

PROPUESTA DE PANELES ESTRUCTURALES MODULARES DE BAHAREQUE PREFABRICADO DE MADERA

Juan Pablo Astudillo Cordero¹; Nina Vacacela Albuja²

¹Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca; A+P Proyectos. InLab_Cuenca Laboratorio de Innovación de Cuenca. juan.astudillo@ucuenca.edu.ec; juanpa_ascor@hotmail.com; Inlab.cue@hotmail.com

²Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca. ninav103@hotmail.com

Palabras clave: panel estructural de bahareque, construcción modular

Resumen

La experimentación con tierra comienza con la puesta en valor de las técnicas constructivas tradicionales, el bahareque realizado en obra pero adaptado a estéticas contemporáneas o a nuevas formas de habitar, han sido ejemplos realizados en las áreas rurales de la provincia del Azuay. Uno de ellos merecedor del 2do premio en la Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito, año 2012. Construcciones colectivas y sociales, en las que, tanto el arquitecto como los propietarios forman parte del proceso intelectual y material de la obra. Con éstas experiencias y una vez legitimado el sistema, se plantea una propuesta de investigación de pregrado que debía buscar: un sistema versátil, tradicionalmente conocido, que no requiera mano de obra especializada, que no contamine, antisísmico, de bajo costo y que genere empleo, permitiendo la construcción artesanal familiar o comunitaria. El bahareque lo cumple y la tierra es el material idóneo, pues, es factible utilizarla en todas las regiones del país. Se proyectó un panel (60 cm x 240 cm x 10 cm), modular y estructural, se estudiaron materiales, mediciones, pruebas y simulaciones virtuales, maquetas y prototipos a escala real que sometidos a carga, dieron como resultado una resistencia mayor a los 250 kg/panel. Se concluyó con un sistema constructivo completo, desde los cimientos hasta la cubierta, haciendo uso para el entepiso y contrapiso de una loseta prefabricada de madera resultado de una investigación de post grado. Para comprobar su aplicación, docentes y estudiantes en conjunto con el Municipio de Saraguro-Loja, realizaron un taller de construcción y lectura de planos, enfocado al público obrero de la zona antes nombrada, quienes en un futuro posible, serán los usuarios del panel, retroalimentando la propuesta con sus saberes empíricos y construyendo al finalizar un prototipo de 9m², que demostró la facilidad de armado, reducción de tiempos, resistencia y que la estandarización de un sistema tradicional es posible.

1 INTRODUCCIÓN

Las soluciones planteadas en el Ecuador y Latinoamérica para la vivienda social y económica han generado propuestas de baja calidad ambiental y estética, basando su economía en la reducción de espacios o en la producción en serie de modelos y técnicas, importando, para esto, materiales que lo permitan o la materia prima para elaborarlos, generando contaminación en sus procesos y un costo adicional en su transporte. Peor aún, dichas soluciones habitacionales no reconocen la diversidad cultural en los hábitos de uso del espacio o la realidad climática de cada región del país.

La legitimidad de la propuesta se fundamenta en la versatilidad del sistema, generada a partir del uso de un material como la tierra, abundante e históricamente responsable y resistente, que permita su uso en todas las regiones y climas del Ecuador, así como su adaptabilidad a varios sistemas de arrostramiento como la madera, el hormigón y el metal. Establece la modulación y estandarización en la construcción reduciendo la contaminación en todos sus procesos, tomando como punto de partida el rescate de los conocimientos arquitectónicos ancestrales del bahareque, transformados en una propuesta constructiva sencilla, con materiales al alcance de todos y que reduce el tiempo en la construcción y los costos; inserta en el sistema productivo nacional materiales renovables y reciclados y que pueden ser autofabricados o elaborados en pequeñas industrias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Ofrecer una alternativa de construcción sustentable, saludable para la sociedad y el medioambiente, de fácil armado, transporte y colocación, que permita la autoconstrucción, sea económica y autoportante y que tenga en cuenta parámetros térmicos y acústicos.

2.2 Objetivos específicos

- a) Mejorar la técnica del bahareque, sistematizando su construcción, optimizando su estructura, armado, aplicación, relleno y recubrimiento.
- b) Demostrar su sostenibilidad ambiental, económica y social en contraste al sistema constructivo tradicional de bloque y ladrillo.
- c) Elaborar un modelo flexible que pueda construirse en cualquier parte del Ecuador, en pequeñas fábricas y/o a pie de obra.
- d) Ofrecer diferentes posibilidades de panel con diversas opciones de uso, acabado y aplicación rural/urbana.

