

UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA;

PISOS DE TIERRA CRUDA

PAVIMENTOS - TIERRA - FIBRAS NATURALES - CASCARILLA

CARLOS MIGUEL TAPIA VERA / ARQ. JOSE PESANTEZ



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

CONSTRUCCIÓN EN TIERRA





UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA: PISOS DE TIERRA CRUDA

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

CARLOS MIGUEL TAPIA VERA

DIRECTOR: MSC. ARQ. JOSÉ FRANCISCO PESÁNTEZ PESÁNTEZ

CUENCA - ECUADOR
2018

UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA:

PISOS DE TIERRA CRUDA

PAVIMENTOS-TIERRA CRUDA-FIBRAS NATURALES- CASCARILLA

DECLARACIÓN

Yo, Carlos Miguel Tapia Vera, declaro bajo juramento que el presente trabajo aquí descrito, es de mi autoría y que los resultados obtenidos son auténticos y originales. Las referencias bibliográficas provenientes de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad académica y legal de los contenidos del presente trabajo de titulación.

Carlos Miguel Tapia Vera

CERTIFICACIÓN

Certifico que la presente investigación fue realizada por Carlos Miguel Tapia Vera, bajo mi supervisión.

Arq. MSc. José Francisco Pesántez Pesántez.
DIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación dedico a Dios por haberme guiado por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy y por su apoyo incondicional.

Para mis padres: Carlos y Paz, por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

Thomas Chalmers

AGRADECIMIENTO

Antes que nada, deseo expresar mi agradecimiento a mi director, Mgs. Arq. José Pesántez, por la dedicación y empeño manifestado en la investigación, por el acatamiento a mis opiniones y recomendaciones, por la dirección, y la firmeza que ha posibilitado a la misma

Asimismo, agradezco el apoyo de:

<i>Ing. William Muñoz</i>	<i>Laboratorio de suelos R&R</i>
<i>Ing. Iván Riquetti.</i>	<i>Laboratorio de suelos R&R</i>
<i>Ing. Juan Sola</i>	<i>Universidad Católica de Cuenca</i>
<i>Ing. Fabiola Uday</i>	<i>Laboratorio químico UCACUE</i>
<i>Ing. Marco González</i>	<i>Laboratorio de suelos UCACUE</i>

Agradezco mucho por la ayuda de mis maestros, mis compañeros, y a la universidad en general por todos los copiosos conocimientos que me ha otorgado.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	
CERTIFICACIÓN	
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
INDICE	III
RESUMEN	VII
ABSTRAC	VIII
I.- Introducción	IX
II.- Problemática	X
III.- Justificación	XII
IV.- Metodología	XIII
V.- Objetivos	XIV
VI.- Conclusiones	XV
VII.- Recomendaciones	XVII
VIII.- Bibliografía.	XVIII
IX.- Anexos	XIX

CAPITULO I : CONSTRUCCIONES EN TIERRA - PISOS DE TIERRA CRUDA

1.- La tierra como material de construcción.	02
1.1. Pisos de tierra	04
1.2. Sistema constructivo de un pavimento de tierra.	07
1.3. Secado.	08
1.4. Propiedad de los materiales.	08
1.5. Herramientas y equipos.	13
1.6. Analisis normativo.	14

CAPITULO II : EXPERIMENTACIÓN - DOSIFICACIÓN DE PISOS EN TIERRA

2.- Análisis de casos similares.	22
2.1. Selección de casos de estudio.	23
2.2. Determinación de materiales.	34
2.3. Ensayos de campo.	38
2.4. Pruebas en el laboratorio.	44
2.5. Dosificación.	51
2.6. Ensayos mecánicos y químicos.	57

CAPITULO III: PROPUESTA: RESULTADOS - ELABORACIÓN DE PROTOTIPO

3.- Resultados y discusión	74
3.1. Resultados	74
3.2. Discusión	76
3.3. Elaboracion de prototipos	77
3.4. Análisis de precios unitarios.	80

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.- Técnica de construcción en tierra: adobe.	X
Imagen 2.- Pisos de Tierra fabricados por Rey& Thomson.	XIV
Imagen 3- Pirámide del Sol en Teotihuacán, México.	02
Imagen 4.- Centro Histórico de Cuenca.	03
Imagen 5- Pisos de tierra apisonado.	06
Imagen 6- Pisos de tierra con adobe.	06
Imagen 7.- Detalle de composición del suelo.	08
Imagen 8.- Estabilizantes para construcción en tierra.	12
Imagen. 9.- Piso tradicional para habitaciones (Niemeyer 1946).	24
Imagen 10.- Piso de tierra Casa Rauch.	26
Imagen. 11.- Piso de Tierra en cocina.	28
Imagen 12.- Muestras para pruebas de dosificación.	29
Imagen 13.- Piso de tierra Fundación María Amor.	30
Imagen 14.- Ensayo de sedimentación.	38
Imagen 15.- . Muestras de tierra revueltas en agua.	38
Imagen 16.- Muestras de tierra a ser utilizadas en la propuesta.	39
Imagen 17- Proceso ensayo de la cinta de barro.	40
Imagen 18.- Ensayo de la cinta de barro o presencia de arcilla.	40
Imagen 19- Proceso ensayo de humedad y agrietamiento.	42
Imagen 20.- Ensayo de la presencia de humedad y agrietamiento.	42
Imagen 21.- Ensayo de granulometría: Tamizadora y juego de tamices.	44
Imagen 22.- Ensayo de la de límite plástico y limité líquido.	46
Imagen 23.- Ensayo de compactación de suelos con Proctor.	48
Imagen 24.- Materiales a ser utilizados en la dosificación de los pisos.	51
Imagen. 25.-Fibras a ser utilizadas en las dosificaciones	53
Imagen 26.- Muestras de dosificaciones con tierra T2: MPI A	55
Imagen 27.- Muestras de dosificaciones con tierra T4: OMvs	56
Imagen 28.- Muestras para ensayos de resistencia a los agentes químicos.	64
Imagen 29.- Muestras para ensayos de resistencia a las manchas.	68
Imagen 30.- Acabados de prototipos de pisos de tierra.	79
Imagen 31.- Prototipo A2	82
Imagen 32.- Prototipos A3 - A4	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Sección Vertical de un piso de barro alivianado con mineral.	04
Figura 2.-Pisos modernos (1985).	05
Figura 3.- Detalle de Piso de tierra.	07
Figura 4.- Equipos y herramientas para el proceso.	13
Figura 5.- Clasificación de los resultados de la resistencia a las manchas.	17
Figura 6.- Detalle de la composición del piso de Niemeyer.	24
Figura 7.- Detalle Piso y Contrapiso de la Casa Rauch.	26
Figura 8.- Detalle de Piso de Reay & Thomson.	28
Figura 9.- Piso de tierra casa Nina Huasi.	30

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Clasificación de los suelos por su estructura y por mecánica de suelos.	09
Diagrama 2. Estudio y selección de casos similares.	23
Diagrama 3.- Fibras y cascarilla naturales, estabilizantes.	37
Diagrama 4.- Sellantes a emplear en la propuesta.	37
Diagrama 5.- Resultados finales de ensayos de laboratorio y campo.	50
Diagrama 6.- Preparación de materiales.	52
Diagrama 7- Proceso de elaboración de muestras.	54
Diagrama 8.- Ensayo de absorción de agua.	60
Diagrama 9.- Ensayo de humectación.	62
Diagrama 10- Ensayo de resistencia a los agentes químicos.	65
Diagrama 11- Ensayo de resistencia a las manchas.	69
Diagrama 12- Proceso de elaboración de prototipos.	77
Diagrama 13- Proceso de elaboración de prototipos - Acabados.	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Características técnicas de fibras naturales según Tamayo.	11
Tabla 2.- Análisis comparativo entre los casos de similares.	33
Tabla 3.- Resultados del ensayo de sedimentación de las muestras de tierra seleccionadas.	39
Tabla 4.- Resultados del ensayo de la presencia de arcilla.	41
Tabla 5.- Resultados del ensayo de agrietamiento y humedad.	43
Tabla 6.- Resultados de Ensayo de granulometría en laboratorio.	45
Tabla 7.- Resultados Ensayo de límite plástico y líquido en laboratorio.	47
Tabla 8.- Resultados Ensayo de compactación con proctor en laboratorio.	49
Tabla 9.- Muestras de dosificaciones con T2: MPI a (1500-2700m).	55
Tabla 10.-Muestras de dosificaciones con T4: OMvs (>1500m).	56
Tabla 11.-Resultados ensayo de compresión de muestras de dosificación tierra T2.	57
Tabla 12.- Resultados ensayo de compresión de muestras de dosificación tierra T4.	58
Tabla 13.- Composición de la dosificación final a emplearse en la propuesta.	59
Tabla 14.- Resultados Ensayo de absorción de agua - Pisos de tierra.	61
Tabla 15.- Resultados Ensayo de determinación de humectación - Pisos de tierra.	63
Tabla 16.- Resultados Ensayo de resistencia a los agentes químicos - Pisos de tierra.	66
Tabla 17.- Sellantes a utilizar en la elaboración de los prototipos - Pisos de tierra.	67
Tabla 18.- Resultados ensayo de determinación de resistencia a las manchas - Pisos de tierra.	70
Tabla 19.- Sellantes a ser empleados - Pisos de tierra.	71
Tabla 20.- Resultados finales de ensayos - Pisos de tierra	76
Tabla 21.- Lista de precios de materiales para la elaboración de los pavimentos.	80
Tabla 22.- Referencia de precios establecidos por la cámara de la construcción 2017.	81

INDICE DE MAPAS

Mapa 1.- Mapa geológico de la provincia del Azuay.	35
Mapa 2.- Extracción de muestras de tierra.	36

RESUMEN

La tierra es uno de los materiales de construcción más antiguos empleados en el mundo durante cientos de años, por su reconocimiento de valor estructural, resistencia y duración, así como las facilidades de su adquisición han permitido su amplia utilización como elemento constructivo en la edificación; conforme aparecieron nuevos materiales constructivos las técnicas, la mano de obra calificada, la transmisión de saberes y el conocimiento de la arquitectura tradicional se pierden paulatinamente. En este ámbito los elementos prefabricados han brindado varias soluciones para elaborar pisos, muros, revestimientos, entre otros.

Con la presente investigación se pretende rescatar el valor cultural de las edificaciones patrimoniales y la tierra como material de construcción. El objetivo de este trabajo, es generar una alternativa constructiva de pisos de tierra para disminuir el impacto ecológico, utilizando fibras y cascarillas naturales de la zona Austral con técnicas de construcción tradicionales dando

respuesta a las necesidades habitacionales, cumpliendo con las normativas: E.080 construcción con tierra reforzada, NTE INEN 654 baldosas cerámicas; y, la UNE 41410 de tierra reforzada.

El proceso incluye ensayos mecánicos de resistencia a la rotura, absorción de agua, humectación, determinación a los agentes químicos y a las manchas. El análisis de los resultados permitirá optimizar los métodos de control y la calidad de estos pisos, dentro de parámetros técnicos: la composición del suelo y su dosificación, para aplicarlos en superficies que estén a nivel de la rasante en las edificaciones y contribuyendo a la reducción de la huella ecológica generada en los procesos de producción.

Palabras claves: *Pisos de Tierra, Tierra Reforzada, Fibras Naturales, Cascarilla.*

ABSTRACT

The earth is one of the oldest building materials used in the world for hundreds of years, for its recognition of structural value, strength and duration, as well as the ease of its acquisition have allowed its wide use as a constructive element in the building. As new construction materials appeared, techniques, skilled labor, transmission of knowledge and knowledge of traditional architecture are gradually lost. In this area, the prefabricated elements have provided several solutions to develop floors, walls, coatings, among others.

The aim of this research is to rescue the cultural value of heritage buildings and land as construction material. The objective of this work is to generate a constructive alternative of earth floors to reduce the ecological impact, using natural fibers and husks from the Austral zone with traditional construction techniques, responding to housing needs and complying with the regulations: E. 080 construction with reinforced earth, NTE-INEN 654 ceramic tiles; and, the UNE 41410 of reinforced earth.

The process includes mechanical tests of breaking strength, water absorption, wetting, determination of chemical agents and stains. The analysis of the results will optimize the control methods and the quality of these floors, within technical parameters: the composition of the soil and its dosage, to apply them on surfaces that are at the level of the grade in the buildings and contributing to the reduction of the ecological footprint generated in the production processes.

Keywords: *Earth floors, Reinforced earth, Natural fibers, Basins.*

I.- INTRODUCCIÓN

Las técnicas constructivas en tierra han sido empleadas por varios siglos, generando las primeras civilizaciones en el mundo, tal como la arquitectura en adobe que corresponde del año 8300 a. C (Minke, 2008).

Es necesario reintegrar e innovar la construcción en tierra cruda, material; tan conocido y valorado por la historia como también despreciado por el desarrollo del siglo XX, con aparición de nuevos materiales de construcción, esta técnica ha ido perdiendo importancia, no obstante, una serie de factores negativos como la contaminación ambiental, explotación de recursos, calentamiento global entre otros, han impulsado un resurgimiento e innovación de la tierra como material de construcción por sus múltiples ventajas sostenibles, que aportan a la salud, el bienestar y el ahorro energético de los materiales.

En la actualidad con nuevas tecnologías la tierra ha tomado mayor importancia en la fabricación de elementos constructivos como: muros y paneles, en cuanto a los pisos existe muy poca información técnica sobre sus procesos constructivos, se carece de normativa específica para pisos, por ello se toma en cuenta

la normativa de baldosas cerámicas e ingeniería de suelos que permitirá encontrar recursos y posibles soluciones de elaboración de estos pavimentos.

Existen escasos ejemplos de proyectos con pisos de tierra en el planeta, estos se analizarán y evaluarán para comprender el funcionamiento de estos pavimentos. El alto costo en la construcción se da principalmente por la explotación y fabricación de los materiales, y su transporte, es por ello, que se plantea la aplicación de la tierra en pisos, la técnica trae consigo ventajas socio-culturales, tratando de resaltar y rescatar la identidad cultural de cada lugar.

El objetivo principal es generar una alternativa de prefabricación de pisos de tierra que busque disminuir el impacto ecológico, mediante un prototipo de piso de tierra, utilizando técnicas de construcción tradicionales para dar respuesta a las necesidades de habitad en la ciudad de Cuenca.

Hay que buscar materiales en la naturaleza

Toyo Ita

II.- PROBLEMÁTICA



Imagen 1.- Técnica de construcción en tierra: adobe
Fuente: <https://sp.depositphotos.com/125571968/stock-photo-construction-site-area-for-adobe.html>



Pérdida de las técnicas de construcción en tierra cruda dentro de la ciudad, desvalorización de la tierra para la edificación.



La extracción y transporte de la materia prima para la construcción provocan perjuicios al medio ambiente; como la deforestación, contaminación de agua y aire.



El crecimiento considerable de la oferta de materiales industrializados, ha provocado la decadencia de la construcción con tierra, bajo el criterio de que su uso es poco digno, insalubre y de baja calidad.

Solución: : Proponer una alternativa constructiva de tierra con fibras y cascarillas naturales, para la innovación de elementos de pisos; contribuyendo de esta manera a la reducción de la contaminación ambiental provocada en los procesos de producción para este tipo de pavimentos.

Formulación del problema

Con la revolución industrial en el siglo XXI, que trajo consigo nuevos materiales como: hormigón, acero y metal, etc., y por lo tanto nuevos sistemas constructivos que tienen mayor acogida por sus características técnicas, tiempo de empleo, costo, etc. La construcción con tierra ha disminuido de manera notoria en el mundo, en los países de primer mundo como Estados Unidos, Francia, México todavía se utiliza la técnica de tierra cruda.

En la actualidad se carece documentación o información técnica limitada sobre los procesos constructivos, materiales y acabados. Por consecuencia la inexistencia de normativa específica para la fabricación de estos pisos, ya que hay una carencia de aplicación de este material en pisos.

Delimitación del problema

Analizar estructuralmente muestras de piso con este material, para ser evaluadas mediante pruebas mecánicas pertinentes (corte, compresión, resistencia), en base a la normativa peruana E 0.80 construcción con tierra reforzada, normativa española UNE 41410 bloques de tierra, muros y tabiques comprimido, normativa INEN NTE Baldosas cerámicas, compresión, resistencia a las manchas y agentes químicos..

III. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se desarrollan varias investigaciones y experimentaciones con la tierra a modo de innovaciones como material de obra, tratando de rescatar los rasgos arquitectónicos y la cultura de los sectores, sabiendo que la construcción con tierra se ha generado principalmente por el traspaso de saberes de origen popular que, como todo conocimiento cotidiano, reside en la expresión de respuestas razonables a necesidades habituales, asimismo tal a los recursos y características del entonor.

Esta investigación tiene como objetivo generar información referente a los procesos constructivos de pisos en tierra, sabiendo que la información que existe es muy limitada. Por ello se busca establecer parámetros para que en el futuro se pueda fabricar o prefabricar de mejor calidad estos pavimentos, mejorando la técnica constructiva de materiales tradicionales con menor impacto al medio ambiente.

Se busca mediante el estudio generar nuevas líneas de investigación sobre el uso de la tierra en la construcción

de vivienda, específicamente analizar sus características mecánicas y físicas para la aplicación de pavimentos, acabados, comportamiento mecánico, además de entender su estructura, dosificación y su acogida por los profesionales dentro de la construcción.

La importancia del uso de la tierra en pavimentos se debe a sus propiedades físicas: color, textura, estructura, porosidad, permeabilidad. Por ello se plantea la implementación de una alternativa de fabricación de pisos en tierra. Sabiendo que es un material de fácil accesibilidad, abundante y económico, permite al mismo tiempo rescatar y resaltar la técnica de tierra cruda dentro de la ciudad.

Además de contar con una estética única y hermosa, las técnicas de construcción natural son accesibles y no tóxicas

IV. METODOLOGÍA

Para realizar el proyecto de investigación se determinaron tres etapas metodológicas que nos ayudan a desarrollar de manera clara el tema:



Revisión Bibliográfica: Investigación documental, recopilación de información ya existente sobre la aplicación de la tierra en pisos, mediante documentos físicos y virtuales que nos permitan tener mayor información.

Tipos de documentación :

- Tesis
- Artículos científicos
- Normas técnicas
- Casos de estudio similares
- Revistas
- Manuales de construcción



Análisis de Casos: Es necesario conocer algunos de los proyectos encontrados tanto a nivel mundial, como local. Esta aproximación nos permitirá encontrar similitudes y dosificaciones aproximadas de los pisos para una posterior aplicación, se analizan los siguientes parámetros:

- Materiales utilizados
- Dosificación empleada
- Estructura o composición
- Observaciones



Uso de laboratorios: Aplicación del método experimental de pruebas físicas, mecánicas y químicas del piso de tierra y fibras naturales, se realizara las siguientes pruebas :

- Granulometría
- Limite liquido y plástico
- Compactación
- Resistencia Compresión
- Absorción de Agua
- Humectación
- Resistencia a agentes químicos y manchas

V. OBJETIVOS

GENERAL

— Elaborar un prototipo de piso de tierra cruda, mediante el uso de técnicas constructivas tradicionales, empleando criterios y normas de edificación, a más de materiales del entorno, para uso residencial en viviendas con un tránsito liviano.

ESPECÍFICOS

— Revisar bibliografía sobre construcciones en tierra y la aplicación en pisos, uso del material de construcción y normas técnicas.

— Analizar proyectos similares donde la tierra ha sido empleada en pisos para determinar la estructura y dosificación, ensayos de laboratorio del material y los prototipos.

— Construir un prototipo de piso de tierra, de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio, realizar un análisis de precios unitarios.



Imagen 2 - Pisos de Tierra fabricados por Reay & Thomson.
Fuente: Earthen floors: a modern approach to an ancient practice. p. 10

1. La tierra como material de construcción

En la antigüedad, las primeras edificaciones y ciudades se construyeron con tierra cruda. Hoy en día para la construcción se utilizan materiales de elevada energía incorporada, de difícil reciclaje, transporte y fabricación. La tierra como material está disponible en cualquier lugar y en abundancia, se ha comprendido que tiene mejores cualidades que los materiales industriales como el hormigón, plásticos y los silico-calcareos.

Existe evidencia de los antiguos egipcios que hicieron ladrillos de barro hace 2000 a.C. (Reay & Thomson, 2014), según investigaciones realizadas por Minke (2008), las técnicas de construcción con barro datan de hace más de 9000 años, en Turquestán donde fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000 - 6000 a. C. (Pumpelly, 1908). Una de las maravillas del mundo como

la Gran Muralla China, se construyó hace 4000 años, inicialmente casi toda con tierra apisonada (tapial) y posteriormente enchapada con piedras naturales y ladrillos (Pino & Estramil, 2014).

En México, Centroamérica y Sudamérica existieron construcciones de adobe en casi todas las culturas precolombinas, como la Pirámide del Sol en Teotihuacán, México, está construida por 2 millones de toneladas de tierra apisonada y fue construida entre los años 300 – 900 (Rotondaro, 2007).

En el Ecuador hasta fines de la década de los sesenta, la tecnología tradicional de construcción de viviendas urbanas y rurales era de muros portantes de adobe, tapial, ladrillo, bahareque, con entresijos de madera o losa y cubiertas de madera y teja, en los años de 1990 – 2000 se tenía que el 57 por ciento de las viviendas son de ladrillo y

cemento; y, el resto, de materiales alternativos como bloque, caña guadua, adobe, tapial, bahareque, cob y otros, (Ceballos, 2009).



Imagen 3- Pirámide del Sol en Teotihuacán, México
Fuente: <http://squitel.blogspot.com/2014/10/teotihuacan.html>.

La ciudad de Cuenca, ubicada en la parte sur del Ecuador, posee un Centro Histórico, declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad, con un total de 33,78% de edificios patrimoniales, de los cuales un 20% pertenecen a estructuras construidas con tierra, con diferentes sistemas constructivos como el adobe, bahareque y materiales tradicionales del lugar como: paja, teja, madera, piedra y otros (Rodas & Jara, 2017), cada 7 de 10 edificaciones patrimoniales han sido construidas en tierra cruda (Pino & Estramil, 2014).

Hoy en día perduran en el mundo ciudades que son fruto de este legado, como Shiva en Yemen, D'jenné en Mali, Cusco en el Perú, Ghadames en Libia, el centro histórico de Quito y Cuenca en el Ecuador, entre otras. Estas construcciones demuestran la perennidad de la arquitectura en tierra, con el desarrollo de una estructura urbana propia de una dinámica social.



Imagen 4.- Centro Histórico de Cuenca.
Fuente: Fausto Samaniego

Actualmente en Asia, Medio Oriente, África y Latinoamérica se manifiesta un desarrollo y vinculación con la vivienda y el hábitat de interés social, mientras que en Europa Occidental existe una mayor preocupación por el reciclaje de materiales, el ciclo de edificios, el gasto energético y la contaminación ambiental que genera la construcción. Estados Unidos, Australia,

Francia y Alemania muestran énfasis en el desarrollo tecnológico de la construcción en tierra. Reay y Thomson (2014), señalan la presencia de un renacimiento de la tecnología de construcción en tierra, a pesar de la lenta agonía que sufrió a mediados del siglo XX.

1.1. Pisos de tierra

1.1.1. Reseña histórica

Las superficies expuestas al desgaste requieren una alta calidad, debido a que deben resistir a la abrasión, ser impermeables, estar libres de fisuras y tener buena apariencia. Según Minke (2008), es muy difícil construir estas superficies con barro, pero si se ejecutan cuidadosamente no es imposible, el problema es obtener suficiente resistencia a la abrasión.

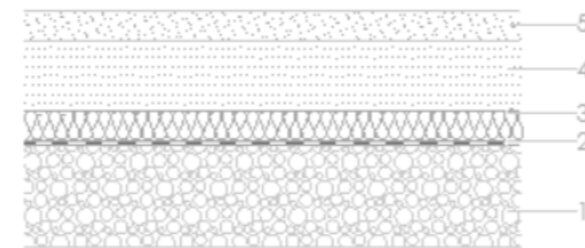
Los pavimentos de tierra están presentes en Europa desde 1625, ya se tenían pisos de tierra apisonada, en América en la época de 1492 – 1896 se tenían pisos de tierra revestidos de selladores y aceites naturales de linaza (Reay & Thomson, 2014), estos fueron construidos sin ningún proceso técnico, sino mediante la transmisión de conocimientos de origen popular.

Durante la revolución industrial y el auge de población, muchas de estas técnicas tradicionales fueron desplazadas por los nuevos materiales y diseños de construcción. En 1607 los pisos de tierra fueron remplazadas con pisos de madera u hormigón (Reay & Thomson, 2014), sin embargo, en muchas partes del mundo, se pueden encontrar personas que habitan en pisos de tierra.

Niemeyer (1946) propuso un diseño para un piso tradicional de barro, el cual consistía de varias capas de tierra apisonadas, (ver Figura 1), al final se deja secar el barro y se encera para tener un acabado liso, mientras que en las granjas y graneros tradicionales de Alemania se construían pisos de tierra de tal manera que permitieran el tráfico de los vehículos (sin gomas neumáticas), estos pavimentos tenían una superficie con

revoque de cemento, el barro tenía alto contenido de arcilla y grandes cantidades de arena (Minke, 2008).

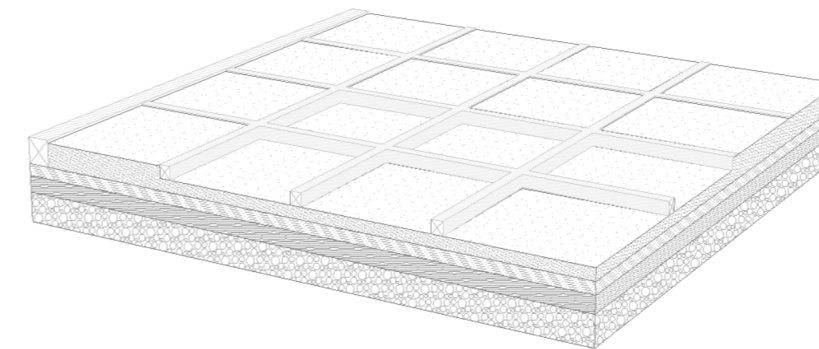
PISO ALIVIANADO CON MINERALES



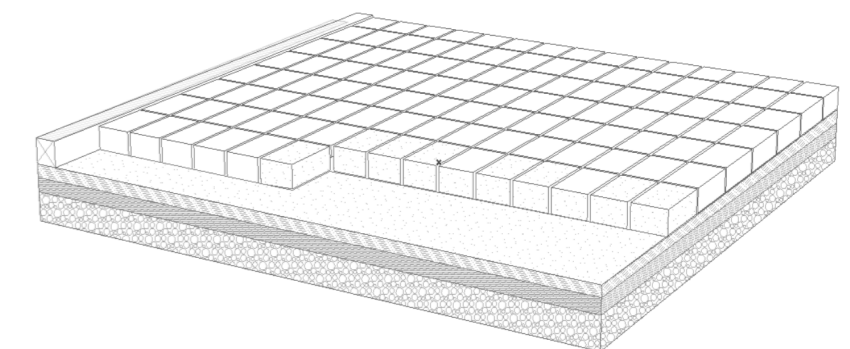
LEYENDA

- 1.- Grava
- 2.-Capa impermeabilizante
- 3.-Aislamiento térmico
- 4.-Barro alivianado con minerales
- 5.-Revoque de barro

Figura 1.- Sección Vertical de un piso de barro alivianado con mineral
Fuente: Manual de construcción en tierra de Gernot Minke (2008)
Elaboración: Autor.



PISO DE TIERRA CON ENTRAMADO DE MADERA



PISO DE TIERRA CON ADOBES

Figura 2.-Pisos modernos (1985)
Fuente: Manual de construcción en tierra de Gernot Minke (2008).
Elaboración: Autor.

En 1894 en el Forschungslabor für Experimentelles Bauen (FEB), de la Universidad de Kassel, Alemania, se ensayaron exitosamente los dos pisos de barro por puetos por Niemeyer. Minke (2008).

Estos pavimentos están compuestos por una barrera capilar de 15 cm de grava en ambos casos, seguida de una barrera de vapor, la siguiente capa con una capa de 10 cm de arcilla expandida la cual actúa como aislamiento térmico. Sobre esta base se coloca y compacta la primera capa de barro arcilloso húmedo, y para darle el terminado final se aplica un mortero de barro estabilizado con 6-8% de aceite de linaza doblemente cocido (Minke, 2008).

Según Gernot Minke (2008) estos tipos de pisos requieren mucho tiempo de ejecución, por ello se propone un proceso y diseño que disminuya la complejidad y el tiempo de ejecución, similar a los dos pisos anteriores, la diferencia es que se eliminan las rejillas de madera, ya no se colocan ni adobes ni tierra apisonada sino se genera una mezcla de barro alivianado que termina con un revoque de barro, (ver Figura 2).

1.1.2. Pavimentos de tierra

En la actualidad el caso más relevante se encuentra en Portland, Oregón donde se ha originado un movimiento de construcción natural que ha crecido con el tiempo. Según Reay & Thomson (2014), para realizar su prototipo decidieron estudiar a practicantes como Ana Rodríguez de Nuevo México (1970), quien investigó por años la integración de los materiales con la tierra dentro del mundo de la construcción. En el piso Rodríguez aplicaba dos capas de 1,2 cm sellándolo con aceite de linaza.

