



Arquitectura en Tierra

Historia y Renovación

XIII CIATTI 2016

Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca y Villagarcía de Campos 2016.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz Guerra.

ISBN: 978-84-697-4387-4

D.L.: VA 531-2017

Impreso en España

Julio de 2017

Publicación online.

Para citar este artículo:

HURTADO FIGUEROA, Oswaldo. "Adobe estructural reforzado con gramíneas de tallos con tejido leñoso". En: *Arquitectura en tierra. Historia y Renovación. XIII CIATTI. Congreso de arquitectura en tierra en Cuenca y Villagarcía de Campos 2016*. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2016. Pp. 237-248

URL de la publicación: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones.html>

Este artículo sólo puede ser utilizado para la investigación, la docencia y para fines privados de estudio. Cualquier reproducción parcial o total, redistribución, reventa, préstamo o concesión de licencias, la oferta sistemática o distribución en cualquier otra forma a cualquier persona está expresamente prohibida sin previa autorización por escrito del autor. El editor no se hace responsable de ninguna pérdida, acciones, demandas, procedimientos, costes o daños cualesquiera, causados o surgidos directa o indirectamente del uso de este material.

This article may be used for research, teaching and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, re-distribution, re-selling, loan or sub-licensing, systematic supply or distribution in any form to anyone is expressly forbidden. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

Copyright © Todos los derechos reservados

© de los textos: sus autores.

© de las imágenes: sus autores o sus referencias.

ADOBE ESTRUCTURAL REFORZADO CON GRAMÍNEAS DE TALLOS CON TEJIDO LEÑOSO

XIII CIATTI 2016. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra, Tradición e Innovación
Valladolid

*Oswaldo Hurtado Figueroa, * Tecnólogo en Construcción*

*Centro de la Industria la Empresa y los Servicios C.I.E.S, Colombia
Grupo de investigación GINDET*

PALABRAS CLAVE: BIO-materiales, adobe, gramíneas

1. Introducción

De las técnicas constructivas en tierra, el adobe es una de las más comunes y utilizadas debido a la versatilidad de su proceso de producción, el cual consiste en prefabricar elementos de mampostería en sitios diferentes a los de su disposición final. Las dimensiones de los mampuestos son características propias de la cultura, zona o región donde sea utilizada la técnica constructiva, al igual que los materiales utilizados para la preparación de los diseños de mezclas necesaria para su elaboración.

Con el fin de mejorar los procesos de fabricación, se han desarrollado diferentes tipos de maquinaria tanto artesanal como industrial, que facilitan su producción en serie. Así mismo, el interés por mantener viva esta técnica ancestral, ha llevado al estudio, con la ayuda de las nuevas tecnologías, de diferentes materiales, en la mayoría de los casos renovables y amigables con el medio ambiente, en busca de mejorar sus características tanto físicas como químicas, con el fin de garantizar su durabilidad ante el paso del tiempo.