3 ALCANCE

El panel podrá ser aplicado en todo el territorio ecuatoriano por su versatilidad, ya que para la elaboración del mismo se utiliza la tierra propia del lugar con mejoras en sus proporciones y características, (ver dosificación del recubrimiento). Por sus propiedades estructurales: se pueden construir viviendas de uno a tres pisos y por su recubrimiento: en cualquier clima, pues “el barro posee la propiedad de regular la humedad ambiental y la temperatura interior; absorbiendo y expulsando la humedad más rápido y en mayor cantidad, que los demás materiales de construcción” (Minke, 2001, p. 36).

4 FUNDAMENTO TEÓRICO

El bahareque o quincha es un sistema constructivo tradicional de Sudamérica y Panamá, que consiste fundamentalmente en una estructura fija y estable de madera anclada al cimiento, cubierta con palos delgados, carrizo o caña y barro (figura 1). Frente a los demás sistemas constructivos en tierra, éste presenta las siguientes ventajas: menor peso, menor sección, mejor comportamiento ante sismos y la utilización de cualquier tipo de tierra, pues esta es usada solamente como relleno.



Figura 1 – Pared de bahareque (Crédito: Valeria Bustos)

En pocos sectores del Ecuador y en algunos países, se están buscando nuevas soluciones, como la quincha prefabricada y el bahareque encementado. La quincha prefabricada

consiste en paneles modulares de madera y carrizo (no portantes), que son colocados dentro de una estructura puntual de madera y recubiertos en obra con una capa de barro y mortero de cemento. El bahareque encementado es un muro de guadua y/o madera, recubierto con malla de gallinero y mortero de cemento.

Ninguno de los sistemas anteriores generan un sistema modular ni prefabricado; no incentivan la pequeña industria y utilizan cemento para su mejoramiento; pero sin duda son un aporte para la revitalización e innovación de los sistemas constructivos tradicionales.

5 PROBLEMÁTICA A ABORDAR

La construcción de vivienda con materiales que generan contaminación mediante las emisiones de CO₂, generados por la sobreutilización de energía en los procesos desde su creación hasta su desmaterialización; la utilización de materiales importados en los cuales se incluye un gasto energético innecesario y un incremento en los costos. Cabe destacar que: “el sector de la edificación es el responsable de casi el 40% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera debido a los elevados niveles de consumo energético del mismo¹”. Además, la mayoría de los recursos utilizados en la actualidad no son renovables, con sólo el 5% del flujo de material procedente de fuentes renovables, a excepción de la madera y los productos de fibras y plantas (Borsanii, 2011, p.15).

6 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

Se buscó un sistema versátil de construcción, tradicionalmente conocido, que no requiera mano de obra especializada, que no contamine, que se comporte bien ante sismos, que reduzca costos y genere empleo a otra escala y permita la construcción artesanal familiar o comunitaria a través de la minga. Mediante la investigación previa se confirmó que el bahareque cumplía con todo lo anterior; que la tierra era el material idóneo para esto y que su utilización es factible en todas las regiones del país.

Por lo tanto se genera un sistema constructivo alternativo, mediante la Indagación de materiales y proporciones y la elaboración de pruebas, mediciones y simulaciones virtuales con programas adecuados, lo cual lleva a la solución del proyecto.

7 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este apartado, se exponen las etapas en la fabricación del panel, justificando técnicamente el uso de materiales, así como las soluciones constructivas, para ello se subdividen sus procesos en: estructura del panel, la aplicación de preservantes sobre ella, escogiendo el menos tóxico, el entramado interno y que sujetará en lo posterior al acabado, así como el aislante térmico y acústico que será sujeto a mediciones para determinar sus cualidades. Se detallará el acabado final, así como los detalles de armado del panel. Así al final se demostrará con las pruebas apropiadas la versatilidad y validez del sistema.

