

UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA: PISOS DE TIERRA CON FIBRA DE CABUYA Y CASCARILLA DE ARROZ

José Francisco Pesántez Pesántez¹ Carlos Miguel Tapia Vera²

¹Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Católica de Cuenca, josefranciscopesantez@hotmail.com

²Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Católica de Cuenca, miguel1812@hotmail.com

Palabras claves: tierra reforzada, pavimento, fibra natural,

Resumen

La tierra es uno de los materiales de construcción más antiguos, empleado en el mundo desde los primeros asentamientos humanos debido a su valor estructural, resistencia y durabilidad, además al ser de fácil adquisición ha permitido su amplia utilización como elemento constructivo en la edificación. Con la aparición de nuevos materiales, la técnica y la mano de obra calificada se pierden paulatinamente, al igual que la transmisión de saberes y el conocimiento de la arquitectura tradicional. La presente investigación busca rescatar y revalorizar la tierra como material de construcción, con el objetivo de generar una alternativa constructiva de pisos con diversos terminados de textura y color, para ser aplicados en superficies que se encuentren a nivel de rasante de la edificación. El proceso de fabricación incluye los ensayos mecánicos de módulo de rotura y resistencia a la rotura, flexión, determinación a los agentes químicos y absorción de agua, que cumplan con la normativa. El análisis de los resultados obtenidos permite optimizar los métodos de control y aseguramiento de la calidad de estos pisos, considerando la composición del suelo y su dosificación para favorecer el desarrollo de elementos que respondan a criterios ecológicos en el área técnica.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas constructivos en tierra han sido utilizados a lo largo del tiempo. En la región del Austro en el Ecuador, los pueblos pre-hispánicos emplearon el material para edificar sus viviendas y asentar su civilización (Pesántez; González, 2011). En este ámbito, en la Parroquia Sausa perteneciente a la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay, la vivienda de acogida Nina Huasi fue concebida como una edificación ecológica, donde predomina el uso de materiales naturales como tierra, ladrillo, madera y caña guadua, logrando una identidad con el entorno y cobijo para satisfacer las necesidades del usuario (Huiracocha, 2014). A través del levantamiento y el análisis pormenorizado se identificó el uso de técnicas constructivas locales aplicado en la construcción de pisos de tierra. El interés en estas prácticas y la técnica de los procesos de aplicación concibió la investigación para identificar la composición del material empleado en el piso de la vivienda Nina Huasi; para ello fue indispensable la extracción de un núcleo, que se dividió en 6 secciones para el análisis de resistencia, obteniendo como resultado promedio de 0,49 MPa, además se observó que la estructura del material estaba compuesta de fibras de paja que tienden a deshacerse y mezclarse con los agregados (Delgado; Flores, 2017).

La identificación del material pone a juicio los datos obtenidos para perfeccionar y alcanzar mejores resultados, estableciendo una hipótesis evolutiva de los procesos y materiales constructivos apoyada Reay y Thomson (2014) en la que, a través de la experimentación, se enfatiza la técnica de pisos de tierra y aprovecha la estética que brinda el material; profundizando la praxis y haciendo hincapié en la sostenibilidad, mediante el uso mínimo de recursos y su procesamiento local disponible, para crear entornos de vida saludables. En este campo surgieron innovaciones que influenciaron en la preparación del material, moldes y equipos de obra, permitiendo una aceleración en los tiempos de construcción (Rotondaro, 2007).

Algunos casos interesantes que se destacan debido a la utilización de este material es la vivienda Rauch, que se compone de pisos, tejas y techos abovedados, revocos en los

muros, peldaños e incluso platos de ducha, formados por un 85% del material resultante de la excavación del lugar (Boltshauser; Rauch, 2008); sus suelos son de tierra arcillosa encerada, que se realzan gracias al uso de aceites y ceras colocados como capa superficial; en el tercer nivel, el material arcilloso se refina aún más para crear un efecto de apariencia de alabastro.

En Estados Unidos se ha elaborado alrededor de 20.000 m² pisos de tierra, con una interesante innovación en base a pigmentos extraídos de animales y plantas, conformados por capas alternadas de barro y sellante o aceite con un terminado pulido (Reay; Thomson, 2014).

