

MEZCLA DE COMPONENTES ORGANICOS Y TIERRA PARA ACABADOS

FINALES DE VIS

DIEGO PINEDA ESCOBAR

CRISTIAN ANDRÉS BASTIDAS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

ARQUITECTURA

TECNOLOGÍA EN CONTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS

BOGOTÁ D.C.

05/12/2020

Mezcla de tierra y componentes orgánicos para acabados finales de VIS

Diego Pineda Escobar

Cristian Andrés Bastidas

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de (Tecnólogo en
construcciones arquitectónicas).**

Docente de Proyecto

Mauricio Carvajal

Asesor

Alejandra Patiño



Universidad La Gran Colombia

Arquitectura

Tecnología en construcciones arquitectónicas

Bogotá D.C.

05/12/2020

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
1. Introducción	10
2. Problema	12
3. Pregunta problema	12
4. Objetivo general.....	13
4.1 Objetivos específicos.....	13
5. Justificación	14
6. Metodología	17
7. Materiales, herramientas y principios	18
8. Marco teórico	20
8.1 La tierra como un material de construcción	20
8.2 Ensayos de campo para la tierra	23
8.3 Construcción vernácula:.....	24
8.4 sistemas en tierra y sus patologías:	26
8.5 Bahareque embutido y su pañete de tierra cruda	27
8.6 Patologías generales de la tierra	28
8.7 Métodos de estabilización de la tierra.....	31
9. Marco Referencial.....	34
9.1 Acabados de cal.....	34

	4
9.2 Acabados de tierra	35
9.3 El japanese plastering (acabado en tierra japones)	35
9.4 El Tadelakt marroquí	36
10. Marco normativo.....	38
11. Mezcla de tierra adaptable	38
12. Cielo raso en tierra	42
13. Acabado interno en tierra.....	45
14. Pañete externo en tierra.....	49
15. Baldosa de piso en tierra	54
16. Conclusiones	59
17. Recomendaciones	60
18. Lista de Referencias	61

Lista de figuras

FIGURA 1 VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL RURAL	14
FIGURA 2 INTERIOR VIVIENDA INTERÉS SOCIAL	15
FIGURA 3 TÉCNICAS VERNÁCULAS.....	16
FIGURA 4 VIVIENDA RURAL ANTIOQUIA	16
FIGURA 5 PRUEBA SEDIMENTACIÓN	19
FIGURA 6 ARCILLA ROJA.....	21
FIGURA 7 RETRACCIÓN	24
FIGURA 8 ALDEA VERNÁCULA	25
FIGURA 9 CASA EN ADOBE	26
FIGURA 10 MURO EN ADOBE	27
FIGURA 11 PAÑETE BAHAREQUE EMBUTIDO EN TIERRA	28
FIGURA 12 PATOLOGÍAS EN TIERRA	30
FIGURA 13 MUCILAGO Y NOPAL	33
FIGURA 14 CASCARILLA DE HUEVO	33
FIGURA 15 ACABADOS EN CAL.....	34
FIGURA 16 CASA TRADICIONAL JAPONESA.....	36
FIGURA 17 ACABADO POLICHADO EN TIERRA	36
FIGURA 18 INTERIOR PALACIO MARROQUÍ	37
FIGURA 19 BAÑO MARROQUÍ EN TIERRA	38
FIGURA 20 ARENA DE RIO ARENA DE RIO COMÚN.....	39
FIGURA 21 SUELO ARCILLOSO	40
FIGURA 22 CASCARILLA DE HUEVO.....	40
FIGURA 23 MEZCLA DE SÁBILA Y CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ,	41
FIGURA 24 COEFICIENTE DE DIFUSIÓN DE VAPOR DE BARROS Y REVOQUES	46
FIGURA 25 REVOQUE INTERNO EN TIERRA	49
FIGURA 26 MEZCLA DE MATERIALES	51
FIGURA 27 MEZCLA PAÑETE EXTERNO.....	51
FIGURA 28 PROTOTIPO PAÑETE EXTERNO A BASE DE TIERRA	52
FIGURA 29 CASCARILLA DE ARROZ QUEMADO	56

	6
FIGURA 30 MEZCLA DE TIERRA PARA BALDOSA DE PISO	56
FIGURA 31 MOLDE PARA BALDOSA DE PISO	57
FIGURA 32 PARTE TRASERA DE LA TABLETA EN TIERRA	58
FIGURA 33 BALDOSA PARA PISO A BASE DE TIERRA	58

Lista de tablas

TABLA 1 CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA.....	23
TABLA 2 PATOLOGÍAS EN MUROS	29
TABLA 3 PRECIO FORMALETA.....	43
TABLA 4 DOSIFICACIÓN CIELO RASO.....	43
TABLA 5 DOSIFICACIÓN ACABADO INTERIOR	47
TABLA 6 DOSIFICACIÓN ACABADO EXTERIOR	50
TABLA 7 DOSIFICACIÓN BALDOSA EN TIERRA	55

Resumen

Este es un proyecto de investigación exploratoria, el cual busca ser el inicio de un conjunto de propuestas relacionadas con embellecimiento de los acabados, exponiendo distintos tipos de mezclas a base de tierra, componentes naturales y técnicas de construcción ecológica, como lo es el acabado en tierra globalmente conocido como Japanese Plastering el cual fue radicado en Japón y busca utilizar la tierra como principal material de acabados interiores.

En Colombia gran parte de las familias que reciben viviendas de interés social no cuentan con los recursos para adquirir acabados finales y estos proyectos son entregados en obra negra, la propuesta busca ser una opción para estas familias buscando reducir costos en acabados finales pero brindando el confort que estos representan, esto utilizando como material principal la tierra, llevando los acabados referentes al nivel de ser utilizando en todos los los distintos tipos de acabado final de una vivienda, revoque interior, exterior, cielo raso y acabado de piso, se ejecutaron ensayos de resistencia al fuego e inmersión para llegar a la proporción de tipos de suelo y materiales orgánicos adecuada para cumplir los requerimientos para cada tipo de acabado

Palabras clave: Impermeabilizante natural, Componentes orgánicos, Acabado Japones, Tierra mineral, Vivienda de interés social

Abstract

This is an exploratory research project, which seeks to be the start of a set of proposals related to the embellishment of architectural finishes, exposing different types of mixtures based on earth, natural components and ecological construction techniques, such as the finish in Earth globally known as Japanese Plastering which was based in Japan and seeks to use earth as the main interior finishing material.

In Colombia, a large part of the families that receive low-income housing do not have the resources to acquire final finishes and these projects are delivered in black work, the proposal seeks to be an option for these families searching for reducing costs in finishes but offering comfort, using the earth as the main material and taking the finishes referring to the level of being used in all the different types of finishes for a house, interior and exterior plaster. Ceiling and floor earth-based finishes, also taking care of the tests were carried out resistance to fire and immersion to reach the proportion of soil types and organic materials.

Keywords: Japanese Plastering, Natural Waterproofing, Social housing, Natural waterproofing, Organic components

1. Introducción

Durante el desarrollo de esta investigación se busca el estricto seguimiento de un ideal ecológico, buscando una solución estética y funcional de los acabados arcaicos, aportando un grano de arena a la remoción del estigma social de que la construcción en tierra es algo rústico y anticuado. solucionar los distintos problemas típicos por baja resistencia a la humedad de los acabados en tierra. La técnica de dar acabados con distintas mezclas de tierra y composiciones naturales ha tomado gran auge en Sudamérica y otros sitios del mundo como Japón donde actualmente se sigue teniendo los acabados de tierra como algo prestigioso y de gran significado cultural para las familias en este sitio las casas tradicionales suelen tener estos acabados en tierra tanto en exterior como en interior, buscando así, armonía con el medio ambiente y un aire de calidad al interior, en dicho país la técnica es conocida como “Japanese plastering” como es bien sabido los materiales empleados tienen distintos nombres y distintas composiciones que los conocidos en Colombia, sin embargo, es evidente como materiales nativos como el fique, el aloe vera, el almidón de trigo además de las distintas presentaciones de tierra del país como lo es la tierra mineral de Tunja altamente arcillosa pueden fácilmente reemplazarlos. Es importante tener en cuenta todo el tiempo, que sin estos avances, si se deja de lado la ecología y se permite que la industrialización convierta en mayor o menor medida los pocos sistemas naturales que luchan contra el gran porcentaje de contaminación global que genera la industria de la construcción, se llegará a un punto sin retorno donde se habrá avanzado tanto en los sistemas industriales y químicos, que devolver el tiempo para explorar componentes de plantas, vegetales y demás, se verá impensable y como un gran retroceso, el campo de acción se ve claro en las viviendas unifamiliares vernáculas, enfocando el producto a familias de hasta cuatro personas en las cuales el ambiente interior que se busca crear genere un confort interno así como una aleación amigable

con el medio ambiente, esto siguiendo el ideal de las construcciones vernáculas las cuales buscan emplear los materiales del sitio para generar vivienda evitando en su mayor forma el deterioro del hábitat a intervenir, con esto clase se ve como en este punto es el momento preciso para empezar a conocer las posibilidades que la naturaleza nos aporta, no ver un bosque solo como madera o piedras, más allá de eso, hay plantas con componentes muy útiles, hay vegetales con la oportunidad de generar colores sin la necesidad de elementos químicos, se busca alear la naturaleza con la construcción, implementando más formas de emplear los distintos elementos orgánicos.

Cabe resaltar que aunque los acabados pensados van de la mano de la construcción en tierra como lo es el Bahareque Embutido Tradicional o la Tapia Pisada no busca limitarse a ellos, sino también sus contrapartes como el ladrillo y el concreto eso con el fin de identificar posibles aleaciones para comercializar la idea ecológica, nuevamente, aunque se busca homogeneizar el sistema en una armonía completa de tierra con distintas mezclas de la misma, desde su composición interna, su fase de alisamiento y posterior acabado la cual será la fase a intervenir, los acabados en tierra, no busquen evitar ser empleados en construcción industrial.

Para llegar a la mezcla apropiada se realizaron ensayos de resistencia al fuego y resistencia a la inmersión con el fin de buscar la resistencia adecuada para este tipo de empleos de la tierra en acabados finales de viviendas, estará expuesto el contenido teórico, normativo y la justificación de su importancia seguido del desarrollo de una mezcla base principal a base de tierra la cual en los siguientes capítulos con pequeñas modificaciones toma forma en distintas muestras de acabados finales para viviendas de interés social.