7.1 Estructura

Ecuador se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, por lo que la estructura de madera representa una solución óptima y económica. Se escoge el pino radiata, pues proviene de bosques implantados que no generan problemas de deforestación

¹ Certificaciones energéticas y proyectos (<http://certificarq.es/?p=423>)

Tabla 1 – Ficha técnica de la madera de pino (PADT, 1984)

Nombre científico	<i>Pinus sylvestris</i>
Dureza	media
Secado	fácil y lento al aire libre, presentando deformaciones leves
Resistencia a la deformación	media
Trabajabilidad	fácil, presenta defectos muy leves en el cepillado y moldurado
Durabilidad	no es resistente al ataque de hongos e insectos
Usos	estructura de viviendas, muebles, envases, tableros, aglomerados y contrachapados
Densidad	0,4 g/cm ³
Módulo de elasticidad de flexión	110,2 kgf/cm ²
Módulo de ruptura de flexión	1780 kgf/cm ²
Compresión paralela	299 kgf/cm ²
Compresión perpendicular	74 kgf/cm ²

Se utilizan dos tablones de madera de 10 cm x 240 cm, unidos entre sí mediante transversales cortafuegos, con uniones y destajes a caja y espiga, o pasadores de madera, evitando clavos o tornillos, facilitando así su armado por mano de obra no calificada (figura 2).



Figura 2 – Imagen de la estructura y detalle de unión con pasadores

7.2 Preservantes

Son esenciales, debido a las características del pino.

De los diversos métodos y sustancias para proteger la madera, se escogen los menos tóxicos. Por lo tanto se utiliza bórax² y ácido bórico mediante el método de inmersión³ y por último se aplica una capa de aceite de linaza para proteger la madera de las inclemencias del tiempo (ver tabla 2 toxicidad de los preservantes). El tiempo de inmersión son 48 horas y por cada litro de agua se colocan 10 g de bórax y 10 g de ácido bórico (Salazar, Díaz, 2001, p.3).

²según EPA lo ha calificado como un pesticida seguro p. 255.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_12.pdf

³el cual presenta menos riesgos industriales y produce menos contaminación, debido a que pueden reutilizarse los residuos líquidos (Berrocal; Muñoz; González, 2004, p.2)

Tabla 2 – Toxicidad de los preservantes

Nombre	Composición	Toxicidad	Contaminan agua y suelos	Carcinogénica
Sales CCA	dicromato de potasio	x	x	x
	sulfato de cobre	x	x	
	pentóxido de arsénico	x	x	x
Sales CCB	dicromato de potasio	x	x	x
	sulfato de cobre	x	x	
	boro	x		
Creosota	diferentes compuestos químicos	x	x	x
Preservante 1	bórax	x		
	ácido bórico	x		
	dicromato de sodio	x	x	x
Preservante 2	ácido bórico	x		
	sulfato de cobre	x	x	
	dicromato de sodio	x	x	x
Preservante 3	aceite de linaza	x		

7.3 Aislante y entramado

El aislante, esencial para el confort acústico y térmico, será realizado con materiales naturales y/o reciclados que dependen de su accesibilidad, temporada y precio, como: el pucón (hoja que envuelve la mazorca de maíz), hojas de habas, hojas de arveja, viruta, residuos de tela, etc. comprimiéndolo con el material de entramado adecuado para el lugar de construcción (figura 3).



Figura 3 – Imagen del aislante de viruta y pucón



Figura 4 – Imagen del entramado de caña guadua o malla de gallinero

Para el entramado alternativas como la caña guadua (gramínea de gran altura) o el carrizo (gramínea que crece cerca del agua), colocando diagonales de madera para rigidizar su estructura (figura 3) o malla de gallinero, sin diagonales pues estructural (figura 4).

7.4 Recubrimiento

Se eligió la tierra, gracias a sus propiedades y facilidad de obtención, ya que por ser un material de recubrimiento, no requiere características específicas y puede ser obtenida de cualquier lugar.

La dosificación del recubrimiento planteada es de cada 6 kg de tierra -75% arena y 25% arcilla (Abad; Aguirre; Pañega, 2011-2012)- se añaden, en volumen, 8% cabuya, 8% de estiércol de caballo y 4% de engrudo. La cantidad de agua depende de la humedad de los materiales, y se irá añadiendo hasta obtener una mezcla pastosa.

Se pueden colocar una o dos capas de revoque dependiendo del fisuramiento que se haya producido después del secado, capas de revoque (figura 5).