Se denomina pisos de tierra a las superficies sobre las que se vierten tierra en diferentes capas, la cual puede mezclarse con fibras y cascarillas naturales, con la finalidad de optimizar las propiedades mecánicas del material. La elaboración de estos pisos consta por lo general de cinco etapas: la preparación de la tierra y aislamiento del suelo donde se va a construir; la dosificación y elaboración de la mezcla; la colocación de las capas del piso, el proceso de curado y el mantenimiento. El espesor del piso varía entre 10 cm y 15cm, y sus capas se componen de suelo natural, capa de grava, tierra, revoque de tierra y terminado con empañete (Minke, 2008).

La presente investigación busca proponer una alternativa de construcción de pisos de tierra con la utilización de elementos naturales como fibras y cascarillas; sin embargo, a la fecha existe una carencia de normativas para la construcción de este tipo de pisos en Ecuador y en el mundo; es por ello que se optó por tomar como referencia normativas afines para poder realizar los diferentes ensayos; abriéndose de esta manera un camino a futuras investigaciones que establezcan parámetros base, así como estrategias que permitan elaborar la normalización de los pisos de tierra.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Formular una alternativa de mejoramiento con fibras vegetales para la construcción de pisos en tierra, respetuosa con el medio ambiente.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar la dosificación adecuada para la producción de pisos de tierra con adición de diferentes tipos de fibras vegetales.
- Analizar las propiedades mecánicas de los pisos de tierra
- Identificar la fibra más eficiente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de la propuesta se toma como referencia base la dosificación empleada en los pisos de la vivienda Nina Huasi en Cuenca, Ecuador (figura 1), debido al buen comportamiento y trabajabilidad que presenta el material.

El piso de tierra se elaboró mediante la técnica tradicional del adobe (Pino; Estramil, 2014), preparando la mezcla de la siguiente manera: se agregan los volúmenes de tierra y arena, con una mínima cantidad de agua y se deja reposar durante 24 horas, luego se adhiere más agua para formar una mezcla consistente a la cual se le agrega los volúmenes de fibra y cascarilla, seguido de los porcentajes de cemento y cal para optimizar la contextura de la mezcla de tierra, se deja reposar durante 4 a 6 horas y luego se vierte en el sitio determinado (figura 2); para mejorar la resistencia a la compresión se empleó fibra de cabuya y cascarilla de arroz, con porcentajes de cemento y cal como estabilizantes, tal como se indica en la tabla 3.



Figura 1. Pisos de tierra de la vivienda Nina Huasi (Huiracocha, 2014)



Figura 2. Proceso de elaboración del piso de tierra.

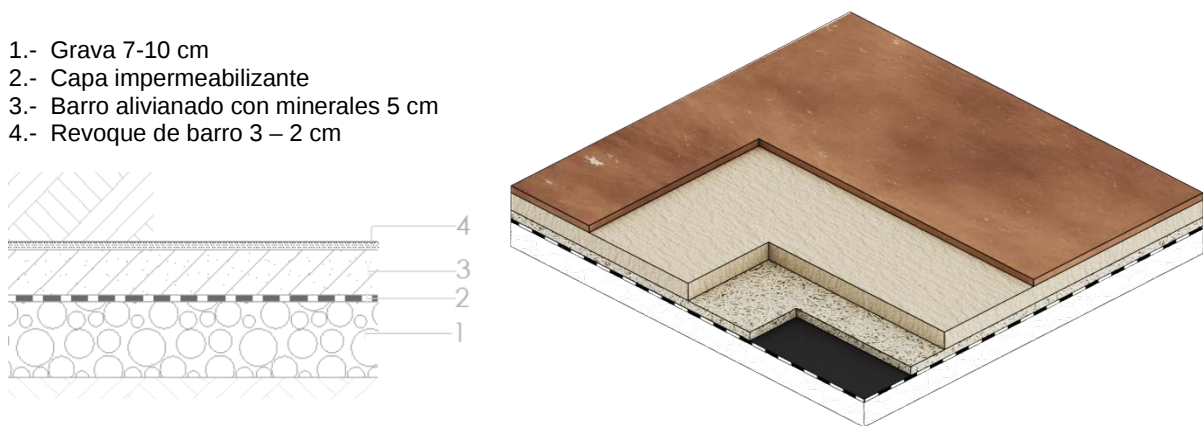


Figura 3. Propuesta de la estructura y composición del piso de tierra

Se realizaron los análisis granulométricos y de plasticidad a cuatro tipos de suelos extraídos de diferentes lugares (Susudel, La Paz, Progreso y Turi) de la zona del Austro del Ecuador, con el objetivo de determinar la composición más óptima para la elaboración de la mezcla. El análisis se realizó aplicando la norma NTE INEN 0696 (2011) (tabla 1); para la determinación del índice de plasticidad se utilizó los ensayos de límite líquido y límite plástico a las muestras siguiendo las normas NTE INEN 0691(1982) e NTE INEN 0692 (1982) (tabla 2).

