



VIVIENDA DE BAHAREQUE CON GUADUA Y TIERRA EN PAREDES Y CUBIERTAS

Lucía Esperanza Garzón

Red Iberoamericana PROTERRA - Colombia, bioarquitecturatierra@gmail.com

Palabras clave: técnica mixta con bambú, techos alternativos, domo cañas, arquitectura sostenible

Resumen

La construcción con tierra para viviendas en países sísmicos con técnicas mixtas comienza a visibilizarse como una alternativa sostenible y ecológica. El bahareque usado en paredes y con una técnica similar aplicada en techos denominada “domo caña”, son sistemas que van demostrando la eficiencia sísmoresistente. Este prototipo propone que sea una obra pertinente a las culturas constructivas; por hacer parte de la ancestralidad y la sabiduría local, con una visión contemporánea. Es una alternativa a las necesidades de cobijo y explora una arquitectura con menor impacto ambiental y mayor equidad. El proyecto busca demostrar el uso y aplicación de la tierra en paredes y cubiertas con el uso de algunos materiales locales de bajo costo ambiental, provenientes del entorno inmediato: el bambú (*Guadua angustifolia Kunt*), la tierra y la cal. La obra es un laboratorio, que promueve técnicas constructivas no convencionales y estimula cadenas productivas, paralelamente cumple con un espacio de formación y transferencia para continuar difundiendo el material y demostrar las cualidades térmicas, acústicas, ambientales y por ser una técnica blanda y de bajo costo. La aplicación de las técnicas va con la sistematización y recolección de la información local por el uso del material, describe el proceso con los elementos de este proyecto ecológico que posteriormente realizara mediciones del análisis del ciclo de vida, incluyendo los costos de energía para una construcción. Busca estrategias de acción y multiplicación de este tipo de experiencias para crear en un área de influencia, una estética con en diseño y una alternativa de construcción con estos recursos locales.

1 ANTECEDENTES: TECNICAS MIXTAS

Varios investigadores y autores vienen clasificando las técnicas mixtas. Este proyecto estaría en la última categoría que establecen Hays y Matuk (2005) quienes consideran cinco grandes familias para estos sistemas constructivos. Se estableció como una técnica prefabricada que implica realizar la producción previa en un taller.

Garzón (2005) comenta que el bahareque es considerado una técnica de construcción con un material vegetal como estructura, en este caso guadua, y una envoltura con secciones longitudinales tipo listones de guadua, denominadas “latas”, y tierra, incluyendo varios materiales.

El sistema estructural es realizado con múltiples materiales de origen vegetal o industrial que son el cuerpo o el esqueleto que lo sostiene.

La tierra o el barro que cumple la función de relleno y de revestimiento, potencia una de las principales propiedades: dar respuesta a condiciones ambientales en un comportamiento acústico y térmico. En las técnicas mixtas, la tierra funciona como la piel, pues regula la temperatura, la humedad y el sonido (Garzón, 2010).

Las técnicas mixtas son un sistema constructivo con mucha diversidad en Colombia, hay mucho por investigar en cada región. Por las condiciones ambientales y sísmicas de este país mega diverso, el bahareque se aplica con múltiples formas de expresión con muchos materiales y técnicas y, al evaluar las condiciones ambientales, puede ser la técnica más apropiada para suplir las necesidades tecnológicas, económicas y ecológicas para la solución de la vivienda social.

En el área andina, zona cafetera, Robledo (1993) dice que hay cuatro tipos de bahareque tipificados y nombrados: bahareque de tierra, tabla, metálico y encementado.

En las costas colombianas también se construye con bahareque, así como en la región del llano, amazonas y zonas cálidas de los Andes, donde se presentan variaciones térmicas mínimas, y es poco aplicado en climas fríos y de altura, allí surgen otras técnicas con paredes que brindan mayor aislamiento para la protección.

