo y cualitativo, obligado a que se implementaran ensayos de laboratorio, sin embargo de la misma forma se hicieron observaciones en campo que les facilito a verificar la condición de las viviendas estudiadas.

Esta investigación colabora con estructura a la metodología del proyecto con el enfoque cuantitativo y cualitativo da idea de cómo llevar el proyecto en orden a los datos obtenidos, se toma como guía también para estructural el presente proyecto.

Ensayo de absorción para tubos de concreto simple, concreto reforzado y gres

El siguiente referente se toma por el método de pruebas de laboratorio, puesto que son necesarias para culminar y probar las propuesta del proyecto, brindando de igual forma, verificar los sistemas de impermeabilización sometidos a las pruebas de inmersión, inundación y comprobación de que sigue resistiendo el materiales expuesto para el laboratorio.

El presente ensayo de Normas y Especificaciones INVIAS (2012) I.N.V.E – 602- 07, consiste en establecer el peso que aumenta la muestra de una pared extraída después de inmersión en agua, determinando el porcentaje de absorción de la muestra cuando se desarrolla el respectivo ensayo en los dos procedimientos. Se referencia porque puede ser guía para los ensayos de la presente investigación, verificar así mismo que tanto impermeabiliza el proyecto mediante la determinación del porcentaje de absorción de las muestras.

Originalmente se clasifica por control de calidad para comprobar los tubos de muestra, cumplan con los límites de absorción posteriormente especificados. Se divide en dos tipos de muestras:

La primera, (Método A), dice que cada muestra debe tener una masa mínima de 0,1 Kg, resultantes del concreto reforzado, una área entre los 77cm² y los 129cm², para el caso del

concreto simple. Para el ensayo de absorción se necesita de 5 horas de ebullición de agua y entre 14 y 24 horas para dejarla enfriar en el agua. Las muestras son de la misma cantidad de los tubos utilizados en el ensayo de resistencia por tres apoyos.

La segunda. (Método B), infiere a las muestras para absorción, por tres núcleos de 38 mm de diámetro apropiados de los extremos y en la parte central del tubo. También se tiene en cuenta que se usan el mismo número de tubos utilizados en el ensayo de resistencia por la metodología de tres apoyos.

Para el secado de las muestras del método (A), se llevan a un horno mecánico, en una temperatura de 110°C, en un periodo no menor a 6 horas se realizan 2 pesajes sucesivos, se identifica una pérdida en peso no superior al 0.1% con el peso final. Las muestras cuyo espesor es igual o menor a 38 mm se secan en un periodo mínimo de 24 horas. En el caso del método (B), las muestras se secan en un periodo mínimo de 24 horas. Y finaliza pesándolas recién sean extraídos del horno.

Para la prueba de inmersión y ebullición, después del secado de 24 horas en el método (A), se llevan las muestras en un recipiente con agua pura en una temperatura de 10° a 24°C. Luego se deja calentar hasta que ebulle y se complete entre 1 y 2 horas como máximo, terminado lo anterior se permite ebullición por 5 horas más, finalizado el tiempo se detiene el calentamiento para dejarla enfriar en el mismo recipiente a temperatura ambiente en un periodo no mayor a 24 horas.

En el método (B), después de las 24 horas se ubican las muestras secas ya pesadas en un recipiente con agua pura en una temperatura de 10° a 24° C. El agua se calienta hasta que la muestra

ebulla entre 1 a 2 horas por mucho. Se permite ebulir por 3 horas y luego se deja enfriar dentro del agua por 3 horas a temperatura ambiente, facilitando el fluido del agua fría en el recipiente. Para que se enfié el agua se tiene en cuenta un máximo de 18°C.

Se concluye con el peso de las muestras, retirándolos del agua y llevándolos a una zona libre para escurrirse en 1 minuto. Se retira con un papel o paño el agua del exterior de la muestra para posteriormente pesar cada una. Si pesa menos de 1 Kg, se reconoce el peso con precisión del 0.1% y si pesa más de 1 Kg la precisión obliga a ser de 1g y se reconoce como peso húmedo.

Los resultados de absorción se obtienen de la muestras desarrollada, dividiendo el aumento en peso (húmeda – seca) después de contenerla al ensayo realizado, por el peso de la muestra seca en porcentaje.

$$A = ((W_h - W_s) / W_s) \times 100$$

A= % de absorción de las muestra

Wh= peso de la muestra húmeda

Ws= peso de la muestra seca.

4 Metodología

El proyecto se plantea con el método hipotético-deductivo de manera cuantitativa y cualitativa dimensionada a la investigación experimental, recopilando información, conceptos, propiedades y aplicaciones para definir las características físicas y químicas de los materiales a estudiar para fortalecer la hipótesis.

4.1 Fases de la metodología

- Análisis e investigación de las propiedades y aplicaciones de la cascarilla de arroz.
- Estudio y determinación de las cantidades favorables de la cascarilla de arroz y la ceniza.
- Diseño y elaboración de los prototipos para la aplicación de las mezclas desarrolladas.
- Preparación de las mezclas del impermeabilizante
- Aplicación de las mezclas a los prototipos
- Pruebas de ensayo
- Análisis de resultados
- Definición de las cantidades de dosificación

4.1.1 Planos prototipos

Planimetría para los moldes de los muretes. Dimensión: 25 x 25 cm x 7cm.