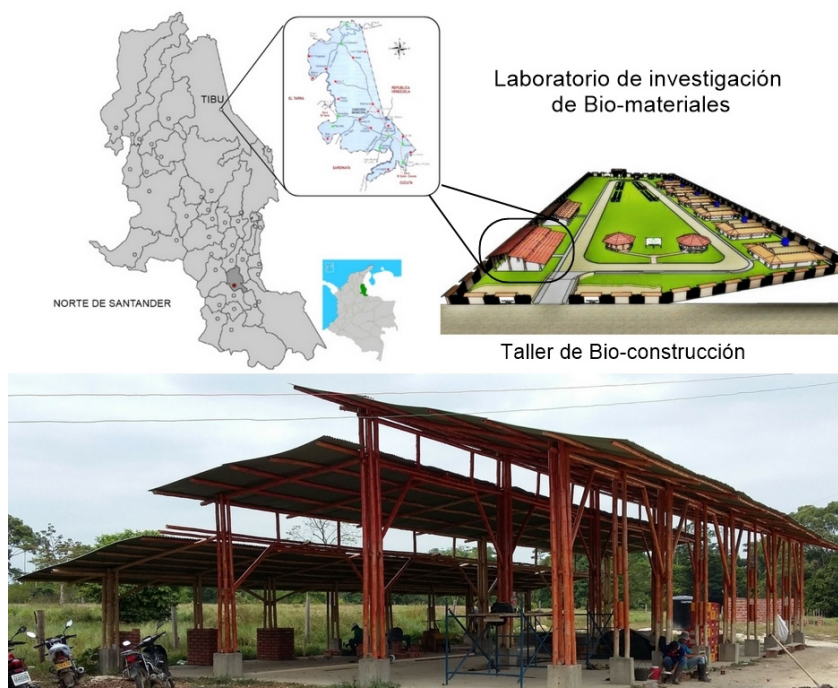


Figura 1. Vista de la ubicación geográfica del taller de Bio-construcción vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S. Video 1: Hurtado, O. (28 de Julio de 2015). Aldea Ecológica Vereda J 10 Municipio de Tibu Norte de Santander Video # 1 Recuperado el 15 de 09 de 2016, de youtube: https://www.youtube.com/watch?v=xIsT_JAgu5o.

Dando continuidad con el proyecto de investigación que se viene adelantando en la vereda J 10 perteneciente al Municipio de Tibu en la Región del Catatumbo, junto con los avances tenidos en la construcción del taller de bioconstrucción “Taller de bioconstrucción sostenible” (Hurtado, O. 2015), que sirve como planta física para el estudio de la tierra y biomateriales para su uso en la construcción de viviendas, y tratando de dar solución al déficit habitacional presentado en la región debido a la falta de interés de los gobernantes locales y sumado al alto costo de los materiales convencionales de construcción, se diseña un adobe prototipo con función estructural, que a diferencia de la mampostería estructural convencional, donde el mampuesto es elaborado con materiales cementantes o pasa por procesos de cocción y es reforzado con aceros, el adobe prototipo, es elaborado a base de materiales naturales tales como: la tierra, arena, estiércol de vacunos y equinos, con adición de desechos agrícolas como la paja del arroz.

El mampuesto cuenta con cavidades especialmente diseñadas para el paso de gramíneas¹ de tallos con tejidos leñosos, como lo son las cañas y la guadua; que ayudan a soportar y transmitir esfuerzos tanto horizontales como verticales. Con el adobe como elemento principal, se construirán viviendas climáticamente confortables y amigables con el medio ambiente, sin dejar a un lado los parámetros descritos en la norma sismo resistente NSR-10 que rige para nuestro país, (Colombia).

2. Antecedentes

El hombre ha utilizado desde su origen la tierra y los biomateriales para diferentes fines, siendo la construcción de sus refugios uno de los principales. Según los recursos encontrados en su entorno, desarrolló una serie de técnicas constructivas, las cuales son implementadas con base a la disposición de los biomateriales disponibles. Las técnicas se caracterizan por la presencia o ausencia de biomateriales que ayudan a soportar los esfuerzos mecánicos a los que son sujetos los elementos construidos, siendo la tierra el material predominante.



1 BICOLOR 3 CEBOLLA 5 CASTILLA

2 NIGRA 4 MACANA 6 COTUDA

Figura 2. Formas y variedades de la *Guadua Angustifolia* Kunt. Fuente: C.R.O Corporación Autónoma Regional de Quindío.

Uno de los materiales más utilizados en los diseños de mezclas, según sea su disposición, son las fibras vegetales, las cuales gracias a sus características, ayudan a soportar los esfuerzos de tracción y flexión a los que son vulnerables las piezas o elementos contruidos con los diferentes diseños de mezclas utilizados para la construcción de viviendas o refugios.

Las gramíneas son pieza clave en el diseño y elaboración de biomezclas para la construcción de viviendas, mejorando su resistencia mecánica con el aporte de sus fibras vegetales. En la familia de gramíneas, existen dos especies que poseen tallos con tejido leñoso capaz de soportar altos esfuerzos, según sean las cargas a las que se les someta.

