

Dialogando con la tierra: un material del pasado para el futuro

Talking with the earth: a material from the past to the future

Dialogando com a terra: um material do passado para o futuro

Lucia Esperanza Garzón¹

¹ Arquitecta, Universidad Piloto de Colombia. Miembro de la red Iberoamericana Proterra. Proyecta, construye, investiga y transfiere técnicas de construcción sostenible con materiales naturales con énfasis en la tierra, durante 30 años de ejercicio profesional. Email: bioarquitecturatierra@gmail.com

Recibido: 15 de agosto 2017. Aceptado: 20 de octubre de 2017.

Garzón, L. (2017). Dialogando con la tierra: un material del pasado para el futuro. Procesos urbanos Número 4, Ene-Dic. 112-135. DOI:dx.doi.org/10.21892/2422085X.355

RESUMEN

La tierra es un material de construcción milenario. Se desarrolló con diversas técnicas en todos los continentes, climas, culturas y está presente hasta nuestros días. Avances tecnológicos y normativos respaldan el uso de este material, ya que ayuda a mitigar el cambio climático, aporta a la disminución de energía, está en un proceso de desarrollo científico. Es urgente reevaluar y visibilizar sus potencialidades y limitaciones, por ser un recurso que aunque está inserto en la memoria y hace parte la sabiduría ancestral de los pueblos, se desconoce y aún tiene mucha resistencia en la sociedad y en el mercado.

Palabras clave: Arquitectura con tierra, bio-construcción, bahareque, economía energética, Eco-materiales.

ABSTRACT

The earth is an ancient building material. It was developed with diverse techniques in all the continents, climates, cultures and is present until our days. Technological and normative advances support the use of this material, as it helps to mitigate climate change, contributes to the decrease of energy, is in a process of scientific development. It is urgent to re-evaluate and make visible its potentialities and limitations, because it is a resource that although it is inserted in the memory and forms part of the ancestral wisdom of the people, is unknown and still has much resistance in society and in the market.

Keywords: Architecture with earth, bio-construction, bahareque, energy economy, Eco-materials.

RESUMO

A Terra é um antigo material de construção. Foi desenvolvido com diversas técnicas em todos os continentes, climas, culturas e está presente até nossos dias. Os avanços tecnológicos e normativos apoiam o uso deste material, pois ajuda a mitigar as mudanças climáticas, contribui para a diminuição da energia, está em um processo de desenvolvimento científico. É urgente reavaliar e visibilizar suas potencialidades e limitações, como um recurso que, apesar de inserido na memória e faz parte da sabedoria ancestral das pessoas, é desconhecido e ainda tem muita resistência na sociedade e no mercado.

Palavras-chave: Arquitetura com terra, bio-construção, bahareque, economia de energia, Eco-materiais.

1. Antecedentes

El actual modelo de desarrollo ha generado grandes diferencias en la sociedad y cada día es un sistema inequitativo con alto impacto ambiental y exclusión social. Solo en Colombia de acuerdo al censo de 2005, el déficit de vivienda superó el 36%, con cerca de 3.500.000 hogares, con una población estimada en 50 millones de personas, y este déficit, sigue en aumento.

El déficit cuantitativo de vivienda es de 3 millones. Según la Cámara de comercio de Colombia-Camacol y el Departamento Nacional de Estadística- Dane, del total de hogares, el déficit cuantitativo de 9,4% es de 1,3 millones de viviendas y el cualitativo que es 15,3%, supera los 2,2 millones de viviendas.

Esta necesidad se presenta con grandes diferencias regionales. Por ejemplo en el Dpto. de Chocó existe un déficit del 84%, siendo la principal carencia lo cualitativo rural. En el departamento de Córdoba es de un 62%, donde predomina el déficit cualitativo urbano; en la Guajira es del 61%, sobresaliendo lo cualitativo rural. Son altos porcentajes para un país rico por su biodiversidad.

Como el sector de la construcción es una de las principales actividades de la economía y es responsable por las altas tasas de consumo de energía, la contaminación y la generación de residuos en los procesos de producción, en un momento de crisis económica como la actual, incita a la sociedad, a buscar alternativas tecnológicas de menor impacto ambiental.

Colombia dentro del marco del "proceso de paz", tiene un amplio trabajo para fortalecer la democracia, y la meta es lograr una sociedad más equitativa, que permita construir la "paz territorial", para que de allí, se incube el desarrollo rural, que genere empleo y logre un aprovechamiento responsable de los recursos naturales, apoye el retorno de los desplazados y concentre un mejoramiento del campo. Este proceso sin el desarrollo tecnológico y científico no es viable.

En lo social, esta equidad en parte, se construye con el derecho a la vivienda, e instaurar estímulos a los campesinos para la producción, para propiciar la soberanía alimentaria saludable, el mejoramiento de los equipamientos de las áreas rurales; y de esta manera, reconectar al hombre con su propia naturaleza.

La reconstrucción del tejido social, comienza articulando los espacios humanos y comunitarios, gestionando el conocimiento a través de alianzas entre las instituciones educativas, entidades gubernamentales y sociedad civil y así, ir cerrando la enorme brecha entre el mundo urbano y el mundo rural, que han sido el escenario del conflicto en Colombia. (<https://magnet.xataka.com>).

El desafío para estos tiempos es integrar a esa otra Colombia para lograr una sola nación, más justa, con una mirada hacia el futuro. Abordar el concepto de "dialogar con la tierra" es un propósito compuesto de múltiples aristas.

Reconocer un recurso como la tierra, desde la agricultura, hasta la arquitectura y la construcción, en un momento histórico como el que inicia el país, exige re-pensar la realidad y conocer las características socioculturales y ambientales, identificar las necesidades y reconocer los saberes locales de cada territorio, para crear el desarrollo endógeno, donde las técnicas vernáculas sean el foco central, que integre la sociedad y exalte las potencialidades y los propios valores.

Es pensar otro modelo de desarrollo responsable, donde el patrimonio tangible e intangible sean los ejes de la recuperación de la memoria y de los nuevos imaginarios. La construcción de este conocimiento, parte de la reconexión con lo local y la academia, es un pilar fundamental en la tarea de integrar la sociedad, con una perspectiva "global" y construir la convivencia para esta "nueva nación".

La tierra como material se ha hecho invisible y ha sido desprestigiado por los intereses del mercado, a base de prejuicios. Quebrar los paradigmas y transformar las resistencias,

son el primer reto para cambiar el imaginario de las comunidades.

Ahora y ante las necesidades planetarias se exalta lo ecológico, el bajo impacto ambiental y el mínimo consumo de energía, estos valores son los parámetros para avalar las técnicas constructivas, que van cambiando poco a poco la perspectiva desde la era de la tecnocracia.

La arquitectura con tierra está renaciendo en el contexto colombiano y global y lleva

más de 50 años como objeto de diversas investigaciones. Colombia ha hecho aportes científicamente importantes a nivel mundial como la creación de la máquina para Bloques de tierra comprimida-BTC, denominada CINVA RAM, que es un producto elaborado por el Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento – CINVA, institución latinoamericana que funciona en la Universidad Nacional en Bogotá. Hoy en día es una máquina de exportación que permite la producción de BTC de forma manual y a muy bajo costo.



Figuras 1, 2 y 3. Máquina CINVA RAM Y BTC (Bloque de tierra comprimida).
Fuente: la autora.

Ya en este siglo, los estudios técnicos junto con la máquina han contribuido a la creación y legalización de normas técnicas como la 5324, creada por el Instituto Colombiano de normas técnicas- ICONTEC y aprobada en el 2005; así mismo a partir del terremoto de Armenia en el año 1.999 y con los aprendizajes post terremoto, diversos equipos y estudios multidisciplinarios incentivaron el uso de la guadua y del bahareque regional, como una solución sismo-resistente y económica, y a partir del decreto 33 de 1998, en el Capítulo E 7 se aprobó en la norma NSR 98 el bahareque encementado.

Posteriormente como consecuencia de estas enseñanzas y como parte de los avances científicos, en el título G de la Norma de sismo resistencia- NSR 10, (año 2010), se insertó la madera y la guadua, como materiales para la construcción de estructuras de viviendas para uno y dos pisos.

Tales acciones demuestran apertura mental, investigación científica, y progresivamente

se empieza a considerar la tierra como un material alternativo, al no consumir energía en el ciclo de vida y ser una tecnología blanda, accesible, avalada aún más hoy, por las problemáticas ambientales.