2. Problema

Es evidente como la visión de un acabo en tierra inmediatamente crea la imagen de un acabado rustico y frágil ante la humedad, eso debido a que sistemas en tierra como lo es el bahareque tradicional embutido no consta de mejoramientos al acabado final que estén documentados o comercializados y es principalmente ejecutado por personas sin amplio estudio en zonas rurales de bajos recursos económicos.

Al existir un índice de pobreza tan alto en el país de Colombia y al conocer el incremento de viviendas de interés social las cuales son entregadas sin acabados finales, se evidencia la cantidad de familias quienes habitan en obra negra lo cual disminuye el nivel de confort, esto sucede debido a los altos costos que tienen los acabados tradicionales, además de la necesidad de mano de obra calificada, también existe la necesidad de mejorar las técnicas arcaicas como los bloques de adobe para los pisos y el revoque de tierra cruda para los muros internos y externos ya que estos suelen tener baja resistencia ante la humedad y baja resistencia ante la abrasión debido a su alto nivel de porosidad.

3. Pregunta problema

¿Como emplear la tierra para generar acabados finales amigables con el medio ambiente en viviendas de interés social a bajo costo?

4. Objetivo general

Crear acabados finales económicos a base de tierra, añadiendo componentes naturales para vivienda de interés social.

4.1 Objetivos específicos

- a- Generar una mezcla de tierra que reemplace el pañete estuco y pintura en interiores
- b- Fabricar una baldosa económica de piso no esmaltada compuesta de tierra y material orgánico
- c- Generar un pañete externo semi-impermeable a base de tierra y de menor costo
- d- Generar un prototipo funcional como cielo raso, compuesto de tierra

5. Justificación

En los últimos años se evidencia un incremento en las viviendas que el gobierno colombiano a entregado a los habitantes de zonas de bajos recursos de distintos municipios e incluso en el sur de la capital Bogotá.

Esto muestra un mercado a intervenir el cual será el de las viviendas de interés social y de interés social rural, donde las entregas se dan en obra negra, sin ninguna intervención de pintura, cielos rasos o acabados de piso, por lo cual el implementar esta técnica de acabados en tierra económicos dará una opción viable para este tipo de proyectos.



Figura 1 Vivienda de interés social rural. La ilustración expone un render de vivienda rural social de las que fueron entregadas por el gobierno colombiano en las zonas rurales en Antioquia. Tomado de “Mas de 300 municipios tendrán subsidio de vivienda de interés rural indicó el ministerio de agricultura”. Mina agricultura, (2017). Recuperado de <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Mas-de-300-municipios-tendran-subsidio-de-vivienda-de-interes-rural-indico-el-Ministerio-de-Agricultura---20-de-noviembre-d.aspx>

La calidad de vida en una vivienda sin ningún tipo de acabado final será notablemente menor debido a que los espacios estéticamente serán frívolos y no darán el confort de vivienda, por lo cual es fundamental para esto la implementación de espacios visualmente agradables y funcionales.

Proyectos en los cuales se intervengan grandes cantidades de zonas rurales alrededor de Bogotá con viviendas de interés social en obra negra se irán viendo a lo largo del tiempo y en la totalidad del territorio colombiano, lo cual de la mano con las posibilidades de implementar un acabado final funcional y estético con materiales de bajo costo y además en algunos casos posibles de obtener del mismo lote del proyecto y sus proximidades promete ser ayuda para las familias de bajos recursos del país en la construcción de su hogar y su habidad comfortable para el crecimiento.



Figura 2 Interior vivienda interés social. La ilustración muestra el interior de una de las viviendas entregadas a las familias pobres en Colombia, este es uno de los modelos más comunes en las zonas urbanas para este tipo de viviendas, Tomado de “Gobierno entrega 179 casas gratis en Turbaco, Bolívar”, Tomas Betín (2017). Recuperado de <https://www.elheraldo.co/bolivar/gobierno-entrega-179-casas-gratis-en-turbaco-bolivar-427666>

Además de la utilidad económica que representa la propuesta se ve como factor principal el cuidado del medio ambiente, por lo cual la implementación de dicha técnica evitará el mal uso de materiales tóxicos y la generación de residuos contaminantes debido a malas praxis con materiales como el cemento.

Al diseñar los prototipos de acabados finales a base de tierra para vivienda unifamiliar de interés social se logrará ampliar la gama de opciones ecológicas para dicho proceso, dará gran prioridad a los materiales vernáculos por lo cual el estudio y cuidado de los terrenos cercanos a la obra se verán beneficiados al buscar ser empleados en su mayor posibilidad.

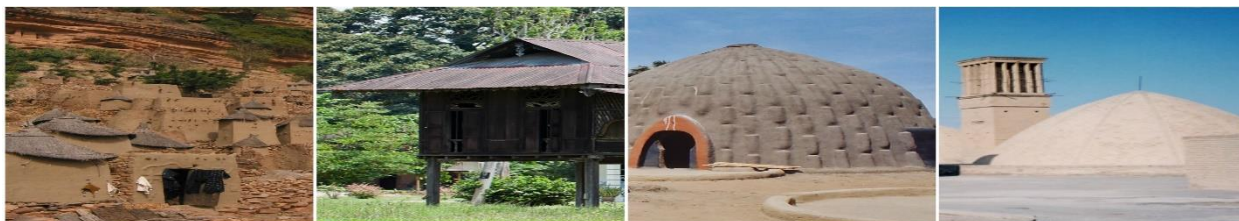


Figura 3 Técnicas vernáculos. La ilustración muestra distintas construcciones con materiales vernáculos, estos empleando distintos acabados finales totalmente orgánicos como lo son la piedra, la arena, la paja y la madera, Adaptado de “tamaño de 11 técnicas vernáculos que están desapareciendo”, Ariana Zilliacus, (2017). Recuperado de: <https://www.archdaily.co/co/868517/11-tecnicas-vernaculas-de-construccion-que-estan-desapareciendo>

Al reconocer el terreno a intervenir como parte del material útil para la ejecución de la obra, se ampliará el nivel de conciencia respecto a las afectaciones ambientales y las formas de mitigar el impacto ambiental, Colombia cuenta con amplias zonas rurales en Antioquia y Cundinamarca, sitios donde las familias de bajos y medianos recursos pueden emplear la técnica de acabados finales en tierra con materiales vernáculos con el fin de tener viviendas de calidad y bajos costos.



Figura 4 Vivienda rural Antioquia. La ilustración muestra una casa rural común ubicada en Colombia de las cuales no fueron entregadas por el gobierno y fueron construidas con pocos conocimientos por lo cual sus terminaciones son muy rusticas y simples sin gran protección ante la intemperie, Tomado de “vivienda rural santo domingo Antioquia”, Dairo Correa (2013). Recuperado de: <https://www.flickr.com/photos/dairocorrea/10423096895>

Como en la casa expuesta, hay muchos sitios a lo largo del país donde el material de alrededor, maderas, tierra del sitio, piedra aladañas podrían ser claves para una mejora en la sensación habitacional dentro de las viviendas, por lo cual, evidenciar como el desconocimiento de la funcionalidad del material vernáculo en este caso la tierra, lleva al desaprovechamiento del mismo, se ve clara la necesidad de generar productos que demuestren las proezas de la tierra y su fácil empleo en la construcción ya que llevará a las distintas comunidades en las cuales se pueda reconocer un material útil para los prototipos de la investigación lo cual permita replicarlos o incluso la información teórica necesaria para generar nuevas posibilidades a partir del entendimiento de la tierra y su posible manipulación granulométrica y de composición, más aún con los vastos recursos minerales que presenta el país, tales como los yacimientos de tierra altamente arcillosa en Tunja, sitio de donde se extraerá uno de los materiales principales de la mezcla, además de contar en las plazas de mercado comunes del país las cuales distribuyen los materiales necesarios adicionales como las cascarillas de huevo, la ceniza de arroz quemada y la sábila, por lo cual el campo experimental no se verá afectado por la carencia de opciones o altos costos en materiales.

6. Metodología

Generalidades

Este capítulo expone la teoría de los procesos que fueron empleados durante el desarrollo de las evidencias de los cavados finales en tierra, esto explicando su enfoque y las distintas herramientas investigativas que nos llevaron al resultado, principalmente se busca dar opciones ecológicas para los distintos acabados de una vivienda unifamiliar vernácula, esto empleando

materiales orgánicos y tierra, con el principio de la observación siendo fundamental para reconocer las opciones similares en el mercado, los precios actuales y en general la posibilidad de mejoramiento de cada prototipo empleando como base y principal material la tierra.

6.1 Población principal

Estará dirigida principalmente a las viviendas de interés social y viviendas de interés rural de los estratos 1 y 2 en Colombia más específicamente a los alrededores de la capital Bogotá

6.2 Técnicas de investigación

El principio será la observación y se llevará un registro tipo diario de campo de las actividades hechas con los prototipos, con el fin de tener un mejor entendimiento de su comportamiento ante los ensayos, además de implementar tablas de información y figuras graficas para exponer los resultados finales

6.3 Enfoque

Tentativamente su enfoque es mixto, pero se enfocará principalmente en lo cuantitativo con el fin de dar datos claros del comportamiento de las evidencias, para esto serán utilizadas tablas de información e ilustraciones.

7. Materiales, herramientas y principios

Se seguirá el principio de estabilización de la tierra conseguido durante la observación del proyecto y expuesto en el marco teórico, el cual constará de la manipulación consciente de la granulometría y el tipo de tierra para los intereses del resultado.

Las pruebas que se realizarán a los prototipos serán medidas cuantitativamente, y estas serán pruebas caseras ya que no será necesaria la implementación de pruebas de resistencia debido a la naturaleza de la propuesta. siendo esta de acabados finales, se implementarán materiales de obra comunes como lo son los palustres, los baldes de mezcla, las llanas metálicas

7.5 Explicación del contenido

Este proyecto consta de un capítulo principal el cual es el conectado con la mezcla base principal, la cual muestra la proporción utilizada con el fin de tener la posibilidad de darle forma con las distintas técnicas para llegar a su forma final como acabado final de vivienda de interés social, cada uno de los capítulos siguientes será una descripción detallada de la muestra alcanzada para cada segmento, cielo raso, revoques y acabados de piso, los ensayos base para entender el funcionamiento de las muestras serán:

7.6 Ensayo de sedimentación

Esta prueba se llevará a cabo con la mezcla final buscando dar una composición clara de la constitución de la misma, con el fin de dar claro ejemplo a la hora de ser repetida con los mismos o con suelos provenientes de otro sitio.