La primera, es la *Guadua Angustifolia* Kunt, especie endémica de América. Se considera nativa de Colombia, Venezuela y Ecuador, y posee variedades tales como: Bicolor, que se identifica por sus rayas amarillas en su culmo verde; y Nigra, que presenta rayas de color verde oscuro sobre su culmo.² También presenta formas tales como: Cebolla, que se reconoce por sus culmos gruesos, rectos y entrenudos largos; Macana, que se reconoce por sus entrenudos cortos; Castilla, que se identifica por el diámetros de sus culmos que alcanzan más de 25 cm junto con espesor de sus paredes internas de 2 a 3 cm; y Cotuda, que se reconoce fácilmente por las pequeñas curvaturas que presenta en sus culmos.

Debido a las características presentadas por las variedades y formas, sumado a las alturas que pueden llegar a alcanzar de 20 a 25 m, junto con sus espesores de paredes internas, las guaduas más comunes utilizadas en la construcción de las estructuras principales de viviendas son: la Castilla, la Cebolla y la Macana; variedades que están contempladas y enmarcadas en el Título G “estructuras en madera y estructuras en Guadua” de la Norma Sismo Resistente NSR-10 que rige para nuestro país.

La segunda especie de gramínea es la *Arundo Donax*, comúnmente conocida como caña, caña lata, o caña brava entre otros. Su origen es objeto de debate. Algunos especialistas la ubican en Asia de donde posiblemente se extendió al resto del mundo. Esta especie de gramínea es más común y se encuentra presente en el sur de Europa, Sudáfrica, Norte de África, Australia, Nueva Zelanda, la mayor parte del centro y sur de Asia, Estados Unidos, Antillas, América central, América del sur, y las Islas del Pacífico. Es menos resistente por sí sola que la Guadua, pero en grupos y juntas llega a alcanzar igual o mayor resistencia, llegando a tomar alturas entre los 5 y 6 m con diámetros comprendidos entre los 2 y 3 cm.

Las descripciones presentadas hacen de estos dos tipos de gramíneas los aliados ideales para la construcción de estructuras con técnicas a base de tierra cruda, donde se reemplaza la utilización de recursos maderables por la implementación de plantas herbáceas de fácil propagación, manejo, y lo más importante: un recurso renovable a muy corto tiempo, en el caso de la guadua de 4 a 5 años, y en el caso de la caña de 1 a 2 años.

3. Adobe estructural reforzado con gramíneas de tallos con tejido leñoso

3.1 Objetivo general

Fabricar un adobe estructural prototipo, con cavidades especiales para el paso de gramíneas de tallos con tejido leñoso, que servirá como refuerzo a la estructura construida.

Adobe que será utilizado para la construcción de viviendas climáticamente confortables, amigables con el medio ambiente y sísmicamente resistentes.



Figura 3. Construcción del taller de bio-construcción y acondicionamiento del laboratorio de investigación, vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.

3.2 Objetivos específicos

- Construir un taller como planta física.
 - Construir y acondicionar un laboratorio de investigación de la tierra y biomateriales para su uso en la construcción de viviendas.
 - Recolectar muestras de biomateriales para realizar los respectivos ensayos de campo.
 - Realizar ensayos de campo para determinar diseños de mezclas óptimos.
- Diseñar un molde para el adobe prototipo.
 - Construir un molde prototipo en madera.
 - Construir moldes metálicos.
- Elaborar adobes con el diseño de mezcla óptimo.
 - Seleccionar y cortar caña brava y guaduas.
 - Construir muros de ensayo.

3.3 Construcción de un taller como planta física

Dando continuidad al proyecto de investigación que se viene realizando en la vereda J 10 del municipio de Tibu perteneciente a la región del Catatumbo, fue construido un taller como planta física, cuyas dimensiones están comprendidas en 11.50 m de ancho y 22 m de largo, en el cual fue implementada la guadua como estructura principal, material que fue cortado sobre el kilómetro 23 vía al corregimiento de la Gabarra. Cabe resaltar que en la región del Catatumbo, comprendida por 11 municipios, no es común la utilización de la guadua ni la caña brava para su uso en la construcción de viviendas. Por costumbres locales, las viviendas son construidas inicialmente en madera para luego ser edificadas con materiales convencionales tales como el cemento y mampuestos cerámicos.