Tabla 1 Composición granulométrica y clasificación del suelo (NTE INEN 0696, 2011)

Muestra	Contenido (%)			Clasificación
	Arena	Finos	SUCS ₁	AASHTO ²
T1: OMvs ³ (>1500m) Arcilla roja	13	87	MH	A-7-5
T2: MPI a ⁴ (1500-2700m) Tierra gris	32	68	ML	A-7-6
T3: PIPt ⁵ (300-1200m) Conglomerados	12	88	CH	A-7-5
T4: OMvs (>1500m) Tierra tomate	23	77	MH	A-7-5

Tabla 2 Límites de consistencia (NTE INEN 0691, 1982; NTE INEN 0692, 1982)

Muestra	Contenido (%)			IG
	LL	LP	IP	
T1: OMvs (>1500m) Arcilla roja	60	35	24	18
T2: MPI a (1500-2700m) Tierra gris	42	29	12	8
T3: PIPt (300-1200m) Conglomerados	71	33	39	20
T4: OMvs (>1500m) Tierra tomate	54	33	21	15

De los ensayos se obtiene que la tierra óptima para aplicar en la propuesta es la muestra T4 (tabla 1). Según Minke (2008), los porcentajes de materiales recomendados para una buena consistencia son: 4% de grava, 33% de arena, 235% de limo y 8% de arcilla; de acuerdo a Reay y Thomson (2014), la tierra ideal para usarse contiene 30% de limos y 20% de arcilla, bajo en materia orgánica, y a las cuales se les adiciona 3% de fibra de su volumen, que equivale aproximadamente a una parte de fibra por cada 30 partes de tierra, mejorando así la resistencia al desgaste y la rotura (Garzón, 2011, p.67).

Al utilizarse fibras naturales (paja, cabuya, yute, entre otros), la estructura interior de la mezcla disminuye la contracción, minimizando el fisuramiento producido por la retracción durante el secado, debido a los cambios de temperatura y humedad mediante el esquema de un sistema de microfisuras (Amorós, 2011); la interacción de las fibras entre sí y su flexibilidad hace que se comporten como una malla estructural que mantiene al suelo unido, incrementando la resistencia a la compresión y flexión (Babu; Vasudevan, 2008).

3.1 Proceso de elaboración de las muestras

a) Tierra

La extracción de la tierra se realizó con pico y pala; se obtuvieron pequeños terrones, por lo que fue necesario triturar y tamizar la tierra a través de una malla entretejida de 1/8 pulgada (3,18mm) de acero galvanizado.

b) Arena

La arena utilizada es proveniente del río Paute, tamizada en la malla entretejida de 1/8 pulgada (3,18mm) de acero galvanizado.

c) Fibra y cascarilla

¹ SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

² AASHTO: American Association of State Highway Officials, sistema de clasificación de suelos (AASHTO M 145)

³ OMvs (>1500m) Lavas andesitas y piroclásticos riolita: Esta zona es arcillosa, aunque existe suelo rocoso

⁴ MPI a (1500-2700m) Arcillas, areniscas, y conglomerados:

⁵ PIPt (300-1200m) Conglomerados, tobas y brechas: compuesta por canto rodado sobre arena, limo y arcilla

La fibra empleada fue paja y cabuya, la cual se sometió a un proceso de selección y limpieza de impurezas, para luego ser cortada en dimensiones de 3, 5 y 7cm.

La cascarilla de arroz se obtuvo de la zona costera (Machala); ésta fue seleccionada y clasificada por dimensiones de 2 a 5mm.

La cascarilla de nuez se adquirió de la zona interandina (Ambato), y fue triturada en dimensiones entre 2 y 5mm.

La cascarilla de tocte fue obtenida en la ciudad de Cuenca, y de igual manera se procedió a triturarla en dimensiones de 1 a 5 mm, para luego eliminar todas las impurezas.

