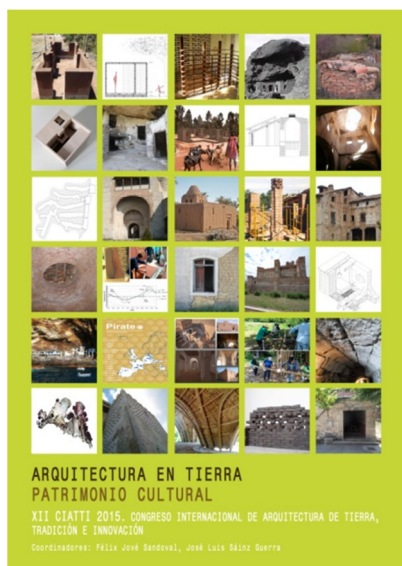




Arquitectura en Tierra

Patrimonio Cultural

XII CIATTI 2015

Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2015.

Coordinadores: Félix Jové Sandoval, José Luis Sáinz Guerra.

ISBN: 978-84-617-4586-9

D.L.: VA 620-2016

Impreso en España

Agosto de 2016

Publicación online.

Para citar este artículo:

HURTADO FIGUEROA, Oswaldo; VALERA ZAPATA, José Luis. "Taller de bio-construcción sostenible". En: *Arquitectura en tierra. Patrimonio Cultural. XII CIATTI. Congreso de arquitectura en tierra en Cuenca de Campos 2015*. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2015. Pp. 153-162

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.

TALLER DE BIO-CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

XII CIATTI 2015. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra
Cuenca de Campos, Valladolid.

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.

José Luis Valera Zapata. PhD Ciencias Biológicas, Líder Investigación, Tecnología e Innovación-Sennova, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro de Formación para el Desarrollo Rural y Minero CEDRUM., Grupo de Investigación CEDRUM, Cúcuta - Norte de Santander Colombia.

PALABRAS CLAVE: bio-construcción, bio-materiales, guadua

1. Introducción

A nivel mundial se evidencia una problemática ambiental ocasionada por la contaminación de gases de tipo invernadero - GTI, como resultado de diferentes actividades industriales, entre ellas la emisión de CO₂ por cementeras y ladrilleras. Estudios revelan que el aumento de concentración de GTI empieza a tener un efecto sobre la variabilidad climática, ocasionando en cortos espacios de tiempo cambios extremos de temperatura y precipitación.

En la construcción de edificaciones, el confort y la comodidad de los ambientes es uno de los

puntos clave para la aceptación del proyecto por parte del cliente, desde este punto de vista, los diseños aplicados a dichos ambientes debe contener sistemas de ventilación natural tales como ventanas, balcones, aleros o voladizos etc. La no existencia de confort climático obliga a la utilización de sistemas de ventilación artificiales, tales como, ventiladores o aires acondicionados, los cuales generan un gasto energético y económico.

La región del Catatumbo, ubicada al norte del departamento del Norte de Santander - Colombia y frontera con la República Bolivariana de Venezuela, es un remanente de selva húmeda tropical con abundantes