Dado este referente, nace la idea de construir el laboratorio para el análisis de biomateriales con enfoque constructivo, a fin de enseñar a la comunidad local alternativas constructivas



Figura 4. Recolección de biomateriales y realización de ensayos de campos, vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.



Figura 5. Diseño, elaboración de molde en madera y metálico para adobes, vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.

con la implementación de materiales propios de la zona, sin dejar a un lado la preservación y conservación del medio ambiente, propagando los cultivos de gramíneas, con el fin de reemplazar la utilización de la madera y reduciendo en cierta forma la tala de bosques nativos.

3.3.1 Construcción y acondicionamiento de un laboratorio de investigación de la tierra y bio-materiales para su uso en la construcción de viviendas “Ensayos de campo”

Terminada la construcción del taller como planta física, se dio inicio a la construcción y acondicionamiento del laboratorio de investigación de biomateriales, donde el material

predominante para el análisis fue la tierra. El laboratorio fue acondicionado dentro de las instalaciones del taller, ciñéndose a los diseños estipulados inicialmente.

4. Recolección de muestras de Biomateriales para la realización de los respectivos ensayos de campo

Para el inicio de los ensayos, se recolectaron biomateriales tomados en diferentes lugares del municipio. Se tomaron muestras de suelos, paja (residuo vegetal del arroz), estiércol de vaca y arena.

4.1 Realización de ensayos de campo para determinar diseños de mezclas óptimos



Figura 6. Elaboración de adobes, vereda J10 del municipio de Tibú, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.

Teniendo los biomateriales recolectados, se elaboraron diferentes mezclas y se les realizaron ensayos de campo, con los que se identificaron los diseños de mezclas óptimos para la elaboración de los adobes. Así mismo, se fabricaron adobes de ensayo, que fueron llevados ante el laboratorio de resistencia de materiales, donde se les hicieron las respectivas pruebas y análisis.

5. Diseño del molde para el adobe

Con la idea que precede al objetivo general del proyecto, se realiza el diseño del molde para la fabricación de los adobes. Para este fin, se utiliza un programa de diseño que nos ayuda a modelar en 3D (SketchUp).

5.1 Construcción de molde prototipo en madera

Luego de realizar el diseño del molde junto con sus respectivos planos, se inicia la construcción de su prototipo en madera, con el cual se elaboraron adobes de muestra para determinar procesos tales como el posicionamiento de piezas, el vertimiento de la mezcla, la compresión, manual o con ayuda de elementos (pisón)³, el desencofrado, y el acabado final del adobe, entre otros.

5.2 Construcción de molde metálico

Una vez realizados los adobes de prueba con la ayuda del molde prototipo hecho en madera y teniendo definidos los pasos o procedimientos a seguir para la elaboración de los adobes, se determina la construcción de los moldes metálicos definitivos.

6. Elaboración de adobes con el diseño de mezcla óptimo

Realizadas las pruebas respectivas a los moldes incluyendo sus correcciones, junto con el diseño de mezcla óptimo mostrado por los ensayos de campo a los que fueron expuestos los biomateriales presentes en la zona, se procede a la elaboración de los adobes que servirán como elementos principales para el levantamiento de los muros de ensayo.

El adobe prototipo fue diseñado para ejercer una función estructural, siendo similar a la mampostería estructural convencional. Solo que a diferencia de ésta, donde el mampuesto es elaborado a base de materiales cementantes o pasa por procesos de cocción y se refuerza con aceros; el adobe prototipo está hecho 100% con biomateriales tales como la tierra, arena, estiércol de vacunos y equinos con adición de desechos agrícolas



Figura 7. Identificación, selección y corte de Gramíneas de tallos de tejido leñoso, vereda J10 del municipio de Tibú, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.

como la paja del arroz; donde su proceso de fabricación es totalmente artesanal con un tiempo de secado a la sombra de alrededor de 15 días generando un mínimo o ningún residuo contaminante.