Investigar la tierra para la arquitectura contemporánea así como otros materiales y sistemas constructivos no convencionales, más naturales, que amplían las alternativas y proporcionen un desenvolvimiento tecnológico eco-sostenible, cambian la valoración, y amplían el espectro al mitigar la crisis ambiental que la construcción industrializada ha generado.

¿Un material del pasado?

La arquitectura con materiales naturales como la tierra, la madera y las fibras vegetales, han sido los materiales que a través de todos los siglos y en las diversas civilizaciones, fueron los recursos para la construcción; incluso, actualmente dos tercios de la humanidad habitan hoy en casas de tierra.

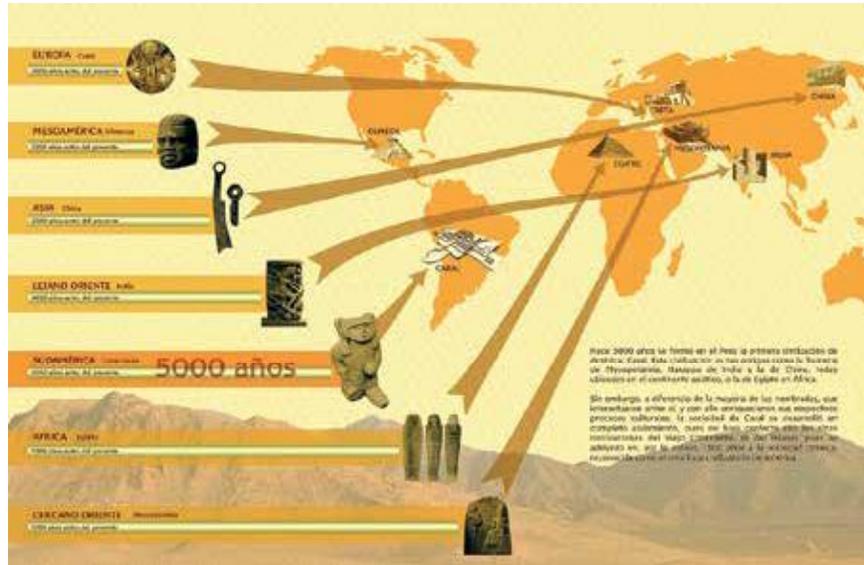


Figura 4. Cronología de las ciudades suramericanas de 5.000 años.
Fuente: Cultura e historia del Perú, 2015.

Dentro de una mirada cronológica y panorámica de las primeras ciudades en el mundo, la historia relata que las grandes civilizaciones fueron desarrolladas en Mesopotamia y en Egipto, pero solo hasta hace menos de dos décadas, se evidencia la presencia de importantes culturas en América del sur, específicamente en Perú, pues allí también florecieron civilizaciones en el cuarto milenio antes de Cristo, como son estas ciudades:

1. Áspero- 3.700 a.C.
2. Caral- 3.000 a.C.
3. Vichama- 3.000 a.C.
4. Miraya-3.000 a.C.
5. Lurihuasi- 3.000 a.C. (Archaeology of the Americas, Ruth Shady)

Una misión es descolonizar la historia, empezar a investigar con otra mirada el pasado, y difundir los valores y las técnicas para reconstruir la identidad y autoestima de los pueblos originarios de América, para de esta manera volver a narrar la historia de las culturas propias y sus importantes expresiones y aportes inclusive técnicos.

“Caral”, es una de estos ejemplos, considerada la ciudad más antigua de América y patrimonio cultural de la humanidad declarada por la UNESCO, solo hasta 1.997 fue presentada por la arqueóloga Ruth Shady.

En este sitio arqueológico y extenso territorio por investigar, se pueden identificar interesantes desarrollos técnicos como: los gaviones prehispánicos, construidos con fibra



Figuras 5 y 6. Ciudades prehispánicas: Vichama y Caral / Perú.
Fuente: Lonely Planet (s.f).

de totora (nombre científico: Typhaceae), que funcionan como mallas usadas para la cimentación, y que se rellenaban de piedras y servían para las bases de los elementos estructurales y sismo resistentes de las pirámides; también, se puede apreciar una técnica mixta, similar al bahareque que en Perú se denomina: quincha, en estas construcciones. Aún quedan vestigios con 5.000 años de historia y están conservadas en algunas de las paredes, que gracias a las condiciones ambientales de poca humedad en el desierto, se pueden apreciar, y abordar como investigación.

Dentro de las hipótesis sobre la desaparición de algunas de estas civilizaciones del Perú y de otras más en el mundo, uno de los principales argumentos es que se extinguieron por problemáticas ambientales,



Figura 7. Quincha de 5.000 años en Caral / Supe / Perú.

Fuente: la autora.

y eso se puede observar en el mural de tierra con estas figuras de hombres famélicos, también moldeados en barro.



Figuras 8 y 9. Murales de tierra en Vichama- Perú.

Fuente: la Republica, 2015.

La tala indiscriminada de los bosques, la deforestación, que degrada los suelos y la extracción y uso irracional de los recursos naturales, que deteriora las fuentes hídricas y afecta los ciclos del agua, alterando el ambiente social y económico, si fueron ayer acciones humanas inconscientes posiblemente las causantes de la desaparición de muchas de estas sociedades, ahora, estas prácticas globalmente erróneas para el siglo XXI, deben confrontar la vulnerabilidad humana y adquirir mayor conciencia como civilización.

La necesidad energética a partir de la revolución industrial se disparó, generó el proletariado urbano, en un sistema económico de consumo desequilibrado, que despilfarra recursos; y hoy, en el caso de China, el país más poblado del mundo, con 1.400.000.000 de personas, los edificios son los responsables

de un 25% del consumo de energía y del mismo porcentaje en emisiones de carbono.

Ahora en el siglo XXI con los avances tecnológicos que estimulan el uso de otras fuentes de energía más renovables, falta voluntad política para frenar la crisis y comenzar un cambio; y se continúa consumiendo materiales industriales para la construcción como el cemento, el PVC, el acero y otros más de alto costo ambiental; que con el crecimiento poblacional, solo van a afectar el equilibrio planetario.

Cinco mil años después de Caral con el actual modelo de desarrollo, se incrementa cada vez más el impacto ambiental y la polución en el medio biótico, poniendo en riesgo el AIRE, el AGUA y la TIERRA. Por lo tanto; es urgente reflexionar sobre la tendencia de la

producción y la búsqueda de soluciones para la vivienda y evitar perpetuar un erróneo paradigma de progreso.

La única posibilidad es comenzar a hacer cambios políticos, culturales y de producción, si queremos garantizar la presencia del hombre en el planeta, donde la arquitectura, la ingeniería y la construcción, deben ser reencauzadas para ofrecer otras formas de interacción con la naturaleza y conducir investigaciones para crear un nuevo "modelo de desarrollo".

"De la cuna a la sepultura" - ACV- Análisis del ciclo de vida

Siendo evidente la conexión entre la energía, el medio ambiente y para continuar el desarrollo, es necesario minimizar los impactos de la construcción en el entorno y a la vez acercarse a la sustentabilidad de la sociedad, con evaluaciones del ciclo de vida.

La gestión ambiental, en cuanto estrategia para organizar las actividades antrópicas que afectan al ambiente, y lograr una calidad de vida nos ofrece una herramienta que se está aplicando como es el Análisis del Ciclo de Vida, que funciona para crear indicadores de medición, útil para arquitectos y constructores.

Rieznik – Hernández (2005) plantean: "El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es un proceso para evaluar, de la forma más objetiva posible, «las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno".

La evaluación se realiza en tres fases:

1. La Extracción de los insumos o del material, para la producción del objeto, que implica energía, transporte, y formas de extracción del recurso.
2. La Producción y puesta en uso del material y vida útil (edificio).
3. El consumo que incluye el tratamiento del material con uso, re uso y reciclaje, así como los desechos o residuos, y a evaluación una vez finalizada la vida útil del edificio.

En un estudio realizado en México, que analiza el ciclo de vida de los materiales más usados en la actualidad para la construcción, dentro de la metodología se consideraron ocho variables para calificar los niveles de afectación de cada uno; y al final, en un cruce las variables los definieron como: Material problemático indefinido o no problemático:



Figura 10. Gráfica del análisis del ciclo de vida -ACV, en un edificio.
Fuente: la autora.