El aserrín se obtuvo en un aserradero ubicado en la parroquia de Sausi, perteneciente a la ciudad de Cuenca, el cual poseía un tamaño que varía entre 5 y 15mm.

d) Estabilizantes

Para los estabilizantes, se utilizó cal apagada, la que fue sumergida en agua durante 24 horas, y después disuelta en porcentajes de 10 a 20%, para agregarse a la mezcla de tierra.

El cemento, a su vez fue disuelto en agua en porcentajes del 5 al 10%, para mejorar la resistencia.



Figura 4. Materiales para la elaboración de los pisos de tierra

La fabricación del prototipo de piso de tierra se elaboró en base a los materiales indicados en la figura 4, una vez realizada la mezcla se procedió a la toma de muestras, que servirán para el ensayo de resistencia al módulo de rotura, conforme a los parámetros estipulados en la norma ecuatoriana INEN 652 (2000).

Se elaboró 10 muestras con la tierra seleccionada, T4 (tabla 2), la cual se procedió a estabilizar con los siguientes aglutinantes: cemento, cal y acetato de polivinilo (pegamento blanco), en probetas elaboradas con tubo PVC de diámetro 10 cm y 5 cm alto (tabla 3).

Tabla 3 Dosificaciones de mezclas para la producción de pisos de tierra

Muestra	Fibra	Cemento (%)	Cal (%)	Acetato de polivinilo (%)	Secado (días)	Dimensión (cm)
M1	½ de paja				6	10,1 x 5
M2		5			4	10,1 x 5,1
M3			15		4	10,1 x 4,8
M4	½ de cabuya y ½ de cascarilla de nuez	8	15		4	10,1 x 4,6
M5	½ de cascarilla de arroz			5	4,5	10,1 x 4,4
M6	½ de cabuya y ½ de cascarilla de tocte	8	18		4	10,1 x 5
M7	½ de paja		20		3,5	10,1 x 4
M8	½ de paja y ½ de cascarilla de arroz	10			4	10,1 x 4,9
M9		8	20		3,5	10,1 x 4,8
M10	½ cabuya y ½ aserrín	8			3	10,1 x 4,7



Figura 5. Muestras de dosificaciones con diferentes materiales

Para determinar las propiedades físico-mecánicas de los elementos fabricados (figura 5), se efectuaron ensayos de módulo de la rotura, absorción y humectación, de acuerdo a lo siguiente:

- Ensayo de módulo de rotura (NTE INEN 625, 2000) se realiza a partir de 28 días de haber elaborado la mezcla; consiste en aplicar una carga a la muestra de forma uniformemente repartida con velocidad de incremento de la fuerza de $1 \pm 0,2$ N/mm² por segundo.
- Determinación de absorción de agua (NTE INEN 651, 2000) se basa en la diferencia de las masas, de una muestra de tierra, antes y después de ser sumergida en agua, la diferencia entre los dos valores de masa servirá como base para conocer el índice de absorción de agua.
- Determinación de la humectación de bloques de tierra (UNE-EN 41410, 2008), sección 5.7, consiste en sumergir una muestra del piso de tierra en una bandeja de agua durante 30 segundos, dejando secar al aire, hasta igualar el color de la muestra del piso de tierra de referencia, y se observa su estado, anotando si aparecen alteraciones en su

superficie, este proceso se repite 6 veces, observando en el sexto ciclo su estado, luego de dejar secar completamente.

Para la determinación del impermeabilizante a aplicar en el piso se realizaron dos ensayos: resistencia a los agentes químicos y resistencia a las manchas (figura 6).

- Determinación de la resistencia a los agentes químicos (NTE INEN 648, 1999) se basa en someter la muestra a la acción de soluciones químicas: ácido cítrico, ácido láctico y cloruro de amonio, y observar los posibles ataques en un periodo posterior de aplicación de 12 horas.
- Ensayo de resistencia a las manchas (NTE INEN 2198, 2000), consiste en mantener la cara vista en contacto con las siguientes soluciones: trióxido de cromo y glicerina, durante 24 horas, y, posterior a esto someterlas a cinco métodos de limpieza; agua caliente, agua más jabón, cloro, sosa caustica y acetona, finalmente se procede a examinar para detectar cambios irreversibles en su aspecto.