El adobe cuenta con cavidades y superficies cóncavas, especialmente diseñadas para el paso de gramíneas de tallos con tejidos leñosos, como son las cañas y la guadua, que ayudarían a soportar y transmitir esfuerzos. Sus dimensiones son 0.38 m de largo, 0.20 m de ancho y 0.10 m de alto para ser utilizado con una brecha de 0.02 m.

7. Selección y corte de caña brava y guaduas

Teniendo elaborados los adobes, se procede a la identificación, selección y corte de las cañas brava y las guaduas, que servirán de refuerzos horizontales y verticales del muro. Con la implementación de este tipo de material vegetal, se pretende reducir la utilización de la madera para su uso en la construcción de viviendas, lo cual es muy común en las zonas veredales.

Al ser la Guadua y la caña brava gramíneas de tallos con tejido leñoso, se convierten en una alternativa factible para el reemplazo de

los recursos maderables, ya que son de fácil propagación, rápido crecimiento y totalmente renovables.

Creando la cultura de la siembra de este tipo de gramíneas para su utilización como material de construcción, se podría reducir considerablemente la tala indiscriminada de bosques, protegiendo de esta manera los pulmones del planeta.

8. Construcción de muros de ensayo

Teniendo los adobes elaborados y las cañas y las guaduas seleccionadas, se dio inicio a la construcción de los muros de ensayo. La ubicación de los muros se hace de Este a Oeste colocados en zigzag y separados uno del otro a 4 m de distancia, garantizando que sean abrazados por la luz solar durante el día, con ausencia total de sombra sobre ellos, sumado a la exposición de la lluvia y vientos.

Las indicaciones mencionadas son de gran importancia para la toma de resultados, puesto que los muros serán revestidos con morteros elaborados a base de los mismos materiales, con adiciones de cal y yeso, lo que hace necesario el conocimiento y documentación del comportamiento de las mezclas a la intemperie.



Figura 8. Levantamiento de muros de ensayo, vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.

Para la construcción de los muros se realizaron las siguientes actividades:

- Fundida⁴ del cemento

El tipo de cemento elegido para la construcción de los muros fue el cemento ciclópeo, con un diseño de 70% de concreto de 3000 Psi y 30% de piedra rajada. Sus dimensiones fueron de 2 x 0.30 x 0.50 m, quedando el cemento a 0.30 m bajo el nivel del terreno.

- Colocación de las cañas verticales

Luego de fundido el cemento y poco tiempo después de iniciar su fraguado, se introducen las cañas, que van a servir como refuerzos verticales, y las guaduas; que van a jugar el papel de columnas como estructura principal. Las cañas se colocan a una distancia de 0.20 m entre ejes, distancia que nos arroja lo contemplado por el diseño del adobe.

- Colocación de la primera hilada

Al día siguiente de la fundida de los cimientos, junto con la colocación de las cañas y guaduas, se inició el levantamiento de las primeras hiladas del muro. Se nivelaron y aplomaron los codales⁵ guía al igual que en la

mampostería convencional, donde se marcan en ellos las alturas que se pretenden en las hiladas, en este caso 0.12 m, siendo la altura del mampuesto 0.10 m más la altura de la brecha 0.02 m.

Se extiende mezcla a lo largo del cimiento, para luego insertar cuidadosamente las cañas dentro de las cavidades del mampuesto. Seguido, se vierte nuevamente mezcla, pero esta vez sobre la superficie de los mampuestos colocados inicialmente, rellenando en su totalidad los espacios en las cavidades que no ocuparon las cañas. Se pega la hilada verificando su nivel y plomo con la ayuda de un nivel de mano. A la altura de la tercera hilada, se coloca un refuerzo de caña horizontal, ubicado dentro de las superficies cóncavas con las que cuenta el mampuesto para tal fin. Refuerzos que amarran las guaduas columnas para dar mayor sujeción al muro. Se sigue este proceso hasta llegar a una tercera parte de la altura del muro, evitando su sobrecarga, y al día siguiente se repiten las mismas actividades.