Tabla 1. ACV de los materiales de construcción

Característica	Adobe	Concreto	Ladrillo	Madera	Açero	Vidrio	Cobre	PVC
Energía promedio consumida para a Producción Kwh/Ton.	40 8o	250-300 6o	450 8o	60 7o	8,000 3o	2,000 4o	15,000 2o	19,000 1o
Tiempo de vida útil	LARGO	MEDIO LARGO	LARGO	MEDIO LARGO	MEDIO	LARGO	LARGO	CORTO
Producción								
Transporte								
Montaje								
Demolicion								
Reutilizacion								
Eliminacion Final								
NO PROBLEMÁTIC	6	2	3	6	3	3	3	2
INDEFINIDO	0	3	2	0	2	2	2	2
PROBLEMÁTICO	0	1	1	0	1	1	1	2

Fuente: SIIDS 2011: IV Seminario Internacional sobre la Investigación del Diseño Sustentable Tampico, México.

Como se observa en este ejemplo mexicano, en el resultado, los materiales de menor impacto o no problemáticos son: el adobe y la madera, los indefinidos: el concreto y el ladrillo, y los más problemáticos: el PVC, el cobre, el acero y el vidrio.

Los materiales en la era industrial, dependiendo de las fuentes de energía y el desarrollo tecnológico de las empresas que los producen, así como la eficiencia de los procesos, pueden variar.

En Colombia aún no se tienen un modelo preciso de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en la edificación, derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución y son muy pocos los materiales que pueden analizarse bajo estos parámetros, por la carencia de información empresarial y los incipientes controles de producción; en comparación con otros países, como es el caso en España.

Aunque en el país la energía procedente es 65% de las hidroeléctricas, que es de las menos impactantes, existen procedimientos en la producción que todavía usan carbón

y petróleo, generadores de emisiones a la atmosfera y otros tipos de contaminación.

Desarrollar metodologías similares en los proyectos ayudaría a tomar decisiones y demostrar los reales costos de una obra, priorizando el costo ambiental, y la sostenibilidad planetaria, más allá del costo económico.

Uno de los factores importantes en este análisis, en tiempos de globalización es re-considerar el impacto ambiental del transporte, calcular desde donde se produce un material hasta el uso en la obra; en el caso del actual mercado, con ofertas de productos importados "baratos", no se evalúa el eco-costo; que se amplifica por la distancia de donde procede; inclusive el tipo de transporte, el consumo de combustible fósil, (ya sea transporte marítimo, aéreo o terrestre), se incluyen en el costo energético de las técnicas.

Las obras que consumen materiales locales y que puedan procesarse in situ, tienen un valor agregado, al no contaminar por la movilización, no consumen energía en transporte.

2. ¿Por qué volver a la tierra?

A través del tiempo y gracias a las investigaciones globales, "volver a la tierra" está dentro de la óptica ecológica de la construcción, ya que ha demostrado en muchas regiones del mundo su valor. Incluso en el siglo XXI con el desarrollo tecnológico es una opción sostenible, al reducir el uso de agua, al ahorrar energía, e integrarse a la cultura para retomar un sentido simbólico y holístico.

La tierra hace parte de la memoria de muchos pueblos, al reconectar con recursos accesibles, de bajo consumo energético, sanos y para estos tiempos, hace parte de un compromiso ético, un movimiento que retorna al origen, en la era de la postmodernidad.

La arquitectura y construcción con tierra se han convertido en una alternativa para las áreas rurales, puede ayudar a humanizar, y permite a los usuarios participar en la solución de su vivienda. Es otra forma de relacionarse con el mundo y más allá de ofrecer una solución estética o de bienestar, integra aspectos sociales, medio ambientales y económicos más holísticos; con cadenas productivas sostenibles, que trascienden las argumentaciones de mercado y llevan a otra filosofía de vida. De este modo, ayuda a perpetuar la presencia de la civilización en este planeta.

Es este camino de pensar una construcción ecológica, en el ejercicio profesional del arquitecto hay pequeñas acciones, que integran la lógica eco-sostenible. Algunos de estos principios son:

1. Evaluar la necesidad y responder al clima local para que el edificio se relacione con el entorno.
2. Racionalizar y reutilizar los recursos.
3. Realizar la gestión y análisis del ciclo de vida de los materiales.
4. Aprovechar recursos locales que no exijan movilización de largas distancias.
5. Hacer uso eficiente de la energía, usar fuentes de energías renovables,
6. Buscar la eficiencia y la calidad,
7. Promover el reciclaje y usa materiales

obtenidos de producción sostenible y de bajo impacto.

8. Crear ambientes saludables y no tóxicos ni para sus habitantes ni el entorno.

3. Las técnicas mixtas

Se consideran técnicas mixtas las formas de construcción que incluyen varios materiales, ya sean recursos naturales o industriales. En el caso de la arquitectura con tierra con técnicas mixtas, se manifiesta de múltiples expresiones y "formas de hacer" en cada región, ya que evolucionó de acuerdo a los recursos disponibles en cada lugar.

Un sistema constructivo con técnica mixta se conforma por una estructura maestra y una estructura auxiliar, (HAYS, Alain; MATUK, Silvia) que puede ser realizada con materiales de origen vegetal, como madera o guadua, o también materiales industriales como mallas metálicas, concreto, elementos prefabricados o cualquier otro recurso. Lo importante es sostener el "esqueleto", y así, recibir la envoltura con un relleno por capas o pieles, como revestimiento, que respondan a las necesidades de sus habitantes en el ambiente. (Garzón L. 2011 Técnicas mixtas).

Este relleno debe funcionar de forma estable ante los cambios climáticos, ser compatible con la estructura y es fundamental la apariencia. Los acabados son un importante valor para el cambio en el imaginario por ser un factor estético.

Tradicionalmente en la construcción con tierra con técnicas mixtas, el material de relleno es generalmente un compuesto de tierra, fibras y, eventualmente, estabilizantes o aditivos. La mezcla de estas materias primas, permite lograr un material más liviano, permeable al vapor de agua y con características elásticas necesarias para responder a los movimientos y dinámica de este tipo de estructuras, que tienen como propiedades: la liviandad y la flexibilidad.

Para la protección externa de los rellenos, se usan revestimientos apropiados que pueden ser el revoque (enlucido, repello, estucado, etc.), o el forro (que comprende todo tipo de revestimiento sólido). Los revoques se

colocan en estado plástico sobre el relleno y los forros que son elementos más rígidos, se fijan a la estructura y son independientes del material de relleno.

El revoque debe proporcionar durabilidad, tener elasticidad y disminuir la permeabilidad de la pared. El relleno corresponde a un material poroso y sensible a la erosión causada por las lluvias. En el uso de las fibras en la mezcla, la densidad es relativamente baja y sirve para mejorar la compatibilidad entre los materiales.

Las técnicas mixtas al interactuar entre diversos materiales, en su mayoría no estandarizados, exigen un conocimiento

profundo de cada uno de los componentes, de las propiedades y las vulnerabilidades; conocer qué cuidados especiales requieren entre las interfaces; seleccionarla mejor impermeabilización y estudiar la conservación de todos los elementos, así como la relación entre ellos, cuidando los más frágiles, como las fibras vegetales.

Como todo sistema constructivo, éste exige ser diseñado integralmente desde la fase de proyecto, teniendo en cuenta aspectos como:

1. Diseño, estructura y cimentación
2. Preservación de los materiales vegetales
3. Compatibilidad de los materiales



Figuras 11, 12 y 13. Tipos de bahareque con diversos materiales en Colombia.
Fuente: la autora.

Colombia es un país privilegiado en biodiversidad, con pisos térmicos: cálido, templado, frío, páramo y glacial, con abundancia de recursos, ha generado una explotación y aprovechamiento irracional y poco técnico de múltiples especies de madera, que es extraída de los árboles en cada ecosistema. Los bambúes, tienen más de 100 especies útiles para la construcción, y con la reciente legislación ambiental, ha comenzado a controlarse y restringirse el uso de estos recursos naturales renovables, dando paso a una nueva economía de cadenas productivas que emplea, protege el recurso y conserva las especies vegetales: arboles, palmas, gramíneas y otras fibras.

En el contexto colombiano, el bahareque se ha desarrollado por la abundancia de materiales, y al haber tantas "formas de hacer", se desconocen las técnicas, aunque es otra

manifestación y riqueza de la biodiversidad cultural; falta mucho estudio científico sobre esta expresión constructiva tradicional en cada región y en este momento es apremiante conocer, evaluar y sistematizar estos saberes vernaculares, ya que podrían brindar elementos para un desarrollo tecnológico.