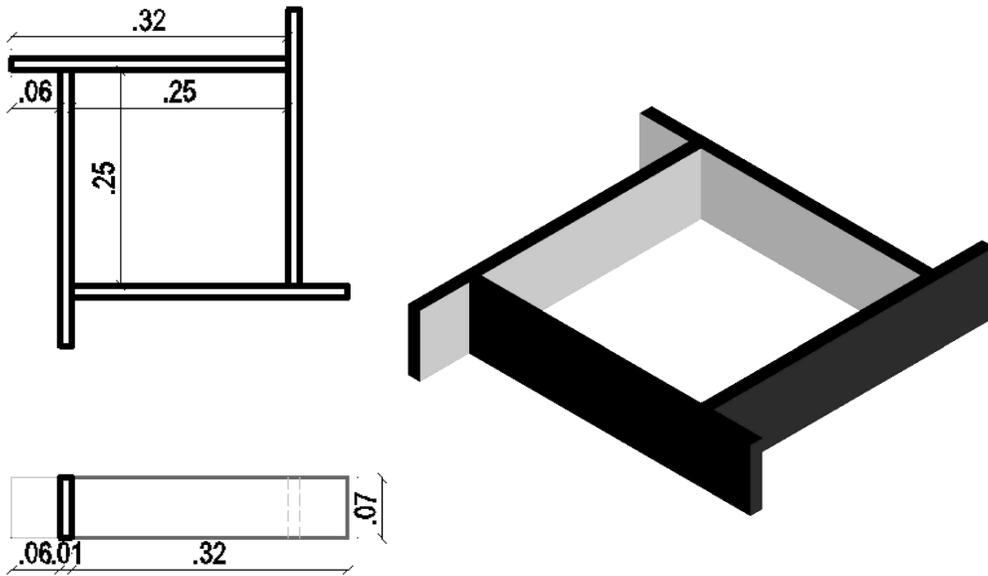


Figura 14 Planos molde para muretes. Elaboración propia, creado en AutoCAD

Planimetría para los moldes de los prototipos. Dimensión: 10 x 10 cm x 7 cm.

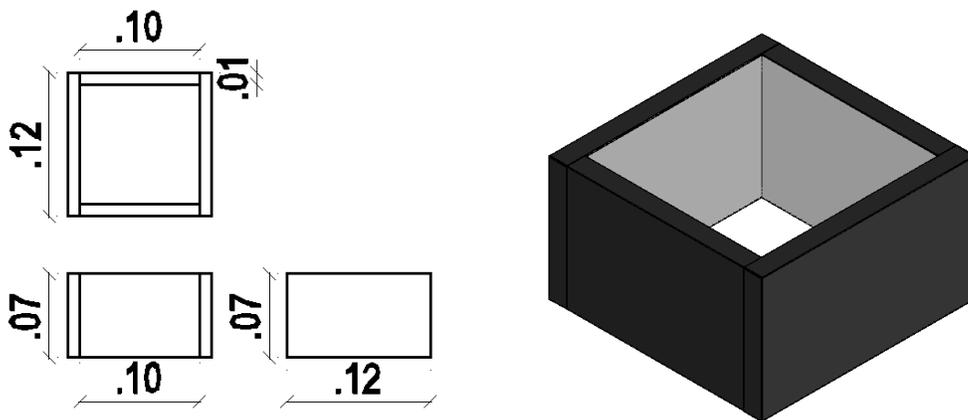


Figura 15 Planos molde para prototipos. Elaboración propia, creado en AutoCAD

4.1.2 Prototipos

Elaboración de los moldes.



Figura 16 Trazado y Corte y de los moldes en tablero aglomerado. Elaboración propia

Para elaborar los moldes se utilizó madera aglomerada dado que la cara del tablero es lisa, nos ayuda a que el desmolde sea más fácil. Se inicia con el trazado de las piezas para los 2 tipos de moldes. El primer molde para los prototipos pequeños se manejaron las siguientes medidas: 2 piezas de 12 x 7 cm y 2 piezas de 10 x 7 cm. El segundo molde para los muretes con las siguientes dimensiones: 4 piezas de 35 x 7 cm. Cortadas después con la sierra manual.



Figura 17 Unión de las piezas. Elaboración propia

Para la unión de las piezas se utilizaron puntillas para madera y albañilería de 1 pulgada clavadas con un martillo tradicional. Mientras uno de nosotros sostenía las piezas, el otro hacía el clavado de las puntillas.

Resultado final de los moldes

Los moldes para los muretes y los prototipos se manejaron para que los adobes quedaran de dos dimensiones, uno para los muretes que medirán 25 x 25cm y 7cm de alto y en los prototipos de 10x 10cm y 7cm de alto.