El diseño de mezcla óptimo para la elaboración de los mampuestos fue: dos porciones de suelo arcilloso en emulsión, dos porciones de paja picada a 0.15 m apx, una porción de

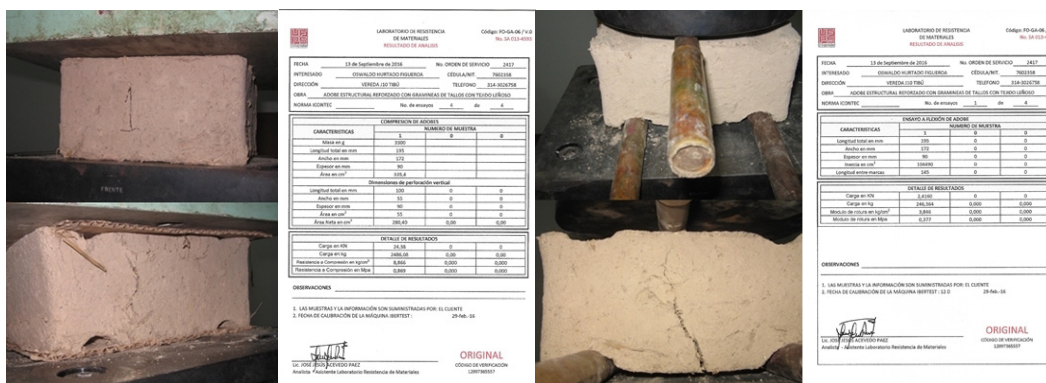


Figura 9. Ensayos de laboratorio realizados a los adobes, laboratorio de resistencia de materiales, Cúcuta Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.

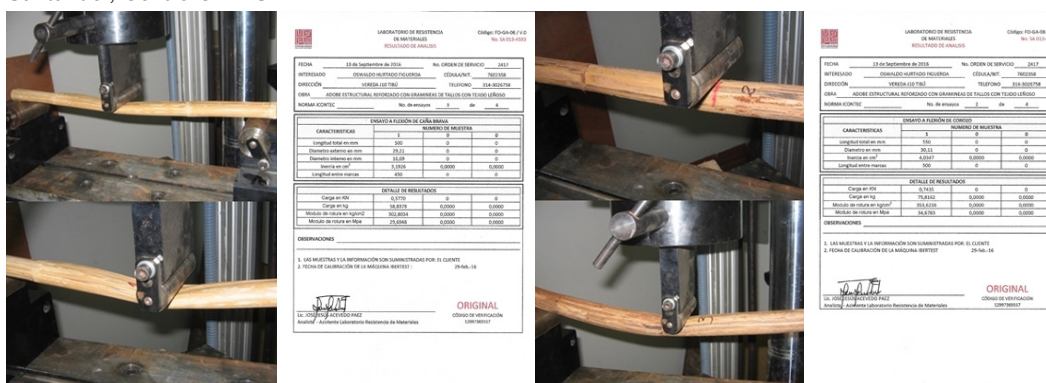


Figura 10. Ensayos de laboratorio realizados a las cañas, laboratorio de resistencia de materiales, Cúcuta Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Regional Norte de Santander, Centro C.I.E.S.

estiércol de vaca cernido y una porción de arena. Se agrega agua y se mezcla hasta lograr una consistencia no muy saturada que deje desmoldar pero sin deformar el adobe. Para la mezcla utilizada en el pegado de las hiladas “mortero”, se realizó el mismo diseño, solo que se modificó el tamaño de la paja a 0.05 m.

9. ENSAYOS DE LABORATORIO

9.1 Propiedades físicas de la Guadua

Para determinar las características físicas de la *Guadua Angustifolia* se realizaron los siguientes ensayos:

- Contenido de humedad (%). Según Norma NTC 5525
- Densidad básica. Según Norma NTC 5525.