Otra característica del país es la variedad de climas. Colombia al estar localizado en el área ecuatorial, posee seis regiones naturales, constituidas por la costa atlántica, costa pacífica, zona llanera, área amazónica y área montañosa con la cordillera de los andes y las islas; las altitudes van desde el nivel del mar, hasta nevados y paramos sobre los 5.800 m.s.n.m., y por ello existen multiplicidad de climas, y asimismo una riqueza de culturas constructivas que se expresan con esta pluralidad de opciones que responden a los diversos medios.

El 70% de la población está concentrada en la zona andina, entre las tres cordilleras que se trifurcan, y una amenaza determinante en esta parte del territorio, es el riesgo sísmico. Por ser el bahareque un sistema liviano, facilita la construcción, ya sea en cualquier tipo de suelo, hasta con una baja capacidad portante puede ser la alternativa, esto se refleja en un menor costo para la construcción y adaptabilidad a las condiciones socio económicas y ambientales.

Aún en el siglo XXI los colombianos de las áreas rurales sigue construyendo con bahareque, que a través del tiempo, acumuló el aprendizaje, generando una cultura constructiva con identidad, y usando pocos recursos económicos, conocen las propiedades del sistema, identifican las diferentes calidades de maderas y bambusas de forma empírica y las aplican en las particularidades de cada local.

Esta técnica ha respondido con calidad estructural y flexibilidad a la solicitud de diversos esfuerzos como lo han demostrado los movimientos sísmicos, por ello es la más apta para el diseño sismo resistente.

El bahareque tradicional es realizado por autoconstrucción, y ha permitido la participación de los usuarios al promover la mano de obra local; puede ser de muy bajo costo y aporta a la construcción de comunidades. "El bahareque como ejemplo de sostenibilidad, es una herencia que se transforma" (Álzate, Juan Pablo y Osorio, Juan Pablo, 2014) Aunque en el campo esta técnica tradicional se desarrolla con pocos procesos de elaboración, el arraigo cultural revela el potencial que tiene, si se realiza un desarrollo tecnológico, con aportes de la academia y por ende de la ciencia, que nace de los saberes regionales.

En los estudios de la arquitectura con tierra, una de las propiedades que están por demostrarse científicamente, es la regulación higrotérmica del material. Esto significa el balance del aire y la humedad en el confort ambiental del hábitat, que es una característica destacable en la tierra y en la madera.

Estos materiales por ser porosos tienen la capacidad de absorber humedad del ambiente y de sorberla, ofreciendo un balance de humedad en el entorno interior.

El contenido de humedad en el material depende de la temperatura y de la humedad relativa del ambiente. La efectividad de este proceso de balance depende también de la velocidad de la absorción y desorción.

Experimentos desarrollados por el FEB - Forschungslaborfurexperimentelles Bauen: Laboratorio de Construcciones experimentales de la Universidad de Kassel /Alemania, muestran que la primera capa de 1,5 cm de un muro de bloques de barro (adobe), es capaz de absorber aproximadamente 300 g de agua por m² de la superficie del muro en 48 horas, si la humedad del ambiente incrementa súbitamente de 50 a 80%.

En cambio, la piedra silico-calcárea y la madera de pino de un mismo espesor absorben solamente 100 g/m² aproximadamente, el revoque o pañete con cemento 26 a 76 g/m² y el ladrillo cocido solo 6 a 30 g/m² en el mismo periodo.

La influencia del espesor de las capas de barro con relación a la absorción muestran que cuando la humedad se incrementa súbitamente de 50% a 80% solo los 2 cm exteriores absorben la humedad en las primeras 24 horas y en los 4 primeros días solo la capa exterior de 4 cm es activa. Pinturas de cal, caseína y cola celulosa reducen esta absorción ligeramente mientras que con las pinturas de doble látex y aceite de linaza se puede obtener un efecto de reducción de la absorción en un 38% y 50% respectivamente. (Gernot Minke).

La tierra por su composición granulométrica de arcilla, arena y limos, tiene la capacidad de regular estos ciclos de forma natural.

Esto se traduce en salubridad para los habitantes, con un valor agregado de confort que muy pocos materiales, incluso industriales, pueden ofrecer y merecen ser investigados.

Las técnicas mixtas son denominadas de diferente forma en cada país. En Centroamérica desde México hasta Panamá, se le nombra BAHAREQUE, desde Colombia hasta Ecuador es BAHAREQUE, desde Perú hasta Chile y Argentina es QUINCHA, y en Brasil se le denomina PAO A PIQUE o TAIPA DE MAO. Estas designaciones son muy genéricas.

En Colombia en las seis regiones se manifiestan múltiples formas y materiales para hacer las técnicas mixtas que aún hoy, no están registradas, clasificadas, ni investigadas.

4. Algunas variables regionales del bahareque

Región Atlántica de Colombia - Costa Caribe

Recorriendo la región Caribe Colombiana continental, se encuentran muchas formas y tipologías para hacer las viviendas de bahareque; estos saberes se observan desde el departamento de la Guajira, territorio con clima seco y desértico, con lluvias entre 125 y 400 mm anuales, sol brillante, temperatura media de 28 grados centígrados, vientos constantes y alta evaporación; hasta las zonas ribereñas más fértiles con climas tropicales, húmedos, secos y semi áridos bosque seco que comprende los departamentos de Atlántico Cesar, Magdalena, Sucre y Córdoba.

En la Guajira estas construcciones aún hoy día, se elaboran con muchos materiales, dependiendo de los escasos recursos naturales locales, y aprovechando los arbustos espinosos y las cactáceas como el "yosú" wayuunaiki (lengua nativa), que cuando muere se le denomina "Yotojoro" (*Stenocereus* cacti). (Villalobos S.; Vargas, O.; Melo S).

Este material es elegido por un mayor ciclo de vida dentro de los cactus, que cuando ya está seco se aprovecha para las cubiertas. Esto demuestra el profundo conocimiento de las propiedades de la vegetación del lugar. También se usan otras especies de plantas como los cactus gigantes (*Cereus*), o cactus con hojas (*Pereskia*), y los tunos (*Opuntia* y *Pilosocereus*).

Así mismo se coloca para las estructuras principales, algunas especies arbóreas de clima seco, leguminosas como el "dividivi" (*Caesalpinia coriaria*), la Brea de la familia de las Fabáceas (*Parkinsonia praecox*). y otras especies locales, con estas denominaciones científicas: *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*, *Haematoxylum brasiletto*.

Los Wayuu como se denomina esta comunidad originaria, es una cultura semi nómada que viven de una economía extractiva de caza y pesca. Es un pueblo aborigen que habita esta región desde hace más de 2.000 años, y han construido sus "rancherías" y viviendas comunales; dichas construcciones reflejan un desarrollo tecnológico que responde a las posibilidades que brinda la naturaleza en este agreste lugar, donde la regeneración de la vegetación es lenta y se da de forma espontánea.

En las áreas sabaneras de la costa atlántica, la estructura principal y auxiliar del bahareque es extraída de algunos árboles con maderas de gran o menor tamaño, también se usan chamizos, cañas, o venas de algunas hojas con las que se realiza la envoltura de paredes y cubiertas.

Entre las plantas más usadas están algunos tipos de gramíneas (*Poaceae*) como las bambusas o caña guadua (*Angustifolia*) y la caña flecha (*Gynerium sagittatum*).

También se usan algunos tipos de palmeras (familia: *Arecaceae*) como la "lata, corozo o uvita" (*Bactris minor*), resistente al fuego, especies que se encuentran en las márgenes marítimas, fluviales y de las ciénagas. Las "latas" constituyen la principal vegetación existente en las sabanas, pues fue la única capaz de resistir las quemadas, que se vienen practicando en las labores agrícolas, desde épocas precolombinas".

Para las cubiertas se coloca la estructura con maderas nativas, y para el techo se utilizan hojas de diferentes plantas: especialmente de palma amarga (*Sabal mauritiformis*), palma de vino o de corozo (*Attalea butyracea*), y hojas de bijao, iraca o toquilla (*Carludovica palmata*), así



Figuras 14 y 15. Casas de bahareque en la costa atlántica, Galapa -Dpto. del Atlántico y San Jacinto- Bolívar.
Fuente: la autora.

como algunos tipos de pajas o gramíneas de mayor tamaño.