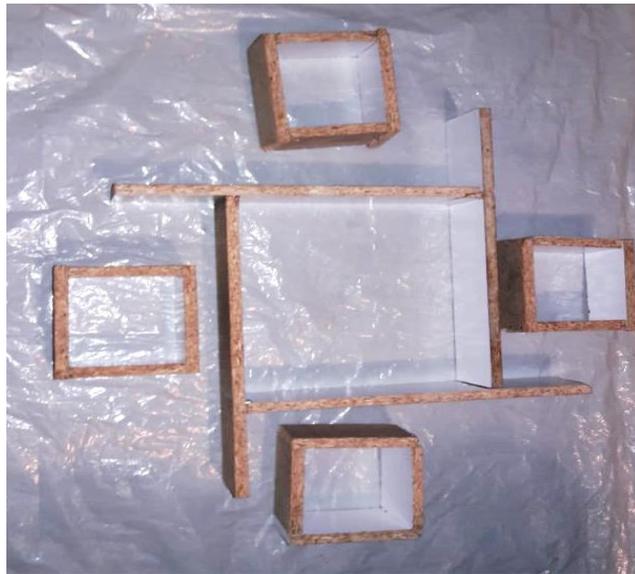


Figura 18 Moldes finales para los adobes. Elaboración propia.

Recolección de material

En la recolección de la tierra necesaria para la mezcla de los adobes, se consideró el material idóneo, aprovechando el residuo de la tierra excavada para una obra en el barrio Providencia de la localidad Rafael Uribe en Bogotá.



Figura 19 y Figura 20 Recolección de tierra. Elaboración propia

Preparación de la mezcla



Figura 21 y Figura 22 Adición de tierra al recipiente y peso del material. Elaboración propia

Para tener una medida del material utilizado, se llenó un recipiente (jarra) con la tierra para pesarla en una báscula digital. Dándonos a conocer el valor de 1.900 kg.



Figura 23 y Figura 24 Adición de arena al recipiente y peso del material. Elaboración propia

Para la medida de la arena utilizada, se llenó un recipiente (jarra) con el material para pesarla en una báscula digital. Dándonos a conocer el valor de 1.800 kg.



Figura 25 y Figura 26 Mezcla de tierra, arena y paja. Elaboración propia

Luego de pesar los materiales, se mezcla la tierra 1.900 kg, la arena 1.800 kg y unos trozos de paja para darle resistencia a los adobes y evitar que se agrieten durante el secado.

Después de mezclado los materiales, se agrega $\frac{1}{2}$ litro de agua, se revuelve la mezcla con la ayuda del palustre y luego cuando este más manejable se hace manual.



Figura 27 Mezcla de los materiales con agua. Elaboración propia

Ensayo de lavado



Figura 28 Ensayo de lavado. Elaboración propia

Se procede a realizar un ensayo sencillo para verificar la calidad de la mezcla y saber si es óptima para el desarrollo de los prototipos, mediante el ensayo básico de lavado. El cual consistió en tomar una parte de la mezcla, frotarla entre las manos para verificar si es barro

arenoso, gravoso, limoso o arcilloso. Dado esto al realizar la prueba se determinó que el barro es arcilloso al ser una mezcla un poco pegajosa y no se retira de las manos con facilidad.

Vertimiento de la mezcla



Figura 29 y Figura 30 Vertimiento de la mezcla en los moldes. Elaboración propia



Figura 31 Vertimiento total de la mezcla de adobe. Elaboración propia

Para este procedimiento se toma grandes porciones de la mezcla se forma una esfera la cual nos dirá que tan homogénea esta y si es la adecuada para empezar el procedimiento se vierte en los moldes previamente humedecidos con agua, se hace con fuerza y con ayuda de los de las yemas de los dedos moldeamos compactamente la mezcla hasta las esquinas para evitar espacios

que afecten la estructura del adobe y se llena a ras del molde, y al final humedecemos las manos y la pasamos encima para darle un acabado liso al adobe.

Desmolde de los prototipos de adobe



Figura 32 y Figura 33 Desmolde de los prototipos. Elaboración propia



Figura 34 Desmolde del murete y prototipos desmoldado. Elaboración propia

El desmolde se realiza sujetando de las esquinas del molde y hacerlo vibrar manualmente, a medida de esto el adobe va bajando y se despega del molde. Se dejan los prototipos en una superficie plana y lisa para que se realice su respectivo secado al ambiente.

Se realizaron dos diferentes tipos de prototipos para el proyecto los cuales una de las medidas son de 25x25 cm y otros de 10x10 los cuales serán expuestos a distintas pruebas de humedad.



Figura 35 Prototipos finales. Elaboración propia

Secado de los prototipos



Figura 36 Secado de los prototipos de adobe. Elaboración propia

Se dejan los prototipos en un espacio con buena ventilación para que estos tengan un secado al ambiente, no directo bajo el sol por 20 días y así poder tener la resistencia y estructura necesaria de los adobes para las pruebas necesarias que nos permitan tener resultados exactos.

4.1.3 Impermeabilizante

Elaboración del impermeabilizante de ceniza de cascarilla de arroz.