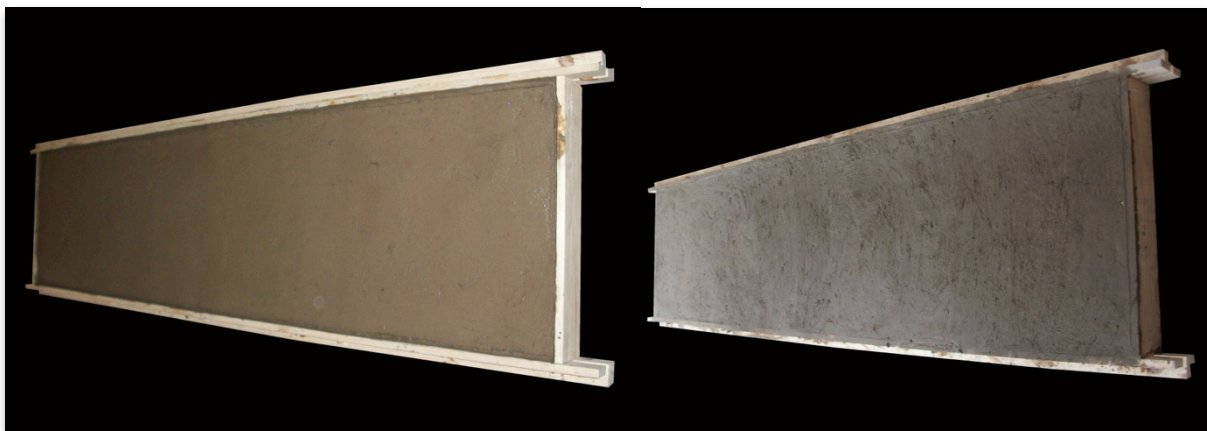


Figura 5 – Primera y segunda capa de revoque

7.5 Propiedades del barro

- a) Regula la humedad ambiental; pues absorbe y expulsa la humedad más rápido y en mayor cantidad, que los demás materiales de construcción. Almacena calor; en zonas climáticas donde las diferencias de temperatura son amplias, el barro regula el clima interior.
- b) Ahorra energía y disminuye la contaminación ambiental; ya que el barro necesita el 1% de la energía requerida para la preparación, transporte y elaboración del hormigón armado o ladrillos cocidos.
- c) Es reutilizable; pues solo necesita ser triturado y humedecido con agua.
- d) Es un material apropiado para la autoconstrucción; pues puede ser preparado con herramientas sencillas, por personas no especializadas.
- e) Preserva la madera y otros materiales orgánicos en contacto directo con él, debido a su bajo equilibrio de humedad de 0.4-6% en peso y su alta capilaridad, por lo que insectos y hongos no pueden destruir el elemento, pues necesitan como mínimo el 14% y 20% de humedad para vivir (Minke, 2001, p.17).

Se comprueba este último punto mediante la elaboración de 3 bolas de barro de 10 cm de diámetro con viruta en la mitad (figura 6), luego se parten a los 15, 30 y 60 días (figura 7), y se observa que la viruta está totalmente seca y no presenta inicios de pudrición.



Figura 6 – Bola de tierra



Figura 7 – Tierra-viruta

Se realizan recubrimientos impermeables diferentes, aceite de linaza⁴, capa de revoque al fuego con aditivos, con suero y con sábila. El procedimiento consistió en la elaboración de esferas de barro con las sustancias antes detalladas y que por observación según el tiempo de inmersión en agua modificaron sus características y morfología, pudiéndose obtener el cuadro siguiente (figuras 8 y 9):

Tabla 3 – Aceite de linaza como impermeabilizante

Aditivos	Presenta burbujas	Se fisura	Se disgrega
Sin aditivo	al instante	al min	a los 5 min
Suero	al min	10 min	a los 15 min
Sábila	a los 5 min	10 min	a los 7 días
Aceite de linaza	no	20 días	no



Figura 8 – Muestras de tierra



Figura 9 – Tierra en inmersión

7.6 Comportamiento térmico y acústico

No todos los aislantes térmicos son buenos absorbentes acústicos, pues estos aislantes incorporan en su estructura mucho aire, por lo que tienen poca masa. Sin embargo, si el impermeabilizante tiene una estructura porosa como las fibras naturales (celda abierta), tiene buenas propiedades de absorción acústica y la capacidad de convertir en calor parte de la energía que incide sobre ellos (Cecor, 2011).

En el ECOTEC⁵ se realizó una comparación entre el panel de bahareque de 10 cm de espesor que contempla 2,5 cm de tierra a cada lado, mejorado (impermeabilizado con fibras naturales), el ladrillo de 14 cm de espesor y el bloque de 15 cm de espesor y enlucido con mortero en dosificación 1-3 y de 1,5 cm de espesor (figuras 10-12), obteniendo mejores resultados térmicos el panel de bahareque (tabla 4).