“La palma amarga es el material más utilizado en la mayor parte del territorio de la costa. Los techos de las palmas de vino y de corozo se encuentran raramente en las zonas del litoral y de las sabanas. Los demás materiales solamente se utilizan en las regiones cenagosas”. (Sánchez y Ángel. SENA 1990, repositorio.sena.edu.co)

En general, en la arquitectura vernácula con bahareque en los departamentos de la costa atlántica, el uso de la madera es muy importante, se extrae del lugar a muy bajo costo, no es valorizada, por ser construcciones de corta temporalidad, y por ello existen malas prácticas, como colocarlas enterradas en el piso, ningún tratamiento de inmunización, deficiencias en los amarres y ensambles y otras patologías por la carencia de recursos y de sistematización.

Algunas maderas de alta resistencia y calidad, son trabajadas de forma rústica, como el Carreto (Aspidospermopoloneuron), Níspero (Manilkarazapota), guadua en

Nariño; guayacán (Bulnesia arborea), mora (Macluratinctoria), vara de bleo, vara de humo (en Ovejas), todos recursos arbóreos, usados en la arquitectura tradicional y vernácula.

Muchas maderas tienen un valor en la construcción y por sus características y propiedades, podrían ser cultivados para su consumo a partir de cadenas de producción sostenible.

En la construcción tradicional para realizar los amarres entre estas estructuras se usan también recursos locales con fibras como bejucos o lianas de diferentes tipos, cueros, y la tendencia es reemplazarlos por materiales industriales como alambre, manila, pita o nylon, ya que se consiguen más fácilmente.

Apartir de un incremento en el mercado se vienen creando centros de acopio y aserríos, que realizan explotación comercial indiscriminada de los bosques, con impactos para el equilibrio ecológico. Es necesario empezar a tomar conciencia del potencial de los recursos naturales, como lo plantea la legislación ambiental, en pro de un desarrollo económico para las regiones.



Figuras 16 y 17. Vivienda de bahareque con materiales reciclados en clima frío.
Fuente: la autora.



Figura 18. Casas contemporáneas de Bahareque en la zona cafetera - climas medios.
Fuente: la autora.

Zona cafetera

En el área andina y específicamente en la zona cafetera, Jorge Enrique Robledo, en su libro "Un siglo del bahareque en el antiguo Caldas" (1993), dice que hay cuatro tipos de bahareque tipificados y nombrados: bahareque de tierra, tabla, metálico y encementado.

Esta categorización obedece al uso del material de envoltura, sin embargo hay otras clasificaciones que pueden ser ampliadas, como se realizó en las investigaciones para la creación de la Norma de bahareque encementado (NSR- 98), que amplió el tema, definiendo el bahareque de tierra relleno y bahareque de tierra hueco; así mismo, incluye una categoría de bahareque contemporáneo cuyo recubrimiento aplica la esterilla de guadua, malla de vena o mortero de cemento.

Esta primera norma hizo énfasis en evitar repetir algunas vulnerabilidades de los sistemas constructivos tradicionales como son: mejor sistema de cimentación, continuidad vertical y horizontal de los elementos estructurales con el objetivo tener una buena capacidad sismo resistente.

Este bahareque tradicional de la zona cafetera y parte del Valle del Cauca, Cundinamarca, Tolima y aéreas cálidas, es un bahareque mixto, donde se usa maderas y ha sido elaborado especialmente con una gramínea: la guadua angustifolia kunt, material que abunda en estas tierras de origen volcánico y son pastos que llegan a crecer hasta 50 metros de altura, proporcionando un recurso natural abundante y de excelente calidad para la construcción.

Este material ha sido investigado en las últimas décadas y se ha puesto en valor, a partir de algunos profesionales que lo ha hecho visibilizar en sus obras como es el trabajo del arquitecto Simón Vélez, Jörg Stamm, entre otros más.

En esta zona de sismicidad media, a través del tiempo, se ha demostrado la eficiencia por la liviandad y resistencia en los sismos. Algunos prototipos demostrativos en diferentes regiones andinas, planean alternativas eficientes en obras contemporáneas para cambiar el imaginario, que en generales subvalorado.

Los motivos de menospreciar este sistema obedece a una imagen que ha creado el mercado, con el adoctrinamiento de los medios de comunicación y el hecho de ser un recurso que lo han aprovechado los más "pobres" económicamente, de no reconocer el valor de lo ancestral, ni la sabiduría local, hacen que hasta el momento no tenga nuevas y profundas investigaciones.

En la actualidad en la zona cafetera, se sigue construyendo en las áreas rurales con guadua por tener también dificultades para acceder con otros materiales convencionales e industrializados, y por ello sigue siendo una alternativa a las necesidades de cobijo marginal.



Figuras 19 y 20. Tierra y guadua para la construcción del bahareque en Caldas y Risaralda.
Fuente: la autora.

El principal material y técnica en la región cafetera es el bahareque de guadua, usado especialmente en paredes y ha sido una técnica tradicional durante siglos que está evolucionando. Es la única región en Colombia donde se han visto avances tecnológicos con el material.

La guadua *angustifolia* Kunt, es un recurso abundante entre los cafetales y ha venido legislándose para apoyar las cadenas productivas nacionales, estos aportes han servido de modelo en otros países latinoamericanos y por este interés, encontramos normas técnicas colombianas de referencia como:

NTC 5405 (2006) Propagación vegetativa de *Guadua angustifolia* Kunth.

NTC 5407 (2006) Uniones para estructuras construidas en *Guadua angustifolia* Kunth.

NTC 5301 (2007) Preservación y secado del culmo de *guadua angustifolia* kunt.

NTC 5525 (2007) Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *guadua angustifolia* kunt.

NTC 5300 (2008) Cosecha y Pos cosecha de los culmos de *Guadua angustifolia* Kunth.

NTC 6100 (2014) Criterios ambientales para productos de primero y segundo grado de transformación de *guadua angustifolia* Kunt.

NSR 10 Título G (2010) Estructuras de madera y *Guadua*

Es el "regalo de los dioses" como lo catalogó Oscar Hidalgo que como recurso natural está siendo estudiado y a la vez cuestionado, incluso controlado exageradamente, por los intereses y lo que podría llegar a ser.

"La disminución de la cobertura vegetal en cuanto maderas aprovechables con fines constructivos, como la *guadua*, el arboloco, el cedro, el nogal entre otras especies típicas o nativas de esta zona, se debe más a la expansión de las fronteras agrícolas o pecuarias, que a la extracción propia de las maderas para construir o para fines comerciales" (ALZATE SOTO J.P.; OSORIO RIOS J:P).

5. Innovación y transferencia: bahareque para cubiertas

El domo caña. Esta técnica desarrollada en Perú, cuya transferencia tecnológica se inició hace una década, se ha aplicado en varias obras en Colombia y se está adaptando a las posibilidades locales que ofrece la *guadua* como material.

El techo de domo caña o también como se podría adaptar en Colombia a "domo *guadua*", es una continuidad de los principios del bahareque para paredes; como técnica mixta, usa la *guadua* como estructura a través de la aplicación de las tiras o "latas" que se amarran con materiales naturales o industriales que quedan de forma permanente, haciendo una especie de trabajo de cestería a gran escala, el bambú trabaja por la "forma como estructura" y aprovecha la flexión que ofrece naturalmente el material, al aplicarlo en los elementos esféricos o abovedados.

Esta alternativa no convencional de techo denominado domo caña se desarrolló en la Facultad de arquitectura de la universidad Nacional de Ingeniería (UNI) y fue promovido por la Ingeniera Raquel Barrionuevo.

El domo caña en Perú, es una cúpula de caña; de 3 a 4 metros por los tamaños de las gramíneas, es un techo ecológico, construido con bambú que se recubre originariamente con suelo cemento y también con tierra o con mezclas, protección muy natural y ecológica.

Con las experiencias realizadas en Colombia, por el tamaño de la *guadua*, se han introducido nuevos diseños y se han experimentado con montajes sobre bahareque, progresivamente se está difundiendo en las obras, que ofrecen mayor tamaño, versatilidad y demuestran la sostenibilidad.

Las formas orgánicas que se basan en la geometría de la naturaleza, permiten construir cubiertas muy diversas, creativas y orgánicas. Entre las recomendaciones están: el uso de *guadua* de calidad, con material seleccionado con los requerimientos técnicos, realizar preservación y secado de la materia prima, y tener el debido cuidado de

las uniones y amarres de las estructuras en el diseño como lo referencian las normas de la construcción para la guadua angustifolia kunt.

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

normatividad; solo se puede homologar a los cascarones de concreto o de ferro-cemento.