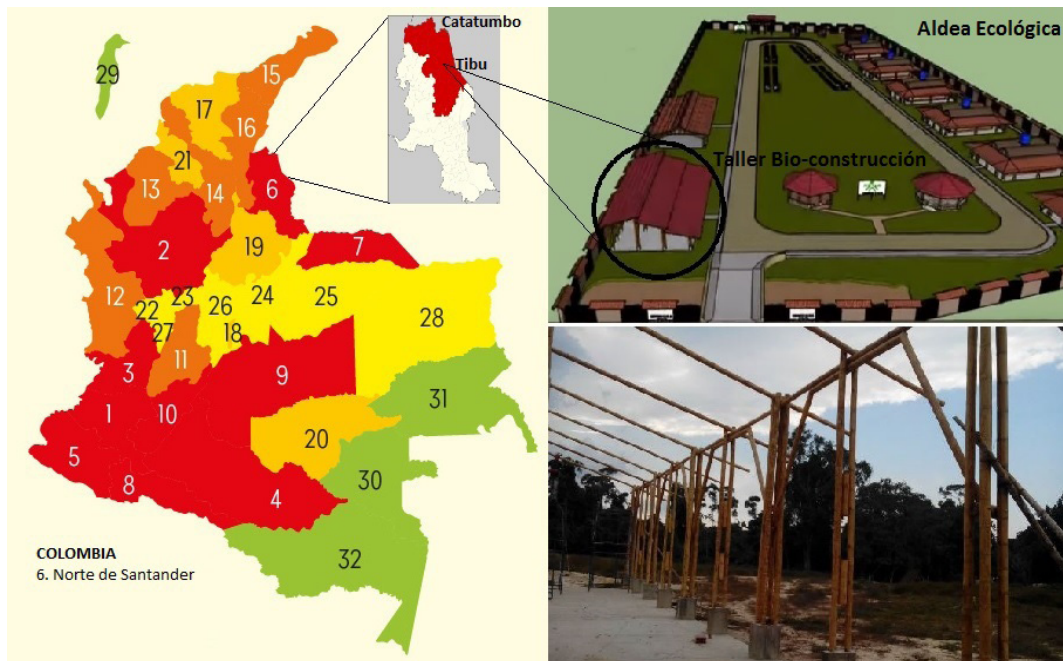


Figura 1. Vista ubicación geográfica taller de Bio-construcción vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Link Video 1. https://www.youtube.com/watch?v=xIsT_JAgu5o
Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA.

recursos naturales y energéticos, y sometida durante muchos años a conflictos armados, los cuales han generado un alto índice de pobreza y desplazados. Efecto de lo anterior, es la baja disponibilidad de viviendas a pesar de la inversión de recursos estatales destinados a la promoción de construcción de viviendas rurales.

Teniendo en cuenta los aspectos ambientales, sociales y económicos de la región del Catatumbo, el Centro de la Industria la Empresa y los Servicios CIES, perteneciente al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA de la Regional Norte de Santander, viene desarrollando en la vereda J10 del municipio de Tibu correspondiente a la región del Catatumbo, la construcción de la primera Aldea Ecológica a nivel nacional, en cuya primera fase se viene ejecutando la construcción de un Taller de Bio-Construcción, cuyas dimensiones son 11, 50 mts de ancho y 22 mts de largo. A día de hoy, dicho taller presenta un avance de un 80%, y la ejecución de una serie de ensayos con diferentes tipos de bio-materiales tales como: la tierra, la paja, la guadua, la caña brava, la piedra, entre otros, los cuales son de bajo impacto ambiental, altamente reciclables, extraíbles mediante procesos

sencillos, de bajo costo y satisfacen el confort térmico regulando la sensación térmica de la atmosfera de los ambientes existentes en una vivienda (figura 1, link video 1).

2. Antecedentes

La guadua en Colombia fue pieza fundamental en el proceso poblacional ocurrido en la región del viejo Caldas, conocido como el periodo de la colonización antioqueña. Contribuyó con sus versátiles propiedades a agilizar el proceso de poblamiento de las comunidades emigrantes que finalmente se establecieron en la hoya geográfica del cauca ciudades como Medellín, Pereira, Manizales, Armenia y Cali y que hoy constituyen orgullo para Colombia. La guadua es además un vegetal que desempeña un importante papel como especie protectora en cuencas hidrográficas, pero es también un elemento imprescindible para nuestro desarrollo socio cultural.

La guadua es un bambú espinoso perteneciente a la Familia Poaceae, a la sub-familia Bambusoideae y a la tribu Bambuseae. En 1820, el botánico Kunth constituye este género utilizando el vocablo "Guadúa" con el que los indígenas de Colombia y Ecuador

se referían a este bambú. Este género, que reúne aproximadamente 30 especies, se puede distinguir de los demás participantes por los tallos robustos y espinosos, por las bandas de pelos blancos en la región del nudo y por las hojas caulinares en forma triangular.