También investigaron a Bill & Athena Stheens quienes habían integrado técnicas de difusión, cuando escribieron The Straw bale House (La rápida casa de barro), y desarrollaron el método para hacer un adobe que no se agrietaba (Ray & Thomson, 2014).

Existen dos tipos de pisos, (ver imagen 5-6) :

· El primero es un pavimento de tierra apisonada también llamado suelo de tierra compactada y está hecho con una solución de lodo y comprimiéndolo fuertemente. Después de que el piso sea apisonado, los instaladores lo sellan con múltiples capas de una sustancia resistente al agua para hacerlo más duradero. El resultado es un piso que luce similar a la piedra natural y de hecho tiene una apariencia semi-pulida (Minke, 2008), (Reay & Thomson 2014), (Johnson, n/a).



Imagen 5- Pisos de tierra apisonado
Fuente: <http://www.diyhousebuilding.com/cob-building-henry7.html>

· El segundo es un pavimento de adobe o suelo de tierra, que se basa en las propiedades adherentes de la arcilla, uno de los materiales de construcción más versátiles. La arcilla se expande cuando se moja y se vuelve pegajosa; el exceso de plasticidad de la arcilla se contraresta al añadir arena para evita fisuras en el secado del barro, por último, si se añade fibra se aumenta la ductilidad y la resistencia a la tracción, como cumple la función el hierro en el hormigón (Minke, 2008), (Reay & Thomson 2014).



Imagen 6- Pisos de tierra con adobe.
Fuente: <http://www.diyhousebuilding.com/cob-building-henry7.html>

La resistencia del piso depende de la base sobre la que se asienta, pero también influyen los agregados de los materiales a ser utilizados en la mezcla de barro. En el caso del hormigón, según Inecyc (2007), se recomienda que los agregados o áridos deben ser partículas duras, limpias, inertes y con granulometría adecuada.

“ Para el caso de la tierra se tiene dos referencias: según Minke (2008), un barro arcilloso con 28% de arcilla, 35% de limo, 33% de arena y 4% de grava, resultaría una buena consistencia, mientras que Reay & Thomson (2014), recomiendan que la tierra ideal para usarse tiene al menos un 20% de arcilla y 30% de limos, bajo en materia orgánica” .

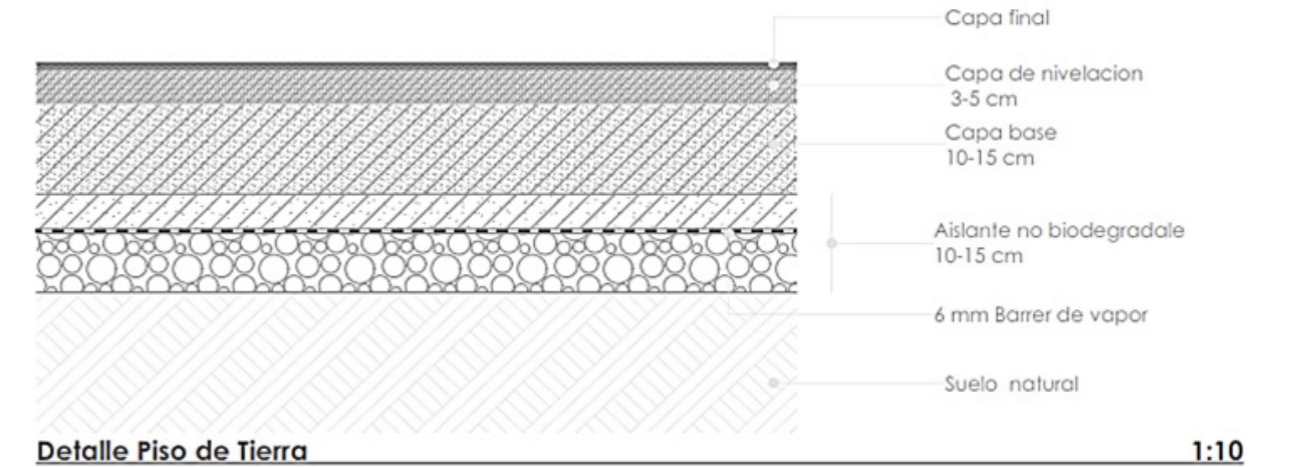


Figura 3.- Detalle de Piso de tierra
Fuente: El Horticultor. <https://elhorticultor.org/2014/02/19/como-construir-un-piso-de-adobe/>
Elaboración: Autor.

1.2. Sistema constructivo de un pavimento de tierra.

El diseño propuesto por Minke (2008), contiene las capas básicas que deben tener estos tipos de pavimentos, (ver Figura 3), pero con el tiempo se han venido desarrollando más investigaciones las cuales han demostrado que un piso tiene las siguientes capas:

- Capa final o acabado
- Capa de nivelación de 3-5cm
- Capa base 10-15cm
- Barrera de vapor de 6-5 mm
- Aislante bio-degradable 10-15 cm
- Suelo Natural

1.3. Secado

La instalación de un suelo de tierra tarda de dos a cuatro semanas, esto significa que el espacio no se puede utilizar durante un período prolongado de tiempo. Secar el piso mojado suele tardar una semana; una vez que se aplica el aceite que necesita se debe esperar una semana para curar. Si se utiliza la cera, se debe dejar secar durante otros tres a cinco días antes de que el suelo se pule, a continuación, se deja de entre 2 o 3 días antes de que esté listo para su uso (Reay & Thomson, 2014).

Un suelo de tierra "barro" recién vertida contiene una gran cantidad de agua, el secado del piso correctamente y con rapidez es crucial para reducir la posibilidad de crecimiento de moho o formación de fisuras. La cantidad de tiempo que tarda en secar completamente dependerá de varios factores, tales como el espesor del suelo, la temperatura interior y exterior, humedad y flujo de aire.

El secado es la parte que consume más tiempo del proceso, para maximizar las condiciones de secado se suelen utilizar calentadores, ventiladores, y controlar la humedad. El acabado se lo realiza en un día, aunque si el piso de grandes dimensiones, es posible que se deje un "borde húmedo" durante 24 horas.

El Bruñido, aceitado, encerado y pulido de la cera tomar 12 horas para su aplicación..

1.4. Propiedad de los materiales

A continuación se muestra las propiedades de cada uno de los materiales seleccionados para realizar el proyecto.

- TIERRA

La tierra como material de construcción es una mezcla de arcilla, limos y arena, y en ocasiones, también puede contener pequeñas cantidades de grava y piedras. La composición y las propiedades de los diferentes tipos de tierra dependerán de las condiciones locales, es decir, del lugar donde se extraiga el material. No será lo mismo la extracción de tierras en la montaña que a orillas del río, (ver imagen 7).



Imagén 7.- Detalle de composición del suelo
Edición: Mónica Zurita
Fuente: BIO-ARQUITECTURA.com

Según Gatti (2012), se deberán rechazar las tierras que contengan materia orgánica y sales solubles en cantidades mayores o iguales al 2%. Existen dos clasificaciones de los suelos: la primera es por su estructura y la segunda por la mecánica de los suelos.

De las dos clasificaciones se determina que la parte superficial de los suelos no es apta para la construcción, siempre se debe tomar desde el nivel del suelo -0.50 m, para obtener un suelo útil para la construcción (Ceballos, 2009).

Se determina que los suelos más utilizados en la construcción son: **arcillosos, arenosos y calizos**, por sus propiedades físicas y mecánicas.

Suelos por su estructura



Arenosos: no tiene agua.



Arcillosos: granulometría fina, color amarillo, retiene agua.



Calizos: secos, color blanco por la abundancia de sal.



Humíferos: suelos en descomposición, color negro oscuro, retienen agua.



Pedregosos: compuestos por rocas de diferente granulometría, no poseen agua.

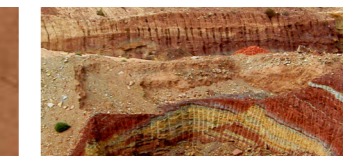


Mixtos: suelos areno-arcilloso.

Suelos por la mecánica de suelos



No cohesivos: Gravillas, arenas y limos, no tiene adherencia.



Cohesivos: Partículas muy pequeñas, que se adhieren con el agua.



Plásticos: arcillas.



Orgánicos: suelos esponjosos, con grumos, compresibles.

Diagrama 1. Clasificación de los suelos por su estructura y por mecánica de suelos.
Fuente Imágenes: itoteo.wordpress.com/2010/12/ /
Elaboración: Autor.



- Propiedades de la tierra como material de construcción según Minke (2008):

- El barro no es material de construcción estandarizado
- No es impermeable
- Regula temperatura y humedad interior.
- Absorbe contaminantes
- Es reutilizable.
- Ahorro de material y transporte
- Conserva la madera y otros materiales orgánicos.
- Técnicas de autoconstrucción.

Otras:

- Elasticidad y retracción
- Compactibilidad
- Cohesión
- Estabilización
- Habitabilidad
- Aislamiento acústico - Inercia térmica
- Reutilizable

• Fibra

La fibra es importante debido a que proporciona resistencia a la tracción, lo que es fundamental para la durabilidad a largo plazo y evita fisuramientos. Para que una fibra sirva debe ser fuerte, se corta (menor a 3 cm) y contener poca humedad, porque podría crear moho (Tamayo ,2012).

Las fibras más ocupadas en la construcción con tierra son; **la paja, la cabuya y la cascarilla de arroz.**

Tamayo (2012), en su trabajo de investigación "Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibra de cabuya mediante estratificación" en la Escuela Politécnica Nacional, realiza una serie de pruebas e investigaciones que lo llevan a realizar un cuadro de caracterización de varias fibras utilizadas en la construcción.



Tabla 1.- Características técnicas de fibras naturales según Tamayo.

CUADRO COMPARATIVO DE FIBRAS NATURALES			
Fibra	Densidad (g/cm ³)	Resistencia a la tracción (MPa)	Absorción de Humedad (%)
Cabuya	1,3	305,15	---
Yute	1,3	393-773	12
Coco	1,2	175-220	10
Abaca	1,3	400-1289	8-10
Sisal	1,5	511-635	---
Algodón	1,5	393-773	8-25

Fuente: Tamayo, N. "Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibra de cabuya mediante estratificación" (2012). Elaboración: Autor.

De la clasificación se obtiene que el sisal es uno de las fibras más resistentes a la tracción, la cabuya también presenta una buena resistencia mecánica, es alargada compuesta por lignina y celulosa: que la impermeabiliza y proporciona dureza, resistencia y flexibilidad, con una densidad de 1.3 g/cm³.

Las fibras son los componentes resistentes en un material reforzado con ellas y definen la mayor parte de las características mecánicas del material, como la resistencia y la rigidez.

• Estabilizantes

Según la normativa UNE-41410, que rige los estabilizadores para los adobes o bloques de tierra, con la intención de mejorar la calidad y su composición, la única manera de saber cuál es el porcentaje que se debe agregar a la mezcla es realizar pruebas a compresión de los bloques fabricados.

Los estabilizantes físicos son los más utilizados en el ámbito de la construcción con tierra, ya que interviene en su composición granulométrica para optimizar sus características técnicas. De acuerdo con la Guía estandarizada de Diseño en tierra creada por la ASTM E2392/E2392M el uso de materiales para la construcción en tierra son, ver Imagen 7:

- a.- Yeso
- b.- Tierra (arcilla) de yeso
- c.- Cemento
- d.- Cal



Imagen 8.- estabilizantes para construcción en tierra según la norma ASTM E2392/E2392M
Edición: Carlos Miguel Tapia Vera
Fuente: <https://arquigrafico.com/cemento-cal-y-yeso-materiales-de-agarre-por-excelencia/>

Los estabilizantes ayudan a:

- Aumentar la resistencia.
- Evitar que varíe demasiado su tamaño cuando seca.
- Evitar la erosión.
- Impedir la inclusión de insectos.
- Mejorar la resistencia a la humedad

1.5. Herramientas y equipos

Todas las herramientas que a continuación se mencionan son recomendadas por Gernot (2008) en su Manual de Construcción en tierra, y Reay & Thomson (2014) en su texto de Earthen Floors a modern approach to an ancient practice (pisos de tierra un enfoque moderno de una práctica antigua), los autores exponen la importancia de cada una de las herramientas para la elaboración de estos pavimentos.

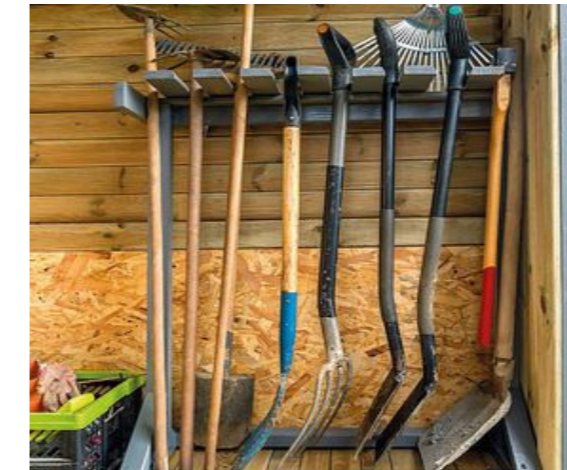


Figura 4.- Equipos y herramientas para el proceso.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

• Herramientas para la recolección, preparación de materiales y vertimiento de la mezcla:

- Palas
- Picos
- Carretilla
- Lonas
- Recipientes plásticos
- Machete o cortador de paja
- Mallas



Palas



Picos



Carretilla



Lonas



Recipientes



Cortador

• Herramientas para hacer la mezcla:

Para la fabricación de las muestras de ensayo, se utilizó envases de plásticos de un cuarto de galón y un medidor de una taza. Cuando se trata de producir la mezcla final, utilizar un cubo con cinta adhesiva y señalar en el costado las proporciones.



Cuchara



Recipiente de 1/4 de galón

Para pequeñas áreas, es fácil de mezclar los materiales en una carretilla con una azada o en una lona con los pies. Para una gran área, se necesita de mezclador de mortero (concretera), que permite obtener una mezcla consistente y vale su precio por la mano de obra que ahorra.

Herramientas para acabado

- Paleta para la etapa de pulido, de acero rectangular rígido.
- Llanas y flotadores de madera
- Esponjas



Paleta Llana Esponja

Herramientas para el secado



Ventiladores Acondicionadores

Herramientas de aplicación de aceite y cera



Brochas Pulverizadores

1.6. Análisis de la norma

Hasta el día de hoy no se tiene una normativa específica para la realización de este tipo de construcción para pisos de tierra cruda, además de que el piso a desarrollar será de uso residencial: viviendas unifamiliares, se tomará en cuenta todos los requerimientos que tiene la norma NEC-SE-VIVIENDA, NTE INEN 648:99, Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a los agentes químicos, NTE INEN 652:2000 Baldosas cerámicas determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura, NTE INEN 651:2000: Determinación de la absorción de agua.

Además se analizó la normativa peruana NE 0.80 y la normativa española UNE referente a tierra reforzada y adobes. En el caso instalaciones Reay & Thomson 2014 recomienda la instalación previa de tubería hidráulicas y eléctricas debe ser completada después de preparar el subsuelo y antes de verter el piso.

- NORMA E.080. Diseño y construcción con tierra reforzada

Según la norma peruana NTE E 080, "determina que los bloques de tierra cruda tienen una resistencia a la compresión de 1 a 3 N/mm² (10 – 30 kg/cm²) (Norma NE0.80), 2017), mientras que la norma NTP 331.201: del 2012, habla de bloques de tierra estabilizados con resistencia de 5 N/mm² (50 kg/cm²).

La norma se refiere a las características mecánicas de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, al diseño sismo resistentes para de los elementos estructurales fundamentales, así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial, de acuerdo a los parámetros establecidos (Norma E0.80, 2017).

Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la tracción, se realiza conforme a lo estipulado en la norma NE 0.80 y es el siguiente procedimiento :

a) La resistencia se mide mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6" x 12" o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo.

b) La resistencia promedio es de 0.08 MPa = 0.81 kgf/cm².

c) Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y 10 % a 15 % para control de tapial, deberá ser secado, y cubierto de sol y viento durante 28 días, cumpliendo con el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

- NTE INEN 651:2000: Determinación de la absorción de agua

La norma se basa en la determinación de las masas de una muestra de baldosa antes y después de ser sumergida en agua, es la diferencia entre los dos valores de masa servirá como base para conocer el índice de absorción de agua.

" El procedimiento consiste en seleccionar cinco muestras recortadas en formatos de 100 mm x 100 mm x 50 mm, estos se desecan en la estufa a una temperatura de 110 °C hasta obtener una masa constante, luego se enfriarán a temperatura ambiente para volver a pesar", (NTE INEN 651, 2000).

Una vez pesado las muestras se sumergen en agua destilada o lluvia, después se calienta hasta su punto de ebullición, con la

que se tendrá durante una hora, enfiriendo

en agua a temperatura ambiente, sacar las muestras ecurriendo el agua no más de un minuto, para volver a pesar.

Fórmula para el calculo

$$\text{Absorción \%} = (M2-M1)/M1 *100$$

M2= Masa húmeda
M1= Masa seca

Los resultados obtenidos no deben exceder del 8% en masa, (NTE INEN 0660, 2000).

- NTE INEN 652:2000 Baldosas cerámicas determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura.

Este método de ensayo determina la carga resistencia y rotura de una baldosa por la aplicación de una fuerza a una velocidad definida al centro de la baldosa estando en el punto de aplicación en contacto con la superficie apropiada de la baldosa de cerámica.

Para el ensayo se debe contar 10 especímenes con dimensiones cuadradas de 30 cm de lado para introducir en el aparato. Para el procedimiento se debe secar los especímenes en la estufa a temperatura (110 ± 5°C), hasta su masa constante; luego enfriar en la estufa cerrada o con otro desecante apropiado hasta que alcancen la temperatura ambiente. Las muestras deben estar cara vista hacia arriba, colocadas sobre los rodillos equidistantes.

“ Aplicar la carga, repartida uniformemente con velocidad de incremento de la fuerza de (1±0,2) N/mm² por segundo”, (NTE INEN 652 ,2000).

“ Los resultados mínimos recomendables son de promedio 22 N/mm² y mínimo individual de 20 -22 N/mm²”, (NTE INEN 652 ,2000).

Fórmula para el cálculo

La resistencia a la rotura S

$$S = FL / b$$

El módulo de rotura R

$$R = 3FL / 2bh^2$$

En donde:

F = es la carga de rotura, en newtones.

L = es la distancia entre los rodillos de apoyo, en milímetros.

b= es el ancho de la baldosa, en milímetros

h= es el espesor mínimo del espécimen de ensayo, en milímetros, medido después del ensayo a lo largo del borde roto.

- NTE INEN 648:2000 Determinación de la resistencia a los agentes químicos.

Este método se aplica a todo tipo de baldosas cerámicas. El ensayo consiste al sometimiento a la acción de las soluciones de ensayo y calificación visual del ataque después de un periodo definido.

“ Para esto se debe usar cinco especímenes de ensayo 50 mm x 50 mm . Se procede a limpiar la superficie del espécimen con un solvente apropiado (metanol), para colocarlo en la estufa graduada (110 ± 5 °C) hasta que alcancen masa contante, luego enfriar hasta temperatura ambiente,” (NTE INEN 648, 2000).

“ Sumergir los especímenes en el vaso de precipitación con la sustancia a ensayar hasta una profundidad de 25 mm, se debe cubrir con la tapa y mantener a (20 ± 2 °C) por 12 horas”, (NTE INEN 648, 2000).

-NTE INEN 2198:2000 : Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a las manchas.

Esta norma especifica el método de ensayo y los parámetros para determinar la resistencia de las superficies de las cerámicas a las manchas. Para este proceso se necesitan cerámicas o pedazos de cerámicas que estén sin utilizar, en las cuales se puedan realizar este método.

Proceso de determinación de la resistencia a las manchas, se debe mantener la cara vista en contacto con diversas soluciones de ensayo durante un tiempo suficiente, sometiendo a continuación las superficies a métodos de limpieza definidos, y finalmente examinándolas para detectar cambios irreversibles de aspecto, (ver Figura 5).

Agentes de manchas

Manchas que dejan rastro (pastas)

·Agente de manchas verde en aceite

ligero, conforme a lo establecido en la norma.

·Agente de manchas rojo en aceite ligero, (para las baldosas de color verde), conforme a lo establecido en la norma.

Manchas que producen una acción química oxidante

Yodo, solución alcohólica de 13 g/l.

Manchas que forman una película

Aceite de oliva

LIMPIEZA

“ Agentes limpiadores

a) Agua caliente a una temperatura de (55 ± 5)° C.

b) Una esponja o una tela natural o no abrasiva y agua caliente

C) Cepillo rotacional, con cerdas duras, que tiene unos 8 cm de diámetro.

d) Acetona pura,” (NTE INEN 2 198, 2000).

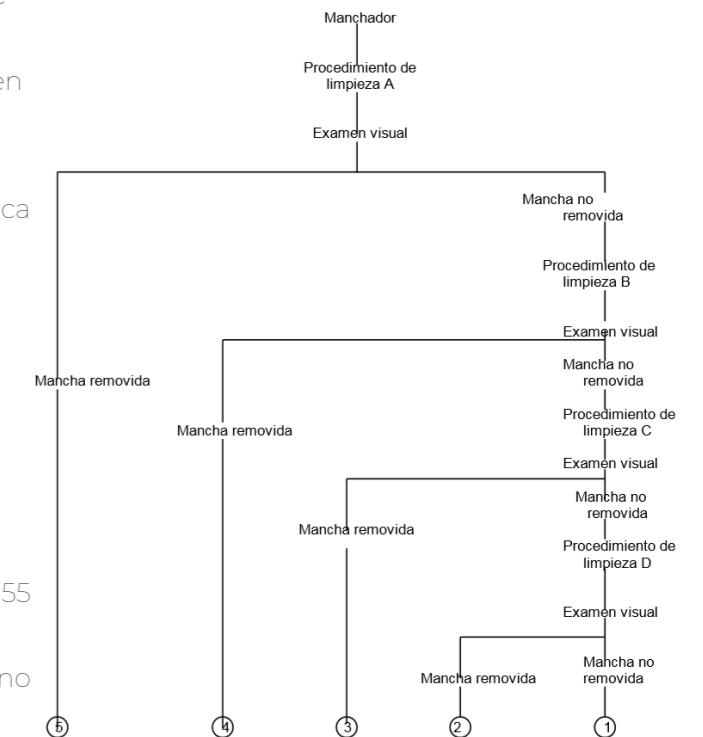


Figura 5.- Clasificación de los resultados de la resistencia a las manchas.
Fuente: Norma INEN 2198:2000 Baldosas cerámicas.



-UNE 41410 :Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques

Esta norma tiene por objeto definir los bloques de tierra comprimida utilizados en fabricas de albañilería por ejemplo, fachadas vistas y revestidas, estructuras de carga y no portantes, muros y particiones interiores.

Fija las prestaciones que deben cumplir los bloques y los ensayos propios para determinar los resultados.

Ensayo de humectación/secado

Para el proceso se deben tomar dos bloques enteros, utilizándose uno de ellos como referencia.

El equipo necesario para realizar el ensayo está formado por los siguientes elementos:

- Una bandeja, de dimensiones suficientes para alojar el BTC sin que exista contacto entre ambos y capaz de contener el volumen de agua necesario para el ensayo.

- Tres piezas de apoyo de 3 mm de altura, para sumergir y asentar el bloque.

“ **Proceso.** Se coloca la cara del bloque que vaya a ser vertical dentro de la bandeja y sobre los apoyos. Se añade agua hasta que quede sumergida hasta 10 mm. Se mantiene sumergida 30 s. Se deja secar al aire, hasta igualar el color del bloque de referencia, y se observa su estado, anotando si aparecen las condiciones de rechazo enumeradas en el apartado a continuación,” (Norma UNE 41410, 2008).

Se repite 6 veces el ciclo de inmersión/secado/observación. Al sexto ciclo, se deja secar completamente y se observa.

“ Parametros de calificación:

Se verifica que, tras seis ciclos de humectación/secado, no se observa ninguna de las condiciones siguientes,” (Norma UNE 41410, 2008) :

- Modelo de grietas aleatorio.
- Modelo de grietas en estrella.
- Hinchamiento local.
- Picado local en al menos 5 zonas.
- Pérdida general o local de capas de suelo.
- Penetración de agua en más del 70% de la anchura del BTC (visualmente por el exterior).
- Pérdida de fragmentos mayores a 50 mm, excepto los que provengan de la parte comprendida entre los bordes y 50 mm hacia adentro.
- Eflorescencias en la superficie.

2. Análisis de casos similares

Las construcciones en tierra se han venido realizando, mediante diferentes sistemas, técnicas y procesos constructivos, que nos permiten entender conocimientos ancestrales sobre las construcciones y que se han mejorado.

Por ello es necesario conocer y analizar casos de pavimentos en tierra a nivel mundial como nivel local, para poder determinar parámetros a ser investigados como los materiales, dosificaciones, estructuras y observaciones de cada uno de los casos estudiados, para determinar un proceso a seguir en la elaboración de la propuesta.



Diagrama 2. Estudio y selección de casos similares.
Fuente Imágenes: Autor.
Elaboración: Autor.

2.1. Casos de estudio

Luego de una recopilación de información sobre esta temática, se identificaron tres casos a nivel mundial y un caso a nivel local.

El primer caso es planteado por Niemeyer en 1946, el cual desarrolla un piso tradicional de barro, (ver Imagen 9, y figura 6).

El segundo caso es un piso en Oregón, Estados Unidos, desarrollado por los arquitectos Rey y Thomson, (ver Imagen 11, y figura 8).

El tercer caso se encuentra en Schlins, Austria desarrollado por arquitectos Roger Boltshauser y Martin Rauch, (ver Imagen 10, y figura 7).

El cuarto caso es desarrollado por la arquitecta Valeria Bustos, que elaboró un piso con la Fundación María Amor, en la ciudad de Cuenca, (ver Imagen 12, y figura 9).

2.1.1. Diseño Nimeyer

Autor: Richard Niemeyer

Año: 1946

Nimeyer en 1946 propuso un diseño de un piso tradicional en barro, en Der lehm- und seine praktische anwendung (el edificio de arcilla y su aplicación práctica), detalla la composición de este piso.



Imagen. 9.- Piso tradicional para habitaciones (Niemeyer 1946)

Fuente: Manual de construcción en tierra de Gernot Minke (2008)

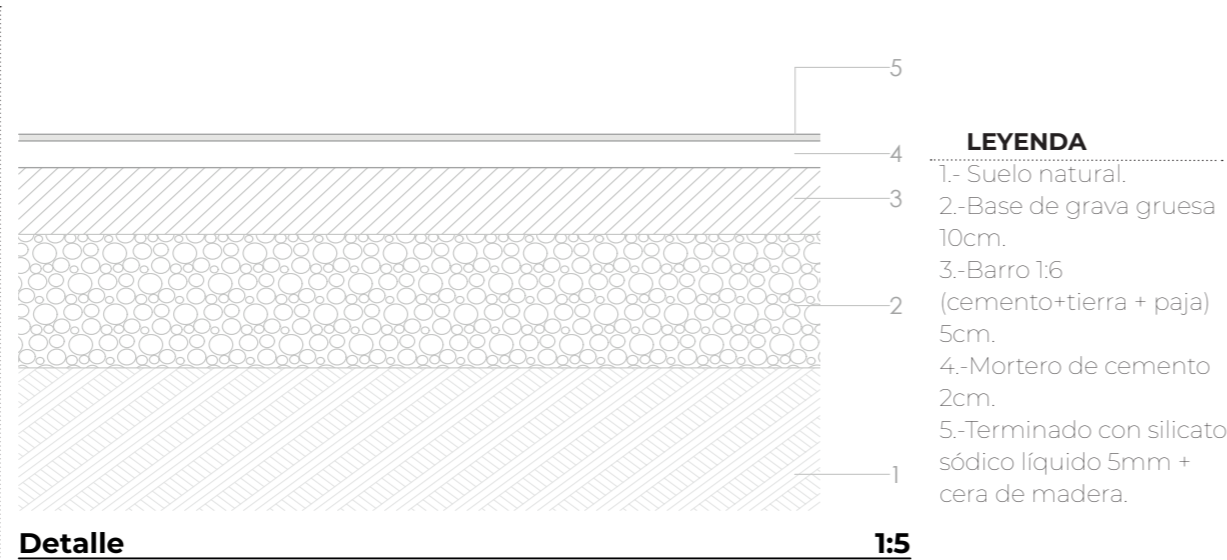


Figura 6.- Detalle de la composición del piso de Niemeyer
Fuente: Manual de construcción en tierra de Gernot Minke (2008)
Elaboración: Autor.

MATERIALES

Los materiales utilizados por el autor en la elaboración del piso son los siguientes:

- o Grava gruesa en la capa base.
- o Barro (arena + arcilla + paja), con alto contenido de arcilla.
- o Mortero (tierra + aserrín).
- o Silicato sódico líquido.
- o Cera para madera.

DOSIFICACIÓN

- o Barro: el autor solo especifica que se debe tener un alto contenido de arcilla en esta mezcla.
- o Mortero: el mortero es 1:6 (1 parte de cemento:6 de barro con paja).
- o Fibras: se esparce en el barro pedazos de paja de 4 cm.

ESTRUCTURA

La constitución del piso se da por las siguientes capas, ver Fig.6 :

- o Capa base de 10 cm de espesor.
- o Capa de subbase de 7-5 cm de espesor.
- o Capa final de 2 cm de espesor.
- o Acabado 5mm de espesor.