Por ser una técnica flexible, responde de forma armónica con la construcción del bahareque, por tener continuidad en sus elementos estructurales y manteniendo la materialidad; es una posibilidad de exploración para cubiertas sostenibles, teniendo atención en la impermeabilización que debe ser también flexible.



Figuras 21 y 22. Estructura prefabricada para paredes y cubiertas con domo caña elaborado Guadua Angustifolia Kunt.
Fuente: la autora.

Estas obras experimentales en Colombia, han sido desarrolladas gracias al potencial de la calidad estructural de las "latas" o tiras de las guaduas, y tienen el propósito de demostrar las propiedades que a futuro, con investigaciones, se establezcan y determinen los parámetros de diseño, condiciones constructivas para el uso de otros tipos de bambú, y se pueda ofrecer como alternativa de techos para los sectores sociales menos favorecidos, que cuenten con el recurso natural y puedan disfrutar de una protección de calidad para la envoltura superior como cubierta.

Para el recubrimiento de los domo cañas, la estructura es como una malla o red construida con las "latas" de guadua, sobre estas se coloca una malla de gallinero galvanizada tipo "pollito" de una pulgada, y sobre esta, se colocan varias capas o pieles con un mortero grueso de cal y tierra para después recibir la impermeabilización.

Al construir el domo caña con la estructura de guadua, se han ampliado posibilidades del material. La tendencia por la experiencia, ha sido revestirla con algunas capas consecutivas y delgadas de tierra y cal, como pieles, para brindar una impermeabilización natural, y mejorarla en un futuro cercano con polímeros orgánicos.

Entre las cualidades del uso de la cal en paredes y techos de bahareque, hay varios efectos químicos porque al madurar el proceso de secado, la cal viva después de apagarla se convierte químicamente en Carbonato de calcio CaCO_3 que en los morteros de cal, al carbonatarse lentamente absorben CO_2 , y va purificando el aire, lo cual es una actividad similar a la que realizan los árboles en los ecosistemas.

Las emisiones de carbono provienen de la quema de combustibles fósiles y de la fabricación de los materiales industriales como el cemento, y crecen de manera



Figuras 23 y 24. Cubiertas de domo caña con guadua en Boyacá.
Fuente: Clara Ángel.

exponencial, por eso, en los países que firmaron los protocolos como el de Kioto, se hacen responsables de no superar las emisiones por año. Si se incrementa en la construcción el uso de la cal, mejoraría la purificación del aire.

“En la construcción se ha usado Cal aérea apagada: es una práctica difundida, puede reaccionar con ciertas arcillas y provocar un efecto puzolánico que vuelve a las arcillas insensibles al agua”. (Garzón L. 2003).

La cal como material cementante tiene virtudes que no las ofrece el cemento industrial, la primera es el costo energético, que aunque requiere energía en el ciclo de la producción, para hornear las calizas, corresponde a la mitad de la energía que consume la producción del cemento.

En segunda instancia, la cal es más económica que el cemento, solo que debe de procesarse in situ, porque en Colombia aún no existe una demanda del mercado, que la ofrezca ya apagada y procesada.

La tercera son las propiedades desinfectantes, como insecticida y fungicidas. Los revestimientos con cal protegen adicionalmente la guadua, evitan plagas, y son inmunizantes naturales.

La cal tiene también propiedades hidráulicas. Cuando se amasa y se mezcla adecuadamente con áridos y agua, forma un hormigón que conserva su ductilidad o forma de trabajar durante un tiempo suficiente y,

después de períodos determinados, se va secando y alcanza una resistencia específica y una estabilidad de volumen a largo plazo siendo flexible.

6. Desarrollo tecnológico del bahareque. Nuevos pasos al futuro.

Las técnicas mixtas por su diversidad técnica, son un recurso para investigar y dar el salto hacia un desarrollo tecnológico. Una posibilidad es crear sistemas integrales, que con prefabricación de elementos disminuyan los tiempos de montaje, economicen y faciliten los montajes, entre otros

Es así como que con estas premisas, se desarrolló una exitosa experiencia en Perú con la “técnica de la quincha prefabricada. Es un sistema que surgió de la quincha tradicional y mejorando las debilidades del sistema y ya fue registrado como sistema constructivo no convencional RD. No 001-84 VC -9602, por ser versátil, ha sido usado de forma masiva en áreas urbanas y rurales, es adaptable a recursos locales y emplea materiales y herramientas de carpintería y albañilería elementales.

Es una técnica que puede adaptarse donde hay recursos forestales sostenibles.

Este sistema fue desarrollado pensando con coordinación modular, donde se racionalizaron todos los recursos y dieron una respuesta sísmica como tecnología blanda y económica.

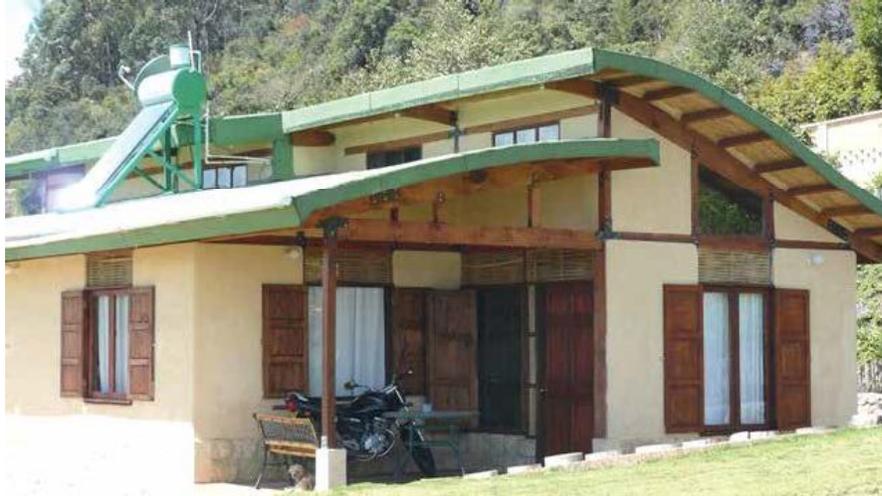


Figura 27. Prototipo experimental de vivienda con técnica mixta en Subachoque / Cundinamarca Colombia.
Fuente: la autora.

Estudio bioclimático del prototipo experimental

En el estudio bioclimático el objetivo fue identificar el desempeño térmico de la construcción con tierra en general y en quincha en particular, en climas donde es posible lograr confort con acondicionamiento natural o con limitada calefacción artificial.

En este trabajo se analizaron las características térmicas de muros de quincha y techos de barro sobre estructuras de madera, a fin de verificar su comportamiento térmico y capacidad de ofrecer buenas condiciones de habitabilidad. Se realizó un análisis de las características térmicas de ambos componentes, con estudios teóricos y mediciones registradas en la vivienda construida en la Sabana de Bogotá, Colombia.

Los resultados indican un comportamiento térmico favorable, comparable con otras construcciones convencionales, aunque las temperaturas interiores promedio son inferiores a los niveles deseables con relación a los parámetros bioclimáticos que piden no descender de 20 grados centígrados en las habitaciones. Se identifican posibles alternativas para mejorar el desempeño térmico y las condiciones de bienestar de los ocupantes.

En el análisis de las características térmicas de los muros de quincha que tienen un espesor típico de 10 a 15 cm., con dos capas exteriores de revoque de barro sobre un armazón de madera o bambú. En algunos casos, se utiliza una doble armazón con cámara de aire interior para lograr mayores espesores y simular muros de mampostería portante. El bambú tiene las ventajas de mayor resistencia a ataques de insectos, carcoma o putrefacción, mayor flexibilidad en caso de movimientos sísmicos y menor peso.

“El muro de quincha de 12 cm. logra una transmitancia térmica similar a una pared de ladrillo macizo de 300 mm., o a una pared de adobe de 250 mm., adecuada para muchas condiciones climáticas, pero con limitada resistencia al paso de calor en climas fríos. El peso reducido es otra ventaja, pero la limitada inercia térmica produce un retraso térmico de solamente 3 horas”. (De SHILLER, S EVANS, J,M, GARZON, L. -2012).

En el análisis de las características térmicas del techo tradicional de tierra, construido con una capa de barro sobre un capa de bambú, caña o hojas de palmera logra una transmitancia térmica de aproximadamente 2-3 W/m²K, un valor muy alto para techos, tanto en climas fríos como cálidos. El retraso térmico es también limitado, con un valor de solo 2 a 3 horas.