La estructura maestra, en el proyecto es con guadua de 12 cm de diámetro en promedio, así como las estructuras auxiliares de 10 cm de diámetro, todas técnicamente ensambladas con los cortes y técnica establecida para la guadua. El material fue adquirido en empresas que la comercializan inmunizada y seca, garantizada por cadenas productivas.



Figura 1. Campamento de prefabricación de la vivienda-módulos pre dimensionados, 2017
(Créditos: L. Garzón)

2 UBICACIÓN

El proyecto está localizado en La Vega, Cundinamarca, municipio que se encuentra ubicado a 54 km de Bogotá, a escasos 45 minutos de la misma por la autopista que conduce a Medellín. Su temperatura oscila entre los 22 °C y los 24°C, 85% de humedad. Coordenadas 4°59'57"N y 74°20'28"O. Es una zona sísmica media y con características topográficas muy quebrada, con montañas y mucha vegetación por el clima, altitud 1224 msnm y con precipitaciones de 1867 mm anuales.

Es un municipio agrícola y de tipo turístico por las ventajas del clima templado para personas que frecuentan el área rural, con segundas casas durante los fines de semana. La población en 2015 era de 14.230 habitantes.

El proyecto está localizado a 7 km de la cabecera municipal por una vía terciaria, zona de fallas geológicas y camino a la Laguna Tabacal, carretera con muy baja calidad, situación que incrementó los costos de la inversión por la dificultad de acceder por lo angosta y la mala mantención durante los periodos de lluvias.

El proyecto se emplaza en un área de 1 ha en un área plana con una hermosa vista.

3 MEMORIA DESCRIPTIVA

3.1. Materiales: bambú, tierra y cal

La guadua (*Guadua angustifolia Kunt*) constituye el género de bambú más importante de América, endémico de este continente y formado por unas 30 especies. La *Guadua angustifolia*, nativa de Colombia, es la más importante de estas gracias a sus extraordinarias propiedades físico-mecánicas.

La guadua se adquirió en una empresa de la región cafetera que trabaja dentro de la cadena productiva es seleccionada, inmunizada, tratada y seca. Para evitar que el bambú sea atacado por insectos xilófagos y prevenir la aparición de hongos, las cañas son sumergidas durante unos 4-6 días en una solución de bórax y ácido bórico en relación 1:1 y con una concentración entre el 4% y el 6%, siendo químicos de bajo impacto ambiental que no tiene ningún efecto nocivo en la salud humana.

Se adquirieron 250 unidades de guaduas de 6 metros con dos tipos de grosores o calidades en sus paredes, para usos diferentes: a) estructurales y de reforzamiento para usarlas ensambladas y cortadas en secciones; b) con la forma denominada “latas” que son como listones que son usados para la estructura liviana del tejido del techo. El espesor de la pared de cada guadua en general es bastante grueso, puede estar entre 1 cm a 2 cm aunque puede variar entre las distintas secciones elegidas. Igualmente se adquirieron 100 esterillas debidamente inmunizadas para la realización de la envoltura para los rellenos de las paredes, que son dobles; por el diseño bioclimático de la vivienda.