⁴es utilizada en las construcciones en tierra, pues es resistente a las inclemencias del tiempo y a la abrasión (Minke, 2001, p.50)

⁵ ECOTEC: programa utilizado para realizar análisis de radiación solar, porcentajes de sombra, diagramas de trayectorias solares interactivas y análisis de la iluminación natural y artificial y para diseñar elementos bioclimáticos pasivos.

El procedimiento para la elaboración de las pruebas térmicas se genera a partir de la introducción de los datos de las cualidades del muro, es decir, espesor, características y coeficientes de absorción de los materiales que incluye el software antes citado. Además se simulan las características ambientales y climáticas de la provincia austral de Loja-Ecuador, lugar de emplazamiento del prototipo para la medición real.

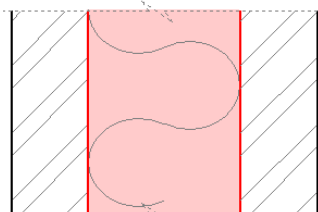


Figura 10 – Panel de bahareque

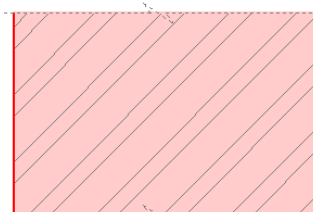


Figura 11 – Pared de ladrillo

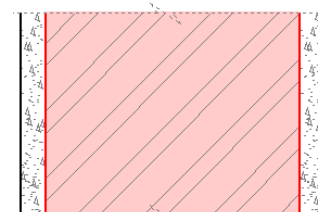


Figura 12 – Pared de bloque enlucido

Tabla 4 – Resultados térmicos

Panel/Pared	Bahareque	Ladrillo	Bloque
Valor U ($W/m^2 \cdot K$)	0,91	3,14	4,68
Acceso ($W/m^2 \cdot K$)	2,55	4,38	5,51
Absorción térmica (0-1)	0,495	0,495	0,545
Disminución térmica (0-1)	0,92	0,82	0,85
Aislante térmico (h)	4	4	5

La transmisión de ruido se comprobó empíricamente, a través de una prueba de impacto, resultando la tierra la que obtuvo el mejor comportamiento. Para la comparación se establece lo siguiente: el coeficiente de absorción de la madera es la mitad que la del hormigón y que la del ladrillo (tabla 5).

Tabla 5 – Coeficientes de absorción acústica
Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Argentina.

Material	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Madera	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Bloque enlucido		0,02	0,03	0,04	0,05	
Ladrillo	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07

Por lo tanto y luego de la comparación establecida en los cuadros anteriores, se determina que: el material con mejor comportamiento térmico y acústico es el panel prefabricado de bahareque, pues por similitud, la madera y la tierra transmiten teóricamente la misma intensidad de sonido. Determinándose por tanto que dicho panel estaría por sobre la construcción común en paredes de bloque y ladrillo.

7.6.1 Comportamiento real: térmico, acústico y de humedad

Para realizar las pruebas térmicas, acústicas y de humedad, se realizaron ensayos durante una semana en tres módulos con materiales diferentes: paneles de bahareque (M1), ladrillo (M2) y bloque (M3) (figuras 13-15 y tabla 6).



Figura 13 – Módulo 1



Figura 14 – Módulo 2



Figura 15 – Módulo 3

Tabla 6 – Características de los módulos

Parámetros	Módulo 1 M1	Módulo 2 ¹ M2	Módulo 3 ¹ M3
área (m ²)	13	15	13
distancia a la Panamericana Cuenca-Loja (m)	60	20	10
material de pared	paneles de madera, con aislante de fibras naturales y recubrimiento de barro	estructura de madera y relleno de ladrillo sólido	bloque enlucido y pintado
material de piso	losas prefabricadas con madera y MDF, recubiertas con una lámina de vinil	ladrillo	hormigón
cubierta	losas prefabricadas con madera y MDF, protegidas con planchas de zinc	vigas de madera, duelas y teja	losa de hormigón
distancia a M1 (m)		170	200
altura (metros sobre el nivel del mar)	2886	2876	2866

¹ Los módulos de bloque y ladrillo son módulos habitados

Para realizar las mediciones y establecer las comparaciones se utilizaron los instrumentos presentados en la tabla 7. Los ensayos térmicos, acústicos y de humedad relativa se realizan al interior y al exterior de cada módulo, tres veces al día (6:00h, 13:00h y 20:00h).