Según Minke (1994), al agitar una muestra de barro en un recipiente transparente, se harán evidentes las partes de tierra al separarse, siendo desde las más pesadas abajo y las más finas en la parte superior, esto permitirá realizar una estimación en el material.

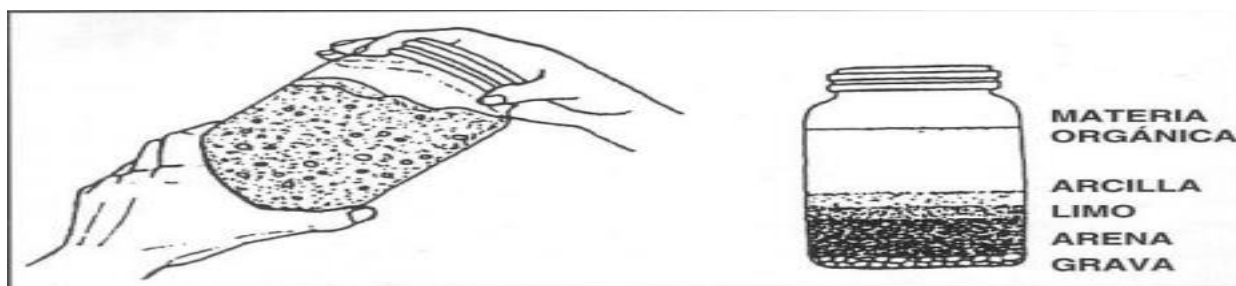


Figura 5 Prueba Sedimentación. La ilustración muestra cómo se separan los granos durante el ensayo de sedimentación, gracias a la gravedad ya que las partículas se enfrentan al peso del agua y se organizan como se expone en la gráfica por peso y tamaño, Adaptado de “Manual de construcción en tierra”, Minke (1994). Recuperado de: <http://permaconstruccion.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual-Construccion-En-Tierra-Minke.pdf>

7.7 Ensayo de inmersión

Con el propósito de demostrar la capacidad de resistir al agua que tendrá la mezcla luego de ser estabilizada con los distintos componentes orgánicos esta se sumergirá en un recipiente con agua con el fin de conocer su comportamiento y el tiempo que demorará en deshacerse por completo.

7.8 Ensayo de resistencia al fuego

Entendiendo que se emplearan estas mezclas en acabados finales de vivienda es importante conocer su comportamiento respecto a la posible exposición al fuego, si este llegará a derretirse, a consolidarse aún más o cual será su respuesta, tanto de la tierra como de los otros materiales orgánicos que se emplearon.

8. Marco teórico

Generalidades

En este marco se hará clara la información la cual se utiliza teóricamente con el fin de ampliar la visión del mercado al que se entrará, además de sus posibilidades, fuerzas y debilidades con el fin de tener en mente todos los contratiempos posibles, partiendo del porque se considera la tierra como un mercado lo suficientemente grande para trabajar en él además de sus beneficios.

8.1 La tierra como un material de construcción

Además de su gran historia, la tierra toma protagonismo por su funcionalidad, es de tener en cuenta que una construcción en tierra dará más beneficios ecológicos y de confort que la mayoría de otras construcciones, esto debido a que al ser un material poroso promete absorber

gran parte del porcentaje de humedad relativa en los ambientes interiores, sus investigadores nos han dejado con varias conclusiones, entre ellos uno de los referentes es Gernont Minke (1994), autor de libros como ‘‘Manual de construcción en tierra’’ donde menciona lo antigua que es esta arte, además, este manual aporta a este campo que aún no está regido por una normativa unas bases claras sobre cómo y porque tratar la tierra como material fundamental.

Hay que partir de la idea de que se le denomina ‘‘Barro’’ al material que este compuesto de arenas, arcillas y limos en una mezcla homogénea, por lo cual su adecuado estudio granulométrico puede llegar a desembocar en prototipos funcionales para los distintos capítulos de la obra, sin embargo, serán de énfasis los acabados finales.

La arcilla

Es uno de los materiales que será fundamental en las mezclas de los prototipos ya que este aporta la posesividad y adherencia necesaria entre la arena y la superficie donde se empleará

Teniendo estos factores en cuenta, con las distintas pruebas que se puede hacer a un material tipo suelo, como lo son la prueba de sedimentación y plasticidad se lograra determinar la mejor especie de arcilla del sitio para su empleo determinado.



Figura 6 Arcilla roja. La ilustración muestra un yacimiento de arcilla con alta composición mineral , Tomado de ‘‘arcillas rojas de Valverde de Miranda’’, Burgos Minerales DB (2018). Recuperado de <https://mineralesdb.blogspot.com/2018/10/arcillas-rojas-de-valverde-de-miranda.html>

Entender como la arcilla puede brindar un color natural abre de inmediato un campo explorable que puede ayudarnos a evitar el uso de pinturas y colorantes adicional al contar con dicha composición natural dada por los distintos minerales.

Limo, Arena y Grava

Estas tienen unas propiedades distintas en su totalidad, no cuentan con ninguna resistencia de cohesividad, más bien son producto de rocas erosionadas y alteradas morfológicamente por las condiciones del medio ambiente por lo cual se encuentran piedras de río, arena fina, arena gruesa, etc.

La tierra se caracteriza por sus componentes: arcilla, limo, arena y grava, estas se clasifican por su tamaño granulométrico de la siguiente forma:

Tabla 1

Clasificación granulométrica

Dimensión de la partícula elemental (mm)	Attemberg – (Sistema Internacional)	U.S. Dep. De Agricultura	Ex – U.R.S.S.
<0,001	Arcilla	Arcilla	Arcilla
<0,002			Limo fino
0,005	Limo	Limo	Limo medio
0,01			Limo grueso
0,02			
0,05	Arena fina	Arena muy fina	Arena fina
0,1			
0,25		Arena fina	Arena media
0,2			
0,5	Arena gruesa		Arena gruesa
1,0		Arena gruesa	
2,0		Arena muy gruesa	
3,0	Grava fina	Grava fina	Grava
5,0			
10,0	Grava	Grava	
20,0	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras	Grava gruesa y piedras
>20,0			

Nota: Esta tabla es una muestra de cómo se clasifica de forma apropiada el material suelo, lo cual es fundamental para el entendimiento y uso del material. Tomada de “escala granulométrica de Udden” Autor anónimo. Recuperado de <https://post.geoxnet.com/escala-granulometrica-de-udden-wentworth/>

8.2 Ensayos de campo para la tierra

Estos tienen la finalidad de asegurar al constructor que el material a emplear cumple con las exigencias de composición, cohesividad, etc.

Además, dichas pruebas son base para determinar nuestra composición final para la mezcla de tierra dada a los prototipos, conociendo y clasificando así sus características específicas sin desvincular estas de su clasificación granulométrica

Este tipo de ensayo es esencial ya que permite realizarse de una forma artesanal y aun así, logra dar un entendimiento útil para la interpretación de la composición conformada

La importancia de todo lo anterior se ve en los posibles fallos que una mezcla en tierra puede representar, ya que una expansión por agua o una retracción por pérdida de ella puede generar situaciones desfavorables para el material en su uso constructivo, por lo cual se ve la dosificación y el entendimiento de las partículas como información inherente a la buena respuesta del prototipo final

El resultado final del buen uso del material se evidencia en una prueba de retracción la cual básicamente dejara la mezcla secarse a la intemperie evidenciando su respuesta a la pérdida de agua como se ve a continuación:

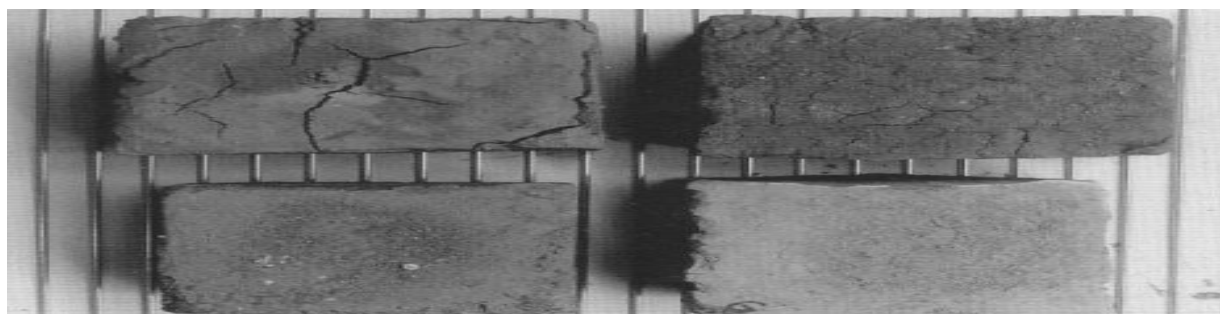


Figura 7 Retracción. La ilustración denota distintas respuestas a la pérdida del agua, Adaptado de “tamaño de Manual de construcción en Tierra”, Minke (1994). Recuperado de: <http://permaconstruccion.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual-Construccion-En-Tierra-Minke.pdf>

8.3 Construcción vernácula:

La construcción vernácula básicamente es la ejecución de los conceptos hablados anteriormente ya que este no tiene una firma específica o una ejecución específica, su resultado final está directamente ligado a las condiciones iniciales del terreno a intervenir, esto de la mano del ideal principal de la técnica el cual es ejecutar la obra con la mayor cantidad de material

nativo posible, siendo el material nativo reconocido como el cual se encuentra cerca o sobre el mismo lote a intervenir.