En Colombia la guadua se encuentra distribuida a lo largo de la Cordillera Central y la zona céntrica del país en los departamentos de Antioquia, Cauca, Caldas, Cundinamarca, Huila, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca. Según algunos estudios se calcula que existen entre 50.000 y 60.000 Ha. de guadua de las cuales el 95% son guaduales naturales y el 5% cultivados; sólo son aprovechadas el 40% del total, es decir, aproximadamente 24.000 Ha. No obstante, algunos autores argumentan que “las áreas naturales y plantadas alcanzan 36.181 Ha., de las cuales 31.286, están en el eje Cafetero, Tolima y Valle del Cauca”. Para los otros departamentos la información es fragmentada aunque según algunas estimaciones en Antioquia, Huila, Putumayo, Caquetá, Cundinamarca, Cauca y Nariño se cuenta con importantes cubiertas boscosas de guadua, las cuales no disponen de registros de información.

Colombia ocupa el segundo lugar en diversidad de bambú en Latinoamérica. Actualmente, 9 géneros y 70 especies están reportados, siendo 24 especies endémicas y por lo menos aún 12 por describir. La región andina tiene la mayor cantidad y la más grande diversidad en población de especies de árboles (89%) y la cordillera oriental la más rica, con el 55% de bosques de bambú reportados hasta ahora. Los departamentos de Colombia con mayor diversidad de bosques de bambú son Norte de Santander, Cundinamarca, Cauca, Valle del Cauca, Antioquia, Huila, Nariño y Quindío. La mayoría de especies pertenecen al género Chusquea (30%), y el resto pertenecen a los géneros Neurolepis, Arthrostylidium, Aulonemia, Elytostachys, Merostachys, Rhipidocladum, Guadua y Otatea.

La especie Guadua Angustifolia sobresale dentro del género por sus propiedades físico – mecánicas y por el tamaño de sus culmos que alcanzan hasta 30 metros de altura y 25 centímetros de diámetro. Ha sido seleccionada como una de las veinte especies de bambúes mejores del mundo ya que su capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión la convierten en un material ideal para

construcciones sismo-resistentes.

En cuanto a los beneficios ambientales, la guadua es agua, captura de CO₂ y producción de oxígeno que puede ser aprovechada en la protección de cuencas y microcuencas.

La Norma Unificada de Colombia para el Manejo y Aprovechamiento de la Guadua, es la que reglamenta el manejo y aprovechamiento sostenible de los bosques naturales y las plantaciones productoras y protectoras de guadua, caña brava y bambú y se adopta los términos de referencia para la elaboración de los respectivos planes de manejo forestal.

3. Proyecto de Taller de Bio-construcción Sostenible

3.1. Objetivo General

Construir una Aldea ecológica en la vereda J 10 en el corregimiento de 3 Bocas del municipio de Tibu Norte de Santander perteneciente a la región del Catatumbo, el cual servirá como planta física y semillero de investigación, para la elaboración de ensayos, con los diferentes materiales amigables con el medio ambiente, no industrializados, y materiales reciclables, enfocados en la construcción de viviendas climáticamente confortables, todo lo anterior bajo el conocimiento e implementación de la Norma Sismo Resistente N.S.R- 10 que rige para nuestro país, dando como resultado los diseños de mezclas y componentes de los bio-materiales para la elaboración de los adobes, bloques en tierra y paja, tapias y bio-concretos entre otros, necesarios para la construcción de viviendas climáticamente mejoradas y sismo resistentes. Con la implementación y propagación por medio de viveros de cultivos alternos a los existentes en la región como los son la Guadua y la caña brava, aptos para la construcción de viviendas según el título G de la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR -10 “Estructuras de madera y estructuras de Guadua”.

3.2. Objetivos específicos

- Construcción del taller de bio- construcción, semillero de investigación y alojamiento piloto con materiales alternativos (Fase I).
- Construcción de viveros y tanques de riego para viveros (Fase II).