Cascarilla de arroz



Figura 37 Cascarilla de arroz en su estado natural. Elaboración propia

Quema de la cascarilla de arroz



Figura 38 y Figura 39 Quema total de la cascarilla de arroz. Elaboración propia

Se coloca en un recipiente de aluminio una bolsa de 1k cascarilla de arroz donde se inicia el proceso de quema, un proceso que por bolsa demora entre 45 y 55 minutos para que la cascarilla quede totalmente quemada.



Figura 40 Resultado de la quema de la cascarilla. Elaboración propia



Figura 41 Apisonamiento de la ceniza. Elaboración propia

Después de apisonar la ceniza de cascarilla de arroz con una piedra de cocina, con el fin de obtener un material más fino se pasa por un colador y separamos cualquier tipo de partículas o agentes ajenos a la ceniza.

Resultado final



Figura 42 Resultado del apisonamiento de la ceniza. Elaboración propia

Para este primer paso de la quema de cascarilla de arroz y recolección de ceniza de esta se obtuvo 100 gramos del material.

Sábila (Aloe Vera)

Obtención de la sábila



Figura 43 Sábila utilizada para la extracción del cristal. Elaboración propia



Figura 44 Resultado final del licuado de la sábila. Elaboración propia

El resultado final de esto es un tipo de líquido espeso con una densidad notable.

Mezcla de los materiales

Ceniza de cascarilla de arroz y cristal líquido de sábila



Figura 45 Materiales procesados para la mezcla. Elaboración propia

Se obtiene de cada una de las materias primas (cascarilla de arroz y sábila) los materiales primordiales para elaborar el impermeabilizante (ceniza de cascarilla y cristal de sábila en estado líquido).

Mezclado con licuadora



Figura 46 y Figura 47 Licuado de la ceniza con sábila. Elaboración propia

Se tomó una licuadora casera y se mezcló la ceniza con el cristal líquido de sábila y agua potable de cuatro maneras Distintas (4 dosificaciones). Por un tiempo de 50 a 120 segundos, teniendo el mayor cuidado, para que las mezclas sean lo más homogéneas y estables posible, obteniendo finalmente unas mezclas de color negro, pero de distintas densidades siendo la de tipo A la de menos viscosidad y la de tipo D con mayor densidad.

Dosificaciones.

Mezclas tipo A, B, C, D



Figura 48 Dosificación No. 1 y *Figura 49* Dosificación No. 2. Elaboración propia

Se obtuvieron cuatro tipos de dosificaciones diferentes en frascos de 300 ml, el número No.1 tipo A es resultado de mezclar 50% (50 gramos) de ceniza de cascarilla de arroz y 50% (150 ml) de agua, la dosificación número No.2 tipo B es el resultado de mezclar 33% (33.9 gramos) de ceniza de cascarilla de arroz y 33% (100 ml) de cristal líquido de sábila y 33% (100 ml) de agua, la tercera No.3 tipo C mezcla se obtuvo de 66.1% (66 gramos) de ceniza de cascarilla de arroz y un 33.9% (100 ml) de cristal líquido de sábila, la cuarta mezcla No.4 tipo D y última se obtuvo de mezclar de 50% (50 gramos) de ceniza de cascarilla de arroz y un 50% (150 ml) de cristal líquido de sábila.

4.1.4 Trabajo de laboratorio

Muretes y prototipos



Figura 50 y Figura 51 Enumeración de los prototipos para el secado en el laboratorio.
Elaboración propia

Se llevan los muretes de 25x25cm y los prototipos de 10x10cm del lugar de elaboración al laboratorio de la universidad La Gran Colombia (sede ingeniería civil) para las pruebas de impermeabilización, se enumeraron cada uno de los muretes y prototipos para así poder diferenciar y comparar los datos recogidos en cada una de las pruebas.

Medición de peso de cada murete y prototipo



Figura 52 y Figura 53 Pesaje de los prototipos, muretes y obtención de datos en la báscula del laboratorio. Elaboración propia

Se pesa cada uno de los muretes en una báscula OHAUS de 30kg - 0.001kg y se recolecta los datos para después compararlos con los muretes salidos del horno.

Tabla 5 Peso de los muretes sin tiempo en el horno

Murete	Peso en kilogramos
Murete 1	6.300 kg
Murete2	6.632 kg
Murete 3	6.729 kg
Murete 4	6.703 kg

Los muretes estan en un rango de 6.000 kilogramos

El peso de los prototipos se verifica en una bascula OHAUS de 0.01g a 0.1g para después compararlos con los prototipos salidos del horno.

Tabla 6 Pesaje de prototipos sin tiempo en horno

Prototipo	peso en gramos
Prototipo 1	1144.1 gr
Prototipo 2	1122.7 gr
Prototipo 3	1060.2 gr
Prototipo 4	1103.8 gr
Prototipo 5	1173.8 gr
Prototipo 6	1049.4 gr
Prototipo 7	1141.9 gr
Prototipo 8	1104.8 gr
Prototipo 9	1076.9 gr
Prototipo 10	1133.6 gr
Prototipo 11	1049.7 gr
Prototipo 12	1182.1 gr
Prototipo 13	1094.2 gr
Prototipo 14	1162.0 gr

Nota: elaboracion propia. Los prototipos estan en un rango de 1000.0 a 1200.0 gramos

Muretes y Prototipos en el horno.