Figura 8 Aldea Vernácula. La ilustración denota una aldea construida de forma vernácula Tomado de “Arquitectura Vernácula”, Anónimo, (2014). Recuperado de: <https://www.arkiplus.com/arquitectura-vernacula>

Pare entender la importancia de las construcciones vernáculas antiguas para el crecimiento actual nos podemos remitir a este artículo compartido en una comunidad arquitectónica:

“La Arquitectura vernácula es un testimonio actual para entender la cultura popular local en un histórico determinado, también sirve para comprender sus costumbres y formas de subsistencia” (Arkiplus, 2020, párr. 4). Lo que nos dice este artículo es claro para entender como los materiales y la forma de utilizarlos en cada uno de los sitios puede ser un libro de la cultura de quienes los tratan, permitiendo ser parte del auge de la construcción ecológica o un ejemplo de cómo no hacer las cosas, ambos casos siendo beneficiosos para el crecimiento de la rama que arroja esta investigación.

Esto es por lo cual dichas construcciones nos dan la posibilidad de creer en el producto y en la investigación ya que, aunque no sea un tema que no tiene gran normativa en la actualidad

como se verá posteriormente, mantiene raíces prometedoras para su ejecución y desarrollo profesional.

8.4 sistemas en tierra y sus patologías:

Conociendo sus características se llega al desarrollo de sistemas los cuales buscan optimizar la tierra y crear una mezcla adecuada para casa capítulo constructivo a intervenir, los sistemas que se mencionaran están intrínsecamente relacionados con los prototipos que se presentaran ya que denotan el panorama mercadotécnico de la modernidad respecto al producto pensado, además como la evolución de dichos sistemas se ve oportuna.



Figura 9 Casa en adobe. La ilustración muestra una casa construida en adobe ubicada en el desierto de América del sur la cual demuestra el potencial de la técnica, Tomado de “como son las casas típicas en el desierto”, Juan Carlos (2020). Recuperado de: <https://okdiario.com/curiosidades/como-son-casas-tipicas-del-desierto-2924260>

Adobe

Se reconoce esta técnica como una de tantas arcaicas relacionadas con la tierra, la cual evidencia su gran potencial por su amplia historia a través del tiempo, utilizada para los muros y en general como cerramiento de las viviendas rurales en las que se emplea la técnica.



Figura 10 Muro en Adobe. La ilustración muestra el uso del adobe para un muro de cerramiento, siendo este un acabado final más industrializado, Tomado de “características y patologías constructivas del Bahareque tradicional en la vereda san pedro de del municipio de Anserma”, Juan Uribe (2017). Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/60838/1/10270433.2017.pdf>

Otra de las técnicas conocidas en tierra la cual deja el acabado final en tierra lo cual es claro objetivo de mejora de nuestra investigación es el:

8.5 Bahareque embutido y su pañete de tierra cruda

Al igual que el adobe esta es una técnica arcaica y una fuerte idea de construcción vernácula, es fundamental para entender la necesidad de un acabado en tierra más resistente al agua y las posibles patologías biológicas que como se verá posteriormente suelen ser las más relacionadas con este tipo de construcción y/o material en general.

Estas condiciones generan un campo de acción para el profesional estudiado de la arquitectura, con el fin de desarrollar estas técnicas ancestrales y dar vida en Colombia a la construcción en tierra, el método actual conocido para el bahareque embutido en su acabado final consta de una mezcla igual a la de embutido (paja, arena, arcilla) pero con mayor cantidad de agua para dar un aspecto más liso, sin embargo este acabado esta crudo y resulta ser muy frágil ante factores externos como se evidencia en los estudios patológicos hechos por el arquitecto Uribe Álvarez.



Figura 11 Pañete bahareque embutido en tierra. La ilustración expone un muro embutido en tierra el cual evidencia un desprendimiento mostrando la estructura interna, esto debido a la humedad y la falta de resistencia ante la intemperie, Tomado de “características y patologías constructivas del Bahareque tradicional en la vereda san pedro de del municipio de Anserma” Carlos (2018). Recuperado de www.carlosmunera.com

8.6 Patologías generales de la tierra

Se evidencia como el proceso conocido para dar el acabado final a un muro en tierra suele ser muy rustico tal como se evidencia en los artículos posteados por la Universidad Nacional de Colombia (UNAL, 2019):

El segundo repello consistía en una mezcla de tres partes de boñiga fresca por una de barro podrido (sin zacate), también en algunas ocasiones se acostumbró aplicar boñiga, se aplicaba inmediatamente con la mano cuidando de dejar una textura pareja, o también se utilizaba un pedazo de saco de guangoche para afinar (párr. 3).

No se suele dar gran importancia a la resistencia contra el agua y agentes exteriores en general, y en muros de concreto no es ni siquiera considerado el uso de tierra en su presentación final, es por lo cual en estudios como el presentado a continuación se evidencia como los entes biológicos pueden llegar a penetrar el sistema por mencionada falta de atención al acabado final, el Arquitecto Álvarez Uribe realiza una investigación a las patologías en casas con acabado en tierra, en el cual esquematiza los resultados así:

Tabla 2

Patologías en muros

PATOLOGÍAS EN MUROS												TOTAL No. PATOLOG. MUROS	
FÍSICAS	F	%	BIOLÓGICAS	F	%	ANTRÓPICAS	F	%	MECÁNICAS	F	%	F	%
HUMEDAD POR CAPILARIDAD			VEGETACIÓN/HONGO MOHO			PLANTA IRREGULAR			DESPLAZAMIENTO				
HUMEDAD POR LLUVIAS	2	7%	PUDRICIÓN GUADUA/MADERA	2	7%	PIES DERECHOS ALEJADOS			CARRERA APLASTADA	2	7%	6	20%
HUMEDAD POR FILTRACIÓN	1	3%	INSECTOS EN PAREDES DE BAHAREQUE	6	20%	COLINDANCIA MAMPOSTERÍA	9	30%	GRIETAS			15	50%
									FISURAS	3	10%	4	13%
			INSECTOS SOLERA	2	7%				DESPRENDIMIENTO PAÑETE	1	3%	3	10%
			ROEDORES	1	3%	HUMEDAD ALEROS CORTOS	1	3%				2	7%
						MADERA IRREGULAR							
SUBTOTAL	3	10%		11	37%		10	33%		6	20%	30	100
NINGUNA	27	90%		19	63%	NINGUNA	20	67%	NINGUNA	24	80%		
TOTAL	30	100		30	100		30	100		30	100	30	100

Nota: La ilustración describe patologías en muros de tierra donde se logra evidenciar como las patologías físicas y biológicas son las que más afectan a los acabados y estructuras en tierra, Tomado de “características y patologías constructivas del Bahareque tradicional en la vereda san pedro de del municipio de Anserma”, Álvarez Uribe Recuperado <http://bdigital.unal.edu.co/60838/1/10270433.2017.pdf>

Esto deja clara la idea de que las construcciones en tierra son muy afectadas por los factores normales de la intemperie, sobre todo la humedad y los insectos, ya que estos atacan

directamente la composición y la aparición de algún tipo de hongo o insecto llevara al crecimiento exponencial del mismo.

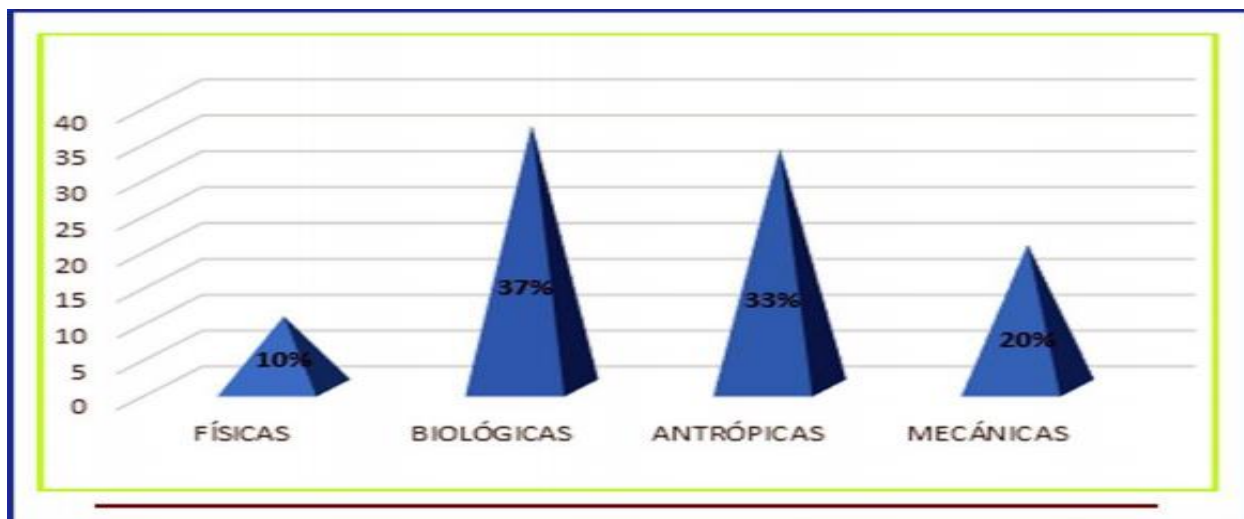


Figura 12 Patologías en tierra. La ilustración expone un esquema de las patologías más comunes en construcción hecha en tierra, este hecho durante una investigación de las viviendas vernáculas en Antioquia, Tomado de “características y patologías constructivas del Bahareque tradicional en la vereda san pedro de del municipio de Anserma”, Álvarez (2017). Recuperado de: <http://bdigital.unal.edu.co/60838/1/10270433.2017.pdf> (Uribe, 2017)

Esto nos deja claros tres factores a intervenir, los cuales pueden ser tratados gracias a la estabilización de la tierra la cual se menciona junto con la teoría del uso de la tierra en construcción, esto debido a que a la cerra los poros de la tierra con los materiales orgánicos que se han empleado en la mezcla se logra evitar la acumulación de insectos y la afectación por agua directa o indirecta.

Esto en cuanto a los muros, lo cual deja en evidencia un fallo importante en la ejecución de las técnicas en tierra, ya que, aunque teniendo esta fama de material durable y fácil de mantener, el descuido en pasos específicos como lo es el revoque, genera situaciones que pueden llegar a ocasionar un edificio enfermo no apto para su habitabilidad.