2.1.2. Casa Rauch

Autores: Robert Boltshauser y Martin

Rauch

Año: 2004 -2008



Imagen 10.- Piso de tierra Casa Rauch
Fuente: <http://tectonicablog.com/?p=191>

Los suelos, los techos abovedados, los revocos de muros y techos, los peldaños y platos de ducha e incluso las tejas están formadas hasta en un 85% por material resultante de la excavación del lugar. Sus suelos de arcilla encerada, se realzan gracias al uso de aceites y ceras, en el tercer nivel, el material arcilloso se refina aún más para crear un efecto de apariencia de alabastro.

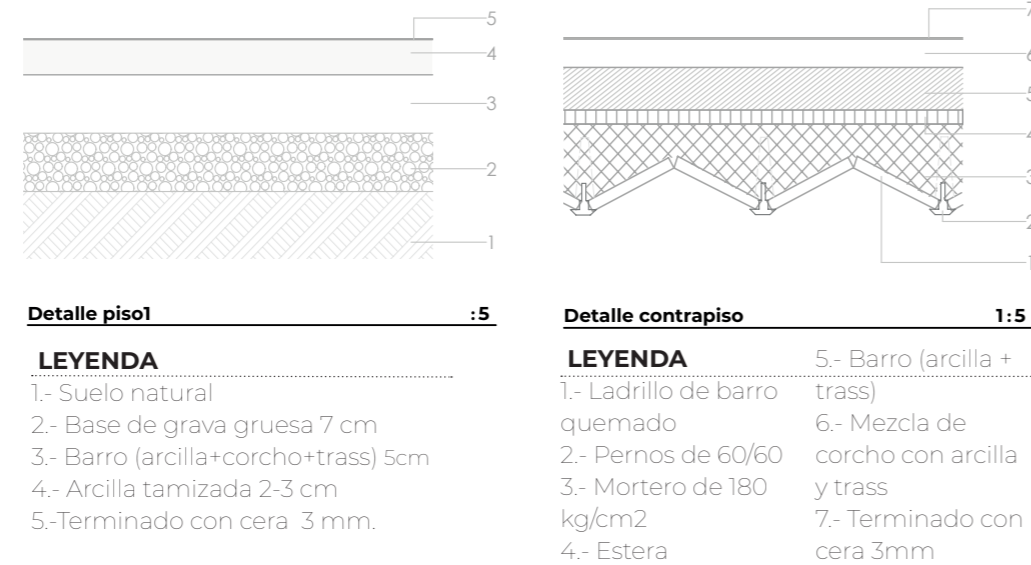


Figura 7.- Detalle Piso y Contrapiso de la Casa Rauch
Fuente: Casa Rauch por Boltshauser y Rauch, (2008)
Elaboración: Autor.

MATERIALES

Los materiales utilizados por arquitectos para desarrollar los pisos de arcilla son:

- o Arcilla.
- o Arena.
- o Corcho.
- o Trass: roca volcánica.
- o Lastre o grava gruesa.
- o Cera.

DOSIFICACIÓN

No existe una dosificación especificada por el autor, solo se cuenta con la mezcla del mortero (trass + arcilla) y del barro (arcilla + trass + corcho).

ESTRUCTURA

Las aplicaciones de estos pavimentos se realizan en dos espacios diferentes de la vivienda, por ello su composición es distinta. El contra piso está compuesto por las siguientes capas, ver Fig. 7 :

- o Capa de acabado 3mm
- o Capa de subsuelo 5mm
- o Capa base 7mm

o Piso planta baja compuesto por las siguientes partes, ver Fig.7 :

- o Capa de acabado 3mm
- o Capa de nivelación 2cm
- o Capa de relleno 5-7 cm
- o Capa de sub base 7 cm
- o Suelo natural

2.1.3. Reay & Thomson

Autores: Sukita Reay y James Thomson

Año: 2014

Reay & Thomson (2014), para realizar su prototipo decidieron estudiar con practicantes como Ana Rodríguez de Nuevo México (1970), quien experimento en la realización de un piso compuesto por dos capas de 1,2 cm de barro, sellándolo con aceite de linaza. También investigaron a Bill & Athena Stheens quienes escribieron The Straw bale House (La rápida casa de barro), y desarrollaron el método para hacer un adobe que no se agrietaba.

La constructora Sukita Reay Crimmel ha elaborado alrededor de 20,000 m² de piso, en Estados Unidos (Reay & Thomson, 2014), demostrando que es posible la fabricación y la habitabilidad en estos.



Imagen 11.- Piso de Tierra en cocina.
Fuente: Earthen Floors: A Modern Approach to an Ancient Practice, Reay & Thomson 2014.



Figura 8.- Detalle de Piso de Reay & Thomson
Elaboración: Autor.

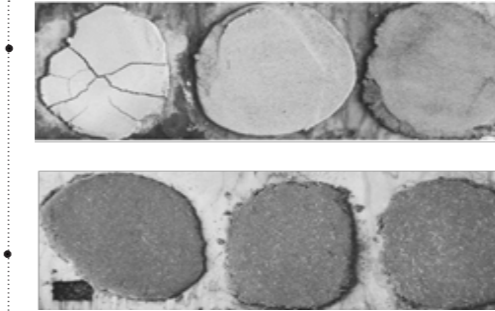


Imagen 12.- Muestras para pruebas de dosificación
Fuente: Earthen Floors: A Modern Approach to an Ancient Practice, Reay & Thomson 2014.

MATERIALES

Los materiales utilizados en la pasta de suelo son:

- o Arena.
- o Arcilla.
- o Paja.
- o Tamizados por la malla VS numero 200.
- o Aceite de linaza y ceniza volcánica.

DOSIFICACIÓN

Barro: Realizaron pruebas con muestras en diferentes composiciones arcilla: agua, 2:1, 3:1, 4:1. Las muestras de prueba se realizaron de 2 cm y 46 cm de diámetro. Cuando los parches se secaron, se cepilló y se raspó la superficie y se eligió el caso con menor número de fisuras. Por lo cual se recomienda el uso de las dosificaciones 2 1/2 :1 (2 1/2 partes de arcilla y 1 de agua) o 3 1/2 :1 (3 1/2 partes de arcilla y 1 de agua).

Fibra: se corta de 5 -7 cm en trituradora eléctrica y tamizada con pantalla 1/8 para eliminar semillas, la dosificación final 3:1:1/2 (Tres partes de arena, 1 de Arcila y 1/2 de fibra).

ESTRUCTURA

Este piso no tiene una estructura determinada, ya que se aplica como acabado sobre cualquier tipo de superficie. Solo cuenta con la capa de terminado, tiene un espesor de 1.2 cm hasta 5 cm, dependiendo del subsuelo sobre el que se asienta.

2.1.4. Fundación María Amor

Autor: Valeria Bustos

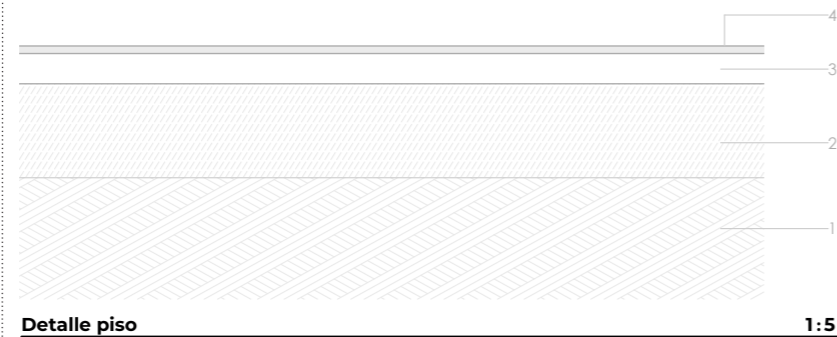
Año: 2012

La Casa de Acogida "NINA HUASI", ganadora en el 2014 del premio Gil Ramírez Dávalos, categoría villa. Comprende una edificación ecológica, donde coexisten armónicamente una construcción antigua de 881 m2 que ha sido remodelada, la nueva con 1055 m2 y la naturaleza.

Para alcanzar los objetivos de diseño los materiales que predominan en la construcción son propios del lugar como: barro, paja, teja, madera de Nopal, caña guadua, a la vez que se logra unidad e identidad con el entorno. Los pisos son de tierra, pero han recibido un tratamiento con aceite para endurecerlos y darles un terminado liso.



Imagen 13.- Piso de tierra Fundación María Amor
Fuente: Diseño en Ecuador Haremos Historia Casa Nina Huasi.



Detalle piso

1:5

LEYENDA

- 1.- Suelo natural
- 2.-Subsuelo de cualquier material
- 3.- Barro 1:2:3:3/4 de e: 5cm(1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 3/4 de ceniza cernida y 1/2 de paja.)
- 4.- Terminado con aceite de linaza y empanete 5mm

Figura 9.- Piso de tierra casa Nina Huasi
Elaboración: Autor.

MATERIALES

Los materiales para determinar la dosificación del piso de la vivienda fueron los siguientes:

- o Arcilla
- o Arena gruesa
- o Arena fina
- o Paja
- o Engrudo
- o Ceniza
- o Aceite de linaza

ESTRUCTURA

Para la elaboración del piso se aplicó la dosificación de 04, por su tiempo de secado y tiempo de fabricación, estos pavimentos no tienen una composición determinada, tienen un espesor desde 5cm hasta 8cm, dependiendo de la dosificación y del subsuelo sobre el que se asienta.

DOSIFICACIÓN

Para la aplicación de este piso, la Arq. Valeria Bustos realizó pruebas de dosificaciones en moldes de 1m x 1m, que se muestran a continuación:

- o **Prueba 01 (1:4)** 1 parte de tierra arcillosa, 4 partes de arena gruesa y un atado de paja diámetro: 12 cm cortado en 5 y 6 cm de largo, espesor 5 cm.
- o **Prueba 02 (1:5)** 1 parte tierra arcillosa, 5 partes de

arena gruesa y un atado de paja diámetro 12 cm cortado en 5 y 6 cm, espesor 8 cm.

o **Prueba 03 (1:4:1)** 1 partes tierra arcillosa, 4 partes de arena gruesa, 1 parte arena fina, un atado de paja diámetro 12 cm, 5 a 6 cm de largo y 1/2 balde de fibra de costal empujado, espesor 6 cm.

o **Prueba 04 (1:2:3:3/4)** 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 3/4 de ceniza cernida y 1/2 de paja, espesor 5 cm.

o **Prueba 05 (1:2:3:3/4)** 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 3/4 de ceniza cernida, 1/2 vol. de paja empujada y 1/2 de engrudo, espesor 5 cm

Mezcla para el acabado: 8 baldes (5 galones) arena fina, 2 baldes de barro preparado, 1 balde ceniza, 1 balde de guano de caballo y 2 baldes de engrudo. espesor hasta 5 mm



OBSERVACIONES

o Prueba 01: En la primera mezcla se observo que el tiempo de secado es prologando, no presenta fisuras.

o Prueba 02: En la segunda se mezcló por largo tiempo, se presentaron fisuras.

o Prueba 03: Se demora en secar, después del secado se coloca una capa de 5 mm de espesor sobre la primera capa con agua, se evidencian fisuras.

o Prueba 04: El engrudo se seca muy rápido y se fisura, se presentan varias alteraciones en su superficie.

o Prueba 05: Después de 4 días de secado se procede a pulir, los resultados son buenos, la parte pulida se ve un poco más dura, casi sin fisuras, pero se demora en colocar.

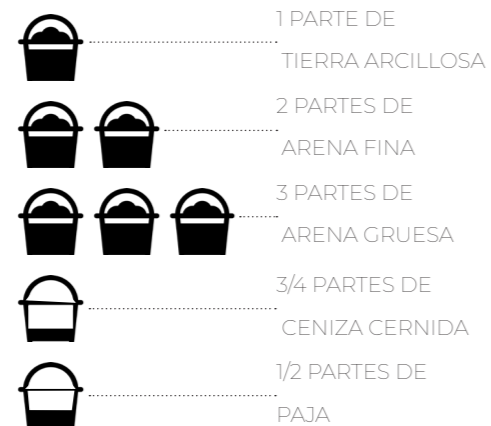
o Mezcla para el acabado: Se cura el suelo, se coloca la maza y se pule dónde están las fisuras de la primera capa.



RESULTADOS

De la experimentación la arquitecta determino que la dosificación utilizada en la Prueba 04, es la ideal por el tiempo de empleo en la colocación y fabricación de la mezcla, además de los recursos humanos y el mínimo empleo de materiales (tierra, arena, fibra).

La dosificación a ser empleada en la fabricación de los pavimentos en tierra cruda: es **(1:2:3:3/4)** 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 3/4 de ceniza cernida y 1/2 de paja, espesor 5 cm.



2.1.5. Resumen de análisis de casos similares

Del análisis realizado se determina que los materiales que se utilizan en cada uno de los casos son similares, los proyectos de Reay y Thomson son análogos al piso realizado por la Arq. Valeria Bustos, ya que presentan dosificaciones y estructuras similares. Mientras que el piso desarrollado por Niemeyer es muy tradicional, presenta una estructura muy completa por el tiempo y los materiales empleados, con un largo tiempo de empleo, los pavimentos de la casa Rauch cuentan con una composición muy simple de fácil elaboración, por la utilización de la tierra del mismo lugar y por el poco tiempo de ejecución.

Por los resultados obtenidos, en tiempos de ejecución, comportamiento de materiales y acabados en el proyecto Nina Huasi se plantea trabajar con su metodología y dosificación en la elaboración de la propuesta., (ver Tabla 2).

Tabla 2.- Análisis comparativo entre los casos de similares.

CUADRO COMPARATIVO DE LOS CASOS DE ANÁLISIS				
Caso de análisis	Materiales	Dosificación	Estructura	Observación
Piso Niemeyer	<ul style="list-style-type: none"> Grava gruesa Barro (arena + arcilla + paja), con alto contenido de arcilla Mortero (tierra + aserrín) Silicato sódico liquido Cera 	Mortero 1:6 (cemento: tierra)	<ul style="list-style-type: none"> Capa base de 10 cm de espesor Capa de su base de 7-5 cm de espesor Capa final de 2 cm de espesor Acabado 5mm de espesor Espesor total de 20 cm	Este piso solo se lo aplica para interiores, diseñado para un tránsito medio de personas.
Pisos de Reay y Thomson	<ul style="list-style-type: none"> Arena Arcilla Paja Aceite de linaza y ceniza volcánica. Tamizados por la malla VS. 	Después de varias pruebas se determinó la dosificación final 3:1:1/2 (Tres partes de arena, 1 de Arcila y 1/2 de fibra)	No cuenta con una estructura definida, su espesor varía de 1,2 cm a 5 cm	Los pisos son aplicados al interior de las viviendas, están expuestos a alto tránsito de personas, se tiene que tener un mantenimiento adecuado.
Piso casa Rauch	<ul style="list-style-type: none"> Arcilla Arena Corcho Tras: roca volcánica Lastre o grava gruesa Cera 	No se tienen datos sobre la dosificación de este piso.	<ul style="list-style-type: none"> Capa de acabado 3mm Capa de nivelación 2-3 cm Capa de relleno 5-7 cm Capa de sub base 7 cm Suelo natural Espesor total de 15 cm	Este piso se aplica en el interior de la vivienda, expuesto a un uso normal.
Piso fundación María Amor	<ul style="list-style-type: none"> Arcilla Arena gruesa Arena fina Paja Engrudo Ceniza Aceite de linaza 	Dosificación (1:2:3:3/4): 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 3/4 de ceniza cernida y 1/2 de paja.	No posee una estructura ya que se la mezcla se tiene sobre cualquier tipo de subsuelo compatible con la tierra. Llega a tener un espesor de 5cm	La arquitecta aplicó esta técnica en el interior y exterior de la vivienda, tiene un cambio de color por estar expuesta a un alto tránsito de personas y por la presencia de humedad.

Fuente: Autor , Elaboración: Autor..

2.2. Determinación de materiales

En el capítulo anterior en la sección de materiales y herramientas se determinó que los materiales a ser utilizados para la elaboración del sistema constructivo de pisos de tierra. A continuación se detalla de manera más específica el tipo de suelo, las fibras a ser empleadas, cascarilla, estabilizantes y sellantes.

2.2.1.1. Tierra

Los pisos de tierra en su mayoría están compuestos por arena, arcilla y limos, por ello se realiza un análisis de los suelos en la provincia del Azuay para determinar cuáles son los más adecuados para ser aplicados en la fabricación de la propuesta.

- Análisis de suelos del Azuay

En el mapa geológico de la provincia del Azuay, se identificaron los suelos que tiene presencia de arcilla y arena, con el fin de utilizarlos en la elaboración de la técnica.

Pinos y Baculima (2014), en su trabajo de investigación de *“Recuperación del sistema constructivo en la técnica del bahareque en la contemporaneidad”*, analiza la información del Ministerio de Energía y Minas, determinando un mapa geológico para la provincia del Azuay, (ver mapa 1), en donde se definen los siguientes tipos de suelos:

- **Pt (c.1200m)** Roca piroclástica y lavas: Esta área es pedregosa, por su procedencia volcánica. Pucará, Cuenca, Santa Isabel, San Fernando, Girón, Nabón, Oña, Sigsig, Chordeleg, Gualaceo, Paute, El Pan, Guachapala, Sevilla de Oro.

- **PIPt (300-1200m)** Conglomerados, tobas y brechas: compuesta por canto rodado sobre arena, limo y arcilla. Cuenca.

- **MPI a (1500-2700m)** Arcillas, areniscas, y conglomerados: La composición de esta área es arcillosa y arenosa, con presencia de canto rodado. Pucará, Santa Isabel, San Fernando, Girón, Cuenca, Nabón, Sigsig.

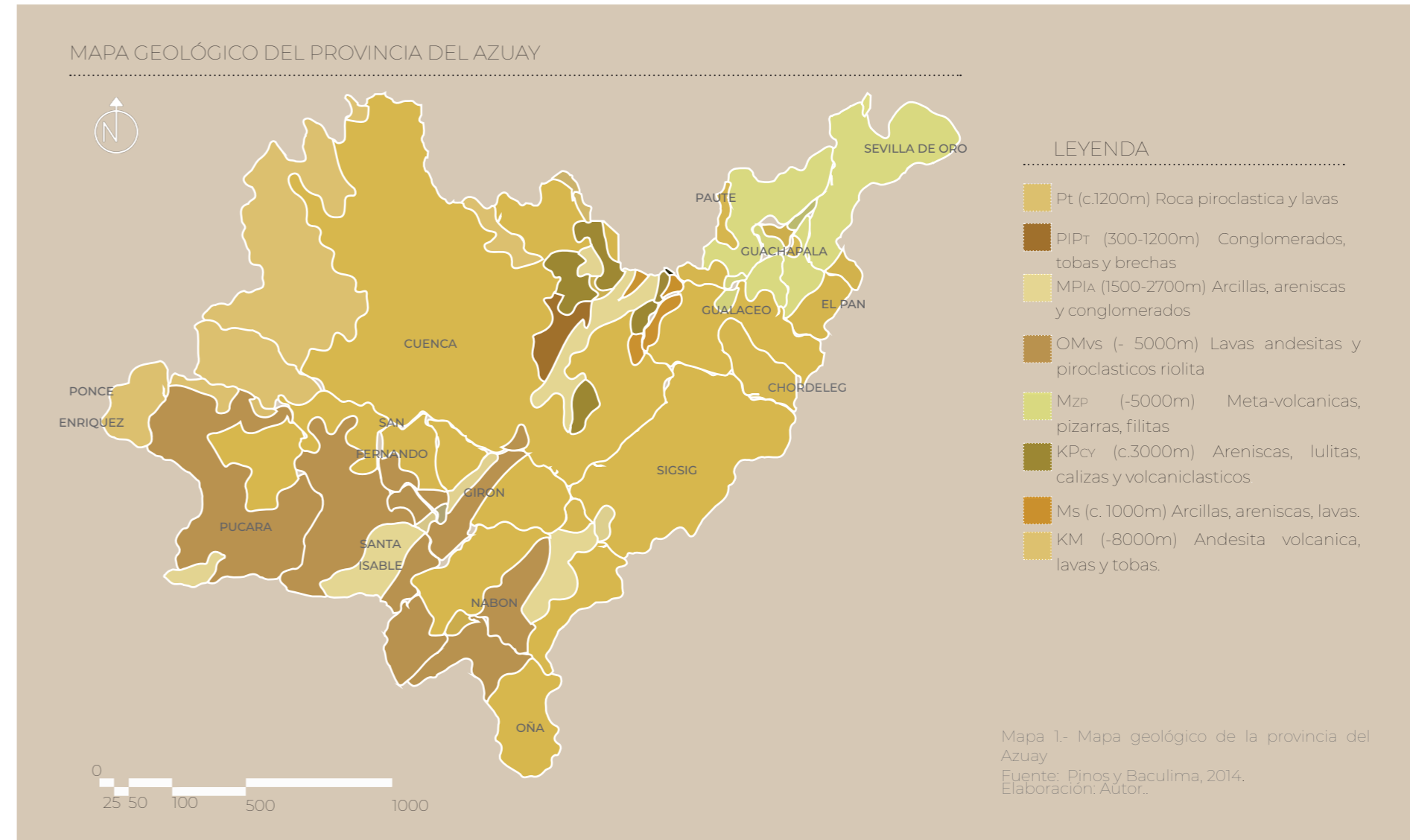
- **OMvs (>1500m)** Lavas andesitas y piroclásticos riolita: Esta zona es arcillosa, aunque existe suelo rocoso. Pucará, Santa Isabel, San Fernando, Girón, Nabón, Oña, Cuenca.

- **Mzp (>5000m)** Meta-volcánicas, pizarras, filitas: El área comprendida está conformada por arcilla. Paute, Guachapala, El Pan, Sevilla de Oro, Gualaceo.

- **KPcy (c.3000m)** Areniscas, lulitas, calizas y volcaniclasticos: Esta formación contiene suelos arcillosos y arenosos. Cuenca.

- **Mb (c.1000m)** Arcillas, areniscas, lavas: Conformado por suelo arcilloso y arenoso, con suelo pedregoso. Cuenca, Paute, Gualaceo.

- **Km (> 8000m)** Andesita volcánica, lavas y tobas: Área formada por arcilla. Cuenca, Pucará, Santa Isabel, Ponce Enriquez.



Análisis de suelos

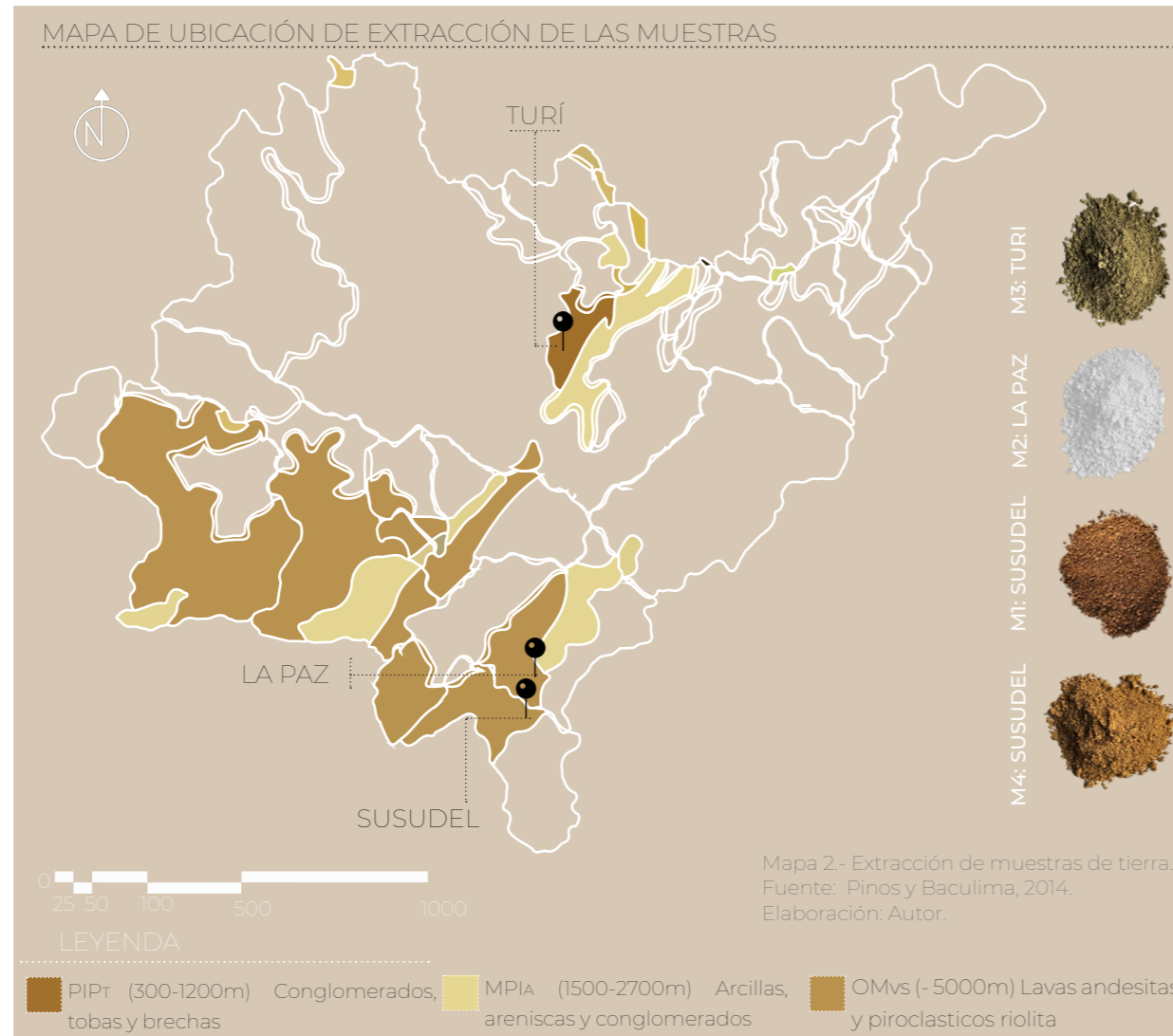
- OMvs (>1500m) Lavas andesitas y piroclásticos riolita: Arcilla roja de la parroquia Susudel.

- MPI a (1500-2700m) Arcillas, areniscas, y conglomerados: Tierra de color gris del sector La Paz.

- PIPt (300-1200m) Conglomerados, tobas y brechas, ubicado en Turi en la ciudad de Cuenca.

- OMvs (>1500m) Lavas andesitas y piroclásticos riolita: Tierra de color tomate del sector de Susudel, vía al progreso.

Se realizan ensayos de campo y pruebas de laboratorio, de estos tipos de suelos que por su composición son óptimos a utilizar en la elaboración del sistema constructivo.



2.2.1.2. Fibras

De acuerdo a la información de Tamayo (2012), mostrada en el capítulo anterior se seleccionó lo siguientes materiales:

Fibras:

- Paja
- Cabuya
- Aserrín

Cascarilla

- Arroz
- Nuez
- Tocte

2.2.1.3. Estabilizantes

De acuerdo con la Guía estandarizada de Diseño en tierra creada por la ASTM E2392/E2392M el uso de materiales para la construcción en tierra son:

- Cal
- Cemento



Diagrama 3.- Fibras y cascarilla naturales, estabilizantes.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

2.2.1.4. Sellantes

La aplicación de un sellador en el piso de tierra, permite brindar durabilidad y resistencia al agua y desgaste, considerando que este solo absorbe 1.30 cm de profundidad. Los selladores utilizados son los siguientes:

- Aceite de linaza
- Impermeabilizante Mk2
- INTACO Maxiclear brillante



Diagrama 4.- Sellantes a emplear en la propuesta
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.
ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA / PISOS DE TIERRA

2.3. Ensayos de campo

El objetivo de los ensayos es determinar de forma directa parámetros de cada uno de los suelos, para escoger el más óptimo de acuerdo a los resultados.(Revisar anexos).

Por ello se realizan las siguientes pruebas:

- Sedimentación
- Prueba de "Cinta de barro" o presencia de arcilla
- Humedad – agrietamiento

· SEDIMENTACIÓN

Esta prueba nos puede proporcionar visualmente un porcentaje aproximado de los porcentajes de material que contiene cada una de las muestras, (ver imagen14-15):

Para realizar esta prueba se utilizaron cuatro recipientes de 350 ml, en los cuales se colocó 135 cm³ de tierra, después se agregó 175 cm³ de agua.

Posteriormente se agito cada uno de los envases durante 10 minutos, dejándolos en reposo de 3 a 5 horas para que los materiales por su granulometría se asienten. Si el agua se cristaliza rápido tiene poca cantidad de arcilla y si permanece turbia por un tiempo puede contener cantidades significantes de arcilla.



Imagen 14.- Ensayo de sedimentación
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.



Imagen 15.- Muestras de tierra revueltas en agua
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Una vez que se ha asentado las capas se midió la cantidad relativa de componentes de arena, arcilla y limos. La división de la altura medida de la capa de arcilla por la altura total del material nos dará el porcentaje aproximado.



- T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja.
- T2: MPI a (1500-2700m) Tierra gris
- T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados.
- T4: OMvs (>1500m) Tierra de color tomate

Tabla 3.- Resultados del ensayo de sedimentación de las muestras de tierra seleccionadas.