Figura 2. Vista construcción de cimentación y mampostería taller de Bio-construcción en la vereda J10 del municipio de Tibu, Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Link video 2 <https://www.youtube.com/watch?v=DO3f7dwlmU0>. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Centro CIES.



Figura 3. Vista corte de guadua taller de Bio-construcción en la vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Link video 3. <https://youtu.be/cuO7Q7hFJLk>
Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Centro CIES.

- Construcción de alojamientos con diferentes técnicas de bio- construcción. “Son 8 con capacidad de 4 personas cada uno” (Fase III)

3.3. Construcción del taller de Bio-construcción, semillero de investigación y alojamiento piloto con materiales alternativos (Fase I)

3.3.1. Adquisición de Terreno y asociatividad

Se realizó la socialización del proyecto en la vereda j 10, donde se llegó a un acuerdo comunal de la conformación de una asociación la cual se denominó Asociación de Familias Emprendedoras de Tibu y el Catatumbo ASOFETCAT, donde también se determinó el aporte por asociado para la adquisición del lote donde será construida la aldea ecológica, que está comprendido por 1.5 hectáreas.

3.3.2. Descapote

En la actividad relacionada con el descapote y nivelación del terreno, se intentó hacer de manera manual por parte de los asociados y los aprendices del centro C.I.E.S del SENA, actividad que fue imposible debido a la complejidad del terreno en cuanto a la dureza de su suelo y las imperfecciones del mismo, debido a esto, se gestionó la disponibilidad de un cargador frontal tipo “Bulldózer”.

3.3.3. Localización y Replanteo del Taller

Con la ayuda de los aprendices egresados de la formación Titulada Técnico en construcción de edificaciones del municipio de Tibu, se realizó la localización y el replanteo de los elementos en concreto y cimentaciones necesarios para la construcción del taller de Bio- Construcción, ciñéndose a los estudios, planos y diseños realizados.



Figura 4. Vista limpieza e inmunización de la Guadua taller de Bio-construcción en la vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Centro CIES.

3.3.4. Fundida de cimentaciones, losas en concretos y construcción de piscina y pileta en mampostería

Esta actividad fue desarrollada por los aprendices egresados de las formación Técnico en construcción de edificaciones del municipio de Tibu, junto con la ayuda de 12 aprendices de la formación Titulada Técnico en construcción de edificaciones del municipio de el Tarra “aprendices en formación”, la participación de 2 estudiantes de la Universidad Tecnológica de Santander U.T.S, la mano de obra de los asociados, y la valiosa colaboración de la Organización de los Estados Ibero Americanos O.E.I en alianza SENA, ECOPETROL. (Figura 2, link video 2)

3.3.5. Adquisición y corte de la Guadua

Para la adquisición de la Guadua se realizó la visita a un guadual existente en una finca privada ubicada en el Km 23 Vía al corregimiento de la Gabarra. El corte de la guadua fue realizado el día 10 de junio del 2015 a las 4 am, fecha seleccionada debido a que se encontraba en la fecha óptima de corte “la menguante”, según expertos en construcciones con este Bio-material. El corte fue realizado con el sumo cuidado, seleccionando las guaduas óptimas para el trabajo, también se hizo una poda, limpieza

y mantenimiento del guadua para garantizar su preservación. El transporte de la guadua se realizó en un camión 650 desde el sitio de corte hasta la vereda J 10 (figura 3, link video 3).

3.3.6. Limpieza, Inmunización y Preservación de la Guadua

Para esta actividad se hace necesaria la adquisición de una serie de elementos tanto materiales, herramientas, e insumos para garantizar la durabilidad y correcta preservación de la guadua (figura 4).

3.3.7. Montaje y armado de estructura en Guadua.

Actividad que está comprendida por una serie de mariales, herramientas, y equipos necesarios para el montaje de la estructura en guadua, donde para su ejecución es necesaria la presencia de todo el personal posible como mano de obra (figura 5, link video 4).

3.3.8. Colocación de cubierta

Actividad necesaria para garantizar la cobertura de la estructura ante la exposición de los rayos del sol directos a la estructura en guadua, se ha seleccionado una cubierta térmica, ligera y de fácil puesta en obra.