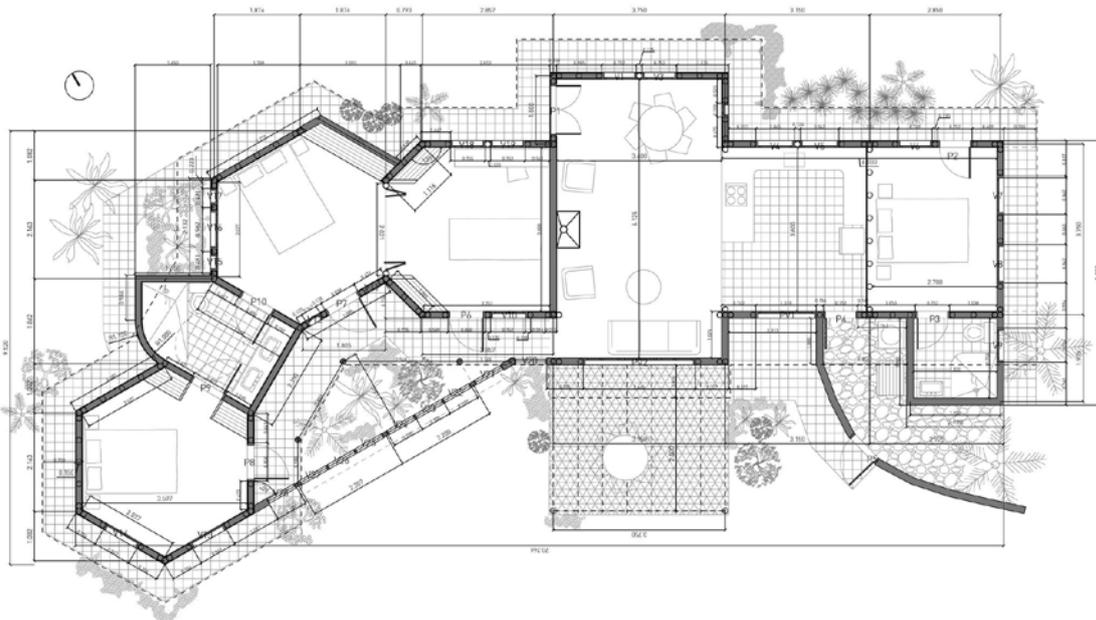


Figura 2. Planta arquitectónica proyecto de vivienda con técnica mixta con bahareque y domo caña (Diseño: L. Garzón)

La mano de obra fue contratada con un técnico especialista con experiencia en el manejo de ensamblajes de guadua y que ya vienen realizando domo cañas en varias obras, con un ayudante con el fin de garantizar la calidad estructural y estética.

Los acabados y los cortes así como los montajes se realizaron de acuerdo a la normativa colombiana con el uso de ganchos metálicos con varillas roscadas galvanizadas de 3/8", aplicadas en los encuentros estructurales para responder a los esfuerzos y hacer de este recurso, un material que sea valorizado.

Para la protección se usan aceites naturales como el barniz holandés, siendo un hidrófugo que deje respirar la guadua, manteniendo el poro abierto (al contrario que barnices o pinturas sintéticas), también el diseño debe planearse con protección contra rayos UV, y que mantenga cierta elasticidad para evitar cuarteados con las posibles variaciones de forma en la cañas.

La tierra cuya composición granulométrica se seleccionó con proporciones adecuadas para el relleno en técnicas mixtas, con granos finos y un porcentaje de arcilla suficiente dar la plasticidad en la mezcla, con una proporción de 20% con las fibras -fique (*Furcraea andina*) cortado en trozos de 10 cm- para lograr buena adherencia.

El mortero para los revestimientos de paredes y techos, se realiza con arena y cal. La cal aérea apagada reacciona con ciertas arcillas y provoca un efecto puzolánico que vuelve a las arcillas insensibles al agua. La dosificación varía entre el 6% y el 12% y la reacción depende del tipo de arcillas. En mayor porcentaje actúa como aglomerante mejorando tierras que tengan carencia de arcillas. (Garzón, 2005, p.66).

3.2 Estructura y paredes de bahareque

El bahareque tradicional tiene muchas tipologías en el país, aun se construye de forma precaria en muchas regiones y el proyecto tiene como propósito demostrar que el sistema constructivo racionalizado y técnicamente hecho, puede ofrecer alta calidad. Esta construcción evidencia la técnica aplicada de forma científica, con muchas cualidades y un alto resultado estético.

El bahareque exige el trabajo colaborativo, permite la participación de mano de obra local. Solo con cuatro trabajadores se realizó el proyecto. Dentro de la obra se propuso responder con calidad a las condiciones ambientales y recurrir a cadenas productivas. Buscando menor costo que la construcción convencional, y menor inversión.