RESULTADOS DE PRUEBA DE SEDIMENTACIÓN						
MUESTRA DE TIERRA	MATERIA ORGÁNICA	ARCILLA	LIMOS	ARENA	TOTAL	TIEMPO
T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja.	0,14 %	25,35 %	7,04 %	67,6 %	100% = 135 cm ³	2 horas
T2: MPI a (1500-2700m) Tierra de color gris	0,14 %	45,07 %	2,82 %	50,7 %	100% = 135,1 cm ³	12 horas
T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados.	0,91 %	20 %	10,0 %	69,1 %	100% = 105,01 cm ³	2:30 horas
T4: OMvs (>1500m) Tierra de color tomate	1 %	57,63 %	5,08 %	35,6 %	100% = 110,32 cm ³	24 horas

Fuente: Autor , Elaboración: Autor.

OBSERVACIÓN

Del análisis tenemos que la muestra T1 por el tiempo de cristalización y por la relación de porcentajes, es un suelo arenoso; las muestras T2-T4 presentaron una buena composición de materiales y por los tiempos de cristalización, son suelos areno arcillosos; mientras que la muestra T3 es un suelo orgánico con presencia de arena.



M2: LA PAZ



M4: SUSUDEL

Imagen 16.- Muestras de tierra ha ser utilizadas en la propuesta.
Fuente: Carlos Miguel Tapia Vera

2.3. Ensayos de campo

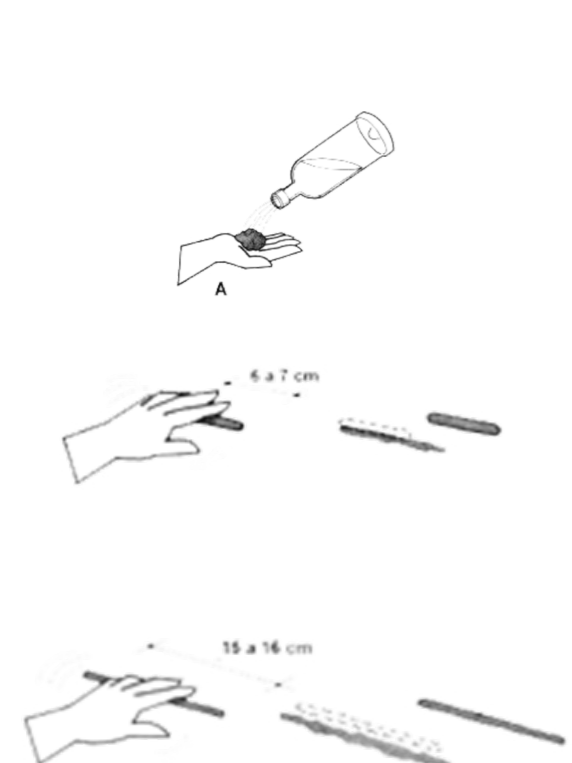


Imagen 17- Proceso ensayo de la cinta de barro
Fuente: ECOHUERTO UNIVERSITARIO UJA.

PRUEBA DE "CINTA DE BARRO" O PRESENCIA DE ARCILLA.

Se puede realizar en un tiempo aproximado de 10 minutos, se usa una muestra con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, luego aplanar poco a poco entre los dedos. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es arcilloso. Por el contrario, si se corta a los 10 cm o menos, significa que tiene poco contenido de arcilla (Minke, 2008), (ver imagen 18).



Imagen 18.- Ensayo de la cinta de barro o presencia de arcilla.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Medidas de las cintas de tierra:



Tabla 4.- Resultados del ensayo de la presencia de arcilla.

RESULTADOS ENSAYO DE LA CINTA O PRESENCIA DE ARCILLA	
MUESTRA DE TIERRA	OBSERVACIÓN
T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja.	Longitud de 17,1 cm, presenta grietas en toda su extensión.
T2: MPI a (1500-2700m) Tierra de color gris	Longitud de 23,2 cm, no presenta ninguna fisura.
T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados.	Longitud de 18,1 cm, suelo con presencia de materia orgánica.
T4: OMvs (>1500m) Tierra de color tomate	Longitud de 23,5 cm, no presenta fisuras.

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

OBSERVACIÓN

Los resultados de las muestras T1-T3 son suelos con poca arcilla, por tener una longitud menor a los 20 cm, mientras que los suelos T3-T4 son suelos arcillosos, ya que están dentro del rango.

2.3. Ensayos de campo

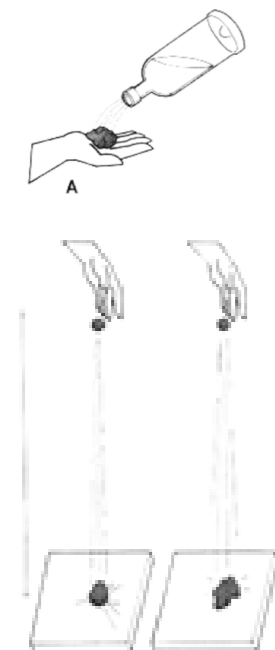


Imagen 19- Proceso ensayo de humedad y agrietamiento
Fuente: ECOHUERTO UNIVERSITARIO UJA.

· HUMEDAD – AGRIETAMIENTO

Esta prueba consta de formar una bola de tierra del tamaño de un puño y comprimirla fuertemente, soltar a una altura de 1.20 m sobre un suelo firme. Si la bola de tierra se rompe el contenido de humedad es correcto. Si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto. Si la bola se desintegra en el piso la mezcla es demasiado seca.

Es importante controlar adecuadamente el contenido de humedad, para evitar o disminuir las fisuras de secado.

Con la menor cantidad de agua se logra activar la arcilla, para lograr la máxima resistencia de los muros, la cantidad de agua requerida no debe pasar del 20% respecto al peso del contenido seco, (Minke, 2008).

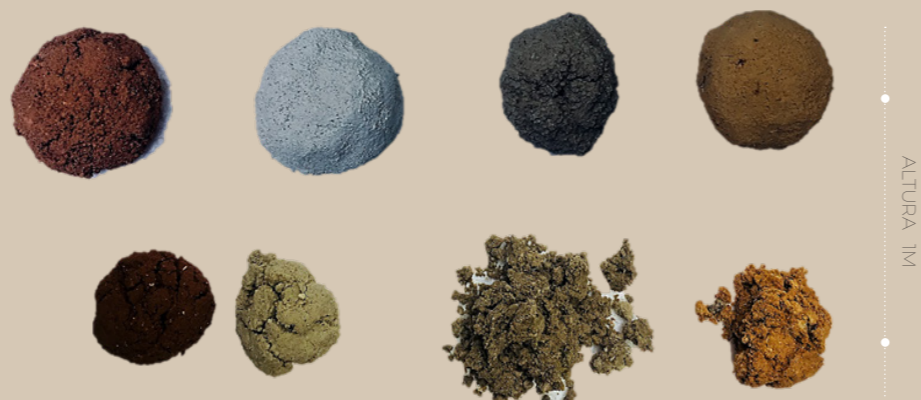


Imagen 20.- Ensayo de la presencia de humedad y agrietamiento.
Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

● OBSERVACIÓN

Las muestras T1-T2-T4 poseen un buen contenido de humedad ya que no se desintegra, mientras que la muestra T3 se desintegra completamente siendo un suelo seco con altos porcentajes de arena.

Tabla 5.- Resultados del ensayo de agrietamiento y humedad

RESULTADOS PRUEBA DE AGRIETAMIENTO – HUMEDAD	
MUESTRA DE TIERRA	OBSERVACIÓN
T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja.	Contenido de humedad medio, presenta fisuras.
T2: MPI a (1500-2700m) Tierra de color gris	Contenido de humedad medio, presenta fisuras
T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados.	Contenido de humedad poco, se desintegra.
T4: OMvs (>1500m) Tierra de color tomate	Contenido de humedad medio, se rompe la bola.

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

2.4. Pruebas de laboratorio

· **Granulometría:** normas ASTM D-422, AASHTO T-88.

El análisis granulométrico se realiza mediante el tamizaje y está basado en las normas ASTM D-422, AASHTO T-88 para agregados finos, donde se agrupa por rango de tamaño las partículas que existen en la tierra.

Herramientas y equipo:

- Muestra de tierra 300 gr
- Balanza Digital
- Tamices de malla cuadrada No.4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200 y fondo - Horno
- Bandeja metálica
- Cepillo para limpiar tamices Generalmente se usa el tamizado hasta la malla No. 200.

· PROCESO

- Tomar una muestra de tierra, de 300 gr (antes del lavado).
- Secar, y volver a pesar para conocer su porcentaje de humedad.
- Lavar sucesivamente hasta tener una agua limpia y eliminar los limos y arcillas
- Pesar la muestra
- Tamizar por 10 a 15 minutos.
- Pesar el restante de cada tamiz
- Realiza una tabla de calculo empleando, la formula:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso Total}}$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$



Imagen 21.- Ensayo de granulometría: Tamizadora y juego de tamices
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Tabla 6.- Resultados de Ensayo de granulometría en laboratorio.

MUESTRA DE TIERRA	RESULTADOS ENSAYO DE GRANULOMETRÍA				
	CONTENIDO			CLASIFICACIÓN	
	GRAVA	ARENA	FINOS	SUCS	AASHTO
T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja.	0.00 %	12.67 %	87.33 %	MH	A-7-5
T2: MPI a (1500-2700m) Tierra de color gris	0.00 %	31.78 %	68,22 %	ML	A-7-6
T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados.	0.00 %	11.70 %	88.30 %	CH	A-7-5
T4: OMvs (>1500m) Tierra color tomate	0.00 %	22.88 %	77.12 %	MH	A-7-5

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

OBSERVACIÓN

Las muestras T2 -T4 presentan un alto contenido de arena, a diferencia de las otras muestras que presentan una buena composición, siendo suelos pesados Según la clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) la muestra T1-T2-T4 son suelos limosos con buena plasticidad, mientras que T3 es un suelo arcillo con alta plasticidad.

2.4. Pruebas en el laboratorio

• Límite líquido y plástico. Norma ASTM D-4318

Para la determinación del contenido de agua presente en el barro se ha realizado ensayos de límite líquido y plástico de las muestras de suelos siguiendo la norma ASTM D-4318.

Herramienta y equipo:

- Muestra de tierra 300 gr / por tamiz No. 40
- Agua
- Cuchara de Casa grande
- Balanza mecánica
- Espátula
- Probeta
- Contenedores de humedad
- Recipiente metálico
- Horno

• PROCESO LÍMITE LÍQUIDO

Se requiere una muestra de 300 gr de tierra seca pasada por el tamiz 40.

- Agregar agua a la muestra.
- Colocar en la cuchara de casa grande
- Realizar una ranura.
- Golpear sucesivamente de 20 y 25, 25 y 30, 30 , 40 hasta que se cierre la ranura a 13 mm.
- Extraer las muestras , colocarlas en un recipiente y pesarlas.
- Colocar las muestra en el horno durante 24 horas y volver a pesar.

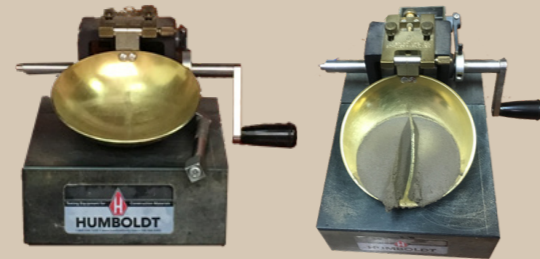


Imagen 22.- Ensayo de la de limite plástico y límite líquido.
Fuente: Autor
Elaboración: Autor.

• PROCESO LÍMITE PLÁSTICO

- Se toma una muestra de 200gr.
- Colocar en la bandeja, agregando agua destilada.
- Tomar aproximadamente 1cm³; rodar la muestra en una superficie plana, hasta alcanzar un diámetro de 3mm, doblamos y amasamos nuevamente.
- Repetir el proceso hasta que la muestra se rompa en 0,5 a 1 cm.
- Tomar una muestra de la misma, pesar la muestra húmeda y luego se introduce la muestra en un frasco de humedad y se deja secar en un horno durante 24 horas.
- Pesar la muestra seca.



Tabla 7.- Resultados Ensayo de Límite plástico y Líquido en laboratorio

MUESTRA DE TIERRA	RESULTADOS LÍMITE PLÁSTICO - LÍQUIDO			IC
	LL	LP	IP	
T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja.	59.54 %	35.28 %	24.26 %	18
T2: MPI a (1500-2700m) Tierra de color gris	41.54 %	29.44 %	12.10 %	8
T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados.	71.12 %	32.61 %	38.51 %	20
T4: OMvs (>1500m) Tierra de color tomate	53.68 %	32.78 %	20.90 %	15

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

Índice de plasticidad

$$IP = LL - LP (\%)$$

LP= Límite plástico

LL= Límite líquido

IP= Índice de plasticidad

OBSERVACIÓN

La muestra que tiene un mejor IP (índice plástico) es la T2, mientras que las muestras T1-T3-T4 tienen un alto IP, siendo materiales muy elevado, se debe agregar una gran cantidad de agua y arena para cambiar el estado del suelo.

2.4. Pruebas en el laboratorio

• Compactación . ASTM D-1557

El proceso mecánico por el cual se intenta mejorar las características de resistencia y compresibilidad mediante la presión estática o compactación dinámica reduciendo su volumen (Minke, 2008). Se realiza mediante el ensayo Proctor de acuerdo a la norma ASTM D 1557.

Herramientas y equipo

- Cilindro "Proctor modificado"
- Martillo manual 4,5 kg
- Probetas
- Pipetas
- Horno de secado
- Tamiz No. 4

• PROCESO

- Se toma una muestra de tierra pasada por el tamiz 4.
- Agregar agua para después en el cilindro Proctor colocar 5 capas de tierra.
- Compactar cada capa con 56 golpes, mediante el uso del martillo manual a una altura de 4,50 cm.
- Desmoldar la tierra del cilindro y tomar una muestra de la mitad del molde.
- Pesar la muestra en estado húmedo.
- Secar la muestra en horno a una temperatura de $100^{\circ}\text{C} \pm 5$ por un periodo de 24 horas.
- Repetir el proceso un mínimo de 3 veces.



Imagen 23- Ensayo de compactación de suelos con Proctor.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Tabla 8.- Resultados Ensayo de compactación con proctor en laboratorio

RESULTADOS ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
MUESTRA DE TIERRA	Densidad seca Max	% Contenido de agua OPT
T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja.	1335 kg/m ³	28,09 %
T2: MPI a (1500-2700m) Tierra de color gris	1404 kg/m ³	29,94 %
T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados.	1293 kg/m ³	34,35 %
T4: OMvs (>1500m) Tierra de color tomate	1428 kg/m ³	26,87 %

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

• OBSERVACIÓN

Los suelos T1-T3 tienen una densidad baja a comparación de T2-T4 que son suelos pesados con una buena composición granulométrica.

2.4.1. Análisis de resultados de ensayos y pruebas de laboratorio

Después de haber realizado las pruebas en campo y complementarlas con los ensayos de laboratorio se determinó lo siguiente:

- **Muestra T1:** es un suelo muy liviano, es limoso con alta plasticidad, con un índice muy elevado de plasticidad.
- **Muestra T2:** es un suelo pesado con una buena composición granulométría, es limoso con baja plasticidad, presenta una buena densidad y índice plástico.

- **Muestra T3:** suelo con contenido de materia orgánica, es liviano con presencia de arcilla con una alta plasticidad, composición granulométrica aceptable, presenta una baja densidad y un alto índice de plasticidad.
- **Muestra T4:** suelo pesado con una buena composición granulométrica, es limoso con alta plasticidad, tiene un índice de plasticidad alto y con una densidad buena.

De acuerdo al análisis se determino que los suelos T2-T4 son los mejores por presentar buenos resultados, con los cuales se determinara la dosificación para emplearse en el sistema constructivo.



M2: LA PAZ		SUCS	AASHTO	IP	IG	Densidad seca Max	% contenido de agua OPT
		ML	A-7-6	12.10%	8	1404 kg/m ³	29.94 %
M4: SUSUDEL		SUCS	AASHTO	IP	IG	Densidad seca Max	% Contenido de agua OPT
		MH	A-7-5	38.5 %	20	1428 kg/m ³	26.87 %

Diagrama 5.- Resultados finales de ensayos de laboratorio y campo.
Fuente.- Autor
Elaboración: Autor.

2.5. Dosificación

Mediante el análisis de los suelos se determino la tierra a ser empleada, además de establecer los porcentajes apropiados de los materiales, con el objetivo de obtener una buena consistencia y maleabilidad de la mezcla.

Se toma como base la dosificación **(1:2:3:3/4)** 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 3/4 de ceniza cernida y 1/2 de paja, espesor 5 cm. A la cual se le agregan porcentajes de cal, cemento y goma para mejorar la resistencia.

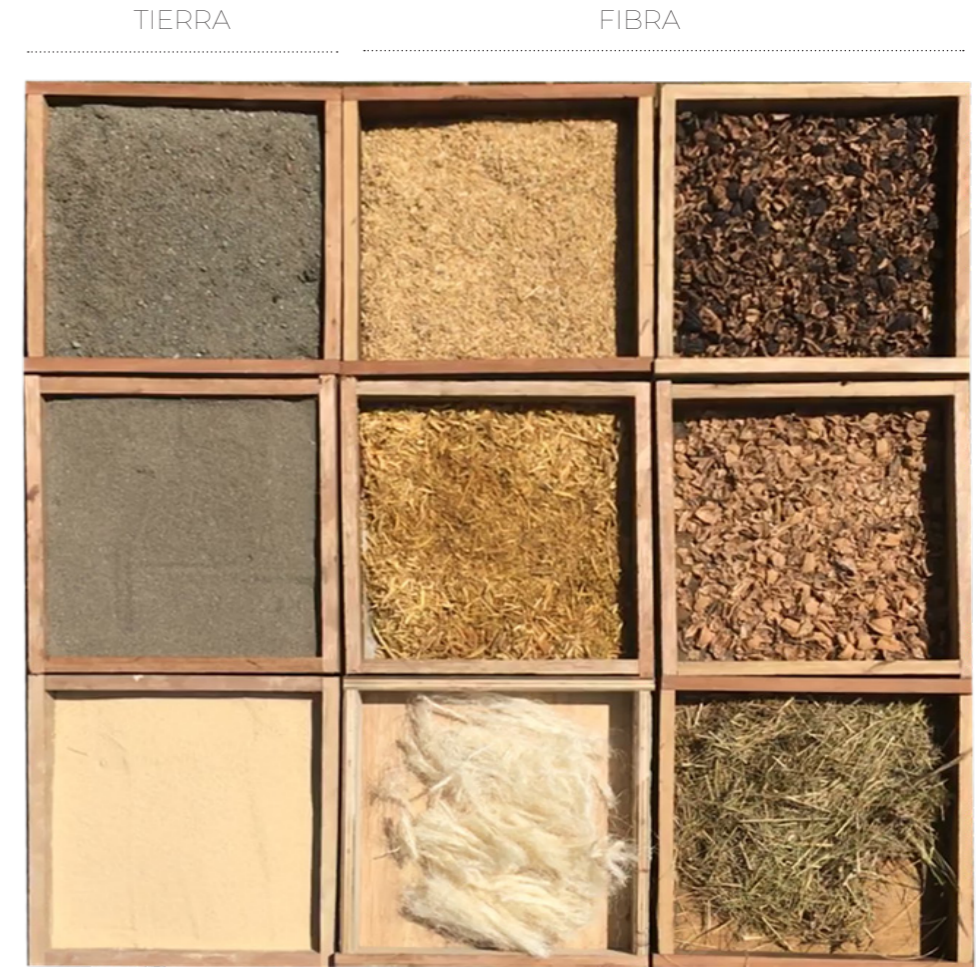
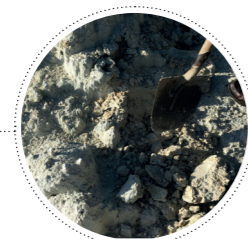


Imagen 24.- Materiales a ser utilizados en la dosificación de los pisos.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

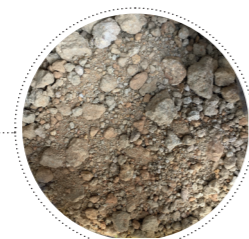
2.5.1. Preparacion de materiales

• Tierra

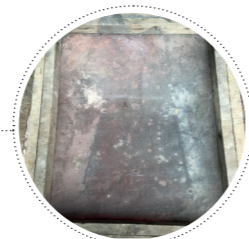
La extracción de la tierra se realizó con pala y pico, se obtuvieron pequeños terrones, por lo que es necesario cernir la tierra en la malla entretrejida de 1/8 pulg. de acero galvanizado.



EXTRACCIÓN



TIERRA SIN PROCESAR



MALLA 1/8



TIERRA FINA

• Cal

Se trabajó con cal apagada, sumergida 5 kg en agua y se dejó durante 24 horas. Se vierte en el barro en porcentajes de 10-20%, como en estado líquido y se mezcla hasta tener una masa uniforme.



SACO DE CAL



CAL VIVA



CAL SUMERGIDA EN AGUA



CAL MUERTA

• Cemento

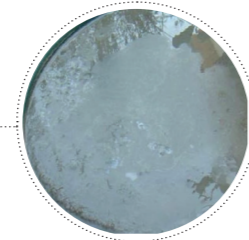
El cemento que se utilizó es Guapan, Portland Puzolanico Tipo IP, se vierte en estado líquido en la barro y se mezcla.



CEMENTO GUAPAN



CEMENTO



LECHADA DE CEMENTO

Diagrama 6.- Preparación de materiales.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

• Cascarilla de Nuez

Esta cascarilla se obtuvo en la zona interandina (Ambato) del Ecuador, se trituró en dimensiones de 2 -5 mm.

• Cabuya

Se adquirió de la zona sur del Ecuador, a la cual se eliminaron todas las impuras y se corto en dimensiones de 3-5-7 cm.

• Cascarilla de arroz

Se consiguió en la zona de la costa del Ecuador, con una dimensión de 2 - 5 mm.



Imagen. 25.-Fibras a ser utilizadas en las dosificaciones
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

• Cascarilla de Tocte

Esta cascarilla se obtuvo en la ciudad de Cuenca, se trituró en dimensiones de 1 - 5 mm, después se eliminaron todas las impurezas.

• Aserrín

Se obtuvo de un aserradero ubicado en Sayausí- Cuenca, tamaño de 5 - 15 mm.

• Paja

La paja se clasificó según su estado, seca o verde después se cortó en pedazos de 3-5cm.

2.5.3. Elaboración de muestras

Las muestras para el ensayo de resistencia al módulo de la rotura se realizaron con las de acuerdo a los parámetros de la normativa **NTE INEN 652:2000** Baldosas cerámicas determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura.

Se elaboraron 5 muestras con tierra T2, y 10 con la T4. Se utilizó como molde un pedazo de tubo PVC de 10.1 cm (4") x 5cm de espesor. Las muestras se realizaron con la dosificación del barro: **(1:2:3:1/2)** 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa y 1/2 de paja; a las cuales se les agregó entre el 5% - 10% de cemento, cal entre un 15% - 20% y pegamento blanco en un 5%, espesor 5 cm, ver tabla 9-10.

Proceso de elaboración de muestras.

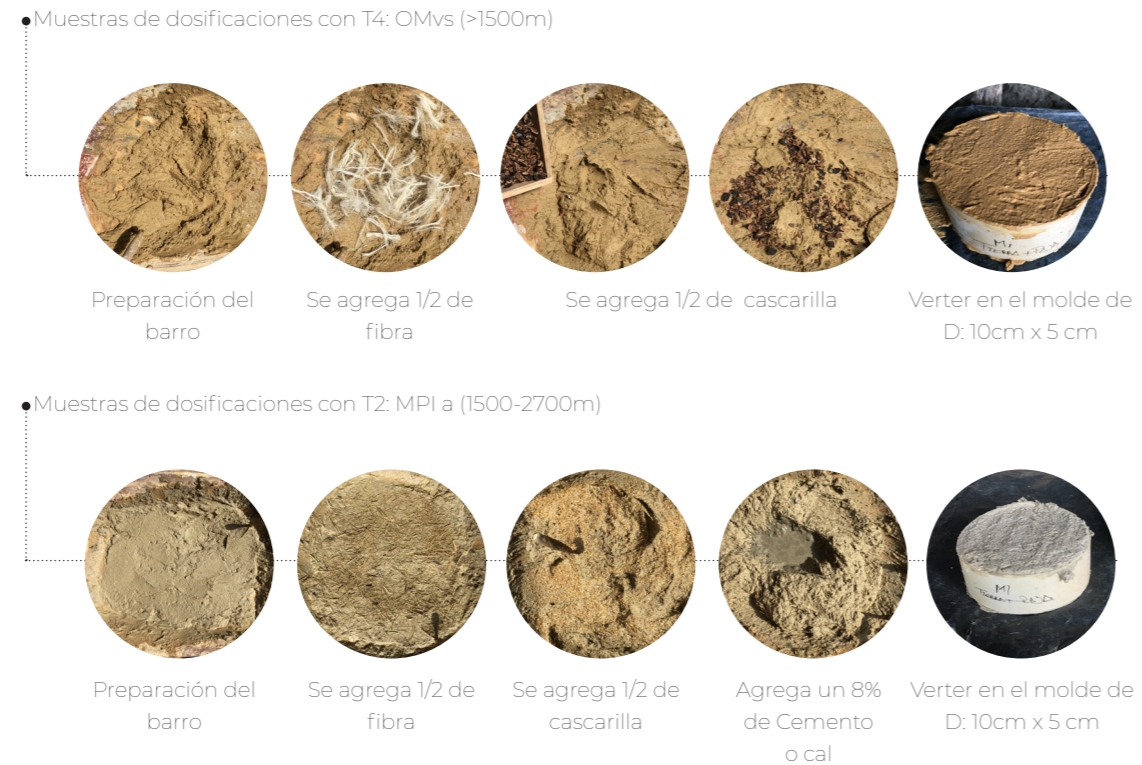


Diagrama 7- Proceso de elaboración de muestras.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor..

Tabla 9.- Muestras de dosificaciones con T2: MPI a (1500-2700m)

MUESTRAS DE DOSIFICACIÓN CON T2: MPI A (1500-2700M)								
MUESTRA	BARRO	FIBRA	CEMENTO	CAL	GOMA	SECADO	DIMENSIONES	OBSERVACIÓN
M1	(1:2:3:1/2)	½ : paja	-----	----	-----	6 días	10.1 x 5 cm	Tiempo de secado muy largo.
M2	1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina	½: cs. Arroz	-----	----	5%	4 ½ días	10.1 x 4.5 cm	Tiempo de normal menor por la utilización de goma.
M3	3 partes de arena gruesa	½ : paja	8%	----	-----	4 días	10.1 x 4.7 cm	
M4	1/2 de paja.	½ : paja	-----	15%	-----	4 días	10.1 x 4.3 cm	
M5		½ : paja	8%	15%	-----	3 ½ días	10.1 x 4.8 cm	Tiempo de secado es menor al resto.

Fuente: Autor. Elaboración: Autor..



Tabla 10.-Muestras de dosificaciones con T4: OMvs (>1500m)

MUESTRAS DE DOSIFICACIÓN CON T4: OMVS (>1500M)									
MUESTRA	BARRO	FIBRA	CEMENTO	CAL	GOMA	SECADO	DIMENSIONES	OBSERVACIÓN	
M1	(1:2:3:1/2)	½ : paja	-----	----	-----	6 días	10.1 x 5 cm	Tiempo de secado largo.	
M2		½ : paja	5%	----	-----	4 días	10.1 x 5.1 cm		
M3		½ : paja	-----	15%	-----	4 días	10.1 x 4.8 cm		
M4		½ : Cabuya ½ Csc. nuez	8%	15%	-----	4 días	10.1 x 4.6 cm	Trabajabilidad dificultosa	
M5		1 parte de tierra arcillosa,	½: cs. Arroz	-----	----	5%	4 ½ días	10.1 x 4.4 cm	Tiempo de secado es menor al resto.
M6		2 partes de arena fina	½ : Cabuya ½ Csc. tocte	8%	18%	-----	4 días	10.1 x 5 cm	Trabajabilidad dificultosa
M7		3 partes de arena gruesa	½ : paja	-----	20 %	-----	3 ½ días	10.1 x 4 cm	Tiempo de secado es menor.
M8		1/2 de paja.	½ : paja C. arroz	10%	----	-----	4 días	10.1 x 4.9 cm	
M9			½ : Paja ½ Csc. Arroz	8%	20%	-----	3 ½ días	10.1 x 4.8 cm	Tiempo de secado es menor al resto.
M10			½ : Cabuya ½ Aserrín	8%	----	-----	3 días	10.1 x 4.7 cm	Trabajabilidad dificultosa

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.



Imagen 27.- Muestras de dosificaciones con tierra T4:OMvs
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

2.6. Ensayo físicos mecánicos y químicos

2.6.1. Ensayo de resistencia a la compresión

Los bloques de tierra reforzada con estabilizantes que fueron realizados, obtuvieron resistencias aceptables a la compresión y módulo de rotura. La normativa española UNE-EN 41410:2008 no estipula un mínimo aceptable para la resistencia de los bloques, por esta razón, se toma en cuenta el esfuerzo mínimo admisible para adobes simples o estabilizados estipulados en la norma peruana NTE E 080, los bloques de tierra tienen una resistencia a la compresión de 1.2 N/mm² (12 kg/cm²).