Figura 6. Acabados de pisos de tierra.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La norma ecuatoriana de la construcción (NEC, 2011) para el caso de sistemas constructivos en tierra especifica que la resistencia mínima de rotura es de 1,17 MPa. A partir de los ensayos realizados de las diferentes dosificaciones para pisos de tierra estabilizados con fibras y cemento, se obtuvo un promedio de 2,4 MPa; y una desviación estándar de 1,23 MPa cumpliendo con lo establecido en la norma.

Al agregar a la mezcla cemento y cal como estabilizantes ayuda a mejorar la resistencia a la compresión; combinando el 5% de cemento la resistencia aumenta un 20% (2,2 MPa); si se adhiere 15% de cal se tiene un aumento del 18% (2,1 MPa). La dosificación M6, a la cual se le agrego 8% de cemento, más 18% de cal y $\frac{1}{2}$ del volumen de cascarilla de tocte, se obtuvo el 40% de mejora (4,6 MPa). La dosificación que mostró mayor resistencia es la M8, a la cual se adiciono 10% de cemento, más $\frac{1}{2}$ volumen de cascarilla de arroz; obteniendo un incremento del 46% (5,09 MPa); cabe mencionar que el tiempo de secado para las muestras fue de 28 días (tabla 5)

Los ensayos de humectación dieron como resultado que las muestras cumplen con los parámetros establecidos en la sección 8.3 de la UNE 41410 (2008). Los procesos de sumergimiento (1-4) no presentaron alteraciones, mientras que, los dos últimos sumergimientos (5-6) evidenciaron desprendimientos en los bordes de dimensiones menores a 5 mm.

El ensayo de absorción determinó que el porcentaje promedio de absorción de las muestras a los 7 días es del 22%, mientras que a los 28 días es del 13%. Según Minke (2008), esto se debe a cantidad de poros generados en la mezcla de tierra con fibras vegetales.

Ensayo de resistencia a agentes químicos, de acuerdo a la NTE INEN 648 (2000), a las muestras se le aplicaron tres tipos diferentes de sellantes: aceite de linaza, sellador superficial acrílico de base acuosa y un líquido transparente impregnante con oligómeros polisiloxánicos. Las muestras con revestimiento de aceite de linaza presentan afecciones al aplicar las 3 soluciones (ácido cítrico, ácido láctico y cloruro de amonio), mientras que las muestras con el sellador superficial acrílico de base acuosa, no registran ninguna alteración; las muestras con el líquido transparente impregnante con oligómeros polisiloxánicos son las

que tiene mejores resultados sin ninguna alteración en la superficie, este último se aplicó como impermeabilizante al piso de tierra.

Tabla 5.- Resultados de ensayo de resistencia a la rotura

Muestra	Dimensiones (cm)	Carga rotura (N)	Días de secado	Fatiga rotura (MPa)
M1: tierra + paja	10,1 x 5,0	10983	28	1,27
M2: tierra + paja + 5% C	10,1 x 5,1	18485	28	2,15
M3: tierra+ paja + 15% Cal	10,1 x 4,8	17554	28	2,05
M4: tierra + cabuya + casca de nuez +5% cemento +15% cal	10,1 x 4,6	19809	28	2,35
M5: tierra+ cascarilla de arroz + 5% goma	10,1 x 4,4	9169	28	1,07
M6: tierra +cabuya + cascarilla de tocte +8% cemento +18% cal	10,1 x 5,0	38245	28	4,51
M7: tierra + paja + 20% cal	10,1 x 4,0	36774	28	4,31
M8: tierra+ cascarilla de arroz +paja+10% cemento	10,1 x 4,9	43541	28	5,09
M9:tierra+ paja +cascarilla de arroz+8% cemento + 20% cal	10,1 x 4,8	35745	28	4,21
M10: tierra+ cabuya + aserrín	10,1 x 4,7	7011	28	0,78

El ensayo de resistencia a las manchas, según la norma ecuatoriana NTE INEN 2198 (2000), demuestra que los mejores resultados son en los que se aplicó el impermeabilizante con líquido transparente impregnante con oligómeros polisiloxánicos; las muestras con aceite de linaza se limpian de forma rápida, pero sufren una leve decoloración al estar en contacto con la solución de trióxido de cromo y glicerina, mientras que las muestras con sellador superficial acrílico de base acuosa son las que requirieron de mayor tiempo y proceso para remover las manchas, además de presentar desprendimiento en la superficie.