Por ser un sistema flexible y adaptable en relación a los recursos que requiere en esta zona de alta sismicidad y problemas geológicos, brinda calidad estructural y flexibilidad a la sollicitación de diversos esfuerzos. Responden con calidad al comportamiento acústico y térmico.



Figura 3. Estructura prefabricada técnicamente con guadua, 2017 (Créditos: L. Garzón)

El proceso constructivo con cimientos en zapatas de concreto y una placa flotante, donde se montaron las estructuras prefabricadas de guadua que ya integra las columnas y los elementos auxiliares, para realizar la envoltura con esterilla de guadua por las dos caras y se relleno y revistió con el mortero con tierra, fibra de fique y cal; todo esto, realizado ya todo bajo techo, permitiendo un proceso ágil y seguro, para proteger la obra contra las inclemencias del clima. Por la forma de montaje es un sistema de rápida construcción elaborando primero la cubierta

Como sistema liviano, se economiza en la cimentación y facilita la construcción, incluso en este suelo con una baja capacidad portante.

Algunas de las mayores vulnerabilidades para las viviendas en esta región con las técnicas mixtas son el agua y los sismos, al usar materiales como la guadua y la tierra, se requiere proyectar y buscar las formas de proteger y evitar exponer al mínimo la humedad.

Para protección de los revocos o pañetes por el tema de la humedad y la ecología, se usara mortero de cal y arena, que ha demostrado por miles de años su alta calidad y durabilidad.

Entre las cualidades en las paredes y techos, se pueden describir varios efectos del uso de la cal: después de apagada, al madurar en el proceso de secado, ella se convierte químicamente en carbonato de calcio (CaCO_3); en los morteros, al carbonatarse, la cal absorbe CO_2 y va purificando el aire, actividad similar a la que realizan los árboles en los ecosistemas. Los revestimientos con cal protegen adicionalmente la guadua, evitan plagas, y son inmunizantes naturales.

Inicialmente se proyectó construir la estructura en el mismo lugar. Por contingencias como demora en trámites y por el clima (tiempo lluvioso), se replanteo el proceso de levantar la estructura de la edificación con un sistema prefabricado. Esto implicó un nuevo diseño y despiezar la obra por paneles, con mayor detalle para planificar el montaje por secciones, pensando en un ágil montaje.

La prefabricación es la principal hipótesis para tecnificar el sistema constructivo al agilizar procesos, disminuir costos, facilitar la reproducción del proyecto al minimizar los tiempos de producción y montaje de la obra; hecho que exigió un trabajo previo más meticuloso en la etapa de diseño.

El diseño estructural está fundamentado en las normas colombianas de construcción sismo resistente, especialmente en el Capítulo E7 de la NSR 10, específica del bahareque encementado con guadua para uno y dos pisos (AIS, s.f; 1998; 2001; 2010).

3.2. Cubierta de domo caña

Como principales ventajas de esta cubierta se puede destacar su liviandad, comparativamente con otras técnicas para techos, y su capacidad de responder eficientemente a los esfuerzos sísmicos.