Tabla 7 – Equipos utilizados

Equipo	Descripción
Anemómetro	Aparato meteorológico que se usa para la predicción del clima y específicamente, para medir la velocidad del viento. Permite medir temperatura, humedad relativa, humedad específica, punto de rocío, punto de evaporación y presión barométrica
Pirómetro	Medidor de temperatura de una porción de superficie de un objeto a partir de la emisión de luz del tipo cuerpo negro que produce
Sonómetro	Aparato que mide el nivel de ruido que existe en un determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio

7.6.2 Pruebas térmicas

Considerando que la sensación de satisfacción térmica se alcanza entre los 21°C y 25°C, se observa, en los gráficos (figura 16), que ningún módulo llega a la temperatura de confort, sin embargo, el panel de barro (bahareque) obtiene mejores condiciones térmicas y un rango de

variación constante. De esta manera cuando los cambios de la temperatura exterior son grandes, su temperatura interior se encuentra sobre los valores mínimos y bajo los valores máximos.

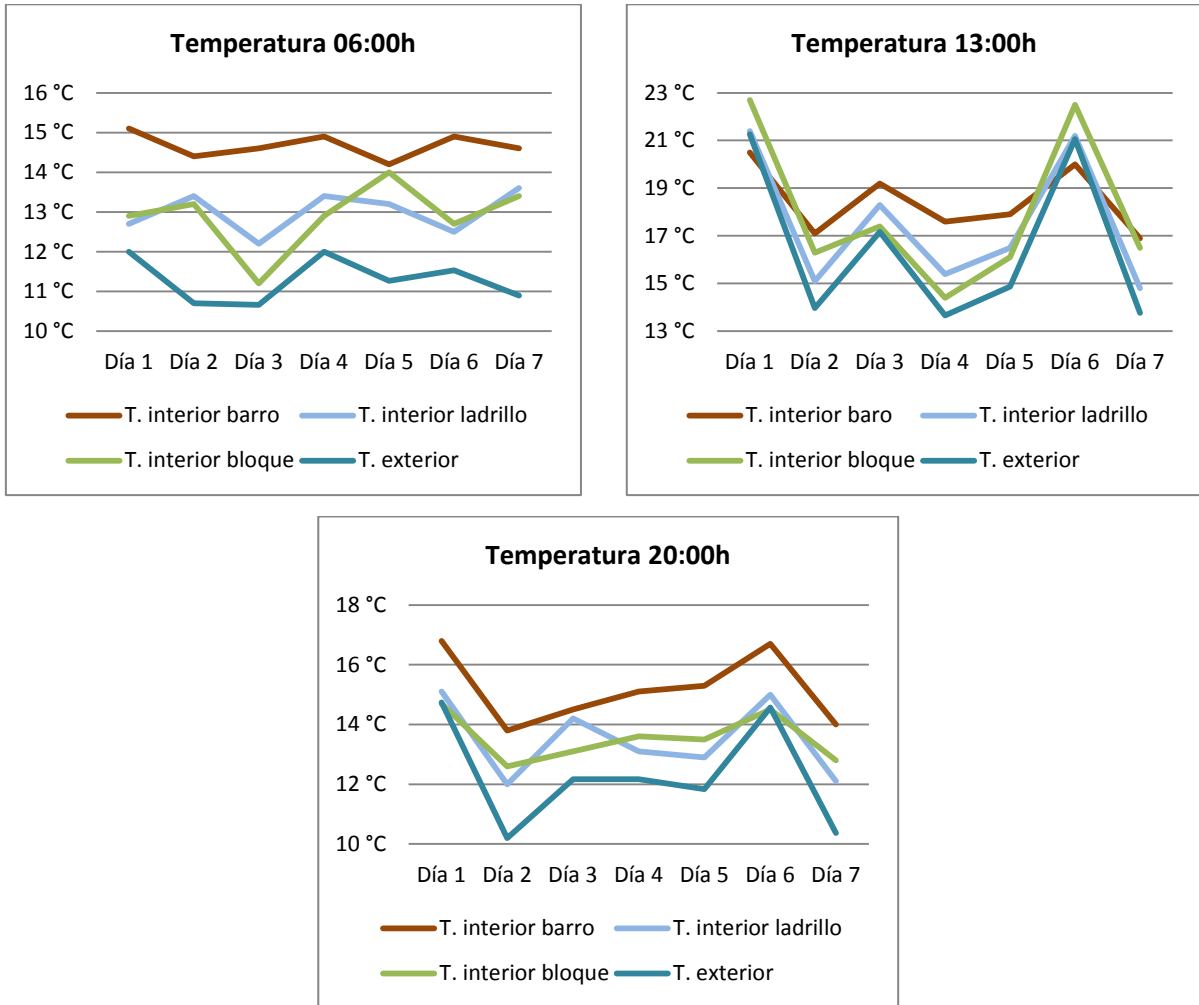


Figura 16 – Valores de la temperatura de los módulos obtenidos durante 7 días

La temperatura exterior se obtiene al sacar un promedio de los valores obtenidos en los tres módulos