Tabla 2. Características térmicas del muro de quincha

Capa	Espesor m	Conductividad W/mK	Resistencia m2K/W	Transmitancia W/m2K
Exterior			0,13	
Terminación, tierra con cal	0,010	0,72	0,01	
Tierra con paja	0,035	0,68	0,05	
Caña y cámaras de aire	0,020	0,08	0,25	
Tierra con paja	0,035	0,68	0,05	
Terminación, tierra con cal	0,010	0,72	0,01	
Exterior			0,03	
TOTAL	0,110		0,54	1,85

Fuente: de Schiller, S., Evans, J. M., Garzón L.

Una solución interesante, adoptada en la casa en Subachoque analizada, es el uso de carbón vegetal como capa aislante en el techo. Esto ofrece una transmitancia térmica de 0,83 W/m2K, mucho mejor que el techo tradicional de barro.

Medición de temperatura

Se realizó la ubicación de "Hobos" (sensores para medir y registrar temperatura y humedad relativa), que se instalaron en la casa de quincha racionalizada (Garzón, 2012). Los sensores se programaron para iniciar los registros en el momento de su colocación.

El modelo U12 mide temperatura, humedad y niveles de luz. Si bien esta última medición

es indirecta, por la ubicación bajo el alero, y permitió detectar horas nocturnas y horas con sol o cielo nublado.

La humedad absoluta exterior también permitió detectar horas con muy alta humedad relativa, pudiendo coincidir con lluvias, especialmente en combinación con la disminución de temperatura. El intervalo de tiempo entre mediciones es de 15 minutos, muy adecuado para evaluar el comportamiento térmico de la vivienda.

Durante las mediciones, la temperatura exterior oscilaba entre un máximo de 20° a 24°C y un mínimo de 8° a 11°C, aunque en un día con bajas temperaturas y sin sol, la temperatura máxima solamente alcanzó

Tabla 3. Características térmicas del techo de quincha

Capa	Espesor, m	Conductividad	Resistencia	Transmitancia
Exterior	-		0,04	
Impermeabilización	0,001	-	0	
Tierra con cal	0,025	0,72	0,03	
Carbón vegetal, suelto y seco	0,05	0,05	0,91	
Film de plástico	0,0005	-	0,01	
Caña	0,025	0,2	0,04	
Interior			0,17	
TOTAL	0,10		1,20	0,83

Fuente: de Schiller, S., Evans, J. M., Garzón L.

los 12°C. A fin de realizar un análisis del comportamiento térmico de la vivienda, se seleccionó una serie de 10 días con temperaturas similares y se obtuvo un valor promedio para cada periodo de 15 minutos.

Los valores de la temperatura media exterior que oscila entre 10° y 18°C (amplitud = 8 grados) durante el periodo de la medición.

Las temperaturas a nivel techo tienen un valor promedio de 16,4-16,8°, las temperaturas más altas registradas, con importante amplitud térmica, entre 6 a 8 grados. Las temperaturas interiores a nivel de los ocupantes presentan una variación diaria de temperatura entre 1 y 2 grados, mientras la temperatura media es de 15° a 16°C.

Tabla 4. Análisis de temperaturas promedio

Variable	Exterior alero	Dorm. 3 altura =1	Dorm. 3 techo	Estar Piso	Estar Techo	Dorm. 1 Altura=1
Temperatura máxima	17,9	16,4	19,8	15,9	21,2	17,0
Temperatura mínima	9,9	14,1	13,7	14,8	13,5	15,0
Temperatura promedio	13,1	15,3	16,4	15,4	16,8	16,1
Amplitud térmica	8,0	2,3	6,1	1,1	7,7	2,0

Fuente: de Schiller, S., Evans, J. M., Garzón L.

Se identificó que a la quincha en estas condiciones climáticas le falta un poco más de espesor para responder a estas temperaturas bajas por periodos prolongados de tiempo.

Con mejor aislación térmica se puede aumentar la temperatura interior unos grados más cerca de la zona de confort.

La temperatura en el techo alcanza su pico máximo a las 16 horas, 2 horas después del pico de temperatura exterior, y 4 horas después de la radiación solar máxima sobre

el techo, siendo consistente con el retraso térmico de 3 horas estimado. La temperatura del techo indica una importante transmisión de calor. Las temperaturas a nivel de los ocupantes oscilan entre 14° y 17°C, variación limitada pero con valores inferiores a los requeridos para confort en un estar donde se recomienda lograr una temperatura mínima de 18°C. Las mediciones cercanas al piso tienen menor variación, resultado de la importante inercia térmica del piso.

Estas mediciones dieron como conclusiones que la quincha con muy pocas mejoras en sus paredes, es un sistema que puede lograr el confort habitacional.

Algunas recomendaciones son:

El mejoramiento de la conservación de calor y control de ingreso de radiación solar por el techo requiere mejores características aislantes con:

- Colores claros en las terminaciones del techo
- Mayor espesor de la capa aislante del techo, con 10 cm. en vez de 5 cm.
- Incorporación de una cámara de aire o material aislante en muros

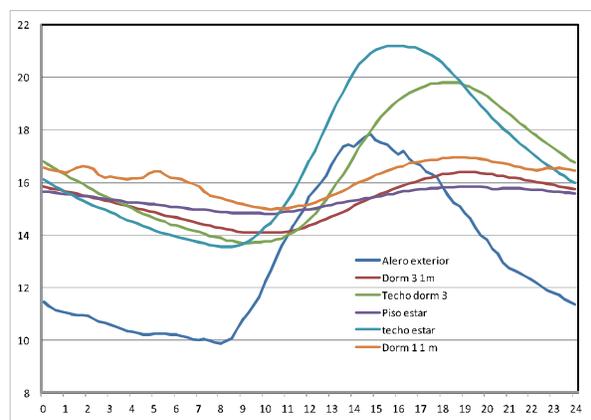


Figura 28. Temperatura en el interior de la vivienda, valor promedio cada 15 minutos.

Fuente: de Schiller, S., Evans, J. M., Garzón L.

Con estas medidas, complementadas con un control de las infiltraciones de aire, se

pueden reducir las pérdidas de calor en un 50%, aumentando la temperatura interior promedio en 6 grados, para alcanzar una temperatura media de 17°C, cercana al límite mínimo de confort. Una mayor captación de energía solar en ventanas con orientación este y oeste también puede aumentar la temperatura interior.

Análisis de ciclo de vida del prototipo

En el otro estudio del ACV se eligió este prototipo de vivienda por sus características innovadoras con el material, y por tener todos los costos y cantidades de materiales registrados, se procedió a analizar comparativamente la vivienda con otro diseño de una casa con la misma área e igual distribución, solo que construida supuestamente con los materiales convencionales, con la misma cimentación, columnas de hormigón, paredes del bloque cerámico, cubiertas con teja de fibrocemento y estructuras de cubierta con cerchas metálicas, que son los materiales usados convencionalmente en el sector popular.

En este ejercicio se buscó comparar cuantitativamente los gastos energéticos y evaluar las emisiones de CO2 que produce una construcción de una vivienda construida con estos materiales naturales como la quincha y la otra con materiales convencionales. (Mercader M.P; Ramirez de Arellano, Olivarez, M.).

En este análisis comparativo, se seleccionaron los materiales que se usaron por cantidad y por el mayor peso, análisis que se realizó en kilogramos para el cálculo de la obra: de forma paralela se calcularon algunos de los elementos constructivos más significativos en el volumen de la obra; es de resaltar que los dos tenían el mismo diseño,

Con esta metodología se logró como resultado el peso total, se dimensionó el consumo de energía que se calculó en mega julios y así mismo se revisa la producción de Bióxido de carbono de las dos obras, todo con el fin de evaluar cuál es el ahorro de energía y la disminución del consumo energético entre estas viviendas.

Tabla 5. Resultados comparativos de ahorro de energía de un prototipo de quincha con otra de material convencional

	Peso total Kg	Energía MJ	Carbono Kg CO2
Quincha	40509,3	99700	5548
Convencional	37009,4	149158	12269
%		66,84%	45,22%
Ahorro		33,16%	54,78%

Fuente: Carreño, A. Martin, E.

Al realizar este ejercicio se identificó que aunque se carece de mucha información sobre los impactos ambientales por parte de las industrias, y se necesita profundizar en los estudios más exactos, el resultado es que con lo que se construye una casa con material convencional se pueden construir dos viviendas con la energía del sistema de quincha y que el ahorro de la quincha representa una tercera parte de la energía - 33.16% y la producción de bióxido de carbono fue más de la mitad 54.78%, demostrando el aporte ecológico para el ambiente.