Figura 5. Vista armado de estructura en Guadua taller de Bio-construcción en la vereda J10 del municipio de Tibu, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Link video 4 <https://youtu.be/nlv1Y5w-PLE>

Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Centro CIES.

3.3.9. Acabados

Esta actividad contempla los trabajos de limpieza y pintura de la estructura en Guadua, garantizando así más durabilidad y buen cuidado de la estructura, también como en las demás actividades es necesaria la utilización de los respectivos materiales y herramientas para su perfecta ejecución.

4. Métodos y Resultados

Para el desarrollo del trabajo se inició con la selección de materias primas de la región y sus alrededores, y caracterización de las materias primas a través de la aplicación de normativas de ensayo.

4.1. Obtención y acondicionamiento de la guadua

Para la obtención y acondicionamiento de la guadua se realiza la siguiente secuencia de actividades: Identificación, corte, secado en la mata, extracción de la guadua, limpieza, inmunización (inyección e inmersión), y determinación de propiedades mecánicas de la guadua.

4.2. Realización de bloques térmico de arcilla y paja, aireación (figura 6)

4.2.1. Materiales

- Paja. Recolección de residuos secos de cereal de cultivos de arroz
- Arcilla. Recolección de arcilla de una cantera en el municipio del Tarra Norte de Santander
- Agua.

4.2.2. Emulsionado de arcilla

- Secado de arcilla al sol hasta que sea fácil su proceso de pulverización manual por pérdida de humedad 1 o 2 días.
- Proceso de pudrición. La arcilla pulverizada es puesta en agua en reposo durante uno o dos días, mezclando cada 12 horas.
- Tamizado. Obtenida la emulsión de arcilla se procede al tamizado para la eliminación de grumos existentes.

4.2.3. Elaboración de Bloque.

- Extensión de paja y se esparce arcilla emulsionada con el fin de que la paja quede impregnada de la emulsión de arcilla, se realiza mezcla manual de la paja y la emulsión de arcilla. Como control de calidad se aprieta la paja emulsionada con la arcilla observando que no haya exceso de agua
- Se humedece el encofrado o molde, colocando dos tubos de PVC ubicados de manera central y equidistante.
- Se introducen tablillas húmedas en los laterales del molde con el fin de facilitar el desmolde del bloque.



Figura 6. Vista elaboración de bloque térmico de arcilla y paja en el municipio del Tarra, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Centro CIES.



Figura 7. Vista construcción de puente en piedra seca en el municipio de San Calixto, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Centro CIES.

- La paja impregnada con la emulsión de arcilla es introducida en el molde y presionando de manera que evite la salida de aire contenida en la paja, lo que favorece la propiedad de aislamiento térmico del bloque.

- Desencofrado. una vez relleno los bloques, se eliminan las tabla guías y los cilindros de PVC, se ejerciendo presión en la superficie superior con una tabla

- Secado. de 12 a 24 horas en sol y de 4 a 5 días en sombra dependiendo de la temperatura ambiente.

4.3. Construcción de Puente. Técnica de la piedra seca.

Para la realización de la construcción del puente con la técnica de piedra seca, se realizó la siguiente secuencia de actividades: Elaboración de cimbra (utilización de cilindros metálicos reciclados), Localización de área de construcción, recolección de piedras sueltas, extracción de piedras lajas, armado de estructura base, ubicación de cimbra y construcción de puente (figura 7)