9.2 Propiedades mecánicas de la Guadua

Para determinar las características mecánicas de la *Guadua Angustifolia* se realizaron los siguientes ensayos:

- Esfuerzo de Compresión Paralelo a la fibra.
- Esfuerzo a Tensión Paralelo a la Fibra. Según NTC 5525.
- Esfuerzo Cortante Paralelo a la Fibra. Según NTC 5525.
- Esfuerzo a Flexión o Módulo de Rotura (MOR). según NTC 5525.

9.3 Caracterización física en el laboratorio de suelos y geotecnia

Los siguientes ensayos determinaron las características físicas del adobe y mezcla de pega “mortero”.

- Composición granulométrica (% gravas, arenas, finos)
- Peso específico
- Contenido de materia orgánica (%)
- Contenido de humedad (%)
- Límites de consistencia (Límite líquido, límite plástico e índice plástico)
- Clasificación de suelo (USC, AASHTO)
- Inercia Térmica

9.4 Caracterización mecánica en el laboratorio de materiales

Se realizaron los siguientes ensayos:

- Compresión sobre unidades de adobe y fragmentos preparados de mortero de pega
- Flexión perpendicular al plano horizontal de unidades de adobe

9.5 Caracterización química en el laboratorio

Para la caracterización química del adobe, la mezcla de pega “mortero” y el “mortero de revestimiento”, se realizaron los siguientes análisis:

- Contenido en humedad (%)
- Contenido materia orgánica (%)
- Composición de elementos químicos (Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg)

9.6 Estudios termodinámicos vivienda

Los parámetros a determinar para realizar el estudio de confort térmico en la vivienda, serán las temperaturas externas e internas de la vivienda en determinados periodos de fluctuación de temperatura y humedad en el municipio de Tibu Norte de Santander.

- Temperatura mínima media, temperatura media, temperatura máxima media, amplitud media.
- Humedad mínima media (%), humedad relativa media (%), humedad máxima media (%)

10. Agradecimientos

El autor agradece al Servicio Nacional del aprendizaje SENA Regional Norte de Santander Centro CIES, a todas las personas vinculadas a la Asociación de Familias Emprendedoras de Tibu y el Catatumbo ASO-FETCAT de la vereda J10 del municipio de Tibu, al Programa Formación Para el Futuro P.F.P.F de la Organización de Estados Ibero Americanos OEI en alianza SENA y Ecopetrol, a la empresa Mantenimiento Industrial Petrolero Ciro Estupiñan MIPCE,

a los aprendices de la formación titulada Técnico en construcción de edificaciones de los municipios del Tarra y Tibu, a los dos estudiantes del programa Tecnólogo en Topografía de las Unidades Tecnológicas del Santander UTS con sede en la ciudad de Cúcuta y a todas las personas, amigas del medio ambiente, que de una u otra manera han sido partícipes en el avance del proyecto y los resultados de las investigaciones.