Además, la construcción en tierra promete un gran auge debido a su actual reconocimiento como un material durable y amigable con el medio ambiente, esto es reconocido

y respetado incluso por las comunidades de arquitectos a nivel Sudamérica por lo cual se encuentran puntos de vista muy positivos al respecto, según Rivera (2018):

de la mano del bahareque embutido en tierra y la tapia pisada las cuales son técnicas tradicionales que se intenta implementar para disminuir el déficit de vivienda en Latinoamérica, propone un nuevo capítulo de construcción en tierra esta vez embellecido y protegido naturalmente. Además, su practicidad la convierte en una arquitectura de tipo colaborativo, integrando a sus comunidades en el proceso constructivo, denominada como “bioarquitectura” ya que reduce las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera (p. 20).

Al evidenciar lo importante que es incluir a las comunidades rurales en la construcción de sus propias viviendas, con el fin de dar un sentido de propiedad además de herramientas intelectuales aplicables a su vida con el fin de sembrar una semilla en las mentes de los jóvenes que en un futuro los pueda llevar a estudiar las técnicas de construcción en tierra para seguir evolucionando junto a su comunidad, más que dar una vivienda, la construcción vernácula busca proyectar un ideal en quienes ejercen la técnica con respeto y comprensión.

Este marco también explica a fondo el porqué de algunos elementos que se mencionan a lo largo de la investigación, puesto que dichos conceptos darán pie a entender y aceptar el gran campo de intervención que tiene el actual mercado de materiales orgánicos en la construcción.

8.7 Métodos de estabilización de la tierra

El termino de estabilizar la tierra hace referencia a la compactación interna de las partículas con el fin de crear una composición firme que no genere erosión y además logre combatir los factores climáticos, principalmente la humedad, esto puede lograrse mediante distintos métodos y aunque en el mercado actual existen productos químicos que buscan hacer

este mejoramiento, la investigación busca la armonía ecológica implementando materiales orgánicos para dicha tarea, por lo cual se presenta a continuación el panorama de posibilidades más acordes a los prototipos planteados.

Minke (1994) “ las fisuras en la tierra son generadas por retracción, esta depende del contenido de agua, del tipo y cantidad de minerales arcillosos y de la distribución granulométrica de los agregados" (p. 43).

Algunos componentes que pueden ser cruciales son el fique, la paja, los almidones, el mucílago, la cascarilla de huevo, la ceniza de arroz quemada entre otros, estos explicados a continuación:

Impermeabilizante Natural (sábila, nopal)

Plantas como el Nopal o la Sábila, prometen ser fuente de estudio para impermeabilizar debido a sus componentes mucilaginosos internos, es por lo cual al pensar en la tierra como un acabado final también es fundamental tener en mente la necesidad de estabilizar el material lo más posible con el fin de evitar patologías comunes, la forma de estabilizar la tierra básicamente consta de unir sus granos, la granulometría ya designada de la forma más homogénea posible, para esto se suele recurrir a la compactación de la tierra o agregando distintas sustancias las cuales puedan homogeneizar internamente la composición, como lo son los aceites o los mucilagos naturales que actúan básicamente como pegamento

Mucílago:

Según Buzzano (2017) “se dijo que el mucílago ayuda a conseguir un secado lento y uniforme el cual incrementa notablemente la resistencia final de los revoques” (p. 24).



Figura 13 Mucilago y nopal. La ilustración expone una siembra de nopal y su contenido mucilaginoso, Tomado de “Acabados y revestimientos en el diseño de arquitectura en tierra, Blanca” Bozzano (2017). Recuperado de http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2018/08/TESINA_ACABADOS-Y-REVESTIMIENTOS-EN-EL-DISE%C3%91O-DE-ARQUITECTURA-DE-TIERRA_Bozzano-Blanca-FINAL.pdf

Cascarilla de huevo

Este material ha sido recientemente mencionado como un impermeabilizante natural, de hecho, algunos investigadores chinos han dedicado tiempo a la búsqueda de aleados químicos con el fin de crear un material tan resistente como concreto a partir de la cascarilla, ellos lo han hecho implementando distintos químicos con el fin de hacer que el material reaccione, sin embargo las propiedades natas del material siguen siendo funcionales y serán adoptadas a la mezcla luego de un método de trituración y filtrado.



Figura 14 Cascarilla de huevo. La ilustración expone las cascarillas de huevo con alto contenido de calcio, Tomado de “cascarilla o polvo de cascara de huevo”, Tilia (2018). Recuperado de: <http://tiliasblog.blogspot.com/2017/04/cascarilla-o-polvo-de-cascara-de-huevo.html>

9. Marco Referencial

En el tema de acabados naturales encontramos a nivel global claros referentes de ejecución y unos más específicos respecto al trabajo en tierra, como primera medida de empleaba la cal pues esta aportada gran resistencia a la humedad además de una estética gracias a sus colores poco común para construcciones ecológicas, como se evidencia en las siguientes imágenes:

9.1 Acabados de cal

Son increíbles para la decoración interior como pinturas y superficies decorativas, son térmicos y muy elegantes, además de brindar gran resistencia al agua.



Figura 15 Acabados en cal. La ilustración expone distintos colores para la cal los cuales se obtienen de distintas formas, en su mayoría mezclando la cal con tintes naturales extraídos de plantas y vegetales, Tomado de “taller de bioconstrucción acabados con cal”, Es fácil ser verde (2018). Recuperado de: <https://esfacilserververde.com/portal25/archivo-de-eventos/4001-taller-de-bioconstruccion-acabados-con-cal>

Aún más relacionado con los prototipos planteados en la investigación encontramos los usos actuales para la tierra como acabado constructivo, se evidencia como en los casos expuestos la tierra es un material ligado por cultura con el sitio, en Japón la construcción en tierra se hace famosa gracias a los yacimientos de arcilla de distintos colores que tienen por su suelo rico en minerales dando como fruto la cultura del Japanese plastering (acabado japones en tierra) y en marruecos el uso de la arcilla común de la mano de sus yacimientos de cal resistente al agua proveniente de Marrakesh otorgan la técnica ancestral del Tadelakt, esto deja claro que en

Colombia con los materiales que poseemos, entre los cuales está la tierra mineral de Tunja la cual es un rico material en arcilla y con colores variados puede aportar a un sistema de acabados en tierra funcionales y estéticos de igual o mejor forma que los referentes, beneficiándonos de las propiedades de la tierra como acabado final los cuales a gran medida son:

9.2 Acabados de tierra

Estos acabados finales en tierra logran otorgar gran estética y confort a los ambientes interiores, además, gracias a su textura porosa ayuda a la disminución de los índices de humedad del ambiente, otorgando así una mayor estabilidad de temperatura. Al conocer estos referentes se ve clara la posibilidad de implementar dichas técnicas como mejoramiento y evolución de las técnicas arcaicas de construcción en tierra de Colombia anteriormente mencionadas.

9.3 El japanese plastering (acabado en tierra japonés)

Es uno de los importantes referentes ya que evidencia el gran impacto y comercialización que tienen los acabados en tierra en otros países, donde se consolida como un material ideal para el confort de una vivienda familiar, Kiwado (2015)

está formado por profesionales especializados en enlucidos japoneses y construcción natural contemporánea. Su trabajo se materializa en la preservación y promoción de las artes tradicionales japonesas y la vida ecológica. (párr. 5).

Estos acabados como el que se ven en la siguiente imagen suelen estar compuestos por mezclas de material fibroso, cal hidratada y distintas arcillas nativas



Figura 16 Casa tradicional japonesa. La ilustración muestra una vivienda tradicional japonesa en su interior, evidenciando el uso de la tierra como acabado final, sutil, estético y duradero, Tomado de “Interior and Exterior finishes”, Kiwado (2015). Recuperado de: <https://www.japaneseplastering.com/aboutus>

Este es un método de dar acabados brillantes, incluso con efectos espejo empleando aceites naturales como el aceite de oliva o de linaza al igual que se pueden emplear ceras como la cera de abeja, teniendo resultados como los de un barnizante toxico industrial.



Figura 17 Acabado polichado en tierra. La ilustración expone el proceso de creación de un revoque interno en arcilla, la cual fue brillada con llanas de acero con el fin de dar la ilusión de veneciano, Tomado de “Interior and Exterior finishes”, Kiwado (2018). Recuperado de: <https://www.japaneseplastering.com/aboutus>

9.4 El Tadelakt marroquí

Encontramos otra técnica fundamental para entender cuan duradero y estético puede llegar a ser un acabado hecho en tierra como tal el Taleakt es una técnica que consiste en comprimir cal marroquí con una piedra hasta formar superficies lisas similares al mármol.

La antigüedad de esta técnica es importante, porque al ser una técnica antigua da pie a su evolución gracias a los nuevos elementos naturales que se pueden emplear en este tipo de edificaciones y puede ayudar a la estabilización de la tierra para generar un mejor producto. Esta al ser una técnica que no requiere de mano de obra calificada puede ser transmitida en unos pocos cursos a la comunidad donde se busca ejecutar el arte con el fin de generar viviendas más que aceptables para el confort en una sociedad rural.



Figura 18 Interior palacio marroquí. La ilustración denota la magnificencia y el punto de vista lujoso que se le tiene al revoque final en tierra en Marruecos, Tomado de “tadelakt: Una técnica milenaria de Marruecos”, Bubbles (2018). Recuperado de: marroquí <https://www.nomadbubbles.com/tadelakt-marruecos/>

La técnica llama la atención al instante ya que es un acabado completamente hidrófobo, y puede ser empleado incluso en baños sin el riesgo de que esta sufra por humedad causando desprendimientos o distintas patologías, además de su apariencia natural y su textura lisa



Figura 19 Baño Marroquí en tierra. Tomado de” La ilustración muestra un acabado final hidrófobo en tierra para baño”, Bubbles (2018). Recuperado de: <https://www.nomadbubbles.com/tadelakt-marruecos/>

10. Marco normativo

En el funcionamiento de los acabados finales se ve la necesidad de dar importancia a la resistencia contra el fuego y el agua de los acabados finales que se implementaran a las viviendas, se ve como para acabados en tierra no se cuenta con una norma colombiana específica que hable de ello, sin embargo, algunas normas extranjeras tocan el tema de acabados porosos y en general orgánicos, con todo y esto la normativa a seguir sigue siendo muy reducida, se ve la gran necesidad de ampliar dicho conocimiento científico con el fin de formalizar la técnica y llegar a una instrucción clara respecto a cómo y porque se debe ejecutar, en el medio tiempo contamos con especificaciones respecto a la forma de clasificar granulométrica la tierra.