Figura 54 y Figura 55 Colocación de los prototipos y muretes en el horno. Elaboración propia

Se toma cada uno de los muretes y los prototipos, se colocan en la parte inferior del horno tecnquality por un tiempo de 36 horas a una temperatura 110.0 °C para tener un secado completo de los adobes.

Muretes y Prototipos despues de las 36 horas.



Figura 56 y Figura 57 Retiro de los muretes y prototipos del horno. Elaboración propia

Los muretes y prototipos después de las 36 horas salen con un aspecto de color más claro y a una temperatura elevada, se dejan reposar por unos 20 minutos a una temperatura ambiente para luego pesarlos y calcular que tanto peso perdieron.

Peso de los muretes y prototipos



Figura 58 y Figura 59 Toma de pesajes de los prototipos y muretes después del secado. Elaboración propia

Tabla 7 Muretes después del secado en horno

Murete	Peso en kilogramos después del horno	Peso en kilogramos antes del horno
Murete 1	6.151kg	6.300 kg
Murete 2	6.451 kg	6.632 kg
Murete 3	6.543 kg	6.729 kg
Murete 4	6.493 kg	6.703 kg

Nota: elaboracion propia. Comparacion de los pesos de los muretes antes y despues del horno.

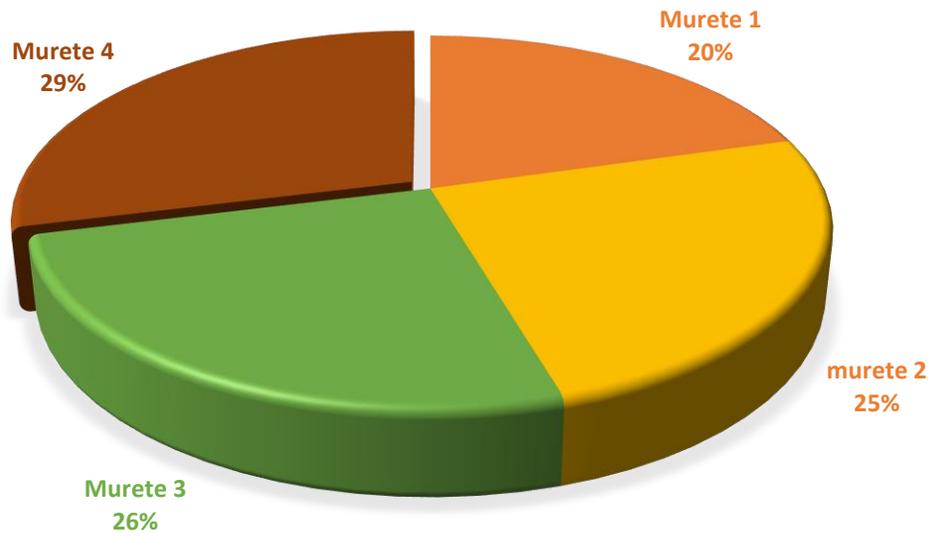


Figura 60 Representación en diagrama de torta con porcentaje de pérdida de agua de los muretes secados al horno. Elaboración propia

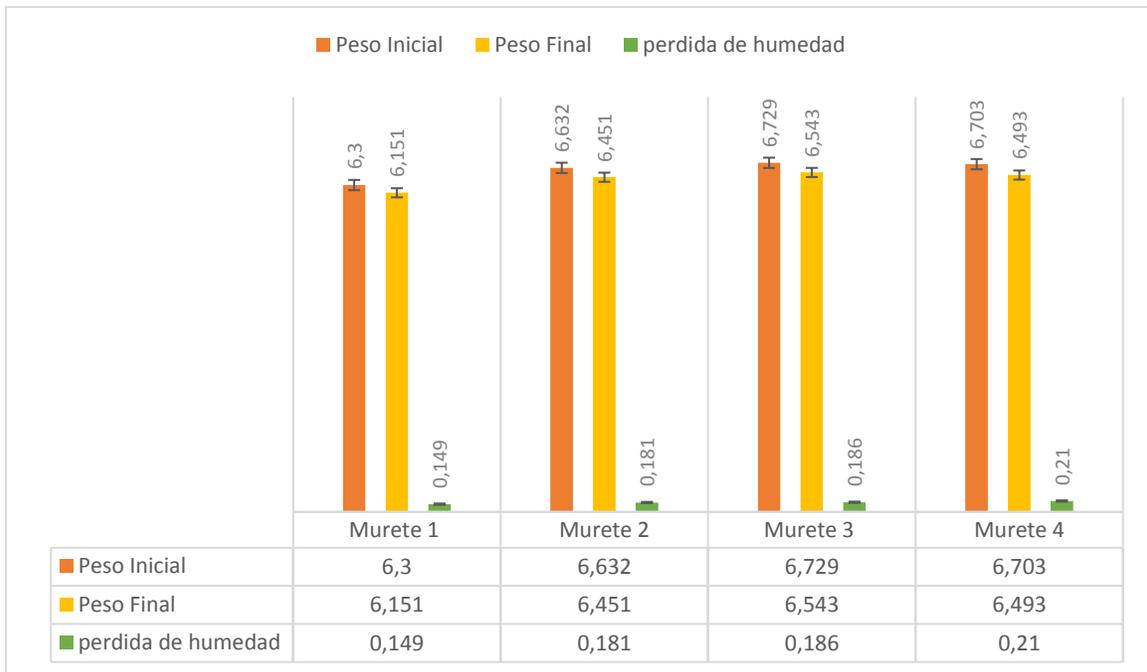


Figura 61 Representación grafico de barras de pérdida de peso de prototipos. Elaboración propia