Bibliografía

- AGUIRRE MORALES, Ramon. Bóveda mexicana de cañon. En *Youtube* [vídeo en línea]: 04 Julio 2011. <<https://www.youtube.com/watch?v=Gy73GSB4O0>> [Consulta: 07 Julio 2016]
- BELANKO, Jorge. EL barro, las manos, la casa. En *Youtube* [vídeo en línea]: 21 Agosto 2013. <<https://www.youtube.com/watch?v=5BxcRVdWaRc>> [Consulta: 17 Julio 2016]
- Corporación de desarrollo tecnológico. Manual de Terreno Tierra Cruda (CDT). En *Youtube*. [video en línea]: 29 Julio 2012 < <https://www.youtube.com/watch?v=BGdIVMRaO4&list=PLp5qTVE6RR3ib-PjZDvtbm3QHO50hx8BX> > [Consulta: 19 Agosto 2016]
- COLOMBIA. *Normas y especificaciones generales para ensayos de suelos*. [en línea]: 15 Agosto 2014 < <http://www.invias.gov.co> > [Consulta: 02 Agosto 2016]
- COMPES. *Estrategias de desarrollo integral de la región del Catatumbo*. Colombia, 2013.
- COQUEMONT, Laurent. Jornada Técnica 'Construcción en Tierra Paja'. En *Youtube* [vídeo en línea]: 07 Mayo 2014. <<https://www.youtube.com/watch?v=5jvKI5k5L1Q> > [Consulta: 22 Agosto 2016]
- COQUEMONT, Laurent. Taller de revestimientos de muros con tierra. En *Youtube*. [video en línea]: 16 Octubre 2011. <<https://www.youtube.com/watch?v=CpTptTTz8VY>> [Consulta: 05 Junio 2016]
- CORPOCALDAS. *Cámara de Comercio de Manizales. Microcluster de la Guadua*. Manizales, Caldas. 2002. Colombia
- HURTADO FIGUEROA, Oswaldo. Aldea Ecológica Vereda J 10 Municipio de Tibu Norte de Santander Video # 1. En *Youtube*. [video en línea]: 28 Julio 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=xIsT_JAgu5o> [Consulta: 15 septiembre 2016]
- HURTADO FIGUEROA, Oswaldo. "Taller de bio-construcción sostenible." En *Arquitectura en tierra patrimonio cultural*, Jové, F.; Sainz Guerra, J.L. Ed. Cátedra Juan de Villanueva. Valladolid, 2015. Pp. 153-162.
- HARMAN, Lucy. *Confort Térmico en Viviendas Altoandina. Un Enfoque Integral. Proyecto Ccsa-manta Qarkanakusum*. Ed: Fundación Care Peru, Perú, 2010.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. *Métodos de Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth: Icontec*, Colombia, 2007.
- LA CAÑA GUADUA. Sociedad Colombiana de Bambú [en línea]: <www.sica.gov.ec Ecuador>
- LOSANO, Nelson; TAPASCO, Jeimar. "Adaptación al Cambio Climático del Sector Agropecuario." Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Corporación del Nororiente-CORPONOR. Cúcuta, 2015.
- MARTÍNEZ COVALEDA, Héctor; PINZON RUÍZ, Nidyan; ESPINOSA PÉREZ, Diana. *La Cadena de la Guadua en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica*. Documento de Trabajo N°. 65, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocalendas. Colombia, 2005.
- MINKE, Gernot. *La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual, Manual de construcción con tierra*. Ed: Ecohabitar
- PERÚ. *Norma técnica de edificaciones NTE E0.80*, Adobe, Marzo 2000
- RIVERA TORRES, Juan Carlos. *El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales*. Apuntes, vol. 25, núm. 2, Bogotá, 2012. Pp164-181.
- SALAS DELGADO, Eduardo. "Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Catalunya 2010
- SALAZAR, Johnny. *Manual de construcción natural construyendo con Cob, Esculpiendo a mano su propia casa, modulo 1*.
- XIMENA, Londoño. *The American Bamboos with Emphasis in the Genus Guadua*. Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas- INCIVA. Cali, Colombia

Citas y notas

* **Oswaldo Hurtado Figueroa**, *Tecnólogo en Construcción, Instructor de Construcción, Obras Civiles y Construcciones en Guadua, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios C.I.E.S, Grupo de investigación GINDET, Cúcuta, Norte de Santander, Colombia.*

1. Planta herbácea de tallos cilíndricos comúnmente huecos interrumpidos de trecho en trecho por nudos.

2. Tallo herbáceo articulado propio de gramíneas.

3. En construcción, herramienta de madera formada por un cuerpo con figura de cono truncado y un mango, usada para aplastar y apretar la tierra.

4. Proceso que comprende la elaboración de la mezcla en concreto, el encofrado del elemento y el vertimiento del concreto dentro del encofrado. Dando como resultado final, la construcción del elemento en concreto.

5. Tubos metálicos que sirven para sostener los hilos guía, referenciando el nivel que conserva un muro que se construye o se levanta.