7.6.3 Pruebas de humedad

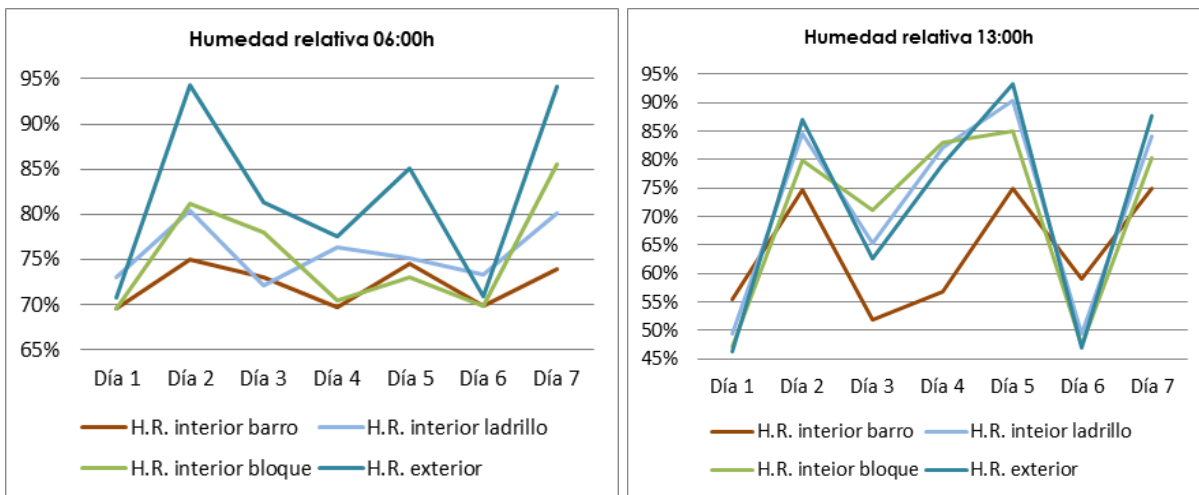


Figura 17a – Valores de la humedad de los módulos obtenidos durante 7 días

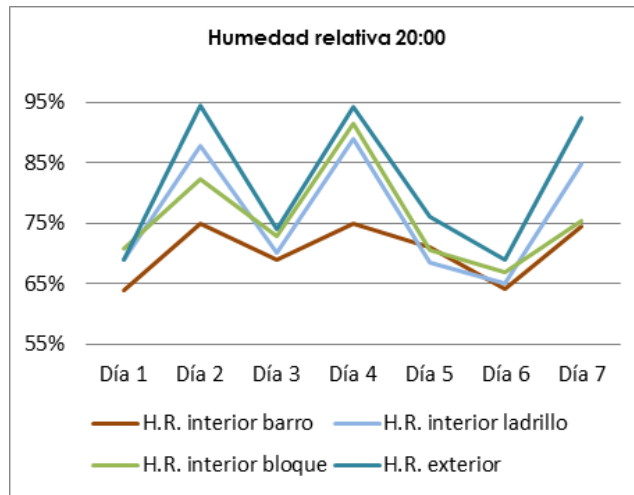


Figura 17b – Valores de la humedad de los módulos obtenidos durante 7 días

Considerando que los límites de confort de la humedad relativa admitidos por el cuerpo humano oscilan entre 20% y 75%, se observa, en los gráficos (figuras 17a e 17b), que los valores de humedad relativa son altos, sin embargo, solamente el panel de barro (bahareque) se encuentra dentro del rango de confort.