La construcción con sistemas como la quincha prefabricada, aporta a la sostenibilidad y es

real la economía energética que consume la mitad de un sistema convencional de ladrillo y concreto.

7. Conclusiones y comentarios

A partir de estos estudios, en los últimos años, se han realizado nuevos proyectos a partir de este prototipo de bahareque prefabricado. Por ser un sistema polivalente y diverso, puede ser promovido tanto en las zonas rurales, como en las urbanas, y se puede proyectar hacia un desarrollo progresivo y con alternativas de crecimiento de forma horizontal y vertical. Incluso en las áreas urbanas pueden construirse de forma

concentrada, o pareada, con paredes tan delgadas como otros sistemas prefabricados convencionales.

En Colombia puede tener una amplia proyección las técnicas mixtas; son un potencial para la solución de construcción de viviendas de uno y dos pisos, por sus amplias cualidades a saber:

- La seguridad sísmica,
- Ser estructuras livianas y flexibles,
- Las cualidades de aislación térmica, acústica y electromagnética.
- El bajo consumo energético,
- Con uso de morteros de cal purifica el aire y absorben el bióxido de carbono.
- Por ser de bajo impacto,
- Económicas,
- La facilidad en la construcción,
- Por las posibilidades estética y orgánicas,
- Por que reivindica y conserva la memoria como técnica tradicional,
- Por la alternativa de prefabricación y poder agilizar procesos,
- Por recuperar valores culturales en las diversas zonas colombianas,
- Permite la participación de la comunidad beneficiaria,
- Una técnica blanda,
- Consume la mitad de la energía que los sistemas de construcción convencional,
- Ofrece hábitats saludables.

También estas técnicas mixtas tienen vulnerabilidades que deben superarse, comenzando por los prejuicios mentales, al considerar estas técnicas para "pobres", y los riesgos de incendio. Así como las limitaciones en el desarrollo tecnológico en el mercado.

Todo este panorama por los avances y posicionamiento de estas técnicas, en las últimas décadas, que conjugan las problemáticas globales, como la crisis energética, obligan a despertar a la sociedad y construir con materiales más ecológicos y que focalizan la construcción desde nuevos paradigmas que hacen de la tierra, un material posible para los nuevos tiempos.

El compromiso de sensibilizar y educar a un consumidor consiente, hace parte de la política y debe entrar a las agendas para que

profesionales, instituciones de investigación, y la sociedad, en general, se integren en la cadena de producción y conocimiento.

Los materiales no convencionales que fueron desarrollados en las culturas por tradición y otros por innovación tecnológica, abren un mercado sostenible; el estado y la sociedad deben propender por crear nuevas políticas que estimulen estos productos, comiencen a cambiar paradigmas para visibilizar otros recursos alternativos de menor consumo energético.

Las técnicas de construcción con materiales locales, naturales son más accesibles para sectores de baja renta, donde las comunidades puedan participar y aunque pueden ser adaptados en las ciudades, son también viables para contextos suburbanos.

Es importante seguir investigando con nuevos proyectos demostrativos y experimentales, sumergiéndose en los saberes locales otras técnicas mixtas, realizar nuevos análisis del ciclo de vida, con datos precisos sobre los gastos de energía en la producción de los insumos y compara con los primeros resultados con el prototipo experimental.

Los estudios del análisis del ciclo de vida exigen obtener una información primaria que requiere una gran inversión en recursos técnicos, logísticos y humanos así como la voluntad de las industrias por racionalizar y evaluar los procesos sostenibles de producción. Sin embargo no existe, ni la exigencia, ni la conciencia de la industria y la mayoría de información es secundaria ofreciendo baja precisión en los datos para las técnicas de construcción.

En el prototipo experimentado en la construcción de la casa de quincha (bahareque), se evidenció un tercio de ahorro energético comparativamente frente a la construcción de una vivienda de igual tamaño y diseño con materiales convencionales.

Una construcción convencional con materiales industriales en el análisis del ciclo de vida y por mediciones en las evaluaciones ambientales emite más de la mitad de CO2

que una vivienda no convencional con materiales naturales de cadenas productivas.

contexto, estudiar las propiedades y ACV de otros recursos locales.

Es necesario seguir profundizando e investigando en los análisis de ciclo de vida de los materiales no estandarizados y naturales. Ya que no existen estudios para materiales no convencionales como heno, fique y caña brava, apenas tenemos información de algunos tipos de bambusas como la guadua angustifolia kunth y corresponde en cada

Para garantizar la viabilidad ambiental en términos de energía y emisión de CO2 es necesario conocer el origen de los materiales a utilizar en la construcción, asegurar que las industrias productoras posean un sistema de gestión de calidad y ambiental que aún es incipiente.

Referencias

Álzate Soto J.P; Osorio Ríos J. P. (2014) Bahareque como ejemplo de sostenibilidad, una herencia que se transforma. Trabajo de maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente Universidad de Manizales.

Angel Ospina, C.; Sánchez Gama, C. (1990). El bahareque en la región del Caribe. Módulos 1 a 9. Bogotá: FIC; SENA.

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

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (s.d) Manual de evaluación y rehabilitaciones de viviendas de bahareque tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 02 del 2002. Bogotá: AIS. Disponible en: <http://www.desenredando.org/public/libros/2005/cersrv/mre-Bahareque.pdf>

Carreño A.; Martín López, E. (2012) Comparación de emisiones de CO2 y energía utilizada en una casa construida con materiales convencionales y el mismo modelo con materiales alternativos. Tesis de grado de estudiantes de Ingeniería ambiental Universidad Distrital / Bogotá.

Cultura e historia del Perú (2015). Caral en Perú es la Civilización Madre de América - Tiene Igual Nivel que las Más Grandes del Mundo. Disponible en: <https://culturaehistoriadep Peru.blogspot.com.co/2015/08/caral-en-peru-es-la-civilizacion-madre.html>

De Shiller, S Evans, J. M.; Garzón, L. (2012) Desempeño térmico de Viviendas construidas con quincha racionalizada en Colombia. Construcción con tierra #5 Centro de Investigación Hábitat y Energía Secretaría de Investigaciones e Instituto de Arte 167. Disponible en: https://issuu.com/juliangrobe/docs/ct-5_completo

Hays, A.; Matuk, S. (2005). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. In: Técnicas mixtas de construcción con tierra. (2011) Salvador: PROTERRA/HABYTED/CYTED. p. 121-350.

La República (2015) Vichama, mito y realidad. Disponible en: <http://larepublica.pe/rumbos/515979-vichama-mito-y-realidad> Acceso octubre de 2017.

Lonely planet (s.f). Caral Archaeological site in Barranca. Disponible en: <https://www.lonelyplanet.com/peru/barranca/attractions/caral/a/poi-sig/1347461/1317710> Acceso octubre de 2017.

Minke, G. (2010) Manual de Construcción en tierra. Ediciones Eco habitar. ISBN: 9788461424054

Mercader M.P; Ramírez de Arellano, Olivarez, M. (2012) Modelo de cuantificación de las emisiones de CO2 producidas en edificación derivadas de los recursos materiales consumidos en su ejecución. julio-sept. Informes de la Construcción Vol. 64, 527, 401-414.

Proterra (2003). Técnicas mixtas de construcción con tierra. (2011) Salvador: Disponible en: <<http://www.redproterra.org/>> Acceso octubre de 2017.

Proterra/Habited/Cyted. Servicio nacional de capacitación para la industria de la construcción (1987). Técnicas mixtas de construcción con tierra. Salvador: proterra/habyted/cyted. p. 121-350. Manual técnico. Lima: ININVI; SENCICO.

Rieznik, N.; Hernández, A. (2005) Glosario de términos clave relacionados con un urbanismo y una arquitectura más sostenible, ACV- Departamento de Urbanismo y Ordenación del Territorio / Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid- <<http://habitat.aq.upm.es>> Acceso Septiembre de 2017.

Sena (1990) Cartilla ALBAHAREQUE. Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. Disponible en: <http://repositorio.sena.edu.co/sitios/bahareque_region_caribe/modulo_9_albahareque.html> acceso octubre de 2017.

Villalobos S.; Vargas, O.; Melo S. (2007) Uso, manejo y conservación de "yosú", *Stenocereusgriseus* (cactaceae), en la alta guajira colombiana. Acta biol. Colombia, Vol. 12 No. 1, 2007 99 - 112.