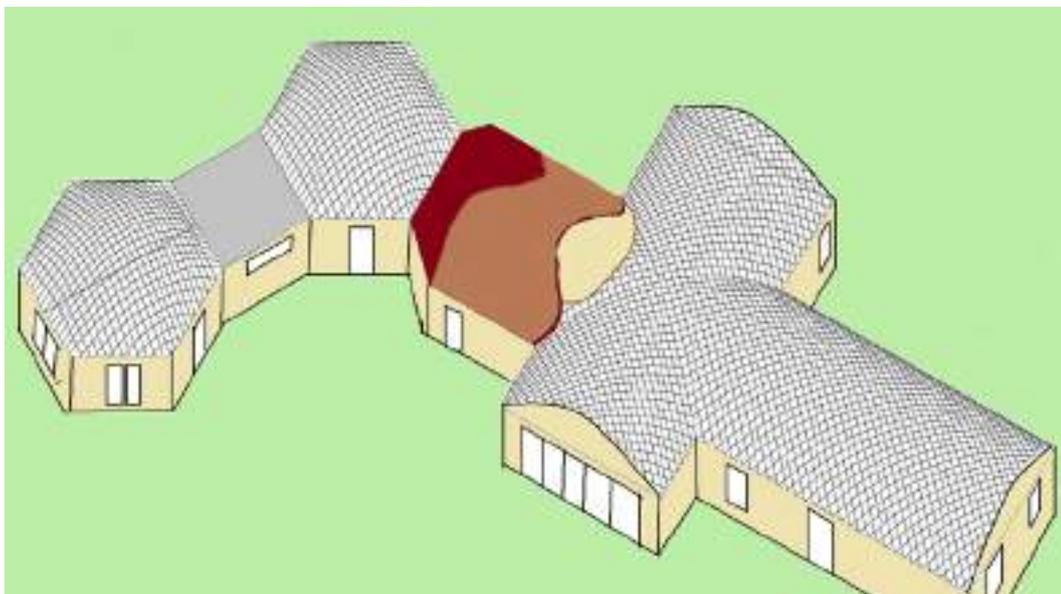


Figura 4. Perspectiva de las cubiertas con domo caña, bóvedas de cañón y de crucería y cúpulas, 2017 (Dibujo: D. Ayala)

El domo caña es una cúpula de caña cubierta de tierra y, como lo dice Barrionuevo (2011), un techo ecológico (de bambú) y un techo económico. Esta técnica fue desarrollada en Perú, en la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), cuya transferencia se inició desde hace una década en varias obras nacionales. Con las aplicaciones en Colombia se ha comprobado la facilidad, economía, ecología y estética que esta técnica ofrece, por las dimensiones de las guaduas nacionales.

En Perú, ha respondido satisfactoriamente a los ensayos de cargas estáticas hechos en el Laboratorio del Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID-UNI) de Perú. En Colombia recién se inicia la construcción de un laboratorio de ensayos y no existe normatividad todavía, está en proceso de experimentación.

Por ser una técnica flexible, responde de forma armónica con la construcción de bahareque para las paredes, por tener continuidad en sus elementos estructurales, materialidad y especialmente en la sostenibilidad.

Estas obras tienen como propósito establecer parámetros de diseño y nuevas condiciones constructivas para el uso de la caña y bambú de una arquitectura para sectores sociales de menos recursos pero que brinden calidad.



Figura 5. Elaboración de domo caña con latas de guadua para el revestimiento de cubierta con tierra y cal, 2017 (Créditos: L. Garzón)

3.3 Acabados y pinturas naturales

El proyecto busca armonizar el concepto integralmente con materiales naturales en los acabados, con piedra, madera para los pisos, puertas y muebles con guadua laminada en paneles y las pinturas con minerales.

Las pinturas son realizadas con tierras locales y tonos del material. El uso de acabados locales y materiales naturales está dentro de la filosofía sostenible, y aplicar técnicas sostenibles por dentro y por fuera.

4 ANALISIS CRÍTICO

4.1 La sostenibilidad económica y ambiental en la arquitectura

En este momento planetario, el impacto de los materiales de construcción convencionales por el análisis del ciclo de vida (ACV), es un tema emergente y un compromiso ético. El ejercicio profesional con intervenciones constructivas conscientes, podrían estar en el orden de las nuevas políticas globales para actuar de forma coherente y en conexión a la situación mundial energética por el cambio climático.

La fabricación de los materiales para construir un metro cuadrado de una edificación estándar, invierte una cantidad de energía equivalente a la producida por la combustión de más de 150 litros de gasolina. Cada metro cuadrado construido conllevaría una emisión media de 0,5 toneladas de dióxido de carbono y un consumo energético de 1600 kWh, esto considerando solamente el impacto asociado a los materiales”, en este proceso se está realizando la metodología para realizar el ACV de la vivienda con guadua y tierra.