En cambio, que la norma ecuatoriana NTE INEN 654-652: 2000 de baldosas de gres cerámico para pisos, determina que las cerámicas y baldosas deberán tener como mínimo de 20 - 22 N/ mm² de manera individual, (204- 224 kg/cm²).

Tabla 11.-Resultados ensayo de compresión de muestras de dosificación tierra T2

DOSIFICACIÓN CON T2: ENSAYO DE COMPRESIÓN					
Muestra	Fecha de fabricación	Dimensiones	Carga de rotura (kg)	Días de secado	Fatiga de Rotura (kg/cm ²)
M1: Tierra + paja	12/1/2012	10.1 x 5 cm	855	28	10
M2: tierra + C. arroz + 5% goma	12/1/2012	10.1 x 4.5 cm	1120	28	13
M3: Tierra+ paja + 8 % C	12/1/2012	10.1 x 4.7 cm	1115	28	13
M4: Tierra + paja + 15% Cal	12/1/2012	10.1 x 4.3 cm	1320	28	14
M5: Tierra+ paja + 8%C+ 15%cal	12/1/2012	10.1 x 4.8 cm	2155	28	25

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

En la tabla 11, se puede verificar que la muestra M1: no llega a obtener la mínima resistencia a la rotura, mientras que las muestras M2,M3,M4 y M5 están dentro del rango de la norma peruana NTE E0.80. Ninguna de las muestras cumple con el mínimo aceptable por NTE INEN 654:2000.

Tabla 12.- Resultados ensayo de compresión de muestras de dosificación tierra T4

DOSIFICACIÓN CON T2: ENSAYO DE COMPRESIÓN					
Muestra	Fecha de fabricación	Dimensiones	Carga de rotura (kg)	Días de secado	Fatiga de Rotura (kg/cm ²)
M1: Tierra + paja	12/1/2012	10.1 x 5 cm	1120	28	13
M2: Tierra + paja + 5% C	12/1/2012	10.1 x 5.1 cm	1885	28	22
M3: Tierra+ paja + 15% Cal	12/1/2012	10.1 x 4.8 cm	1790	28	21
M4: Tierra + Cabuya + Csc. Nuez +5% C +15%Cal	12/1/2012	10.1 x 4.6 cm	2020	28	24
M5: Tierra+ C.arroz + 5% goma	12/1/2012	10.1 x 4.4 cm	935	28	11
M6: Tierra +Cabuya + Tocte +8% C +18%Cal	12/1/2012	10.1 x 5 cm	3900	28	46
M7: Tierra + paja + 20% Cal	12/1/2012	10.1 x 4 cm	3750	28	44
M8: Tierra+ C.arroz +paja+10%C	12/1/2012	10.1 x 4.9 cm	4440	28	52
M9:Tierra+ Paja +C.arroz+8%C+ 20%Cal	12/1/2012	10.1 x 4.8 cm	3645	28	43
M10: Tierra+ Cabuya + Aserrín	12/1/2012	10.1 x 4.7 cm	715	28	8

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

De los datos obtenidos, (ver tabla 12), tenemos que la mayoría de las muestras están dentro de los rangos de la normativa NTE E0.80 , excepto las muestras M5 y M10, que no llegan a cumplir.

Pero las dosificaciones que presentan mejor comportamiento son las muestras M6,M7,M8 y M9, por superar los limites de rotura de las cerámicas según la norma NTE INEN 654 - 652: 2000.

La dosificación mas optima ha ser utilizada es la M8 por llegar a tener una resistencia de 52 kg/cm². También la muestra M6 tiene una resistencia de 46 kg/cm².

2.6.2. Dosificación Final

Del análisis de resultados de las pruebas realizadas a las muestras de dosificaciones, ver tabla 13, se determina que las dosificaciones más óptimas para ser utilizadas en la elaboración de los pavimentos de tierra son:

· M8: Tierra+ C. Arroz + paja +10%C, con la tierra T4.ver tabla 11.

· M6: Tierra +Cabuya + Tocte +8% C +18%Cal

Con la dosificación de la muestra M8 se realizarán las demás muestras para los ensayos de determinación de absorción de agua, de humectación , de resistencia a agentes químicos y a las manchas.

Tabla 13.- Composición de la dosificación final a emplearse en la propuesta.

DOSIFICACIÓN FINAL								
MUESTRA	BARRO	FIBRA	CEMENTO	CAL	GOMA	SECADO	DIMENSIONES	FATIGA DE ROTURA (kg/cm ²)
M6	(1:2:3:1/2) 1 parte de tierra arcillosa,	½ : Cabuya C. Tocte	8%	18%	-----	4 días	10.1 x 5 cm	46
M8	2 partes de arena fina 3 partes de arena gruesa 1/2 de paja.	½ : paja C. arroz	10 %	-----	-----	4 días	10.1 x 4.9 cm	52

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

2.6.3. Ensayo determinación de absorción de agua

Existen dos métodos para impregnar de agua los poros abiertos de las probetas: por ebullición y al vacío.

· El método de la ebullición debe ser utilizado para la clasificación y la caracterización de las baldosas.

· El método del vacío debe emplearse para determinar la porosidad abierta, la densidad relativa aparente y la absorción de agua salvo, en este caso, a efectos de clasificación de las baldosas

NOTA: Los resultados obtenidos no deben exceder del 8% en masa. (NTE INEN 0660).

Las muestras para este ensayo deben tener dimensiones de 10 x 10 x 5 cm, en nuestro caso se realizaron de diámetro Ø 10 cm x 5cm de alto, se elaboraron 3 muestras con la dosificación M8.

● PROCESO: Ensayo Absorción de Agua



Diagrama 8.- Ensayo de absorción de agua.
Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

1 Con 3 muestras de pisos, de dimensiones de Ø 10.1cm x e: 5 cm de alto, a las cuales se las limpió y después se colocaron en el horno con temperatura de 110 °C durante 24 horas. Se dejó enfriar en temperatura ambiente para pesarlos y obtener el peso seco.

2 Para sumergirlos en agua se forraron con fundas plásticas con agujeros, se dejó sumergido en un recipiente con agua durante 24 horas, luego se pesaron, obteniendo el peso de saturación o húmedo.

3 Luego se aplicó la formula detallada en la norma NTE INEN 1576, para saber la diferencia de pesos y el porcentaje de absorción de las muestras.

$$\text{Absorción \%} = \frac{(P \text{ saturación} - P \text{ seco})}{P \text{ seco}} * 100$$

Tabla 14.- Resultados Ensayo de absorción de agua - Pisos de tierra

RESULTADOS ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA			
Nº Muestra	M1	M2	M3
Identificación	Piso de tierra 7 días	Piso de tierra 28 días	Piso de tierra 28 días
Peso Seco	640.30	641.60	692.40
Peso Saturado	778.40	741.60	762.50
% Absorción	21.57 %	15.59%	10.12%
% Absorción Promedio	12,85%		

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

● OBSERVACIÓN

De acuerdo con norma española UNE 41410:2008, determina que los bloques de tierra reforzados deben tener un porcentaje de absorción de un 10 a 14 %, en este rango si cumplen las muestras, ya que tienen un promedio de 12.85%, por lo cual si son aptas para utilizar en la fabricación de pisos.

Pero cabe recalcar que la norma NTE INEN de cerámicas y baldosas, determina que el porcentaje no debería exceder del 8% en masa.

2.6.4 Ensayo determinación de humectación

Se realiza de acuerdo a la norma española UNE 41410: 2008 de bloques de tierra comprimida, definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

Las muestras tienen dimensiones de diámetro $\varnothing 10$ cm x 5 cm de alto, se realizaron 2 muestras con la dosificación M8, de las cuales una sirve como referencia. Observar y verificar que no se den las siguientes condiciones, de lo contrario no cumple con la norma.

- Modelo de grietas aleatorio.
- Modelo de grietas en estrella.
- Hinchamiento local.
- Picado local en al menos 5 zonas.
- Pérdida general o local de capas de suelo.
- Penetración de agua en mas del 70% de la anchura del BTC (visualmente por el exterior).
- Pérdida de fragmentos mayores a 50 mm.
- Eflorescencias en la superficie.

• PROCESO: Ensayo de determinación de humedad.



Diagrama 9.- Ensayo de humectación.
Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

1 Se tomaron dos muestras de acuerdo a la norma; una como referencia. Se sumerge la segunda muestra en el recipiente lleno de agua durante 30 s y se deja secar en temperatura ambiente.

2 Repetir el proceso seis veces y comprobar que no se presenten las condiciones nombradas anteriormente en la norma, si éstas no se cumplen la muestra de piso es apto de lo contrario no se puede emplear.

Tabla 15.- Resultados Ensayo de determinación de humectación - Pisos de tierra

RESULTADOS ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE HUMECTACIÓN			
Nº	Tiempo de secado	Fotografías	Observaciones
Identificación	Piso de tierra Referencia	Piso de tierra Prueba	Recipiente metálico
1ra	3:30 hrs		No presenta ningún tipo de alteración.
2da	3 hrs		Presenta un desprendimiento en el extremo, inferior a 5mm.
3ra	3:15 hrs		No presenta ningún tipo de alteración.
4ta	3:30 hrs		No presenta ningún tipo de alteración.
5ta	3 hrs		Presenta desprendimiento en los bordes menores a 50 mm
6ta	3:30 hrs		Presenta un picado en la cara frontal.
Resultados :	A pesar de presentar algunas alteraciones en proceso, la muestra se conserva compacta y cumple con la normativa, por lo tanto se puede utilizar en la elaboración de los prototipos de contra-pisos.		

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

OBSERVACIÓN

Según la norma española UNE 41410:2008 especifica que un bloque de tierra reforzada no debe tener ninguna de las condiciones que se detallan en ésta, para tener una buena humectación.

De acuerdo al proceso realizado y mediante la examinación visual, y a pesar que la muestra se tiene algunas alteraciones minimas aceptables de acuerdo a la norma, se determina que si se puede utilizar para desarrollar el piso.

2.6.5. Ensayo determinación de resistencia a los agentes químicos

El ensayo se realizó según lo determinado en la norma NTE INEN 648:2000. Para este proceso se elaboraron 36 muestras de 5 x 5 x 5 cm, con el siguiente objetivo de aplicar tres tipos de soluciones como impermeabilizante del piso y saber cuál de estos responde mejor a los reactivos.

Según la norma se debe aplicar los siguientes reactivos:

- Agente químico
 - Sal para piscinas
 - Concentración Baja
 - Ácido cítrico 10g / 100ml
 - Concentración alta
 - Ácido Láctico 5g / 100ml

El examen es visual y debe contener todas la condiciones y parámetros que estipula la norma, (ver Tabla 14).



Imagen 28.- Muestras de dosificación M8 para ensayos de resistencia a los agentes químicos.
Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

PROCESO: Ensayo de resistencia a agentes químicos.



Tabla 16.- Resultados Ensayo de resistencia a los agentes químicos - Pisos de tierra

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS						
Solución Química	Sellante	N° M	Peso seco	Peso constante	Clasificación	Usos de Acuerdo la Norma
Sal para piscinas (Cloruro de amonio 50 g/100ml)	Aceite de linaza	M1	170.26 gr	148.45 gr	U-B	Revestimiento interior y exterior; piso de bajo riesgo como viviendas.
		M2	174.82 gr	152.60 gr	U-A	
	I. MK2	M1	172.86 gr	144.34 gr	U-A	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M2	163.68 gr	139.78 gr	U-A	
	Maxiclear Brillante	M1	172.78 gr	144.79 gr	U-A	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M2	171.97 gr	144.94 gr	U-A	
Ácido cítrico 10g/100ml	Aceite de linaza	M3	168.16 gr	147.60 gr	UL-C	Se recomienda no utilizar en ningún tipo de revestimiento.
		M4	157.50 gr	147.54 gr	UL-C	
	I. MK2	M3	169.19 gr	139.87 gr	UL-A	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M4	163.51 gr	132.72 gr	UL-A	
	Maxiclear Brillante	M3	165.54 gr	141.94 gr	UL-A	Revestimiento interior y exterior; piso de bajo riesgo como viviendas.
		M4	171.92 gr	138.94 gr	UL-B	
Ácido láctico 5g/100ml	Aceite de linaza	M5	168.66 gr	140.77 gr	UH-C	Se recomienda no utilizar en ningún tipo de revestimiento.
		M6	160.20 gr	147.77 gr	UH-C	
	I. MK2	M5	166.99 gr	139.62 gr	UH-A	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M6	163.05 gr	139.07 gr	UH-A	
	Maxiclear Brillante	M5	172.92 gr	141.63 gr	UH-A	Revestimiento interior y exterior; piso de bajo riesgo como viviendas.
		M6	165.63 gr	140.04 gr	UH-B	
Identificación:						
U	Pro. de limpieza domésticos	A	Si no ha sufrido cambios aparentes en la superficie			
UL	Ácidos de baja concentración	B	Efectos de la agresión son poco perceptibles			
UH	Ácidos de alta concentración	C	Existen consecuencias del ataque o pérdida total.			

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

Tabla 17.- Sellantes a utilizar en la elaboración de los prototipos - Pisos de tierra

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS				
Solución Química	Sellante	N° M	Clasificación	Usos de Acuerdo la Norma
Sal para piscinas (Cloruro de amonio 50 g/100ml)	I. MK2	M1	UA	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M2	UA	
	Maxiclear Brillante	M1	UA	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M2	UA	
Ácido cítrico 10g/100ml	I. MK2	M3	ULA	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M4	ULA	
	Maxiclear Brillante	M3	ULA	Revestimiento interior y exterior; piso de bajo riesgo como viviendas.
		M4	ULB	
Ácido láctico 5g/100ml	I. MK2	M5	UHA	Revestimiento interior y exterior; pisos de alto riesgo; hospitales, centros comerciales, droguerías.
		M6	UHA	
	Maxiclear Brillante	M5	UHA	Revestimiento interior y exterior; piso de bajo riesgo como viviendas.
		M6	UHB	
MK2	Primera opción: Sellante a ser utilizado por sus características y apariencia.			
Maxiclear	Segunda opción: Sellante a ser utilizado por sus características y apariencia.			

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

OBSERVACIÓN

Con las condiciones de la norma INEN NTE 648:2000, y de acuerdo a la Tabla 16, se determina que los sellantes a hacer utilizados en el prototipo:

- Mk2 reacciona de muy buena forma al aplicar las soluciones.

- Maxiclear tiene un comportamiento medio, con la primera solución (cloruro de amonio) respondió bien, con la segunda (ácido cítrico) y tercera (ácido láctico) tuvo una variación en las muestras.

- Aceite de linaza solo se puede utilizar en revestimientos de pisos para viviendas, no cumple de forma mínima los requisitos.

El sellante óptimo y que tiene los mejores resultados en el ensayo es el Mk2, (ver Tabla 17).

2.6.6. Ensayo determinación de resistencia a las manchas

El ensayo se realizó según lo determinado en la norma NTE INEN 2 198:2000, basada en la norma internacional ISO 10545-14:1995..

Las muestras tienen dimensiones de diámetro Ø 10 x 5 cm de alto, a éstas se le aplicarán solo un agente verde ya que no es necesario aplicar el agente rojo, porque todas las muestras son de color natural de la tierra.

Se elaboraron 12 muestras; 4 tienen el revestimiento con aceite de linaza, 4 con impermeabilizante MK2 y las 4 últimas con Maxilear Brillante, con la finalidad de demostrar cual de estos sellantes es el más óptimo.

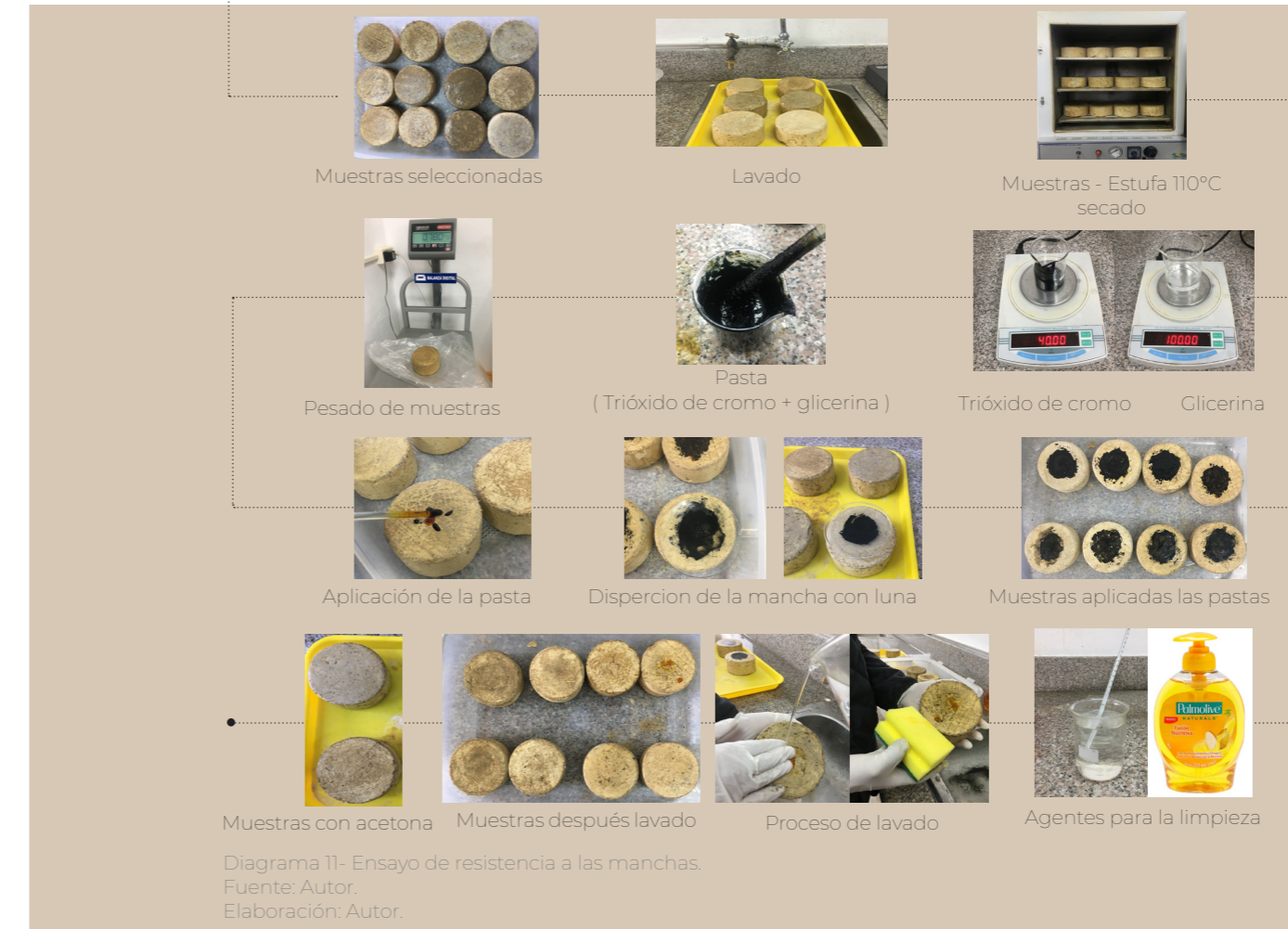
Según la norma se debe aplicar los siguientes reactivos:

- Trióxido de cromo
- Aceite de olivo
- Yodo



Imagen 29.- Muestras para ensayos de resistencia a las manchas
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

PROCESO: Ensayo de resistencia a las manchas.



- 1 Lavar las muestras en agua fría y secar con un trapo.
- 2 Aplicar el agente de mancha verde, de 3 a 4 gotas.
- 3 Adicionar 3 o 4 gotas de yodo o aceite de oliva.
- 4 Esparcir con una luna de reloj, dejar por 24 horas
- 5 Secar en la estufa a 110 °C, hasta tener una masa constante.
- 6 Limpiar y clasificar los resultados según el examen visual determinado por la norma.

Tabla 18.- Resultados ensayo de determinación de resistencia a las manchas - Pisos de tierra.

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LAS MANCHAS						
Solución Química	Sellante	Nº M	Peso seco	Peso constante	Clasificación	Observación
PASTA (Trióxido de cromo + Glicerina) + Yodo	Aceite de linaza	M1	750 gr	660 gr	4	Las manchas no salieron con agua caliente, se tuvo que fregar con jabón líquido.
		M2	745 gr	670gr	4	
	I. MK2	M1	755 gr	680 gr	5	Se eliminaron las manchas de forma simple con agua caliente.
		M2	725 gr	610 gr	5	
	Maxiclear Brillante	M1	760 gr	680 gr	5	Las manchas salieron de forma rápida con los agentes débiles.
		M2	740 gr	600 gr	4	
PASTA (Trióxido de cromo + Glicerina) + Aceite de olivo	Aceite de linaza	M3	750 gr	660 gr	4	Las manchas salieron de forma rápida con los agentes débiles.
		M4	750 gr	660 gr	5	
	I. MK2	M3	730 gr	610 gr	5	Se eliminaron las manchas de forma simple con agua caliente.
		M4	735 gr	620 gr	5	
	Maxiclear Brillante	M3	760 gr	680 gr	2	Para eliminar las manchas se aplico un solvente apropiado, en este caso acetona pura..
		M4	755 gr	680 gr	2	
Identificación:						
5	Agua caliente		2		Solvente apropiado: Acetona	
4	Agente débil : Jabón líquido		1		Otro solvente.	
3	Agente fuerte: Sosa cáustica					

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

Tabla 19.- Sellantes a ser empleados - Pisos de tierra.

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LAS MANCHAS		
Solución Química	Sellante	Observación
PASTA (Trióxido de cromo + Glicerina) + Yodo	Aceite de linaza	Se obtuvieron buenos resultados, se elimina solo con agua caliente o jabón líquido.
	I. MK2	Es el impermeabilizante que presenta mejores resultados, se utilizará en la propuesta de prototipos..
	Maxiclear Brillante	Tiene buena reacción con la pasta, pero las machas de yodo no se eliminan.
PASTA (Trióxido de cromo + Glicerina) + Aceite de olivo	Aceite de linaza	Se obtuvieron buenos resultados, se elimina solo con agua caliente o jabón líquido.
	I. MK2	Es el impermeabilizante que presenta mejores resultados, se utilizará en la propuesta de prototipos..
	Maxiclear Brillante	Tiene buena reacción con la pasta, pero las machas de yodo no se eliminan.

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

OBSERVACIÓN

Con las condiciones de la norma INEN NTE 198:2000, y de acuerdo a la Tabla 18, se determina que los sellantes a hacer utilizados en el prototipo :

- Mk2 reacciona de muy buena forma al aplicar las soluciones y la limpieza es muy simple.

- Maxiclear tiene un comportamiento medio, con la primera solución respondió bien, con la segunda se quedan impregnadas las manchas de yodo.

- Aceite de linaza se remueve fácilmente las manchas, pero se desgasta la superficie del piso.

El sellante óptimo y que da los mejores resultados en el ensayo es el Mk2, (ver Tabla 19).

CAPÍTULO III:

PROPUESTA: RESULTADOS - ELABORACIÓN DE PROTOTIPO

RESULTADOS - DISCUSION - CONSTRUCCION DE PROTOTIPOS

— Construir un prototipo de piso de tierra, de acuerdo a los resultados de los ensayos de laboratorio, realizar un análisis de precios unitarios.





3.1 RESULTADOS

• Resistencia al modulo de rotura, compresión.

Las muestras de dosificaciones para los pavimentos en tierra cruda estabilizados con cemento y fibras naturales, obtuvieron resistencia aceptable a la compresión. De acuerdo a la norma española UNE-EN 41410-2008 no estipula un mínimo aceptable para la resistencia a la compresión de bloques, por ello, se toma en cuenta el módulo de rotura admisible para adobes simples o estabilizados según en la norma peruana E.080:2017, que determina que la resistencia mínima debe ser superior a 1.17 MPa (12 kg/cm²). Mientras que la norma NTE INEN 652:2000 especifica que las cerámicas o baldosas deben tener un promedio de 22 MPa y mínimo individual de 20 -22 MPa (200 – 220 kg/ cm²).

La resistencia promedio conseguida al ensayar las muestras ha sido 2.4 MPa (24.47

kg/cm²). La desviación estándar obtenida al realizar dicho ensayo es de 1.23 MPa según la norma E0.80. Mientras que la norma NTE INEN 625:2000 se tiene una desviación de -19.6 MPa.

Es necesario puntualizar que la norma ecuatoriana de la construcción NEC para el caso de sistemas constructivos en tierra recomienda la revisión de la norma peruana E 0.80.

Al agregar a la dosificación cemento y cal como estabilizantes existe una mejora en la resistencia a la compresión. Al agregar el 5 % de cemento mejora la resistencia un 20%, obteniendo valores de 2.2 MPa (22.4 kg/cm²), si se adhiere el 15 % de cal se tiene una mejora de 18 %, teniendo resultados de 2.1 MPa (21.4kg/cm²). La dosificación M6 a la cual se le agregó 8% de cemento más el 18% de cal se obtuvo una mejora del 40%,4.6 MPa (46.9 kg/cm²).

La dosificación que mostró mejor resultado corresponde a la M8, se adicionaron un 10% de cemento, más ½ volumen de cascarilla de arroz; que obtuvo un incremento de 46%, 5.09 MPa (52 kg/cm²). Cumpliendo con lo establecido en la norma peruana E0.80.

• Absorción de agua.

El ensayo ha permitido determinar que el porcentaje promedio de absorción las muestras de pisos de tierra a los 7 días es de 22%, mientras que a los 28 días es 13 %, cumplen con los estándares establecidos con la norma española 41410:2008.

Según Minke (2008), esto se debe a la cantidad de poros generados en la mezcla de tierra con fibras vegetales, por ello se recomienda el uso de un sellante o impermeabilizante ya que es un piso y debe estar protegido del agua y agentes similares.

• Humectación

Los ensayos de humectación dieron como resultado que las muestras cumplen con los parámetros de la normativa española, en las etapas de sumergimiento 1 – 4 no se

presentaron alteraciones, mientras que en las dos últimas etapas de sumergimientos 5-6 se presentaron desprendimientos en los bordes de dimensiones menores a 5mm, por ello se concluye que se debe aplicar un impermeabilizante para evitar este tipo de alteraciones.

• Resistencia a agentes químicos

Según la norma INEN NTE 648:2000, la muestra que contiene el revestimiento de aceite de linaza no responde bien al aplicar las 3 soluciones, mientras que las muestras con Maxiclear responde de manera adecuada con los parámetros establecidos en la norma, y las muestras con MK2, son las que tiene mejores resultados, estas últimas son tomadas como base para aplicar estos impermeabilizantes en los prototipos.

• Resistencia a las manchas

De acuerdo a la norma INEN NTE 198:2000, las muestra que obtuvieron los mejores resultados son las que tienen como impermeabilizacion el sellante Mk2, mientras que las muestras con aceite de linaza se limpian de forma rápida, y sufren alteraciones en las superficies.

Las muestras con maxiclear son las que más tiempo y procesos se realizaron para poder remover las manchas, se desprendieron de las superficies, por ello este impermeabilizante no es optimo para los pisos propuestos.

Tabla 20.- Resultados finales de ensayos - Pisos de tierra

RESULTADOS FINAL DE ENSAYOS REALIZADOS A LOS PISOS DE TIERRA					
Muestra	Resistencia a la rotura	% Absorción	humectación	Resistencia agentes químicos	Resistencia a las manchas
M8	52 kg/cm ²	13	Cumple	UH-A / UL-A	5 (Mk2)

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

OBSERVACIÓN

Los ensayos de módulo de rotura y de absorción de agua fueron realizados en el laboratorio de suelos R & R en la ciudad de Cuenca.

Mientras que los ensayos de humectación, resistencia a los agentes químicos y manchas se desarrollaron en el Laboratorio químico de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y construcción de la Universidad Católica de Cuenca.

3. 2. DISCUSIÓN

La falta de normativas en la elaboración de estos pavimentos nos llevó a adaptar normativas de cerámicas y baldosas de la norma ecuatoriana, la norma de Perú y España de construcción con tierra reforzada.

Los ensayos de humectación no se pudieron comparar con la norma especificada porque no tiene valores, ya que se trata de un examen visual.

Con el análisis de todos los resultados se determinó que esta alternativa de construcción es apta para utilizarse en la auto construcción de viviendas o de acabado en edificaciones a nivel de rasante donde existe un tránsito medio de personas, según la norma ecuatoriana de la construcción.

3. 2 . ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS

PARÁMETROS DE ELABORACIÓN

Se determina y detalla todos los elementos a ser utilizados en la fabricación de los prototipos.

- Tierra : OMvs (>1500m) color tomate.
- Arena fina de la zona austral.
- Dosificación (1:2:3:1/2): 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 1/2 de paja y cascarilla de arroz.
- Estabilizante: 10 -8% de Portland Puzolanico Tipo IP.
- Sellantes: Mk2 y Maxiclear.

Se desarrollaron 5 prototipos de 30x 30 x 5 cm, con diferentes acabados como muestras de pavimentos.

- A1: Pulido con liana + Lija + Mk2.
- A2: Pulido con liana + Lija + Maxiclear.
- A3: Csc. Arroz + Pulido con liana + Mk2.
- A4: Pulido con liana + Brocha + Mk2.
- A5 Arcilla + pulido con liana + Mk2.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS

- 1 Preparar el barro con la dosificación 1:2:3:1/2, adisionando cemento al 10%.