Después de retirar los muretes del horno se procede a pesarlos, evidenciando una pérdida de humedad de un promedio que esta entre un 20% a 29%.

Tabla 8 Pesaje de prototipos después del secado en horno

Prototipos	Peso en kilogramos	peso en kilogramos
	después del horno	antes del horno
prototipo 1	1.116 kg	1.144 kg
prototipo 2	1.097 kg	1.122 kg
prototipo 3	1.035 kg	1.060 kg
prototipo 4	1.075 kg	1.103 kg
prototipo 5	1.144 kg	1.173 kg
prototipo 6	1.024 kg	1.049 kg
prototipo 7	1.117 kg	1.141 kg
prototipo 8	1.079 kg	1.104 kg
prototipo 9	1.053 kg	1.076 kg
prototipo 10	1.108 kg	1.133 kg
prototipo 11	1.026 kg	1.049 kg
prototipo 12	1.156 kg	1.182 kg
prototipo 13	1.070 kg	1.094 kg
prototipo 14	1.137 kg	1.162 kg

Nota: elaboracion propia. Comparacion de los pesos de los prototipos

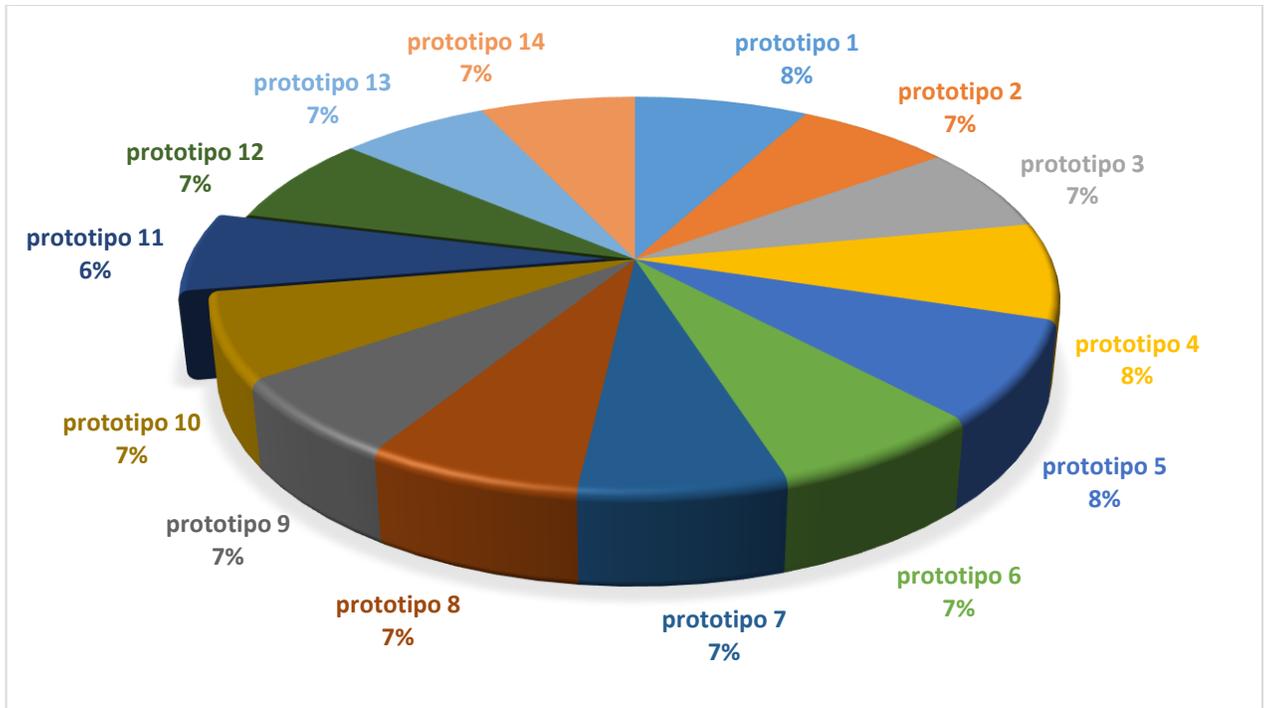


Figura 62 Representación diagrama de torta de proporción de pérdida de agua de los prototipos. Elaboración propia

Se evidencia que los prototipos después de pasar por el horno pierden del 6% al 8% de su peso en humedad.