11. Mezcla de tierra adaptable

Generalidades

Este capítulo busca ser la exposición de los procesos tomados y la solución final para la mezcla base que se utilizara como material principal de todas las evidencias planteadas, esta mezcla busca hacer una estabilización de la tierra gracias al uso granulométrico correcto y la aleación con materiales orgánicos que mejoran las características de resistencia en la tierra cruda.

Aun cuando la investigación plantea la posibilidad de crear varios prototipos útiles para los acabados finales, la mezcla base busca ser casi idéntica entre cada uno de ellos, esto con el fin de simplificar lo más posible la aplicabilidad de ella en los distintos acabados finales de vivienda.

Se hace evidente desde las primeras pruebas como la reacción individual de cada elemento no funcionaría, pero en una aleación, estos dan resultados apropiados para el uso que se busca, sin embargo, es necesario tener en cuenta las especificaciones de cada uno de ellos, con el fin de que la mezcla final cumpla con las características deseadas.

11.1 Arena

Se prioriza el uso de una arena con bajo contenido de limos, (según prueba de sedimentación) y unos granos resistentes a la abrasión, por eso la arena de río resulta ser ideal.

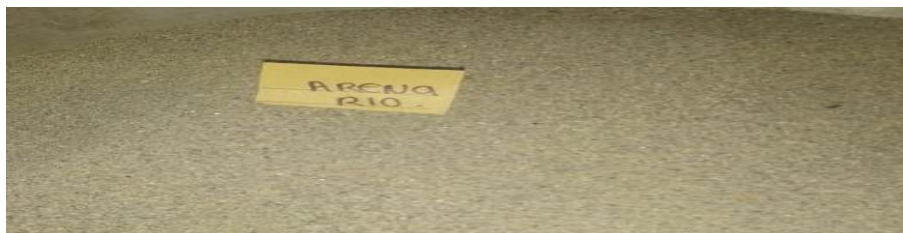


Figura 20 Arena de río Arena de río común. La ilustración muestra arena extraída de una obra cercana al centro de Bogotá, clasificada como arena de río. Elaboración propia.

11.2 Arcilla

Se busca una tierra altamente mineral que aporte color y cohesividad, en Colombia se conocen yacimientos de arcillas de colores alrededor de Tunja sitio de donde se extrajo la arcilla de color morado empleada en la mezcla base

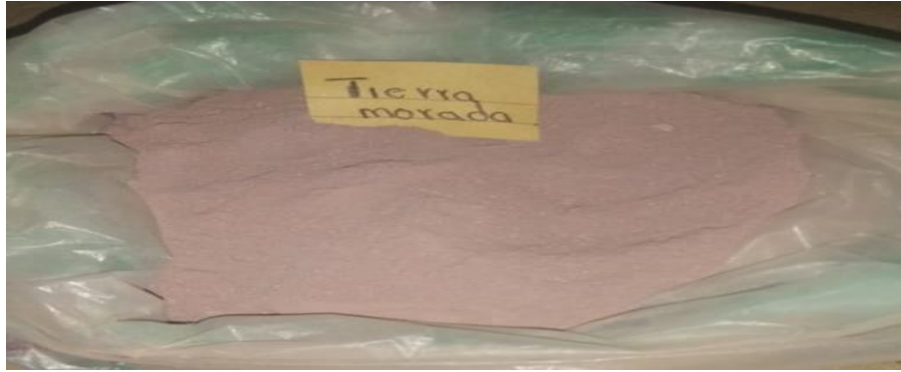


Figura 21 Suelo arcilloso. Suelo arcilloso de color morado proveniente de Tunja Colombia, foto. Elaboración propia.

11.3 Fibras

Colombia cuenta con grandes siembras de fique, sin embargo, para el prototipo se recurrió a las cuerdas de fique la cual fue cortada de forma manual para conseguir una medida adecuada.

Cascarilla de huevo

Estas son cascarillas de huevo común las cuales son procesadas de forma simple con el fin de extraer la mayor cantidad de calcio posible.



Figura 22 Cascarilla de huevo. La ilustración expone cascarilla de huevo tostada y molida. Elaboración propia.

11.4 Sábila con ceniza de cascarilla de arroz

Esta mezcla se dará en un 50% sábila y 50% ceniza de cascarilla según pruebas hechas en investigaciones previas, la cual se añadirá con el fin de aumentar los índices de impermeabilización.



Figura 23 Mezcla de sábila y ceniza de cascarilla de arroz. La ilustración expone la mezcla realizada en pruebas anteriores por estudiantes de la UGC (Universidad la gran Colomba) aplicada en la mezcla base de la investigación, foto. Elaboración propia.

La mezcla de dichos materiales en proporción da como resultado un producto manipulable y funcional de fabricación in-situ, este al ser semi impermeable y tener resistencia ante golpes leves, permitirá su empleo ubicándose como reemplazo de distintas opciones comerciales como:

- los cielos rasos en PVC o ICOPOR
- acabado tradicional interior de pañete, estuco y pintura
- Repello exterior en tierra cruda que se ve en las viviendas rurales de Bahareque o Tapia pisada
- los adoquines de adobe para piso

Estos son solo alguno de los productos conocidos y referenciales como base de la investigación para demostrar su viabilidad de empleo en el mercado actual.

12. Cielo raso en tierra

Este capítulo es la explicación de la teoría y la ejecución de la primera evidencia planteada para ser empleada como acabado final en un cielo falso que logre dar un aspecto estético a las viviendas.

Esta evidencia no busca ser más liviano que los existentes en el mercado, debido a que en la actualidad existen paneles de icopor, corcho y pvc los cuales son altamente livianos, sin embargo, dichos procesos son industriales y en su mayoría emplean procesos con gran huella de carbono, el prototipo busca ser ecológico y de fácil creación, a su vez que busca competir con los precios de los cielos rasos actuales.

12.1 Generalidades cielo raso

Los cielos rasos en tierra no han sido mundialmente comercializados y no cuentan con grandes representantes hasta la fecha, se evidencia la posibilidad de modular paneles acordes a una perfilería en aluminio utilizada para paneles de icopor y estos reemplazarlos por unos compuestos de tierra aligerada.

12.2 Normativa cielo raso

Lo más importante a la hora de pensar en un cielo raso es tener en cuenta que este va a tener un papel fundamental en el aislamiento por lo cual su impacto en la sensación de frío o calor del interior de la vivienda es bastante amplio, por lo cual los materiales empleados en el deben cumplir con aislar acústica y térmicamente lo más posible

12.3 Prototipo de cielo raso en tierra

Este prototipo es generado con la mezcla base aplicándola sobre un molde, con el fin de generar una tableta para modular el cielo raso, el molde busca ser lo más económico posible ya que no estará expuesto a grandes cargas.

Tabla 3

Precio Formaleta

A.P.U Formaleta				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
lamina de acero galvanizada 1,0*1,2 cal 16	M2	0.5	\$ 15,000	\$ 7,500
Angulo metalico 25*2,5mm ancho 36	ML	2.9	\$ 18,150	\$ 6,258
herramienta menor	%	5	\$ 1,470	\$ 7
Mano de obra	Hh	1	\$ 6,000	\$ 6,000
			TOTAL	\$ 19,765

Nota: La tabla expone la dosificación y precios de un molde para tableta de cielo raso hecho de forma rustica para reducir costos de material y mano de obra. Elaboración propia.

12.4 Dosificación y paso a paso:

Tabla 4

Dosificación cielo raso

A.P.U Cielo Razo				
Tierra Rojiza	M3	0.2	\$ 40,000	\$ 696
Arena De rio	M3	0.058	\$ 150,000	\$ 40.00
Malla de vena	UN	0.175	\$ 5,900	\$ 33.71
Fique	LB	0.5	\$ 1,000	\$ 500
Agua	LT	0.0725	\$ 2,210	\$ 38.00
herramienta menor	%	5	\$ 1,470	\$ 7
Mano de obra	Hh	1	\$ 6,000	\$ 6,000
			TOTAL	\$ 7,315

Nota: La ilustración expone el precio y dosificación promedio para una tableta de cielo raso de .5 * .3 compuesta de tierra. Elaboración propia.

12.5 Paso a paso

- Se requiere disponer de un recipiente(x) para depositar los materiales y efectuar la mezcla.

- Siguiendo la dosificación de cada material, se dispone a vaciarlos en el recipiente(x): arena peña, tierra gris o roja.
- Mezclar muy bien los materiales mencionados anteriormente buscando una mezcla lo mayor homogénea posible.
- Adicionar la cantidad de agua requerida.
- Ya teniendo los dos componentes juntos tenemos como resultado una mezcla húmeda semi fluida.
- Humedecer el molde o formaleta con agua.
- Vaciar una capa de mezcla de 1 cm de espesor.
- Colocar malla de vena.
- Completar el vaciado de la mezcla al molde o formaleta con otra capa de 1cm
- Garantizar una buena nivelación
- Dejar secar a temperatura ambiente por 5 días mínimo.

12.6 Conclusión y comparación

Si se busca una tonalidad roja debe utilizarse tierra mineral de ese color

13. Acabado interno en tierra

El prototipo pensado para el interior de las viviendas unifamiliares busca ser el reemplazo de la técnica de acabado tradicional que consta de pañetar con cemento, estucar con yeso y pintar con pinturas tóxicas como embellecimiento final, con el empleo de una mezcla única que actúe como pañete semi-impermeable a su vez que da el acabado final reduciendo costos en mano de obra y material.

13.1 Generalidades acabado interno en tierra

Al referirnos a este elemento se debe entender que la porosidad del revoque en tierra acarrea una condición de alto contenido de humedad Minke, (1994)

Todo material poroso, aunque este seco posee una humedad característica, denominada equilibrio del contenido de humedad, esta depende de la humedad del aire del ambiente, a mayor humedad mayor cantidad de agua absorberá el material y si la humedad del aire reduce el material de sorberá agua (p. 67).

Lo que básicamente se resume en que si el material es adecuado tardará más en dejar que la temperatura interna se pierda por difusión a través de los muros, la siguiente tabla nos da una idea esquematizada del potencial del revoque en tierra para dicha característica.