TIERRA + ARENA



TIERRA + AREANA + PAJA



TIERRA + AREANA + PAJA + CSC. ARROZ



TIERRA + AREANA + PAJA CSC. ARROZ + CEMENTO

- 2 Humedecer el molde y colocar la mezcla en el, dar de 5 a 7 golpes por lado y pulir con bailejo.



MOLDE HUMEDECIDO



COLOCACIÓN DE LA MEZCLA EN EL MOLDE



GOLPETEO EN EL MOLDE



PULIDO CON BAILEJO LA MEZCLA.

Diagrama 12- Proceso de elaboración de prototipos. Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE PROTOTIPOS

3 Dejar secar los prototipos durante una hora en temperatura ambiente.



PROTOTIPOS DE PISOS CON SU ACABADO EN 50 %.

4 Acabado final de los prototipos.



ACABADO CON LIANA



ACABADO CON BROCHA



ACABADO CON LIANA Y BROCHA



ACABADO CON LIANA

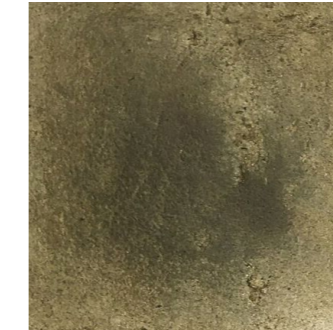
5 Lijado e impermeabilización con mk2



Diagrama 13- Proceso de elaboración de prototipos - Acabados
Fuente: Autor. Elaboración: Autor.



Imagen 30.- Acabados finas a prototipos realizados.
Fuente: Autor.



PROTOTIPO :A1

El prototipo se realizaron un resaltado con liana, después se pulió con lija N°60 y se impermeabilizó con Mk2, obteniendo buenos resultados.



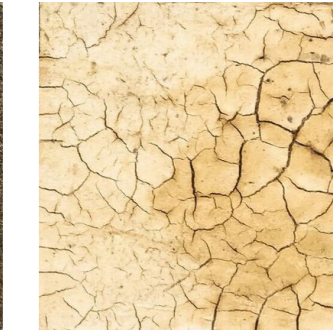
PROTOTIPO :A2

El prototipo se realizaron un resaltado con bailejo, después se pulió con lija N°280 y se impermeabilizó con Maxiclear, generando un acabado liso.



PROTOTIPO :A3

El terminado del prototipo se realizó con cascarilla de arroz y cola blanca e impermeabilizo con Mk2, obteniendo un buen producto, estético y de calidad.



PROTOTIPO :A4

Se realizó con brocha N! 4 y pega banca. se pusieron dos capas de pegamento, se impermeabilizo con MK2., presentó fisuras a los 4 días, por la falta de fibra.

PROTOTIPO :A5

Este prototipo se realizó el acabado con arcilla, a los tres días se presentaron fisuras, al cual se le impermeabilizó con resina de poliester.

3.4. Analisis de precios unitarios

Para determinar el costo de elaboración de estos pisos se realiza un análisis de los precios de los materiales; tierra, arena, estabilizantes, sellantes, fibras y cascarillas naturales, (ver tabla 21), se realizó un análisis de precios unitarios.

Este proceso se realiza con el fin de tener un presupuesto del costo de elaboración del metro cuadrado de estos pavimentos, y compararlos con los pisos utilizados en la actualidad, (ver tabla 22).



Imagen 30.- Materiales: Paja y cascarilla.
Fuente: Autor.
Elaboración: Autor.

Tabla 21.- Lista de precios de materiales para la elaboración de los pavimentos

LISTA DE PRECIOS DE LOS MATERIALES			
Material	Cantidad	Distribuidor	Precio \$
Fibras			
Cabuya	Atado	Plaza Rotari	1.00
Paja	Atado	Plaza Rotari	1.00
Aserrin	1 Saco	Diseño&Decoracion muebleria	1.50
Cascarillas			
Arroz	1 Saco	Feria libre	1.30
Nuez	5 kg	Feria libre	6.50
Tocte	5 kg	Feria libre	2.50
Estabilizantes			
Cemento Guapan	1 Saco	Ferretería continental	7.50
Cal	1 Saco	Ferretería continental	4.50
Sellantes			
MK2	1 ltr	Vasquez&Brito	7.68
Maxiclear brillante	1 ltr	Vasquez&Brito	9.10
Aceite de linaza	1 ltr	Vasquez&Brito	3.50
Otros			
Arena	2 sacos	Disensa	2.50
Tierra	4 sacos		5.00

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

En la tabla 22, se muestra los precios de pisos ya determinados por la cámara de la construcción del Ecuador, además del presupuesto de nuestro piso en m².

El análisis del precio unitario del piso de tierra se muestra en el anexo D. En comparación en precios tenemos que el piso propuesto está superior al de la cerámica, pero este costo

se reduce cuando el pavimento de tierra se realiza mediante la auto construcción, siendo accesible para la población con interés en viviendas sociales.

Tabla 22.- Referencia de precios establecidos por la cámara de la construcción 2017

LISTA DE PRECIOS REFERENCIALES CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN 2018								
Pisos	Unidad	Equipo	M.Obra	Materiales	C. Directos	Indirectos	22%	P.U total \$
Piso de cerámica	m ²	0,00	5,97	12,70	18,67	4,11		22,78
Piso de alfombra	m ²	0,00	2,61	27,00	29,61	6,51		36,12
Piso de parquet	m ²	0,00	31,48	24,24	55,72	12,26		67,98
Piso de duelas	m ²	0,00	14,65	26,43	41,08	9,04		50,12
Piso de piedra	m ²	0,00	8,69	6,11	14,80	3,26		18,06
Pavimento int. E: 0.08 m	m ²	0,78	3,88	7,00	11,66	2,57		14,23
Pavimento ext. E:0.08 m	m ²	0,78	3,88	7,00	11,66	2,57		14,23
Contrapiso de H.S 8 cm.	m ²	0,78	2,92	7,00	10,70	2,35		13,05
Piso cemento alisado	m ²	0,78	4,28	5,74	10,80	2,38		13,18
PRECIO DEL METRO CUADRADO DE LA PROPUESTA								
Piso de tierra (suelo cemento) Prototipo A3-A4	m ²	0,80	6,37	14,05	21,22	4,24		25,46
Piso de tierra Prototipo A2 : Auto-construcción	m ²	0,80	3,55	14,05	16,65	0,00		16,65

Fuente: Autor. Elaboración: Autor.

Nota:

El presupuesto corresponde a la colocación de un piso de tierra sin considerar la estructura, debido a que depende de la resistencia del suelo del lugar en el cual se va a aplicar.

PROTOTIPO :A2

El prototipo :A2 posee características y ventajas que hacen de este una solución rápida y favorable. Puede ser instalado sobre superficies como: hormigón, madera, piedra o cualquier superficie plana y firme.

● Características:

- Terminado : Pulido - liso.
- Color: Gris similar al hormigón.
- Resistencia : 48 kg/cm².
- R. a las manchas: 5 Mk2
- R. agentes químicos: UH-A / UL-A
- % Absorción: 13%
- Costo m²: \$ 16.65

● Principales aplicaciones

Recubrimiento de suelo interior cubierto de viviendas.

● Ventajas

- Fácil instalación.
- No pierde el brillo por la exposición al sol.
- Se ofrece instalación.

● Elaboración

Con la dosificación del barro: **(1:2:3:1/2)** 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa y 1/2 de paja con 10% de cemento.

El proceso de mezclado se realiza en un tiempo de 20 a 30 minutos, despues se deja reposar durante 10 minutos y se vierte en lugar definido.

● Recomendaciones

Se puede trabajar con herramientas eléctricas o manuales.



Imagen 31. - Prototipo A2.
Fuente: Autor
Edición: Autor

PROTOTIPO :A3-A4

Los prototipos :A3-A4 poseen características y ventajas que hacen de este una solución favorable con buenos terminados (textura y color). Pueden ser instalado sobre superficies como: hormigón, madera, piedra o cualquier superficie plana y firme.

El piso de tierra es para tránsito doméstico liviano y medio, cumpliendo con normas INEN.

Características:

- Terminado :granulado -escobillado.
- Color: beige o café oscuro.
- Resistencia : 52 kg/cm².
- R. a las manchas: 5 Mk2
- R. agentes químicos: UH-A / UL-A
- % Absorción: 13%
- Costo m²: \$ 25.46.

Principales aplicaciones

Recubrimiento de suelo interior - exterior cubierto de viviendas.

Ventajas

- Fácil instalación.
- No pierde el brillo por la exposición al sol.
- Impermeable y antideslizante.

Elaboración

Con la dosificación del barro: **(1:2:3:1/2)** 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa, 1/2 de paja y 1/2 de cascarilla de arroz con 10% de cemento.

El proceso de mezclado se realiza en un tiempo de 20 a 30 minutos, despues se deja reposar durante 10 minutos y se vierte en lugar definido.

Recomendaciones

Se puede trabajar con herramientas eléctricas o manuales.



Imagen 32. - Prototipo A3-A4
Fuente: Autor
Edición: Autor

CONCLUSIONES RECOMENDACIONES

VI.- CONCLUSIÓN

- La tierra como material de construcción es desvalorizado, vinculado con la arquitectura tradicional y la auto construcción en los sectores rurales de la ciudad. Las técnicas y sistemas constructivos tradicionales se están perdiendo con el tiempo, han sufrido un claro rechazo en la actualidad por la aparición de nuevos materiales, tecnologías y sistemas constructivos, buscando nuevos avances que permitan una construcción más económica y sencilla, sin dejar de lado la seguridad y el confort.

- En la actualidad se carece de normativas para la construcción de pavimentos en tierra a nivel mundial, por ello se hace referencia a diferentes normas para la elaboración de la propuesta en este caso se tomaron como referencia la normativa de cerámicas y baldosas de Ecuador, norma de construcción reforzada de Perú y España; y otros parámetros técnicos que nos ayudaron a mejorar las características de los pisos de tierra.

- Las pruebas de laboratorio se realizaron a las muestras de tierra adquiridas de diferentes lugares, posteriormente se aplicaron pruebas mecánicas y químicas a los prototipos para determinar cual presenta resultados mas opimos, para determinar las propiedades de cada una de las dosificaciones, sellantes y estabilizantes.

- La dosificación no está establecida para este tipo de elementos

constructivos, ya que depende de la calidad de la tierra, por ello en los casos de análisis se toma como base la dosificación de la vivienda Nina Huasi en donde de forma empírica se obtuvo una mezcla idónea resistente a la compresión y la abrasión; dosificación del barro: (1:2:3:1/2) 1 parte de tierra arcillosa, 2 partes de arena fina, 3 partes de arena gruesa y 1/2 de paja, por estar en el mismo entorno y tener las mismas características de los materiales.

- La tierra con grandes porcentajes de arcilla es muy utilizada por sus características técnicas: plasticidad y trabajabilidad, en nuestro medio, para la fabricación de ladrillos, adobes, por lo es factible la fabricación de los pisos de tierra.

- Se obtuvieron mejores resistencias a la compresión, superando a la de los ladrillos (50 kg/cm²), con el uso de estabilizantes, fibra y carillas naturales (52 kg/cm²), que da como conclusión que esta dosificación es aplicable a elementos constructivos en viviendas uni-familiares.

- Las propiedades ambientales del proceso de elaboración de los prototipos de tierra cruda, tiene muchas ventajas a comparación de otros, debido a que reduce la contaminación producida por extracción, fabricación y transporte de materiales.

VII.- RECOMENDACIONES

- En la elaboración y experimentación con las muestras de dosificación, se pudo evidenciar que al utilizar mucha arena, disminuye la resistencia a la rotura, por la generación de vacíos. Mientras que al tamizar los materiales por la malla de 3/8 de pulg, se mejora la resistencia a la rotura y se tienen mejores resultados en acabados.

-Los ensayos a compresión se realizaron solo a los 28 días de secado, donde las muestra alcanzaron su estado seco en totalidad, el 40 % de ellas fracasaron.

- De acuerdo con la norma ASTM de morteros, la mínima resistencia está en 24,47 kg/cm² y la máxima en 175,26 kg/cm², con esto, la resistencia mayor de la propuesta es de 52 kg/cm², siendo aptos para ser utilizados como morteros o elementos de mampostería, ya que tienen mejor resistencia que los bloques de pómez y ladrillos, según la norma ecuatoriana de la construcción.

- Para el acabado final se analizaron tres impermeabilizantes: MK2, Maicear y aceite de linaza, este último natural, se realizaron pruebas químicas con las cuales se determinó que se utilizara el impermeabilizante MK2 por sus buenos resultados, ya que

garantiza una mayor durabilidad y mejor resistencia a las manchas.

- Con el análisis de precios unitarios, se observa que el precio del metro cuadrado de la propuesta de \$ 25.46 es similar al de la cerámica de \$ 22.78, superior al de pavimentos e inferior a los de madera. Además de que cuando se utiliza el material del mismo lugar y se autoconstruye el precio minorará en \$ 9.00, ya que no se tienen costos indirectos en la elaboración.

- El tiempo de elaboración e instalación de un 1 m² es de 5 horas, se necesita de dos 2 personas y 3 horas el pulido o terminado del piso. La cantidad de agua utilizada es de 2 litros a comparación de la cerámica que es de 1.30 litros.

- Con la elaboración de esta propuesta se determinaron tres características fundamentales:

- Rescate de técnicas tradicionales: en tierra cruda.
- Disminución de la huella ecológica: en la extracción y procesamiento de la materia prima.
- Auto Construcción: alternativa constructiva con algunos parámetros técnicos que ayudaran a tener control de proceso de elaboración.

- La tierra por sus propiedades de confort, resistencia, durabilidad es un buen material, además de su abundancia, es necesario analizar todos sus beneficios.

- La estructura del subsuelo obedece al estudio y diseño para la capacidad portante del material, por lo tanto, se genera una nueva línea de investigación.

- Enfatizar estudios sobre las reacciones y comportamiento de las fibras y cascarillas naturales en la aplicación de elementos constructivos con tierra reforzada.

- Investigar más a fondo sobre los acabados que se pueden realizar en estos pavimentos, estudiar los proyectos realizados en los últimos años por los arquitectos Ray y Thomson, Valeria Bustos, Mauricio Rocha.

- Plantear propuestas innovadoras de construcción con pisos de tierra en proyectos de interés social o emergentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Ceballos, S. (2009). LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA EN ECUADOR. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS. Revista INVI, p. 7
- Espinoza, F., Maldonado, A., & Mejía, P. (2015). CARACTERIZACIÓN CONSTRUCTIVA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL BAHAREQUE: FIBRAS, AMARRES Y ATADURAS COMO REPRESENTACIÓN CULTURAL DEL AZUAY. SIACOT, p. 9.
- Gatti, F. (2012). ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN EN TIERRA Estudio comparativo de las técnicas contemporánea en tierra. Universidad de Catalunya.
- Minke, G. (2008). Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectural actual (Fin de Sig). Editorial Fin del Siglo. Retrieved from <https://es.scribd.com/doc/41593437/Manual-de-Construccion-en-Tierra-Gernot-Minke>
- Pino, V., & Estramil, V. (2014). Arquitectura con tierra bioconstruccion en cooperativas de vivienda por ayuda mutua, p. 75.

- Reay, S., & Thomson, J. (2014). Earthen Floors: A Modern Approach to an Ancient Practice. (Miri Stebi). Canada: New Society Publishers.
- Rodas, T., & Jara, D. (2017). Uso del patrimonio como recurso de desarrollo. experiencias en latinoamérica y el caso cuenca, ecuador. SIACOT, p. 13.
- Rotondaro, R. (2007). Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. Revista Javeriana, p. 13. Retrieved from <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/viewFile/8989/7287>
- Tamayo, N. (2012). Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliestier reforzados con fibra de cabuya mediante estratificación.
- INECYC, (2007). Bases de suelo cemento bases de agregados estabilizadas con cemento. Instituto ecuatoriano del cemento y el concreto. http://www.inecyc.org.ec/documentos/libros_revistas/LIBROS/BASES%20DE%20SUELO%20CEMENTO.%20INECYC/indice%20bases2.pdf

- NTE INEN 652:2000 Baldosas cerámicas determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura.
- NTE INEN 651:2000 Baldosas cerámicas, determinación de la absorción de agua, porosidad, aparente, densidad relativa aparente y densidad total.
- NTE INEN 648:99 Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a los agentes químicos.
- Norma NTE INEN 2 198:2000 Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a las manchas.
- Norma peruana NE0.80. Diseño y construcción con tierra reforzada.
- Norma UNE 41410:2008 Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
- Norma NTE INEN 0660: Baldosas de hormigón. Requisitos

ANEXOS

ANEXO A
ENSAYOS DE LABORATORIO TIERRA

ANEXO B
FICHAS DE LAS MUESTRAS DE TIERRA

ANEXO C
ENSAYOS DE LABORATORIO PISOS DE TIERRA

ANEXO D
FOTOGRAFÍAS DE PROCESOS DE ELABORACION

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO DE TIERRA

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROYECTO:	PISOS DE TIERRA
SOLICITADO POR:	SR. CARLOS TAPIA V.
UBICACIÓN:	CUENCA
MUESTRA:	SITIO (EL PROGRESO)
FECHA:	DICIEMBRE 12 DEL 2017

CONTENIDO DE AGUAS	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	VALOR MEDIO
NORMAS:	114.11	103.07	50.25	20.90	
ASTM D-2216	114.49	102.60	45.75	20.91	20.91

ANALISIS GRANULOMETRICO NORMAS: ASTM D-422, AASHTO T-88

FRACCION GRUESA	
PESO INICIAL:	1.000.00
PESO FINAL:	1.000.00
ERROR:	0.00%

TAMIZ No.	PESO RET ACUMULADO	% PASA
2"	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	100.00
1"	0.00	100.00
3/4"	0.00	100.00
3/8"	0.00	100.00
No. 4	0.00	100.00
PASA No 4	1.000.00	

FRACCION FINA	
PESO INIC HUM.:	500
PESO INIC SECO:	413.54

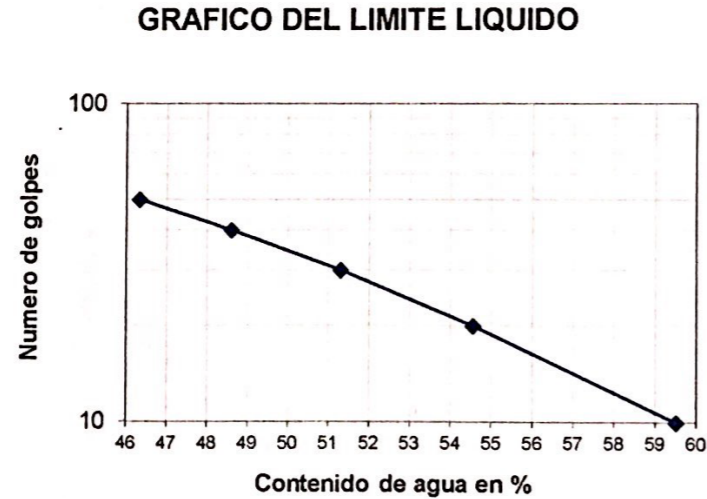
TAMIZ No.	PESO RET ACUMULADO	% PASA
No. 4		100.00
No.10	0.00	100.00
No.40	47.10	88.61
No.200	94.60	77.12
PASA 200	318.94	

RESULTADOS FINALES:			
LL=	53.68	GRAVA=	0.00
LP=	32.78	ARENA=	22.88
IP=	20.90	FINOS=	77.12
		SUCS=	MH
		AASHTO=	A-7-5
		IG=	15

Ing. Ivan Riquetti V.
[Signature]

LIMITE LIQUIDO	NUMERO GOLPES	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA
	10	67.81	59.49	45.51	59.51
	20	64.95	58.13	45.63	54.56
NORMAS:	30	67.01	59.96	46.22	51.31
ASTM D-423	40	62.59	57.50	47.03	48.62
AASHTO T-89	50	63.44	57.89	45.91	46.33
			LIMITE LIQUIDO		53.68

LIMITE PLASTICO	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	LIMITE PLASTICO
	11.22	10.20	7.15	33.44	
NORMAS:	11.29	10.26	7.11	32.70	
ASTM D-424	11.25	10.25	7.16	32.36	
AASHTO T-90	11.31	10.27	7.08	32.60	32.78



LABORATORIO DE SUELOS
Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Ivan Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University



LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Ivan Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca

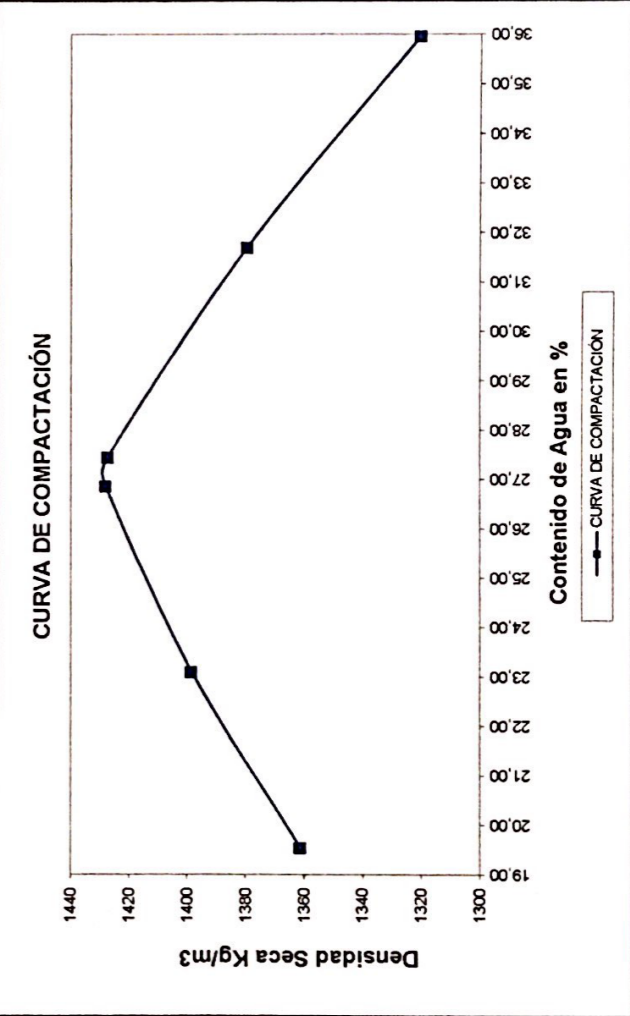
ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

PROYECTO:	PISOS DE TIERRA
SOLICITADO POR:	SR. CARLOS TAPIA V.
UBICACIÓN:	CUENCA
MUESTRA:	SITIO (EL PROGRESO)
FECHA:	DICIEMBRE 12 DEL 2017

NORMA DE ENSAYO:	T-99-C
GOLPES POR CAPA:	25
No. DE CAPAS:	3.00
PESO MARTILLO:	2.49 Kg
ALTURA DE CAIDA:	30.5 cm
MOLDE ESTANDAR:	
DIAMETRO:	10.11
VOLUMEN:	933
PESO:	4225

DATOS PARA LA CURVA:					
PUNTO No.:	1	2	3	4	5
Peso suelo compactado:	5.743	5.831	5.922	5.920	5.900
Peso suelo:	1.518	1.606	1.697	1.695	1.675
Densidad Humeda:	1.627	1.722	1.819	1.817	1.796
CONTENIDOS DE HUMEDAD					
W humedo:	120.51	120.48	117.59	117.91	122.83
W seco:	108.56	108.21	104.32	104.31	107.28
W capsula:	47.30	45.53	46.67	45.65	51.17
w (%):	19.51	19.58	23.02	23.18	27.41
w (% promedio):	19.54	23.10	27.45	31.70	35.97
Densidad Seca	1.361	1.399	1.427	1.380	1.321

RESULTADOS:	DENSIDAD SECA MAX. = 1428	% CONT. DE AGUA OPT. = 26.87
--------------------	---------------------------	------------------------------



Ing. Ivan Riquetti V.
[Signature]

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO DE TIERRA

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROYECTO:	PISOS DE TIERRA
SOLICITADO POR:	SR. CARLOS TAPIA V.
UBICACION:	CUENCA
MUESTRA:	SITIO (SUSUDEL)
FECHA:	DICIEMBRE 12 DEL 2017

CONTENIDO DE AGUAS	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	VALOR MEDIO
NORMAS:	116.78	106.36	45.63	17.16	
ASTM D-2216	116.45	106.18	46.10	17.09	17.13

ANALISIS GRANULOMETRICO NORMAS: ASTM D-422, AASHTO T-88

FRACCION GRUESA		
PESO INICIAL:	1 000.00	
PESO FINAL:	1 000.00	
ERROR:	0.00%	
TAMIZ No	PESO RET ACUMULADO	% PASA
2"	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	100.00
1"	0.00	100.00
3/4"	0.00	100.00
3/8"	0.00	100.00
No 4	0.00	100.00
PASA No 4	1 000.00	

FRACCION FINA		
PESO INIC HUM	500	
PESO INIC SECO	426.89	
TAMIZ No	PESO RET ACUMULADO	% PASA
No 4		100.00
No 10	0.00	100.00
No 40	16.40	96.16
No 200	54.10	87.33
PASA 200	372.79	

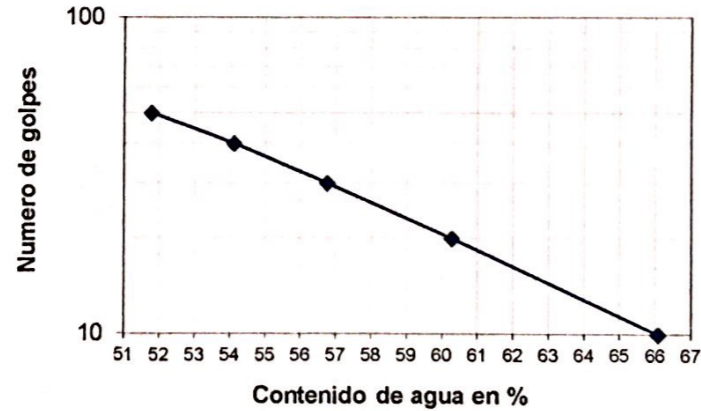
RESULTADOS FINALES:				
LL=	59.54	GRAVA=	0.00	SUCS= MH
LP=	35.28	ARENA=	12.67	AASHTO= A-7-5
IP=	24.26	FINOS=	87.33	IG= 18

Ing. Ivan Riquetti V.
[Signature]

LIMITE LIQUIDO	NUMERO GOLPES	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA
NORMAS: ASTM D-423 AASHTO T-89	10	65.48	57.92	46.48	66.08
	20	68.61	60.28	46.46	60.27
	30	66.86	59.09	45.40	56.76
	40	64.76	58.31	46.39	54.11
	50	65.33	58.48	45.25	51.78
LIMITE LIQUIDO					59.54

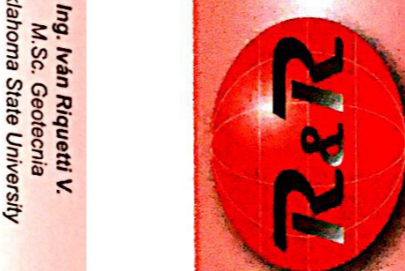
LIMITE PLASTICO	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	LIMITE PLASTICO
NORMAS: ASTM D-424 AASHTO T-90	11.46	10.31	7.05	35.28	
	11.52	10.37	7.11	35.28	
	11.55	10.40	7.15	35.38	
	11.48	10.33	7.06	35.17	35.28

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



LABORATORIO DE SUELOS
Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca



LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Ivan Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

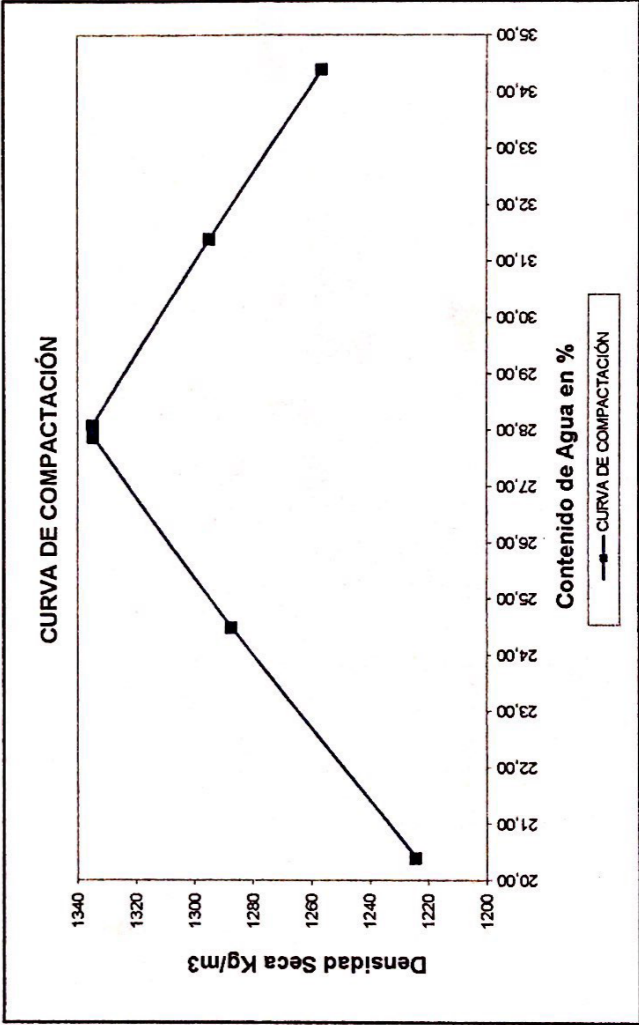
PROYECTO: PISOS DE TIERRA
SOLICITADO POR: SR. CARLOS TAPIA V.
UBICACION: CUENCA
MUESTRA: SITIO (SUSUDEL)
FECHA: DICIEMBRE 12 DEL 2017