Aplicación del impermeabilizante



Figura 63 y Figura 64 Aplicación de la mezcla impermeabilizante con las dosificaciones A, B, C y D. Elaboración propia

Se aplica a cada uno de los muretes y prototipos una mezcla distinta de la mezcla impermeabilizante, con ayuda de una espátula se esparce las mezclas de manera homogénea verificando que el impermeabilizante cubra en su totalidad al adobe para que no se encuentre fallas en el momento de contrarrestar los efectos a los que se van a exponer los muretes y prototipos durante las pruebas de laboratorio.



Figura 65 y Figura 66 Aplicación de los impermeabilizantes tipo A, B, C, D. Elaboración propia

Se ubican los adobes en un lugar fresco y seco, donde se les permitió secar la mezcla de manera natural durante 24 horas para después retirar todo el exceso y disponerse para los ensayos de laboratorio.

Pruebas

Inmersión de los prototipos

Se deposita el prototipo No.8 y No.9 sin impermeabilizar en un recipiente con agua para estudiar la reacción que estos tienen contra la humedad.



Figura 67 Prototipo No.8 sin impermeabilizar. Elaboración propia



Figura 68 y Figura 69 Inmersión de los prototipos con impermeabilizante en diferentes dosificaciones. Elaboración propia

Los prototipos No. 2, 6, 7, y 10 se impermeabilizan con cada una de las mezclas para analizar y conocer la dosificación idónea; al igual que los prototipos sin impermeabilizar estos se exponen al agua al mismo nivel.

5 Resultados



Figura 70 Prototipo sin impermeabilizar después de la prueba de inmersión. Elaboración propia

Prototipos No. 8 y 9. Las pruebas arrojan que los prototipos sin impermeabilizar al contacto con el agua muestran una reacción de descomposición, desintegrándose con facilidad y rapidez.

Prototipos No. 2, 6, 7 y 10.



Figura 71 Prototipos impermeabilizados después de la prueba de inmersión. Elaboración propia

Después de las pruebas realizadas en el laboratorio descubrimos que los prototipos reaccionan de manera distinta a los que no estaban impermeabilizados ya que no sufren ningún cambio en su estructura y mantienen su forma sin mostrar deformación alguna.

Tabla 9 Peso de prototipos después de las pruebas de inmersión

Prototipo	Peso de los prototipos inicialmente	Peso de los prototipos final
Prototipo 2	1.097	1.328
Prototipo 6	1.024	1.133
Prototipo 7	1.117	1.366
Prototipo 8	1.079	1.094

Nota: elaboracion propia. Comparacion de los pesos de los prototipos despues de las pruebas

6 Conclusiones

A partir de lo analizado en la presente investigación, es correcto sustentar, que el uso actual del residuo cascarilla de arroz no es suficiente y puede mejorar, al aprovecharse en gran cantidad para el desarrollo de un material requerido como protección en la construcción, beneficiándose de las propiedades químicas que la ceniza de la cascarilla ofrece, capaces de resistir e impedir el paso del agua. De la misma forma alternar el uso de materiales adquiridos tras la explotación de recursos naturales.

Se pueden mantener por más tiempo las condiciones físicas del adobe al enfrentarse a la humedad con la aplicación del impermeabilizante natural de ceniza de cascarilla de arroz, los materiales y dosificaciones desarrolladas para la mezcla.

Adicional, cabe recalcar que al momento de preparar el impermeabilizante es necesario estar muy pendiente de las dosificaciones para la mezcla de los materiales, puesto que si la misma queda muy clara o muy espesa, puede retrasar el secado de las capas o de que permanezca por poco tiempo adherida a la superficie del adobe, de forma que no va a cumplir con su función principal. Se recomienda que el estado de la mezcla se presente en un término medio, facilitando así mismo, la aplicación y el secado del impermeabilizante.

Finalizado el trabajo y cada una de las pruebas se concluye con satisfacción que el impermeabilizante a partir de la ceniza de cascarilla de arroz es viable y cien por ciento natural ya que no fue necesario utilizar ningún componente químico o artificial, y su implementación es un proceso sencillo sin necesidad de capacitación extensa.

De las primeras interacciones que tuvimos con la ceniza se llegó a la apreciación de ser un material fino que por sí solo actúa con gran fluidez, pero no solo eso, sino que al tener contacto con el agua, su comportamiento inicialmente es de resistir y retener el fluido, algo muy distinto a la arena u otros materiales de composición limosa.

En el proceso de diseñar la dosificación idónea concluimos que con el solo hecho de contener una proporción en ceniza de cascarilla de arroz, el murete o prototipo ya reaccionaba de manera distinta al agua, ya que con las pruebas de inmersión demostramos que los prototipos sin impermeabilización reaccionaron de manera inmediata con un efecto de desintegración parecida al de un (Alka Seltzer en un vaso de agua), dando como resultado un adobe en estado de descomposición sin la más mínima capacidad de resistencia y con la pérdida de un 35% de masa.