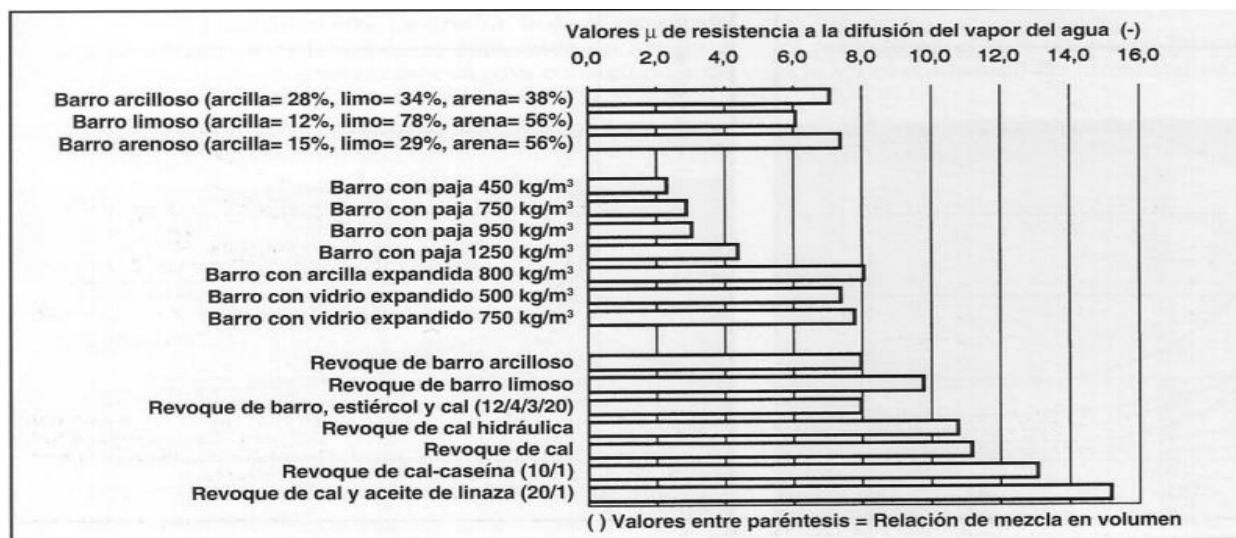


Figura 24 Coeficiente de difusión de vapor de barros y revoques. Exposición de la resistencia a la difusión de vapor según norma alemana DIN 52615, Tomado de “manual de construcción en tierra”, Minke (1994). Recuperado de: <http://permaconstruccion.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual-Construccion-En-Tierra-Minke.pdf>

13.2 Normativa Revoque interno

De acuerdo a Martín-Peñasco (2018)

La permeabilidad de la mezcla de tierra, que sirve de fondo a los revoques, prohíbe el uso de mezclas demasiado impermeables, que podrían generar fenómenos de condensación de agua en la cara interna del revoque, ocasionando el deterioro de los puntos de fijación del revoque con su soporte, y el desprendimiento de la mezcla por placas enteras. Los revoques deben permitir el traspaso del vapor de agua, pero ser impermeables al agua en estado líquido (p. 248).

13.3 Información producto comercial (pañete, estuco, pintura)

Este es un proceso tradicional, se comparará con el prototipo ya que será muestra de cómo la tierra logra actuar perfectamente en una obra con unas cuantas modificaciones granulométricas tal y como lo haría un material industrializado como lo es el cemento, estos procesos suelen ser altamente contaminantes debido a los químicos empleados para la creación de sus componentes.

Además, su proceso se realizará en tres partes:

- Pañete esto es una mezcla de cemento con arena, los precios referencia son tomados de la alcaldía municipal de Santander Colombia

Precio M2: PAÑETE LISO MUROS 1:5 \$ 15.392

- Estucado Es una mezcla de cal y otras sustancias como polvo de mármol que forman un yeso que se endurece por reacción química

Precio M2: ESTUCO \$ 6.514

- Pintura Para esto existe una gran variedad de opciones en el mercado, desde pinturas de agua, de aceite hasta pinturas orgánicas, las más comunes de usar en vivienda unifamiliar y vivienda rural son los vinilos

Precio M2: PINTURA VINILO SOBRE ESTUCO (Viniltex) \$ 6.444

El precio total de los materiales en promedio es de \$28.35 pesos, sin contar mano de obra que sería de un ayudante y un oficial, este proceso además de tener un precio considerable, también tarda bastante en ser ejecutado debido a la espera entre capa y capa.

13.4 Prototipo acabado interno en tierra

Tabla 5

Dosificación acabado interior

A.P.U pañete m2				
Tierra arcillosa de color	M3	0.8	\$ 40,000	\$ 2,784
arena peña	M3	0.09	\$ 168,000	1560
Fique	LB	2	\$ 1,000	\$ 2,000
Agua	M3	0.1	\$ 2,210	\$ 2,210
herramienta menor	%	5	\$ 1,470	\$ 7
Mano de obra	Hh	1	\$ 6,000	\$ 6,000
			TOTAL	\$ 14,561

Nota: La ilustración muestra la dosificación y precio para un m2 de acabado interior en tierra. Elaboración propia

Para su correcto funcionamiento se recomienda seguir los pasos respecto a lo formulado luego de la experimentación

13.5 Paso a paso

- Se requiere disponer de un recipiente(x) para depositar los materiales y efectuar la mezcla.
- Siguiendo la dosificación de cada material, se dispone a vaciarlos en el recipiente(x): arena, piedra, tierra morada, cascarilla de arroz quemada, polvillo de ladrillo, y fique.
- Mezclar muy bien los materiales mencionados anteriormente buscando una mezcla lo mayor homogénea posible.
- Vaciar el agua requerida a la mezcla y revolver lo mejor posible.
- Humedecer la zona de aplicación y luego aplicar la mezcla obtenida de color rojizo.

13.6 Conclusión y comparación

Beneficios

El prototipo en tierra claramente tiene un costo reducido respecto al sistema regular de pañete, estuco y pintura, además de ser amigable con el medio ambiente y dar una estética natural a los espacios, al tiempo que ahorra tiempos de ejecución brindando la funcionalidad esperada, esto empleando una sola mezcla aplicada en dos capas.

Contras

La resistencia ante la humedad es claramente menor que la de un proceso tradicional empleando cemento además resulta frágil ante la abrasión por lo cual se debe tener más precaución para evitar daños

14. Pañete externo en tierra

Este prototipo busca ser el mejoramiento de las técnicas conocidas como acabado final externo en el Bahareque embutido tradicional y la Tapia pisada, brindado también la posibilidad de ser empleado como embellecimiento en viviendas de ladrillo y/o concreto.

14.1 Generalidades revoque en tierra

Los revoques en tierra contienen en su mayor proporción arena y arcilla, buscando así una consistencia y un comportamiento adecuado para su función como acabado final, a lo largo de los tiempos y las investigaciones se ha logrado visualizar como los materiales naturales como el mucílago pueden ser clave para la estabilización de las partículas y así mejorar sus resistencias ante la abrasión y la humedad.

Para establecer las proporciones ideales con el fin de llegar a una mezcla adecuada con la tierra, se debe tener amplio conocimiento respecto a la función de cada una de sus presentaciones, ya que la mezcla final debe contar con los agregados apropiados con el fin de evitar fisuras y abrasión en general.



Figura 25 Revoque interno en tierra. La ilustración expone el proceso de un revoque en barro, Tomado de “Acabados y revestimientos en el diseño de arquitectura en tierra Blanca” Buzzano (2017). Recuperado de: http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2018/08/TESINA_ACABADOS-Y-REVESTIMIENTOS-EN-EL-DISE%C3%91O-DE-ARQUITECTURA-DE-TIERRA_Bozzano-Blanca-FINAL.pdf

14.2 Normativa revoque externo

Buzzano (2017)

La norma alemana DIN 18550 en su parte 3 establece que los revoques externos hidrófobos deben cumplir la siguiente condición:

Coefficiente de absorción de agua: $w < 0.5 \text{ kg} / \text{ms h } 0.5$

(p.47)

14.3 Información producto comercial

Para esta tarea existe en el mercado el pañete impermeable en cemento, de hecho, dicho pañete ha sido empleado como mejoramiento de las casas de Bahareque embutido tradicional, pero como se expone en el marco teórico, esto genera desprendimientos indeseados, sin embargo, actúa de buena manera sobre superficies de ladrillo.

Precio M2: PAÑETE IMPERMEABILIZADO \$ 18.720 pesos

Esto sin incluir precios de mano de obra y herramienta

14.4 Prototipo acabado externo en tierra

Dosificación, precio (colombiano) y paso a paso para M2:

Tabla 6

Dosificación acabado exterior

A.P.U pañete m2				
Tierra arcillosa de color	M3	0.8	\$ 40,000	\$ 2,784
arena peña	M3	0.09	\$ 168,000	1560
Fique	LB	2	\$ 1,000	\$ 2,000
Agua	M3	0.1	\$ 2,210	\$ 2,210
herramienta menor	%	5	\$ 1,470	\$ 7
Mano de obra	Hh	1	\$ 6,000	\$ 6,000
			TOTAL	\$ 14,561

Nota: Describe materiales y precios promedio en el mercado. Elaboración propia.

Con el fin de tener un producto eficaz que cumpla con las expectativas de recubrimiento y protección contra el agua, el prototipo fue ejecutado de la siguiente forma:

14.5 Paso a Paso

- Se requiere disponer de un recipiente(x) para depositar los materiales y efectuar la mezcla.
- Siguiendo la dosificación de cada material, se dispone a vaciarlos en el recipiente(x): arena peña, tierra roja, cascarilla de huevo triturada, polvillo ladrillo, y fique.



Figura 26 Mezcla de materiales. La ilustración expone los distintos materiales del pañete. Elaboración propia.

- Mezclar muy bien los materiales mencionados anteriormente buscando una mezcla lo mayor homogénea posible.



Figura 27 Mezcla pañete externo. La ilustración muestra el tono final de la mezcla de pañete externo antes de aplicarlo. laboración propia.

- En un vaso de licuadora depositar agua, cristales de sábila, cascarilla de arroz quemada. tener en cuenta dosificación.
- Licuar por 30 segundos

- El resultado será un líquido viscoso de color negro.
- Vaciar el producto resultante de la licuadora la mezcla del recipiente(x) y mezclar muy bien.
- Ya teniendo los dos componentes juntos tenemos como resultado una mezcla húmeda semi fluida. humedecer la zona de aplicación y luego aplicar la mezcla obtenida de color rojizo.