NORMA DE ENSAYO: T-99-C
GOLPES POR CAPA: 25
No. DE CAPAS: 3.00
PESO MARTILLO: 2.49 Kg.
ALTURA DE CAIDA: 30.5 cm

MOLDE ESTANDAR.
DIAMETRO: 10.11
VOLUMEN: 933
PESO: 4225

DATOS PARA LA CURVA:		CONTENIDOS DE HUMEDAD	
PUNTO No.:	1 2 3 4 5		
Peso suelo compactado:	5.600 5.720 5.817 5.812 5.800		
Peso suelo:	1.375 1.465 1.587 1.587 1.575		
Densidad Humeda:	1.474 1.603 1.707 1.701 1.688		
W. humedo:	120.65 121.09 121.46 115.28 114.53 114.24 115.69 115.78		
W. seco:	108.00 107.87 106.55 106.59 101.02 100.61 98.31 97.89		
W. capsula:	46.14 45.51 47.25 45.80 49.89 46.64 46.70 46.55 46.20 46.20		
w (%):	20.45 20.35 24.52 24.46 27.89 27.87 31.43 31.36 34.45 34.35		
w (% promedio):	20.40 24.49 27.88 31.39 34.40		
Densidad Seca:	1.224 1.287 1.335 1.295 1.256		

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MAX. = 1335 % CONT. DE AGUA OPT. = 28.09



Ing. Ivan Riquetti V.
[Signature]

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO DE TIERRA

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROYECTO: PISOS DE TIERRA
 SOLICITADO POR: SR. CARLOS TAPIA V.
 UBICACIÓN: CUENCA
 MUESTRA: SITIO (TURI)
 FECHA: DICIEMBRE 12 DEL 2017

CONTENIDO DE AGUAS	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	VALOR MEDIO
NORMAS:	102.39	88.10	45.51	33.55	
ASTM D-2216	102.06	87.88	46.39	34.18	33.86

ANALISIS GRANULOMETRICO NORMAS: ASTM D-422, AASHTO T-88

FRACCION GRUESA

PESO INICIAL:	1 000.00
PESO FINAL:	1 000.00
ERROR:	0.00%

FRACCION FINA

PESO INIC HUM:	500
PESO INIC SECO:	373.51

TAMIZ No	PESO RET ACUMULADO	% PASA
2"	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	100.00
1"	0.00	100.00
3/4"	0.00	100.00
3/8"	0.00	100.00
No. 4	0.00	100.00
PASA No.4	1 000.00	

TAMIZ No	PESO RET ACUMULADO	% PASA
No 4		100.00
No 10	1.90	99.49
No 40	11.60	96.89
No 200	43.70	88.30
PASA 200	329.81	

RESULTADOS FINALES:

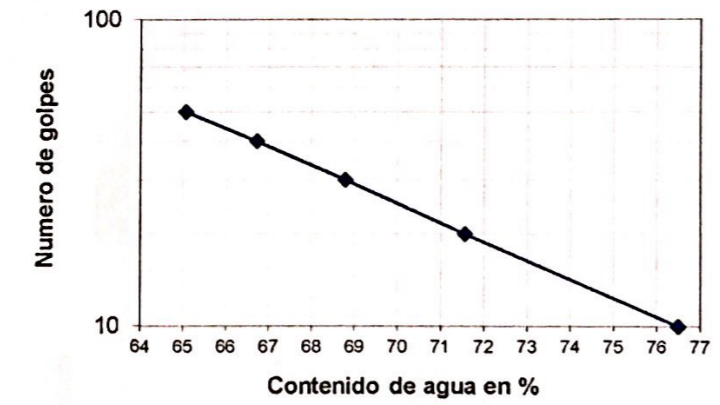
LL=	71.12	GRAVA=	0.00	SUCS=	CH
LP=	32.61	ARENA=	11.70	AASHTO=	A - 7 - 5
IP=	38.51	FINOS=	88.30	IG=	20

Ing. Ivan Riquetti V.

LIMITE LIQUIDO	GOLPES	+ CAPS	+ CAPS	CAPSULA	DE AGUA
NORMAS:					
ASTM D-423	10	66.57	58.79	48.62	76.50
AASHTO T-89	20	64.86	57.26	46.64	71.56
	30	69.20	61.33	49.89	68.79
	40	63.74	56.34	45.25	66.73
	50	64.06	57.82	48.23	65.07
LIMITE LIQUIDO:					71.12

LIMITE PLASTICO	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	LIMITE PLASTICO
NORMAS:					
ASTM D-424	11.39	10.35	7.15	32.50	
AASHTO T-90	11.26	10.24	7.11	32.59	
	11.62	10.52	7.16	32.74	
	11.27	10.24	7.08	32.59	32.61

GRAFICO DEL LIMITE LIQUIDO



Ing. Juan Pablo Riquetti M.
 M.Sc. Geología y Geotecnia
 Universidad de Cuenca

FRAY MARCHENA Y AV. LOJA (URB. ANTONIO BORRERO V. lote 29)
 Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
 Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
 Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)



LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
 Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
 Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
 Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Ivan Riquetti V.
 M.Sc. Geotecnia
 Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
 M.Sc. Geología y Geotecnia
 Universidad de Cuenca

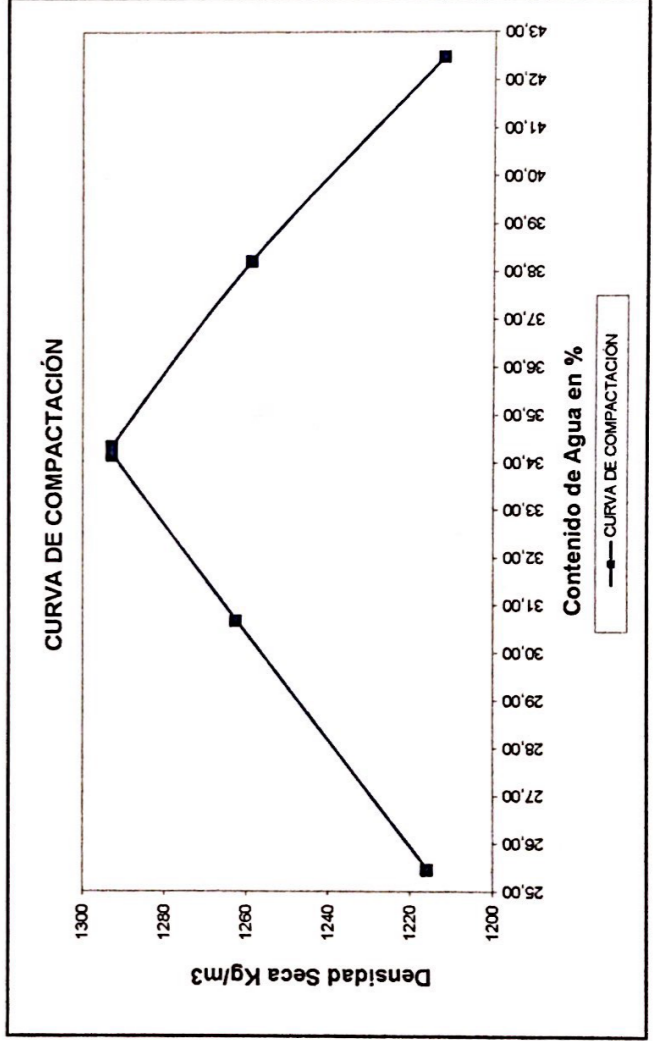
ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR

PROYECTO: PISOS DE TIERRA
 SOLICITADO POR: SR. CARLOS TAPIA V.
 UBICACIÓN: CUENCA
 MUESTRA: SITIO (TURI)
 FECHA: DICIEMBRE 12 DEL 2017

NORMA DE ENSAYO: T-99 - C
 GOLPES POR CAPA: 25
 No. DE CAPAS: 3.00
 PESO MARTILLO: 2.49 Kg.
 ALTURA DE CAIDA: 30.5 cm

PUNTO No.:	DATOS PARA LA CURVA:				
	1	2	3	4	5
Peso suelo compactado:	5.648	5.764	5.843	5.848	5.836
Peso suelo:	1.423	1.539	1.618	1.623	1.611
Densidad Humeda:	1.525	1.650	1.735	1.740	1.727
CONTENIDOS DE HUMEDAD					
W. humedo:	119.47	120.35	120.47	117.03	114.94
W. seco:	105.34	104.29	103.00	99.02	96.00
W. capsula:	47.22	46.79	46.14	46.64	46.13
w (%)	24.52	26.40	30.86	34.14	34.20
w (%) promedio:	25.46	30.69	34.17	38.23	42.49
Densidad Seca	1.216	1.262	1.293	1.259	1.212

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MAX. = 1.293 % CONT. DE AGUA OPT. = 34.35



Ing. Ivan Riquetti V.

ANEXO A: ENSAYOS DE LABORATORIO DE TIERRA

ENSAYOS DE CLASIFICACION

PROYECTO:	PISOS DE TIERRA
SOLICITADO POR:	SR. CARLOS TAPIA V.
UBICACIÓN:	CUENCA
MUESTRA:	SITIO (LA PAZ)
FECHA:	DICIEMBRE 12 DEL 2017

CONTENIDO DE AGUAS	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	VALOR MEDIO
NORMAS:	112.53	99.19	44.26	24.29	
ASTM D-2216	112.36	99.04	45.65	24.95	24.62

ANALISIS GRANULOMETRICO NORMAS: ASTM D-422, AASHTO T-88

FRACCION GRUESA		
PESO INICIAL	1 000.00	
PESO FINAL	1 000.00	
ERROR	0.00%	
TAMIZ No	PESO RET ACUMULADO	% PASA
2"	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	100.00
1"	0.00	100.00
3/4"	0.00	100.00
3/8"	0.00	100.00
No 4	0.00	100.00
PASA No 4	1 000.00	

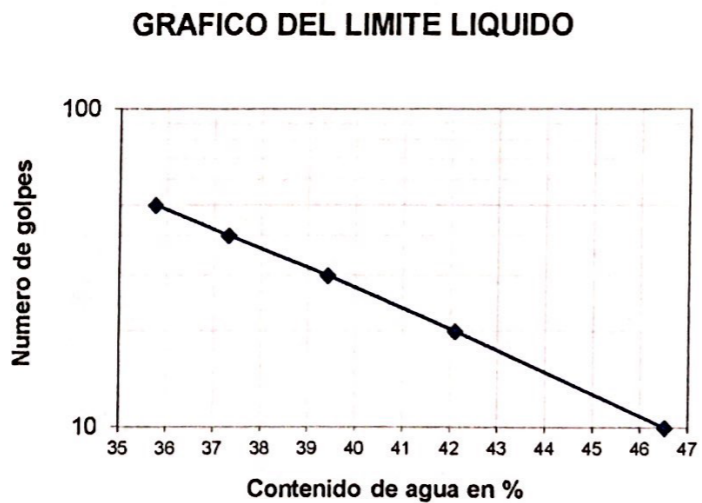
FRACCION FINA		
PESO INIC HUM	500	
PESO INIC SECO	401.23	
TAMIZ No	PESO RET ACUMULADO	% PASA
No 4		100.00
No 10	0.70	99.83
No 40	48.70	87.86
No 200	127.50	68.22
PASA 200	273.73	

RESULTADOS FINALES:			
LL=	41.54	GRAVA=	0.00
LP=	29.44	ARENA=	31.78
IP=	12.10	FINOS=	68.22
SUCS=	ML	AASHTO=	A - 7 - 6
IG=	8		

Ing. Iván Riquetti V.
[Signature]

LIMITE LIQUIDO	NUMERO GOLPES	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA
NORMAS: ASTM D-423 AASHTO T-89	10	69.00	61.92	46.70	46.52
	20	66.98	60.66	45.65	42.11
	30	69.38	62.90	46.46	39.42
	40	62.33	57.86	45.88	37.31
	50	63.78	60.68	52.01	35.76
LIMITE LIQUIDO					41.54

LIMITE PLASTICO	PESO HUM + CAPS	PESO SECO + CAPS	PESO CAPSULA	CONTEN DE AGUA	LIMITE PLASTICO
NORMAS: ASTM D-424 AASHTO T-90	11.48	10.48	7.05	29.15	
	11.46	10.48	7.11	29.08	
	11.52	10.52	7.14	29.59	
	11.44	10.44	7.10	29.94	29.44



Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca

Ing. Iván Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University



LABORATORIO DE SUELOS



LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Iván Riquetti V.
M.Sc. Geotecnia
Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
M.Sc. Geología y Geotecnia
Universidad de Cuenca

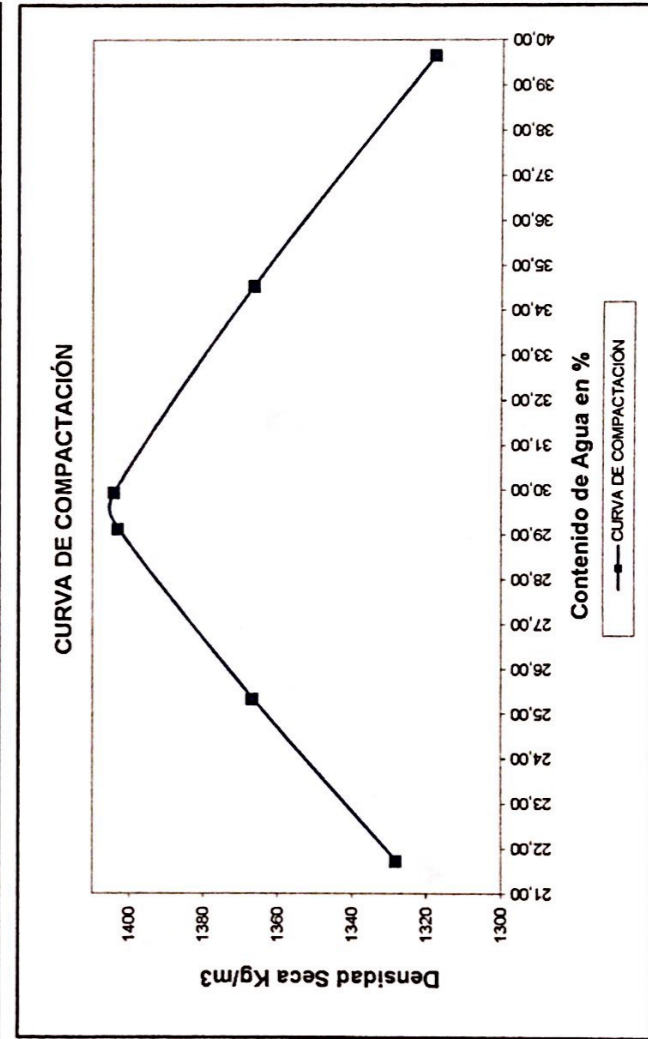
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

PROYECTO: PISOS DE TIERRA
SOLICITADO POR: SR. CARLOS TAPIA V.
UBICACIÓN: CUENCA
MUESTRA: SITIO (LA PAZ)
FECHA: DICIEMBRE 12 DEL 2017

NORMA DE ENSAYO: T-99-C
GOLPES POR CAPA: 25
No. DE CAPAS: 3.00
PESO MARTILLO: 2.49 Kg.
ALTURA DE CAIDA: 30.5 cm



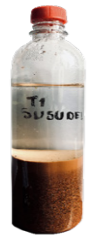


PUNTO No.:	DATOS PARA LA CURVA:				
	1	2	3	4	5
Peso suelo compactado:	5.733	5.823	5.915	5.940	5.942
Peso suelo:	1.508	1.598	1.690	1.715	1.717
Densidad Humeda:	1.617	1.713	1.812	1.839	1.841
CONTENIDOS DE HUMEDAD					
W Humedo:	115.56	117.58	117.89	120.66	120.18
W seco:	103.13	103.07	103.19	103.44	104.12
W capsula:	45.63	46.22	46.60	46.22	47.23
w (%)	21.62	21.83	25.43	25.25	29.07
w (%) promedio	21.72	25.34	29.13	34.55	39.67
Densidad Seca	1.328	1.367	1.403	1.366	1.318

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MAX. = 1404 % CONT. DE AGUA OPT. = 29.94








Ing. Iván Riquetti V.
[Signature]



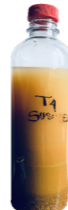


ANEXO B: FICHAS DE MUESTRAS DE TIERRA

MUESTRA DE TIERRA T1: OMS (>1500M) ARCILLA ROJA.		
Lugar de extracción	Parroquia Susudel, Oña	Coordenadas 697380 : 9621637 17 M
La ubicación exacta del lugar de extracción es en la vía Susudel- Santa Isabel		
Estratos de compasión variada		Muestra
		
ENSAYOS DE CAMPO		
Sedimentación	Humedad - agrietamiento	Presencia de arcilla
		
- Materia orgánica: 0,14% - Arcilla: 25,35 % - Limos: 7,04 % - Arena: 67,6 %	Contenido de humedad medio, presenta fisuras.	Longitud de 17,1 cm, presenta grietas en toda su extensión.
PRUEBAS DE LABORATORIO		
Granulometría	Limite líquido y plástico	Densidad
Grava: 0,00 Arena: 12,67 Finos: 87,33	LL: 59,54 LP: 35,28 IP: 24,26	Densidad seca Max: 1335 % Cont. de agua: 28,09
Análisis de resultados:	Este tipo de tierra no es apto a ser aplicado en la elaboración del sistema constructivo por tener un IP (índice de plasticidad) muy alto y una densidad muy baja, ya que en las pruebas de campo también resultó ser un material arenoso.	

MUESTRA T2: MPI A (1500-2700M) TIERRA DE COLOR GRIS			
Lugar de extracción	La paz , Nabon	Coordenadas	701439 : 9629411 17M
La ubicación exacta del lugar de extracción en la panamericana, vía Oña			
Se estrago de una mina, agregado variado		Muestra	
			
ENSAYOS DE CAMPO			
Sedimentación	Humedad - agrietamiento	Presencia de arcilla	
			
- Materia orgánica: 0,14% - Arcilla: 45,07 % - Limos: 2,82 % - Arena: 50,7 %	Contenido de humedad medio, presenta fisuras.	Longitud de 23,2 cm, no presenta ninguna grieta	
PRUEBAS DE LABORATORIO			
Granulometría	Limite líquido y plástico	Densidad	
Grava: 0,00 Arena: 31,78 Finos: 62,22	LL: 41,54 LP: 29,44 IP: 12,10	Densidad seca Max: 1404 % Cont. de agua: 29,94	
Análisis de resultados:	Este material es el adecuado a emplearse en el proyecto ya que, por su composición, por su IP (Índice de Plasticidad) de 12,10 y su densidad. Con las fotografías de los ensayos de campo se pueden ver que es un material areno-arcilloso.		

ANEXO B: FICHAS DE MUESTRAS DE TIERRA

MUESTRA T3: PIPT (300-1200M) CONGLOMERADOS.		
Lugar de extracción	Turi, Cuenca	Coordenadas 720982 : 9676394 17 M
La ubicación exacta del lugar de extracción en el camino a Turi, a tres cuadras de la iglesia.		
Estratos de composición variada	Muestra	
		
ENSAYOS DE CAMPO		
Sedimentación	Humedad - agrietamiento	Presencia de arcilla
		
<ul style="list-style-type: none"> Materia orgánica: 0,91% Arcilla: 20,00 % Limos: 10,00 % Arena: 69,1 % 	Contenido de humedad poco, se desintegra.	Longitud de 18,1 cm, suelo con presencia de materia orgánica.
PRUEBAS DE LABORATORIO		
Granulometría	Limite líquido y plástico	Densidad
Grava: 0,00 Arena: 11,70 Finos: 88,30	LL: 71,12 LP: 32,61 IP: 38,51	Densidad seca Max: 1293 % Cont. de agua: 34,35
Análisis de resultados:	Este material no es bueno ya que es liviano, no es apto para aplicar en el proyecto tiene un IP (Índice de Plasticidad) muy alto y una baja densidad, además que en las pruebas de campo demostró ser un materia muy arenoso y con alta presencia de materia orgánica.	

MUESTRA DE TIERRA T1: OMS (>1500M) ARCILLA ROJA.		
Lugar de extracción	Susudel, Oña	Coordenadas 699809 : 9623077 17 M
La ubicación exacta del lugar de extracción es en la vía Susudel Santa Isabel, de una cantera que está en la vía.		
Se estrago de una mina, agregado variado	Muestra	
		
ENSAYOS DE CAMPO		
Sedimentación	Humedad - agrietamiento	Presencia de arcilla
		
<ul style="list-style-type: none"> Materia orgánica: 1% Arcilla: 57,63 % Limos: 5,08 % Arena: 35,6 % 	Contenido de humedad medio, se rompe la bola.	Longitud de 23,5 cm, no presenta grietas.
PRUEBAS DE LABORATORIO		
Granulometría	Limite líquido y plástico	Densidad
Grava: 0,00 Arena: 22,88 Finos: 77,12	LL: 53,68 LP: 32,78 IP: 20,90	Densidad seca Max: 1428 % Cont. de agua: 26,87
Análisis de resultados:	Este material es el adecuado a emplearse en el proyecto ya que, por su composición, por su densidad resulta ser el material más apto, pero presenta un elevado IP (Índice de plasticidad). Con las fotografías de los ensayos de campo se pueden ver que es un material areno-arcilloso.	



FICHA TÉCNICA

MK-LINAZA

ACEITE PROTECTOR DE MADERA RUSTICA

DESCRIPCION:

MK- LINAZA es un protector y restaurador de madera no lacada, fabricado a base de aceite de linaza, aditivos, preservantes y colorante.

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS:

Apariencia:	Líquido
Color:	Amarillo claro
Fragancia:	Estándar
Viscosidad:	80 – 100 cps.
Densidad:	0.93

USOS:

MK – LINAZA se utiliza para preservar madera no lacada

MODO DE USO:

- Aplicar MK LINAZA directamente sin diluir, con brocha.
- En caso de aplicar con soplete, se puede diluir hasta un 50% con gasolina o diesel.
- Secado al tacto 24 horas, secado total aproximadamente 7 días

PRECAUCIONES:

MK- LINAZA no es especialmente peligroso de manejar, no es considerado tóxico, Si accidentalmente se ingiere, solicitar asistencia médica. Si salpicara a los ojos, enjuagar por 10 minutos con abundante agua y acudir al médico.

PRESENTACION:

MK - LINAZA se expende en envases de 1lt - 4lt- 20lt – 220lt



FICHA TÉCNICA

MK-2

IMPERMEABILIZANTE

DESCRIPCION:

MK-1 es un impermeabilizante base acrílica siliconada, de alta resistencia a rayos UV e intemperie, resalta sin pintar

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS:

Apariencia:	Líquido
Color:	Plomo
Fragancia:	Estándar
Viscosidad:	2000 – 3000 cps.

USOS:

MK-1 se utiliza en ladrillo, tejuelo, arcillas y gres poroso.

DILUCION:

Para aplicar MK-1 se utiliza 1 parte de producto con 3 partes de agua.

PRECAUCIONES:

MK-1 no es especialmente peligroso de manejar ni de alta toxicidad. Si accidentalmente se ingiere, hay que tomar una fuerte dosis de jugo de limón o naranja y abundante agua. Si salpicara a los ojos, enjuagar por 10 minutos con abundante agua y acudir al médico.

PRESENTACION:

MK-1 se expende en envases de 1 lt - 4lt- 20lt

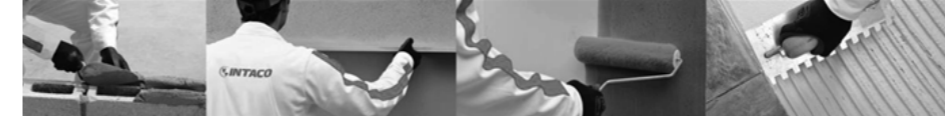
NUESTRA EMPRESA GARANTIZA LA CALIDAD Y RESULTADOS DE SUS PRODUCTOS Y OFRECE PERMANENTE ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL USO Y APLICACIÓN DE LOS MISMOS.

PROINDUSQUIM S.A.
SERVICIO AL CLIENTE: info@proindusquim.com * PBX: (593-2) 2671-740
www.proindusquim.com * Quito, Ecuador



NUESTRA EMPRESA GARANTIZA LA CALIDAD Y RESULTADOS DE SUS PRODUCTOS Y OFRECE PERMANENTE ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL USO Y APLICACIÓN DE LOS MISMOS.

PROINDUSQUIM S.A.
SERVICIO AL CLIENTE: info@proindusquim.com * PBX: (593-2) 2671-740
www.proindusquim.com * Quito, Ecuador



Maxiclear® Brillante

Sellador brillante para concreto y revestimientos minerales porosos

Descripción

Maxiclear® Brillante es un sellador superficial acrílico de acabado brillante, base acuosa, especialmente formulado para proteger superficies de concreto y mampostería contra la penetración de agua, contaminantes y químicos ligeros, en interiores y exteriores.

Sobre superficies de

- Concreto y prefabricado.
- Mampostería de concreto y arcilla.
- Fachaleta.
- Piedras naturales porosas.
- Revestimientos acillosos y tejas.
- Mortero.
- Adoquines de concreto y arcilla.
- Estuco cementicio.
- Concreto coloreado integral o con ácidos (acid stain)

Ventajas

- Produce una película transparente brillante superficial; resalta el color de la superficie.
- Protege la superficie contra agua, polvo, hollín, aceite, detergente, derrames de gasolina y ataque químico ligero.
- Aumenta la vida del concreto y ayuda a proteger el acero de refuerzo.
- Larga protección, alta resistencia alcalina.
- Fácil aplicación con brocha, rodillo o atomizador.
- Facilita la limpieza de la superficie.
- No se decolora por ataque de rayos ultravioleta.



Maxiclear® Brillante	
IEQc4.2 Bajas emisiones de VOC:	1 punto
MRc2 Diseño del verde:	Hasta 2 puntos

Modo de empleo

Preparación de la superficie:

La superficie debe estar limpia, seca, bien adherida y libre de polvo, aceite, grasa, cera, pintura, eflorescencia y cualquier otro contaminante. Concreto o mampostería nueva deben tener por lo menos 28 días de haberse colocado. Si la superficie fue tratada con un colorante con ácido (acid stain), asegúrese de neutralizar con abundante agua, pero permita que seque completamente antes de colocar Maxiclear® Brillante.

quedar sobre ella. Aplique la segunda capa entre 1 hora y 2 horas después de la primera o tan pronto haya secado la primera capa. Dos capas delgadas son más efectivas que una capa gruesa. En superficies verticales, trabaje con un movimiento horizontal de arriba hacia abajo. Proteja de la lluvia por un mínimo de 12 horas luego de la aplicación.

Limpieza:

Lave las herramientas con agua y jabón, luego de su uso.

Colocación:

Aplique Maxiclear® Brillante con brocha, rodillo o atomizador manual. Maxiclear® Brillante debe penetrar en la superficie, no

Presentación

	Costa Rica / Nicaragua / Panamá	Ecuador
Presentaciones	Envase plástico 1 litro (1/4 gal)	Envase plástico 1 litro (1/4 gal)
	Envase plástico 3.8 litros (1 gal)	Envase plástico 3.8 litros (1 gal)
	Cubeta plástica 19 litros (5 gal)	-
	Estañón de 208 litros (55 gal)	Tanque de 208 litros (55 gal)

Rendimiento

Rendimiento:	
Por capa	De 5 m ² a 7 m ² por litro

El rendimiento varía de acuerdo con la capacidad de absorción y la rugosidad de la superficie. Generalmente, la primera capa requiere más producto que las capas sucesivas. Realice pruebas previas de rendimiento.

Limitaciones

No lo use sobre superficies muy densas, revestimientos cerámicos o asfalto. Maxiclear® Brillante no está diseñado para zonas industriales o con exposición a químicos moderados o severos. No se debe aplicar sobre concreto que posteriormente recibirá recubrimientos epóxicos o poliméricos. No utilice este producto bajo condiciones de inmersión ni con exposición a humedad negativa (que proviene del lado contrario al de la aplicación).

Recomendaciones

No diluya este producto. Evite aplicarlo sobre superficies con temperatura menor de 7 °C y por encima de 32 °C. Realice pruebas previas para verificar la absorción y el acabado deseado. Proteja las superficies que no desea cubrir con el producto. En caso necesario, limpie las superficies inmediatamente con un paño humedecido con agua. Si el producto se ha secado, limpie con acetona o MEK. Mantenga los envases herméticamente cerrados. Cuando se desee aplicar sobre piedra natural o artificial, realice pruebas previas para verificar la absorción y el acabado. Asegúrese de que las superficies de mampostería, concreto o piedra estén libres de fisuras, grietas y separaciones, para así evitar que se filtre agua. Aunque Maxiclear® Brillante haya perdido su brillo, puede ser que mantenga su protección contra la penetración de agua. Para determinar si la protección está presente, puede realizar una simple prueba de absorción colocando una gota de agua y observando si se absorbe o no. Una vez que esta capa de protección se haya desgastado, Maxiclear® Brillante requiere ser reaplicado. Si se busca mantener el acabado brillante del sellador, se deberá reaplicar más frecuentemente, cuando la superficie se note opaca en las zonas de mayor tránsito o exposición. No aplique este producto sobre superficies previamente tratadas con otros selladores. El tiempo de almacenamiento es de 12 meses en su empaque original cerrado, en un lugar fresco, seco, cerrado y bajo techo.