Este enfoque sobre la sostenibilidad y las mediciones del impacto ambiental, son el eje filosófico del proyecto al integrar los materiales naturales, locales y/o reciclados que se sabe disminuyen el gasto energético, frenan la producción de CO₂ incluso con el uso de la guadua mejoran la calidad del aire y del agua en la región donde se produce (Aranda et al., 2014, p.2).

El reto está planteado en el rendimiento del tiempo y en la calidad técnica; al ser materiales no estandarizados tanto la guadua como la tierra; la situación que implica una transferencia tecnológica y un acompañamiento permanente en la obra, para garantizar la calidad del proyecto

5. CONSIDERACIONES FINALES

Las formas orgánicas y los domos estéticamente transforman el imaginario de una vivienda e integran los paisajes naturales.

Esta obra constructiva, como una forma de dimensionar la construcción de materiales no convencionales donde se aplica el conocimiento teórico y práctico, permite evaluar la pertinencia de las técnicas y la aceptación cultural por la innovación para esta vivienda en paredes y cubiertas.

La experiencia de realizar el proceso prefabricado y agilizar los tiempos permitió visualizar el uso del bahareque como una técnica más ágil, accesible, integrando los mismos materiales –guadua, tierra y cal- en las paredes y cubiertas.



Figura 6: Cobertura de mortero de domo caña por capas de tierra y afinado, 2015
(Créditos: L. Garzón)

Como este proyecto incluye materiales locales y quiebra paradigmas, los resultados en el entorno pueden ser evaluados en un corto plazo y desde diversas aristas: técnicas, estéticas, culturales y ecológicas, realizando ACV con estas técnicas constructivas.

La integración del bahareque en paredes y cubiertas crea un sistema compatible, proporciona espacios con mayor volumen y la forma, como estructura, quiebra los paradigmas para una arquitectura más regional que responde a la cultura colombiana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda U., A.; Scarpellini, S.; Zabalza B., I.; Días de Garayo, S. (2014) Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida. Revista EcoHabitar. Disponible en <http://www.ecohabitar.org/tag/ecomateriales/page/2/>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (s.f). Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá, Colombia: AIS. Disponible en: www.col.ops-oms.org/desastres/docs/bahareque/MANUAL_BAHAREQUE.pdf

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (1998). NSR 98 – Diseño y construcción sismo resistente. Título E. Construcciones de vivienda de uno y dos pisos de bahareque encementado de madera y guadua. Bogotá, Colombia: AIS.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (2001). Comportamiento sísmico del bahareque de guadua y madera. Boletín Técnico, 56. Bogotá, Colombia: AIS

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS (2010). NSR 10 – Reglamento colombiano de construcción sismo resistente. Bogotá, Colombia: AIS.

Barrionuevo, R. (2011). Investigación tecnológica aplicada: Domo caña. Informes de la Construcción, 63(523):51-58. Disponible en:
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/1252/1337>

Garzón, L. E. (2010). Técnicas mixtas. En Neves, C.; Faria, O. B. (Org.) Técnicas de construcción con tierra. Bauru, Brasil: FEB-UNESP/PROTERRA. Disponible en <http://www.redproterra.org>.

Hays, A.; Matuk, S. (2005). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. En: Técnicas mixtas de construcción con tierra. Salvador, Brasil: Proyecto XIV.6 PROTERRA/CYTED. p.121-350

Robledo, J. E. (1993). Un siglo del bahareque en el antiguo Caldas. Bogotá, Colombia: El Áncora Editores.

AUTOR

Lucía Esperanza Garzón, arquitecta egresada de la universidad Piloto de Colombia, miembro de la red PROTERRA. Proyecta, construye, investiga y transfiere técnicas de construcción sostenible con materiales naturales con énfasis en la tierra. Durante 30 años de ejercicio profesional, integra la técnica con la pedagogía, para estimular la innovación en la construcción con respaldo científico a través de talleres de formación y capacitación, conferencista y tallerista nacional e internacional.