5. CONCLUSIONES

A partir del ensayo de módulo de rotura, se determinó que la dosificación más idónea, corresponde a la elaborada con tierra + cascarilla de arroz + paja + 10% de cemento (M8), que alcanza una resistencia de 5,09 MPa, cumpliendo con la resistencia mínima establecida por la NEC (2011).

Durante el proceso de elaboración de las muestras de dosificación, se evidenció que la utilización de arena gruesa hace que la resistencia a la rotura disminuya, debido a la generación de vacíos, sin embargo, al tamizar el material se logró que esta incremente, con un mejor terminado al piso.

De los estabilizantes utilizados, se observó que la cascarilla de arroz más el 10% de cemento, permite el aumento y la optimización de las propiedades físico – mecánicas del piso de tierra; a más de ello, la fácil adquisición, su reducido valor económico y el mínimo porcentaje de empleo dentro de la mezcla, permite que el piso alcance mayor resistencia.

Se determinó que el impermeabilizante que presentó mejores resultados fue el impregnante con oligómeros polisiloxánicos, disminuyendo el desgaste y el desprendimiento para proteger el material de la humedad y agentes externos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM D-422-63 (2007) e2. Standard test method for particle-size analysis of soils. USA: ASTM International
- ASTM D-4318-10 (2010). Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils. USA: ASTM International
- Amorós M. (2011). Desarrollo de un nuevo ladrillo de tierra cruda, con aglomerantes y aditivos estructurales de base vegetal. España: Universidad Politécnica de Madrid
- Babu, G. L. S.; Vasudevan, A. K. (2008). Strength and stiffness response of coir fiber reinforced tropical soil. *Journal of Materials in Civil Engineering* 20(9), p. 571–577
- Boltshauser, R.; Rauch, M. (2008). Casa Rauch. Disponible en http://www.tectonicablog.com/docs/tectonica_boltshauser_casa%20rauch.pdf
- Delgado, K.; Flores, C. (2017). Elaboración de un contra piso de tierra pulida como acabado para viviendas sociales en Cuenca. Trabajo de grado. Ecuador: Universidad de Cuenca
- Garzon, L. (2011). Técnicas mixtas. En: Neves, C.; Faria, O. B. (org.). (2011) Técnicas de construcción con tierra. Bauru: FEB-UNESP/PROTERRA. Disponível em <<http://www.redproterra.org>>
- Huiracocha, P. (2014). Casa Nina Huasi, ejemplo de arquitectura viva. Disponible en <https://www.haremoshistoria.net/noticias/casa-nina-huasi-ejemplo-de-arquitectura-viva>
- Minke, G. (2008). Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectural actual. Tercera Edición, Editorial Fin de Siglo, Montevideo, Uruguay.
- Norma E.080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Perú: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=3478>
- NEC (2011). Norma ecuatoriana de la construcción. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda
- NTE INEN 648 (1999). Baldosas cerámicas, determinación de la resistencia a los agentes químicos. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización
- NTE INEN 651 (2000). Baldosas cerámicas, determinación de la absorción de agua, porosidad, aparente, densidad relativa aparente y densidad total. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización
- NTE INEN 652 (2000). Baldosas cerámicas determinación del módulo de rotura y la resistencia a la rotura. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización
- NTE INEN 691 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del límite líquido método de casa grande. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 692 (1982). Mecánica de suelos. Determinación del límite plástico. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 696 (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 2198 (2000). Baldosas cerámicas. Determinación de la resistencia a las manchas. Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización
- Pesántes, M.; González, I. (2011). Arquitectura tradicional en Azuay y Cañar. Técnicas, creencias, prácticas y saberes. Serie estudios. Cuenca: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural.
- Pino, V.; Estramil, V.; (2014). Arquitectura con tierra. Bioconstrucción en cooperativas de vivienda por ayuda mutua. Montevideo: Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo
- Reay, S.; Thomson, J. (2014). Earthen floors: a modern approach to an ancient practice. (Miri Stebi). Canada: New Society Publishers.
- Rotondaro, R. (2007) Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. Colombia: APUNTES, v.20, n.2, p.342-353. Disponible en <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8989/7287>

UNE 41410 (2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. España: Asociación Española de Normalización y Certificación.

AUTORES

José Francisco Pesántez, docente en el área de Construcciones de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Católica de Cuenca; Arquitecto; Master de Tecnología en la Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

Carlos Miguel Tapia Vera, Graduado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Católica de Cuenca.