Precauciones

Puede producir irritación o quemaduras en ojos, piel y vías respiratorias. Use equipo de protección personal adecuado. Ventile el área de uso.

Primeros auxilios:

Contacto con ojos, lave con agua por 15 minutos. Ingestión, tome agua. Irritación de piel, problemas respiratorios o en caso de intoxicación, lleve al paciente al médico y aporte el empaque de este producto o la Hoja de Seguridad.

Garantía

INTACO garantiza que este producto está libre de defectos y que se desempeñará de la manera descrita en la hoja técnica, siempre y cuando se sigan las instrucciones de aplicación y recomendaciones del fabricante. INTACO responderá el valor de compra de cualquier producto que se pruebe defectuoso. INTACO no se responsabiliza por daños indirectos, consecuentes o resultantes del mal uso del producto, negligencia o incumplimiento de las condiciones de la garantía. Los datos de dosificación y rendimientos son susceptibles de variación debido a las condiciones particulares de cada construcción. Es responsabilidad del cliente comprobarlos y definirlos en cada obra. INTACO se reserva el derecho de modificar la actual ficha técnica sin previo aviso.



<p>Costa Rica Tel + (506) 2206-3333 Email • clientes.cr@intaco.com</p>	<p>Ecuador Tel + (503-4) 373-1555 Email • clientes.ec@intaco.com</p>	<p>Nicaragua Tel + (505) 2206-0120 Email • clientes.cr@intaco.com</p>	<p>Panamá Tel + (507) 840-1200 Email • clientes.pa@intaco.com</p>
--	--	---	---

Última versión CT: 2016-10-13

ANEXO C: ENSAYOS DE LABORATORIO PISOS DE TIERRA

RESISTENCIA A LA COMPRESION

PROYECTO: PISOS DE TIERRA
 SOLICITADO POR: SR. CARLOS TAPIA
 UBICACIÓN: CANTON CUENCA
 FECHA: FEBRERO 9 DEL 2018

No.	FECHA DE CONFECCION	FECHA DE ROTURA	DIAMETRO CIL. (cm)	CARGA DE ROTURA (Kg)	FATIGA DE ROTURA (Kg/cm2)	EDAD (días)	FATIGA REQUERIDA (Kg/cm2)	OBSERVACION	
1	12/1/2018	9/2/2018	10,4	1.120	13	28	50	M1 TIERRA + PAJA	26%
2	12/1/2018	9/2/2018	10,4	855	10	28	50	M1 TIERRA + PAJA	20%
3	12/1/2018	9/2/2018	10,4	1.885	22	28	50	M2 TIERRA + PAJA + 5% C.	44%
4	12/1/2018	9/2/2018	10,4	1.120	13	28	50	M2 TIERRA + C.ARROZ + 5% GOMA	26%
5	12/1/2018	9/2/2018	10,4	1.790	21	28	50	M3 TIERRA + PAJA + 15% CAL	42%
6	12/1/2018	9/2/2018	10,4	1.115	13	28	50	M3 TIERRA + PAJA + 8% C.	26%
7	12/1/2018	9/2/2018	10,4	3.900	46	28	50	M4 TIERRA + PAJA + 5% C. + 15% CAL	92%
8	12/1/2018	9/2/2018	10,4	1.320	16	28	50	M4 TIERRA + PAJA + 15% CAL	31%
9	12/1/2018	9/2/2018	10,4	2.155	25	28	50	M5 TIERRA + PAJA + 8% C. + 15% CAL	51%
10	12/1/2018	9/2/2018	10,4	935	11	28	50	M5 TIERRA + C.ARROZ + 15% GOMA	22%
11	12/1/2018	9/2/2018	10,4	3.240	38	28	50	M6 TIERRA + PAJA + 8% C. + 18% CAL	76%
12	12/1/2018	9/2/2018	10,4	3.725	44	28	50	M7 TIERRA + PAJA + 20% CAL	88%
13	12/1/2018	9/2/2018	10,4	4.440	52	28	50	M8 TIERRA + C. ARROZ + PAJA 10% C.	105%
14	12/1/2018	9/2/2018	10,4	3.645	43	28	50	M9 TIERRA + C. ARROZ + 8% C. + 20% CAL	86%
15	12/1/2018	9/2/2018	10,4	715	8	28	50	M10 TIERRA + PAJA + C.ARROZ	17%

Ing. Ivan Riquetti V.



LABORATORIO DE SUELOS
 Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
 Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
 Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
 Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Ivan Riquetti V.
 M.Sc. Geotecnia
 Oklahoma State University
 Ing. Juan Pablo Riquetti M.
 M.Sc. Geología y Geotecnia
 Universidad de Cuenca



LABORATORIO DE SUELOS

Fray Marchena y Av. Loja (Urb. Antonio Borrero V. lote 29)
 Telfs.: 2385-371 0999773004 (PRINCIPAL: Cuenca)
 Av. Oriente y 3 de Noviembre (Sector San Francisco)
 Telfs.: 2247-645 0985713834 (SUCURSAL: Azogues)

Ing. Ivan Riquetti V.
 M.Sc. Geotecnia
 Oklahoma State University

Ing. Juan Pablo Riquetti M.
 M.Sc. Geología y Geotecnia
 Universidad de Cuenca

ENSAYO DE ABSORCIÓN

PROYECTO: PISOS DE TIERRA
 SOLICITADO POR: SR. CARLOS TAPIA
 UBICACIÓN: CANTON CUENCA
 MUESTRA: PISOS DE TIERRA
 FECHA: ABRIL 20 DEL 2018

N° Muestra	1	2	3
Identificación:	PISOS DE TIERRA	PISOS DE TIERRA	PISOS DE TIERRA
Peso Seco:	640.30	641.60	692.40
Peso Saturado:	778.40	741.60	762.50
% Absorción:	21.57%	15.59%	10.12%
% Abs. Promedio:	15.76%		

Ing. Ivan Riquetti V.

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

TESIS	UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA: PISOS DE TIERRA CRUDA
PRACTICA	ENSAYO DE DETERMINACION A LAS MANCHAS
DOCENTE	ARQ. JOSE PESANTEZ
AUTOR	CARLOS MIGUEL TAPIA VERA
PROFESOR ASISTENTE	ING. DIGNA ORTEGA

1. INTRODUCCIÓN	<p>La fabricación de baldosas cerámicas ha experimentado cambios considerables y continuos en los últimos años. Los procesos actuales de fabricación de estos materiales son altamente innovadores y su fabricación está totalmente automatizada, lo que lleva consigo una elevada calidad y productividad.</p> <p>En este caso se analizarán muestras de pisos de tierra según la normativa NTE INEN 2 198:2000, la cual detalla el procedimiento y parámetros a seguir para obtener los requisitos básicos que debe cumplir una cerámica (pavimento de tierra).</p>
2. OBJETIVO	<p>Determinar la resistencia a las manchas de los pavimentos de tierra elaborados con fibras y cascarillas naturales, impermeabilizados con tres productos diferentes.</p>
3. METODOLOGIA	<p>Se debe mantener la cara vista en contacto con diversas soluciones (tríóxido de cromo y glicerina), durante 24 horas, sometiendo a continuación las superficies a cinco métodos de limpieza (agua caliente, agua más jabón, líquido fuerte, sosa caustica, acetona), y finalmente examinándolas para detectar cambios irreversibles de aspecto.</p>
4. MATERIALES	<p>a. Recipiente de plástico b. Vasos de precipitación de 100 ml c. Luna de reloj d. Varilla de vidrio e. Probetas f. Franela g. Espátula</p>
5. REACTIVOS (SUSTANCIAS DE ENSAYO)	<ul style="list-style-type: none"> • Tríóxido de cromo 40g • Glicerina 100g • Aceite de oliva • Yodo

6. EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> • Acetona • Jabón líquido • Sosa caustica
7. PROCESO	<p>El proceso consiste de los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lavar las muestras en agua fría y secar con una franela. • Aplicar el agente de mancha verde (tríóxido de cromo + glicerina), de 3 a 4 gotas. • Adicionar 3 o 4 gotas de yodo o aceite de oliva. • Esparcir con una luna de reloj, dejar reposar por 24 horas. • Limpiar de acuerdo a los 5 procesos de limpieza según la norma NTE INEN 2 198:2000. • Clasificar los resultados según el examen visual determinado por la norma NTE INEN 2 198:2000. <p>• PROCESO: Ensayo de resistencia a las manchas.</p>
8. RESULTADOS OBTENIDOS	<p>Con las condiciones de la norma INEN NTE 198:2000, y de acuerdo a la Tabla 18, se determina que los sellantes a hacer utilizados en nuestro prototipo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MK2 reacciona de muy buena forma al aplicar las soluciones y la limpieza es muy simple. • Maxiclear tiene un comportamiento medio, con la primera solución respondió bien, con las segundas se quedan impregnadas las manchas de yodo, a las cuales se les aplico el proceso de limpieza 4 (sumergido en acetona.)

• Aceite de linaza se remueve fácilmente las manchas, pero se desgasta la superficie del piso.

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LAS MANCHAS						
Solución Química	Solvente	N° M.	Peso constante	Clasificación	Observación	
PASTA (Trióxido de cromo + Clorina) + Yodo	Aceite de linaza	M1	750 gr	660 gr	4	Las manchas no salieron con agua caliente, se tuvo que fregar con jabón líquido.
		M2	745 gr	670 gr	4	
		M1	755 gr	680 gr	5	Se eliminaron las manchas de forma simple con agua caliente
		M2	725 gr	610 gr	5	
PASTA (Trióxido de cromo + Clorina) + Aceite de olivo	Maxiclear	M1	760 gr	680 gr	5	Las manchas salieron de forma rápida con los agentes débiles
	Brillante	M2	740 gr	600 gr	4	Las manchas salieron de forma rápida con los agentes débiles
		M3	750 gr	660 gr	4	
		M4	750 gr	660 gr	5	Se eliminaron las manchas de forma simple con agua caliente
Identificación:	Maxiclear	M3	730 gr	610 gr	5	
	Brillante	M4	760 gr	680 gr	2	Para eliminar las manchas se aplico un solvente apropiado, en este caso acetona pura.
5	Agu caliente		2	Solvente apropiado Acetona		
4	Agente debil. Jabón líquido		1	Otro solvente		
3	Agente fuerte Sosa caustica					

9. CONCLUSIONES

Con el ensayo realizo se determina que el impermeabilizante Mk2 es el más óptimo para ser aplicado en los pavimentos de tierra ya que al colocar la mancha y dejar secar durante 24 horas, se limpia de forma fácil; agua caliente. Las manchas en el aceite de linaza se remueven con agua y jabón, pero sufren alteraciones en su superficie.

Mientras las manchas en el impermeabilizante Maxiclear se remueven con agua en dos muestras de piso, pero en las otras dos se tiene que utilizar sosa caustica y acetona pura.

10. RECOMENDACIONES

Utilizar el equipo de protección adecuado en laboratorio químico.
Trabajar con los reactivos de acuerdo a lo estipulado en la norma NTE INEN 2 198:2000

11. BIBLIOGRAFIA

- Norma NTE INEN 2 198:2000 Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a las manchas.

12. FIRMA DE RESPONSABILIDAD


 Ing. Digna Ortega
 Responsable de laboratorio químico


 Carlos Miguel Tapia Vera
 Estudiante

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

TESIS	UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA: PISOS DE TIERRA CRUDA
PRACTICA	ENSAYO DE DETERMINACION A LOS AGENTES QUIMICOS
DOCENTE	ARQ. JOSE PESANTEZ
AUTOR	CARLOS MIGUEL TAPIA VERA
PROFESOR ASISTENTE	ING. DIGNA ORTEGA

1. INTRODUCCIÓN

La fabricación de baldosas cerámicas ha experimentado cambios considerables y continuos en los últimos años. Los procesos actuales de fabricación de estos materiales son altamente innovadores y su fabricación está totalmente automatizada, lo que lleva consigo una elevada calidad y productividad.

En este caso se analizarán muestras de pisos de tierra según la normativa INEN NTE 648:2000, la cual detalla el procedimiento y parámetros a seguir para obtener los requisitos básicos que debe cumplir una cerámica (pavimento de tierra).

2. OBJETIVO

Determinar la resistencia a los agentes químicos de los pavimentos de tierra elaborados con fibras y cascarillas naturas, impermeabilizados con tres productos diferentes.

3. METODOLOGIA

Consiste al sometimiento de la superficie de la muestra a la acción de las soluciones de ensayo (ácido cítrico, ácido láctico y cloruro de amonio), y calificación visual del ataque después de un periodo de 12 horas.

4. MATERIALES

- Recipiente de plástico
- Vasos de precipitación de 100 ml
- Varilla de vidrio
- Probetas
- Franela
- Espátula
- Papel aluminio

5. REACTIVOS (SUSTANCIAS DE ENSAYO)

- Cloruro de amonio 10g/100ml
- Ácido cítrico 5 g /100ml
- Ácido láctico 10g/100ml
- Agua destilada
- Metanol

6. EQUIPOS

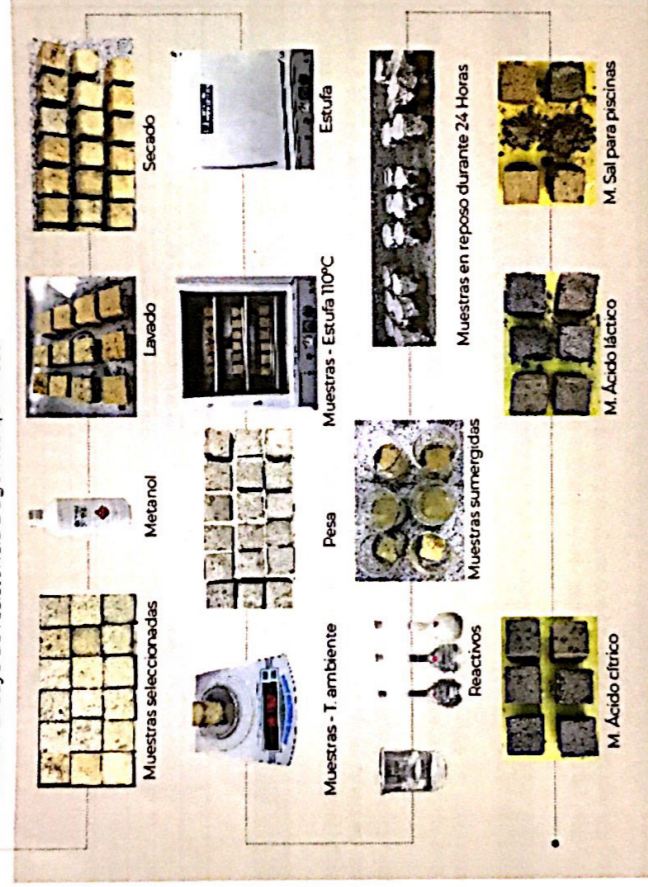
- Balanza analítica
- Estufa

7. PROCESO

El proceso consiste de los siguientes pasos:

- Lavar las muestras con metanol y secar con una frañela.
- Colocar en la estufa a 110 °C hasta mantener una masa constante.
- Enfríar a temperatura ambiente y pesar cada una de las muestras.
- Sumergir las muestras en el vaso de precipitación con la sustancia a ensayar hasta una profundidad de 25 mm.
- Cubrir con la tapa y mantener a (20 ± 2 °C) por 12 horas
- Examinar y calificar según la norma INEN NTE 648:2000

- PROCESO: Ensayo de resistencia a agentes químicos



8. RESULTADOS OBTENIDOS

Con las condiciones de la norma INEN NTE 648:2000, y de acuerdo a la Tabla, se determina que los sellantes a hacer utilizados en nuestros prototipos:

- MK2 reacciona de muy buena forma al aplicar las soluciones.
- Maxiclear tiene un comportamiento medio, con la primera solución respondió bien, con la segunda y tercera tuvo una variación en las muestras, pero igual se utilizará en los prototipos.
- Aceite de linaza solo se puede utilizar en revestimientos de pisos para viviendas, pero cumple de forma mínima los requisitos.

RESULTADOS ENSAYO DE RESISTENCIA A LOS AGENTES QUÍMICOS						
Solución Química	Solvente	T.M	Peso seco	Peso constante	Clasificación	Uso de Acuerdo a la Norma
Sal para piscinas (Cloruro de amonio 50 g/100ml)	Lineaza	M1	170.26 gr	148.45 gr	U-B	Revestimiento interior y exterior, piso de bajo riesgo como viviendas.
		M2	174.82 gr	151.60 gr	U-A	
	I MK2	M1	172.86 gr	144.34 gr	U-A	Revestimiento interior y exterior, pisos de alto riesgo, hospitales, centros comerciales, droguerías
		M2	163.68 gr	139.78 gr	U-A	
	Maxiclear	M1	172.78 gr	144.79 gr	U-A	Revestimiento interior y exterior, pisos de alto riesgo, hospitales, centros comerciales, droguerías
		M2	171.97 gr	144.94 gr	U-A	
Aceite de linaza 10g/100ml		M3	168.16 gr	147.60 gr	UL-C	Se recomienda no utilizar en ningún tipo de revestimiento.
		M4	157.50 gr	147.54 gr	UL-C	
	I MK2	M3	169.19 gr	139.87 gr	UL-A	Revestimiento interior y exterior, pisos de alto riesgo, hospitales, centros comerciales, droguerías
		M4	163.51 gr	131.72 gr	UL-A	
	Maxiclear	M3	165.54 gr	141.34 gr	UL-A	Revestimiento interior y exterior, piso de bajo riesgo como viviendas.
		M4	171.92 gr	135.94 gr	UL-B	
Acido láctico 5g/100ml	Lineaza	M5	166.66 gr	140.77 gr	UH-C	Se recomienda no utilizar en ningún tipo de revestimiento.
		M6	160.20 gr	147.77 gr	UH-C	
	I MK2	M5	166.99 gr	139.62 gr	UH-A	Revestimiento interior y exterior, pisos de alto riesgo, hospitales, centros comerciales, droguerías
		M6	163.05 gr	139.07 gr	UH-A	
	Maxiclear	M5	172.92 gr	141.63 gr	UH-A	Revestimiento interior y exterior, piso de bajo riesgo como viviendas.
		M6	165.63 gr	140.04 gr	UH-B	
Identificación:						
U	Pro de limpieza domésticos		A			Si no ha sufrido cambios aparentes en la superficie
UL	Ácidos de baja concentración		B			Efectos de la agresión son poco perceptibles
UH	Ácidos de alta concentración		C			Existen consecuencias del ataque o pérdida total

9. CONCLUSIONES

Con el ensayo realizado se determina que el impermeabilizante MK2 es el más óptimo para ser aplicado en los pavimentos de tierra ya que al someter a las tres soluciones (cloruro de amonio, ácido cítrico y láctico), no sufre ningún tipo de alteraciones.

Mientras que los impermeabilizantes Maxiclear y Aceite de linaza sufren alteraciones y descomposiciones al ser sometidos con las soluciones de ensayo.

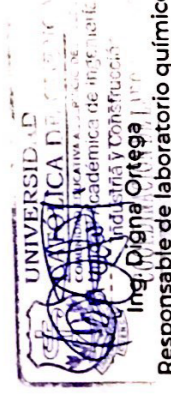
10. RECOMENDACIONES

Utilizar el equipo de protección adecuado en laboratorio químico. Trabajar con los reactivos de acuerdo a lo estipulado en la norma INEN NTE 648:2000

11. BIBLIOGRAFIA

- NTE INEN 648: 2000 Determinación de la resistencia a los agentes químicos.

12. FIRMA DE RESPONSABILIDAD



Responsable de laboratorio químico



Carlos Miguel Tapia Vera
Estudiante

ANEXO D: FOTOGRAFÍAS DE PROCESOS DE ELABORACIÓN



EXTRACCIÓN OÑA-SUSUDEL



EXTRACCIÓN NABON - LA PAZ



EXTRACCIÓN CUENCA - TURI



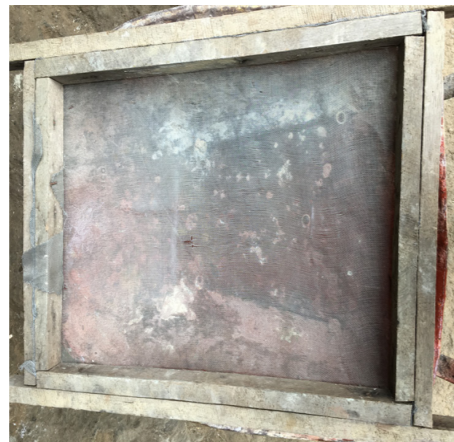
EXTRACCIÓN OÑA SUSUDEL



EXTRACTOS DE TIERRA DE OÑA



EXTRACTOS TIERRA DE LA PAZ



MALLA DE 3/8 PULG



TIERRA TAMIZADA EN MALLA DE 3/8



ENSAYO DE SEDIMENTACION DE LA TIERRA



ENSAYO DE LA PRESENCIA DE ARCILLA Y HUMETACION



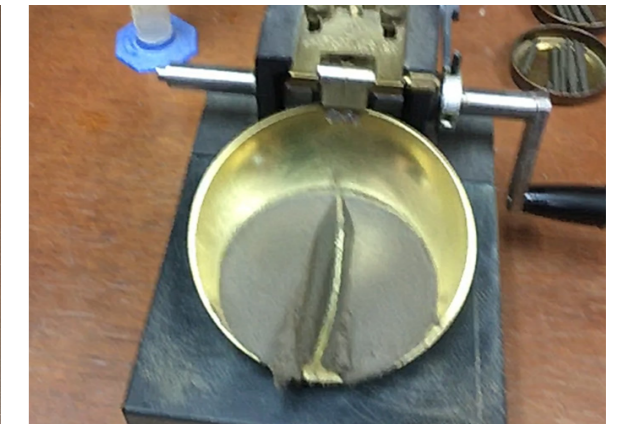
ENSAYO DE LA BOLA



COPA DE CASAGRANDE



ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO



MUESTRA DE ENSAYO DE LIMITES

ANEXO D: FOTOGRAFÍAS DE PROCESOS DE ELABORACIÓN



FIBRAS Y CASCARILLAS NATURALES



TASA - MEDIDA PARA LA MEZCLA



RECIPIENTE PARA LA MEZCLA



MOLDE DE MADERA DE 30X30X5 CM



TIERRA + ARENA



MEZCLA DE ARENA + TIERRA + AGUA



ADICIÓN DE CABUYA A LA MEZCLA



MUESTRAS CON IMPERMEABILIZANTE MK2



MUESTRAS CON ACRÍLICO MAXICLEAR



MUESTRAS CON ACEITE DE LINAZA



MEZCLA DURANTE 10 MINUTOS



ADICIÓN DE CASCARILLA DE TOCTE



ADICIÓN DEL 10% CEMENTO



COLOCACIÓN DE LA MEZCLA EN EL MOLDE

ANEXO D: FOTOGRAFÍAS DE PROCESOS DE ELABORACIÓN



MEZCLA CON TIERRA T4



COLOCACIÓN EN EL MOLDE



GOLPEO DE MOLDE



RESALTADO DE LA MEZCLA EN EL MOLDE



COLOCACIÓN DEL IMPERMEABILIZANTE



MUESTRAS CON IMPERMEABILIZANTES



LAVADO DE MUESTRAS



PESADO DE LAS MUESTRAS



DESENCOFRADO DE LAS MUESTRAS



MUESTRA EN REPOSO DURANTE 2 DÍAS



ACABADO DE LAS MUESTRAS.



ESTUFA A 110°C POR 3 HORAS



SOLUCIONES A SER APLICADAS EN LAS MUESTRAS



MUESTRAS SALIDAS DE LA ESTUFA



MUESTRAS APLICADA EL REACTIVO



MUESTRAS PARA EL ENSAYO



LAVADO EN AGUA FRÍA



SECADO EN ESTUFA A 110°C



MEZCLA DE GLICERINA Y TRIÓXIDO



COLOCACIÓN DE LAS GOTAS



ESPARCIMIENTO DE LA MANCHA



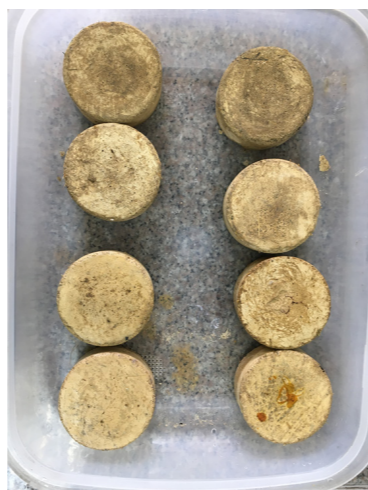
MANCHA SOBRE LA MUESTRA



REPOSO DE 24 HORAS



REMOCIÓN DE MANCHA AGUA CALIENTE



RESULTADO FINAL

ANEXO D: ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

FECHA: 04 DE MAYO DEL 2018
 RUBRO: PISO DE TIERRA (SUELO CEMENTO) UNIDAD: M2
 ESPECIF. TÉCNICAS:

A) MANO DE OBRA

CLASE	CANTIDAD	JORNAL / HORA	FAC. MAY.REAL	TOTAL
PEÓN		3,51	0,80	
ALBAÑIL	1,00	3,55	1,00	3,55
MAESTRO MAYOR		3,93	0,20	
				3,55

B) EQUIPO Y HERRAMIENTA

CLASE	CANTIDAD	VALOR	COSTO/HORA	TOTAL
HERRAMIENTA MENOR	2,00		0,40	0,80
				0,80

C) RENDIMIENTO

1,5000

D) (A+B)/C

2,90

E) MATERIALES

CLASE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
CEMENTO TIPO I(50 KG)	SACO	0,0025	7,68	0,02
ARENA PUESTA EN OBRA	M3	0,50	15,50	7,75
TIERRA CERNIDA EN MALLA 3/8 PULG	M3	0,25	5,50	1,38
AGUA (100 M3)	M3	0,18	0,50	0,09
PAJA	SACO	0,012	3,00	0,04
CASCARILLA DE ARROZ	SACO	0,012	1,30	0,02
IMPERMEABILIZANTE MK2	LITRO	0,50	9,50	4,75
				14,05

F) TRANSPORTE

CLASE	CANTIDAD	DISTANCIA	C/UN/KM	TOTAL

COSTO DIRECTO (D+E+F)

COSTO DIRECTO (D+E+F)

COSTOS INDIRECTOS		C.D.	
IMPREVISTOS		C.D.	
UTILIDAD		C.D.	
TOTAL			16,95
TOTAL OFERTADO			16,95

FECHA: 04 DE MAYO DEL 2018
 RUBRO: PISO DE TIERRA (SUELO CEMENTO) UNIDAD: M2
 ESPECIF. TÉCNICAS:

A) MANO DE OBRA

CLASE	CANTIDAD	JORNAL / HORA	FAC. MAY.REAL	TOTAL
PEÓN	2,00	3,51	0,80	5,62
ALBAÑIL	1,00	3,55	1,00	3,55
MAESTRO MAYOR	1,00	3,93	0,20	0,79
				9,96

B) EQUIPO Y HERRAMIENTA

CLASE	CANTIDAD	VALOR	COSTO/HORA	TOTAL
HERRAMIENTA MENOR	3,00		0,40	1,20
				1,20

C) RENDIMIENTO

1,5000

D) (A+B)/C

7,44

E) MATERIALES

CLASE	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
CEMENTO TIPO I(50 KG)	SACO	0,0025	7,68	0,02
ARENA PUESTA EN OBRA	M3	0,50	15,50	7,75
TIERRA CERNIDA EN MALLA 3/8 PULG	M3	0,25	5,50	1,38
AGUA (100 M3)	M3	0,18	0,50	0,09
PAJA	SACO	0,012	3,00	0,04
CASCARILLA DE ARROZ	SACO	0,012	1,30	0,02
IMPERMEABILIZANTE MK2	LITRO	0,50	9,50	4,75
				14,05

F) TRANSPORTE

CLASE	CANTIDAD	DISTANCIA	C/UN/KM	TOTAL

COSTO DIRECTO (D+E+F)

COSTOS INDIRECTOS	20,00%	C.D.	4,30
IMPREVISTOS		C.D.	
UTILIDAD		C.D.	
TOTAL			25,79
TOTAL OFERTADO			25,79

**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **Carlos Miguel Tapia Vera** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0105480982. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Una alternativa constructiva: Pisos de tierra”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 09 de junio de 2018

F: 

PROTOTIPOS DE PAVIMENTOS EN TIERRA



Este documento describe los procesos, normas y parámetros técnicos para la selección de la tierra y la elaboración de pavimentos de tierra. Buscando un renacimiento e innovación de la tierra como material en la construcción, buscando nuevas líneas de investigación en la construcción.

Los prototipos realizados cumplen con la normativa de la construcción ecuatoriana en cuanto a resistencia a la compresión, absorción de agua, resistencia a los agentes químicos y a las manchas.