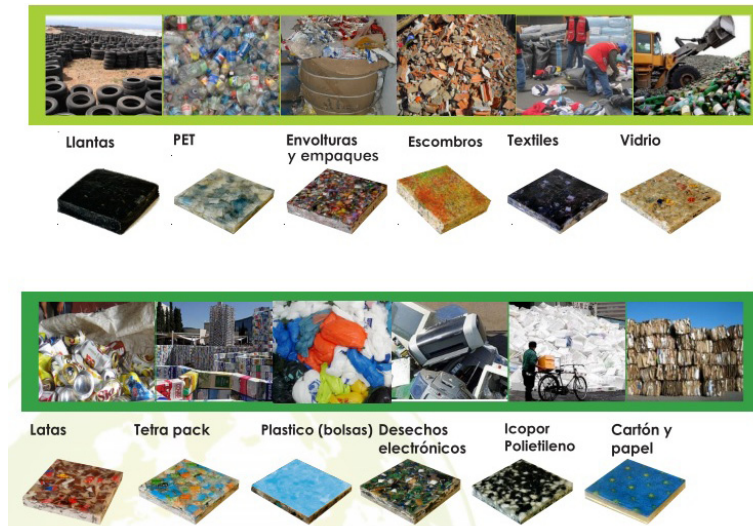


Figura 8. Vista losas hechas con materiales reciclados en el municipio de Hacari, región del Catatumbo, Norte de Santander, Colombia. Fuente: Oswaldo Hurtado Figueroa, Instructor SENA, Centro CIES, TECNOECOLOGY S.A.S.

5. Ensayos de laboratorio

5.1. Propiedades Físicas de la Guadua.

Para determinar las características físicas de la Guadua angustifolia se realizarán los siguientes ensayos.

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

5.2. Propiedades mecánicas de la Guadua.

Para determinar las características mecánicas de la Guadua angustifolia se realizarán los siguientes ensayos:

- Esfuerzo de Compresión Paralela 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

5.3. Caracterización física en el laboratorio de suelos y geotecnia

Los ensayos a realizar determinarán las características físicas del “bloque o adobe” y “mortero de pega”. Se realizarán ensayos de laboratorio que darán a conocer las principales características físicas.

- 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

5.4. Caracterización mecánica en el laboratorio de materiales

Se realizarán los siguientes ensayos:

- Compresión sobre unidades de “bloque o adobe” y fragmentos preparados de mortero de pega

- Flexión perpendicular al plano horizontal de unidades de “bloque o adobe”

5.5. Caracterización química en el laboratorio

Para la caracterización química del “bloque o adobe”, el “mortero de pega en tierra” y el “mortero de revestimiento”, se realizarán los siguientes análisis:

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

5.6. Estudios termodinámicos vivienda

Los parámetros a determinar para realizar el estudio 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 (%)

Agradecimientos

Los autores agradecen 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 ASOFETCAT 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 y a todas las personas, amigas del medio ambiente, que de una u otra manera han sido partícipes en el avance del proyecto.

Bibliografía

NELSON LOSANO, JEIMAR TAPASCO. *Conferencia Adaptación al Cambio Climático del Sector Agropecuario. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT, Corporación del Nororiente-CORPONOR*. Cúcuta, Colombia 2015

COMPES. *Estrategias de desarrollo integral de la región del Catatumbo*, 2013. Colombia

EDUARDO SALAS DELGADO. *Tesis Doctoral “Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia”*. Universidad Politécnica de Catalunya (2010). España

La caña guadua. Sociedad Colombiana de Bambú en www.sica.gov.ec Ecuador

HÉCTOR J. MARTÍNEZ COVALEDA, NIDYAN PINZON RUÍZ, DIANA ESPINOSA PÉREZ. *La Cadena de la Guadua en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. Documento de Trabajo No. 65, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas*, 2005. Colombia.

LONDOÑO, XIMENA. *The American Bamboos with Emphasis in the Genus Guadua. Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas-INCIVA*. Cali, Colombia

CORPOCALDAS. *Cámara de Comercio de Manizales. Microcluster de la Guadua. Manizales, Caldas*. 2002. Colombia

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. *Métodos de Ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth: Icontec*, 2007. Colombia

JUAN CARLOS RIVERA TORRES. *El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. Apuntes*, vol. 25, núm. 2, 164-181. Bogotá, Colombia • julio-diciembre 2012 • ISSN 1657-9763

LUCY HARMAN. *Confort Térmico en Viviendas Altoandina. Un Enfoque Integral. Proyecto Ccsamanta Qarkanakusum. Fundación Care Peru*, 2010 Perú