Figura 28 Prototipo pañete externo a base de tierra. La ilustración muestra el resultado final del proceso aplicado. Elaboración propia.

14.6 Conclusión y comparación

Beneficios:

Se evidencia nuevamente como la mezcla de tierra resulta más económica que la práctica de pañete tradicional la cual incluye cemento e impermeabilizantes industriales, al igual que el pañete tradicional, puede dejarse como acabado final, pero este se ve más estético

Contras:

- La mezcla tradicional de pañete con cemento sigue siendo más resistente al agua
- Los gastos de mano de obra y tiempos de ejecución son equivalentes

Comentarios prototipo

- Al haber sido aplicada la mezcla se llegó a la conclusión de que es posible variar el color de la mezcla con la dosificación de polvillo de ladrillo y/o arcilla, como se evidencia en la ilustración 7, puede tener un tono rojizo o marrón.

- Se debe tener cuidado y homogeneizar la mezcla lo más posible antes de aplicarla, con el fin de evitar segregación de los materiales.

15. Baldosa de piso en tierra

15.1 Generalidades pisos en tierra

Al hablar de pisos de tierra se volverá de inmediato al bahareque en tierra, a la tapia pisada y en general a las construcciones en tierra, ya que es un complemento perfecto para dichas edificaciones, por su composición y estética, entre ellos se encuentran los adoquines de adobe, los pisos de arcilla compactada o adobe vertido.

15.2 Normativa Baldosa de piso

Los pisos que no llevan esmalte y que son pulidos por lo general tienen una resistencia al tráfico muy baja y no se les hacen las pruebas de resistencia contra fricción.

15.3 Información producto comercial

Aunque lo más similar al prototipo planteado que existen en el mercado son los adoquines de adobe y los pisos de adobe vertido, respecto a precios son inciertos ya que dependerá del proveedor de la tierra o la disponibilidad del sitio de obra de proveer el material

Los precios expuestos a continuación fueron tomados de Homecenter 2020 y son referenciales.

Precio M2: Pisos en baldosa porcelanato beige cristal económico: \$25.900 pesos

Precio M2: Piso laminado 8mm económico: \$21.900 pesos

Los precios mencionados son de los más económicos hallados durante la investigación, el mercado presenta una alta cantidad de opciones de mayores precios, pero es importante resaltar que, entre ellas, no se encuentran baldosas de tierra o similares.

15.4 Prototipo baldosa para piso a base de tierra

La creación de este prototipo se realizó de forma artesanal

Tabla 7

Dosificación baldosa en tierra

A.P.U Tableta 20*20*,15				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Tierra Rojiza	M3	0.029	\$ 40,000	\$ 87
Arena De rio	M3	0.0217	\$ 84,000	\$ 18.30
Malla de vena	UN	0.04	\$ 5,900	\$ 17.50
Fique	LB	0.02	\$ 1,000	\$ 200
Agua	LT	0.0217	\$ 2,210	\$ 10.18
herramienta menor	%	5	\$ 1,470	\$ 7
Mano de obra	Hh	1	\$ 6,000	\$ 6,000
			TOTAL	\$ 6,340

Nota: Los materiales empleados son elementos comunes de los mercados colombianos, además son económicos y maleables. Elaboración propia.

15.5 Paso a paso

- Se requiere disponer de un recipiente(x) para depositar los materiales y efectuar la mezcla.

- Siguiendo la dosificación de cada material, se dispone a vaciarlos en el recipiente(x): arena rio, tierra gris o roja, cascarilla de huevo triturada, cemento, y fique.

- Mezclar muy bien los materiales mencionados anteriormente buscando una mezcla lo mayor homogénea posible.

- En un vaso de licuadora depositar agua, cristales de sábila, cascarilla de arroz quemada. tener en cuenta dosificación.



Figura 29 Cascarilla de arroz quemado. La ilustración muestra el proceso de creación de la ceniza de arroz para impermeabilizar la mezcla. Elaboración propia.

- Licuar por 30 segundos el resultado será un líquido viscoso de color negro
- Vaciar el producto resultante de la licuadora la mezcla del recipiente(x) y mezclar muy bien teniendo los dos componentes juntos tenemos como resultado una mezcla húmeda semi fluida.



Figura 30 Mezcla de tierra para baldosa de piso. Mezcla de componentes para creación de baldosa de piso en tierra. Elaboración propia.

- Humedecer el molde o formaleta con agua



Figura 31 Molde para baldosa de piso. La ilustración expone un molde de madera elaborado artesanalmente para la mezcla de la baldosa. Elaboración propia.

- Vaciar una capa de mezcla de 1 cm de espesor
- Colocar malla de vena
- Completar el vaciado de la mezcla al molde o formaleta con otra capa de 1cm
- Con un tenedor generar líneas en forma de cuadrícula con el fin de garantizar una zona rugosa para el momento de pegar la tableta



Figura 32 Parte trasera de la tableta en tierra. La figura expone la parte posterior para pegar al piso del prototipo baldosa a base de tierra. Elaboración propia.

- Dejar secar a temperatura ambiente por 15 días mínimo



Figura 33 Baldosa para piso a base de tierra. La ilustración muestra el prototipo final a base de tierra para una baldosa de piso de vivienda unifamiliar vernácula 20x20. Elaboración propia.

15.6 Conclusión y comparación

Beneficios

- Los pisos en tierra aportan un cambio al microclima interno ya que mitiga los contenidos de humedad debido a su composición porosa, esto sin agrietarse o perder resistencia
- El precio de las baldosas de tierra resulta significativamente menor que un porcelanato

Contras

- Estas baldosas tienen un área muy reducida lo cual incrementa el tiempo de ejecución del metro cuadrado en obra

Comentarios prototipo

- Si se busca un color rojo de la tableta se debe usar la tierra roja
- el uso de la malla de vena se implementa ya que sin ella la baldosa no responderá con la resistencia necesaria para su uso

16. Conclusiones

El siguiente texto expondrá las conclusiones generales respecto la teoría investigada y las practicas / pruebas hechas con los prototipos, con el fin de dar una amplia percepción de lo logrado y lo esperado para los prototipos y los proyectos a tratar en un futuro que se verán relacionados con el tema principal de la investigación el cual son los usos de la tierra.

Los prototipos son muestra de la gran variedad de posibilidades que tiene la tierra en la construcción y el gran potencial que pueden tener las mezclas de tierra, se entiende que la investigación tan solo propone cuatro de un sinfín de prototipos funcionales que pueden existir, la tierra actuó como se esperaba respecto a la teoría ya que fue posible tratarla hasta el punto de manipular su composición granulométrica como se expuso con los ensayos de sedimentación, se llegó a una adecuación funcional como acabado final de una vivienda, claro que aún es posible seguir explorando en los distintos componentes orgánicos pero fue evidente como desde que apareció la sábila (mucilago) en la mezcla principal esta adopto características de resistencia al agua que antes de este elemento no presentaba, gracias a lo demás mencionado se logra concluir

que el uso de la tierra es la solución para la implementación de acabados finales con bajo costo y alta calidad en las viviendas de interés social VIS.

Se invita a la comunidad de investigación de las propiedades de la tierra a considerar el material para la industrialización de su aplicación con el fin de ejecutar los procesos en la mayor cantidad de viviendas de vivienda en condición de pobreza posibles, ya que es un material que además de brindar una estética más que admirable, permite mejorar las condiciones internas respecto al confort de la vivienda, mejorando así la calidad de vida de estas familias y evitando largos periodos de vida con una vivienda en obra negra debido a la falta de recursos.

17. Recomendaciones

- La tierra es un material versátil y puede ser utilizado como acabado final de viviendas familiares sin embargo estas tienen baja resistencia por lo cual solo deben utilizarse en vivienda unifamiliares de 4 personas
- Estos acabados no pueden ser empleados en centros comerciales o sitios públicos a menos de que se encuentren alejados del tránsito para evitar desgastes por contacto
- Algunos de los acabados finales interiores deben mantenerse alejados del tacto directo ya que estas mezclas son frágiles ante la abrasión
- En Colombia a la fecha existe gran cantidad de combinaciones de las tierras nativas que no se aprovechan y requieren de estudio para evolucionarse, sin embargo, los terrenos del país exponen una gran cantidad de materiales del suelo que pueden conformar una gran industria de la mano de la naturaleza

18. Lista de Referencias

- Alvarez, U. (2017). Características y patologías constructivas del Bahareque tradicional en la vereda san pedro del municipio de Anserma (Caldas) Universidad Nacional de Colombia, Medellin. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/60838/1/10270433.2017.pdf>
- Arkiplus (2020). La Arquitectura Vernácula. Recuperado de <https://www.arkiplus.com/arquitectura-vernacula/>
- Bubbles, N. (2020). El Tadelakt: Una técnica Milenaia de Marruecos. Recuperado de <https://www.nomadbubbles.com/tadelakt-marruecos/>
- Buzzano, B. (2017). Acabdos y revestimientos en el diseño de la Arquitectura de Tierra, Facultad de arquitectura diseño y urbanismo – Universidad de la Republica, Madrid. Recuperado de http://www.fadu.edu.uy/tesinas/files/2018/08/TESINA_ACABADOS-Y-REVESTIMIENTOS-EN-EL-DISE%C3%91O-DE-ARQUITECTURA-DE-TIERRA_Bozzano-Blanca-FINAL.pdf
- Kiwado (2015). Janapese plastering. Recuperado de <https://www.japanesepastering.com/aboutus>
- Martín-Peñasco, M. (10 de Agosto de 2018). Cáscaras de huevo para la preservación del agua el material impermeable del futuro. Recuperado de <https://blogthinkbig.com/cascara-huevo-agua-impermeable>
- Minke. M. (1994). Manual de construcción en tierra, Estabilización de la tierra. Recuperado de <http://permaconstruccion.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual-Construccion-En-Tierra-Minke.pdf>
- Rivera, Y. (2018). Bahareque una técnica constructiva sismo resistente en Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/2ybv22u>

Universidad Nacional de Colombia [UNAL] (2019). Revoques naturales Revoque en tierra para casa. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/pja5vg/Una-alternativa-al-revoque-fino-puede-ser-una-pintura-de-tierra-u-otro-que-se/vernacula/>