En los demás casos donde cada uno de los prototipos de adobe se impermeabilizaron con distintas dosificaciones se concluyó que las mezclas que componían ceniza (C.D.C.A.) y sábila tenían un porcentaje mayor en protección al de ceniza y agua, se notó que la estructura de dichos muretes y prototipos tenían menos daño en su estructura y que su absorción de agua fue menor.

La dosificación que determinamos como perfecta fue la mezcla D la cual por no contener una estructura más espesa que el resto, evidenciamos que su adherencia era mayor y al momento del contacto con los adobes su comportamiento fue mucho más maleable que el del resto, sus resultados nos muestran que fue la dosificación que menos agua dejó absorber al adobe y que permitió a los muretes y prototipos mantener su estructura al 100%.

7 Lista de Referencias

Alienergy S.A. (2010). Proyectos. Recuperado de http://www.alienergy.com.co/proyectos_3.html

Arias P. (12 de abril de 2013). ¿Cómo elegir el mejor impermeabilizante para un proyecto? Recuperado de <https://obrasweb.mx/soluciones/2013/04/15/como-elegir-el-mejor-impermeabilizante-para-un-proyecto>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. (s.f). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Recuperado de https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Adobe_sistema_constructivo.pdf

Becerra, L., Novoa, M. y Vásquez, M. (2016). La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero. (Trabajo de grado, Universidad Libre). Recuperado de <http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/13/la-ceniza-de-cascarilla-de-arroz-y-su-efecto-en-adhesivos-tipo-mortero.pdf>

Benítez, D. y Muñoz, J. (2016). Silla urbana en argamasa cementante con cascarilla de arroz quemada al 100% sustituyendo el 20% de cemento. (Trabajo de grado, Universidad La Gran Colombia). Recuperado de <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/4006>

Chur, G. (2010). Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería. (Trabajo de grado, Universidad De San Carlos de Guatemala). Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3173_C.pdf

DE ARKITEKTURA. (3 de enero de 2011). Impermeabilizantes. Recuperado de <http://dearkitektura.blogspot.com/2011/01/impermeabilizantes-que-son-y-para-que.html>

De la Rosa, F. (23 de mayo de 2013). Impermeabilizantes. Recuperado de <https://prezi.com/fmlj1uus3nsf/impermeabilizantes/>

Fotografía de Archivo Unimedios. (2019). La cascarilla se podría utilizar como bioconductor de fármacos. Recuperado de <https://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/por-su-potencial-medico-la-cascarilla-de-arroz-dejaria-de-ser-solo-un-desperdicio.html>

Fotografía de Fedearroz Neiva. (2017). Arroceros del Huila, damnificados por el invierno denuncian incumplimiento del gobierno. Recuperado de https://caracol.com.co/emisora/2017/05/30/neiva/1496148337_737834.html

Fotografía de Impereco. (s.f). “Impermeabilización de muros (Paredes)”. Recuperado de <http://www.impermeabilizacioneseconomicas.com.mx/Impermeabilizacion/de-muros-paredes/>

- García, J. (2007). Estudio preliminar de la pirólisis de la cascarilla de arroz para la obtención de combustibles. (Proyecto de grado, Universidad de los Andes, Bogotá Colombia). Recuperado de file:///C:/Users/DOCUMENTACION/Downloads/268-948-1-SM%20(1).pdf
- Huaroc, A. (2017). Influencia del porcentaje de micro sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y peso unitario de un concreto mejorado. (Tesis de grado, Universidad Privada Del Norte). Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12532>
- Mukerji, K. y Stulz, R. (1997). *Materiales de construcción apropiados: Catálogo de soluciones potenciales*. Recuperado de <http://www.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/spanish/sk01ms/sk01ms00.htm#Contents>
- Ortiz, L. (2011). Influencia de la humedad en el deterioro de las viviendas del barrio obrero de la ciudad de Puyo, cantón Pastaza, provincia de Pastaza. (Trabajo de grado, Universidad Técnica de Ambato). Recuperado de <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/1368>
- Pinzón, J. y Benítez, A. (2018). Desarrollo de recubrimiento natural (Nopal) para fachadas en viviendas de adobe de la candelaria. (Trabajo de grado, Universidad La Gran Colombia). Recuperado de <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3368>

Ramírez, G. (2003). Sábila (Aloe vera), fitoterapia, revisiones monográficas. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4956300>

Rodríguez, E. (2017). Obtención de nano-sílice a partir de la cascarilla de arroz por método sol-gel para aplicación en morteros de cemento. (Trabajo de investigación, Universidad del Valle). Recuperado de http://todoesciencia.gov.co/sites/default/files/paperelianacabrera_0.pdf

Tique, I., Gaitán, N. Barriga, E. (2015). .Diseño preliminar de impermeabilización en edificaciones para el futuro desarrollo de un manual técnico. (Trabajo de grado, Universidad La Gran Colombia). Recuperado de <https://repository.ugc.edu.co/handle/11396/3482>

Trujillo, J. (2018). Desarrollo de una manta para impermeabilización de cubiertas usando desechos de construcción y materiales naturales. (Trabajo de grado, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil). Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10134>

Sánchez Gama Clara Eugenia. La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2007. 15 p.

8 Anexos