La humedad relativa exterior se obtiene al sacar un promedio de los valores obtenidos en los tres módulos

7.6.4 Pruebas acústicas

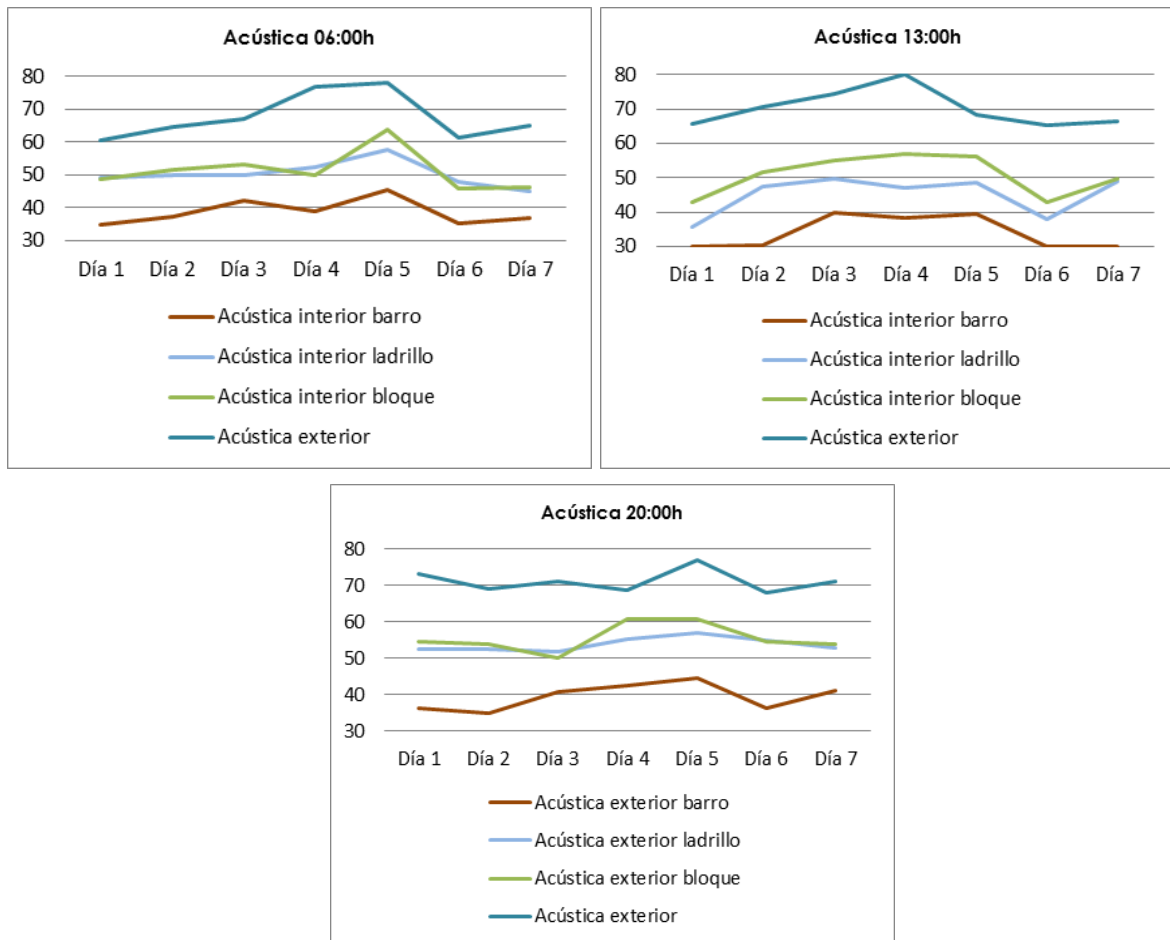


Figura 18 – Valores de los decibelios de los módulos obtenidos durante 7 días

La fuente de ruido que pasa cerca de los módulos de prueba, es la Panamericana Cuenca-Loja con un valor teórico de 80 decibelios. Los niveles de ruido establecidos para una zona residencial son de 65db en el día y 45db en la noche.

En este caso, no se puede una comparación directa entre los tres módulos ya que estos se encuentran a diferentes distancias de la vía principal. Sin embargo, en los gráficos (figura 18), se observa que los módulos de bloque y ladrillo tienen valores similares mientras que el panel de barro (bahareque) tiene mejores condiciones acústicas y se encuentra dentro del rango de confort.

Para calcular la acústica exterior de los tres módulos, se adoptó los datos obtenidos al exterior del módulo de bloque, pues este es el más cercano a la Panamericana (10m).

7.7 Detalles constructivos del panel definitivo

A continuación se presenta el dimensionamiento del panel, así como los detalles de armado, unión y composición de los materiales que lo forman (figura 19).

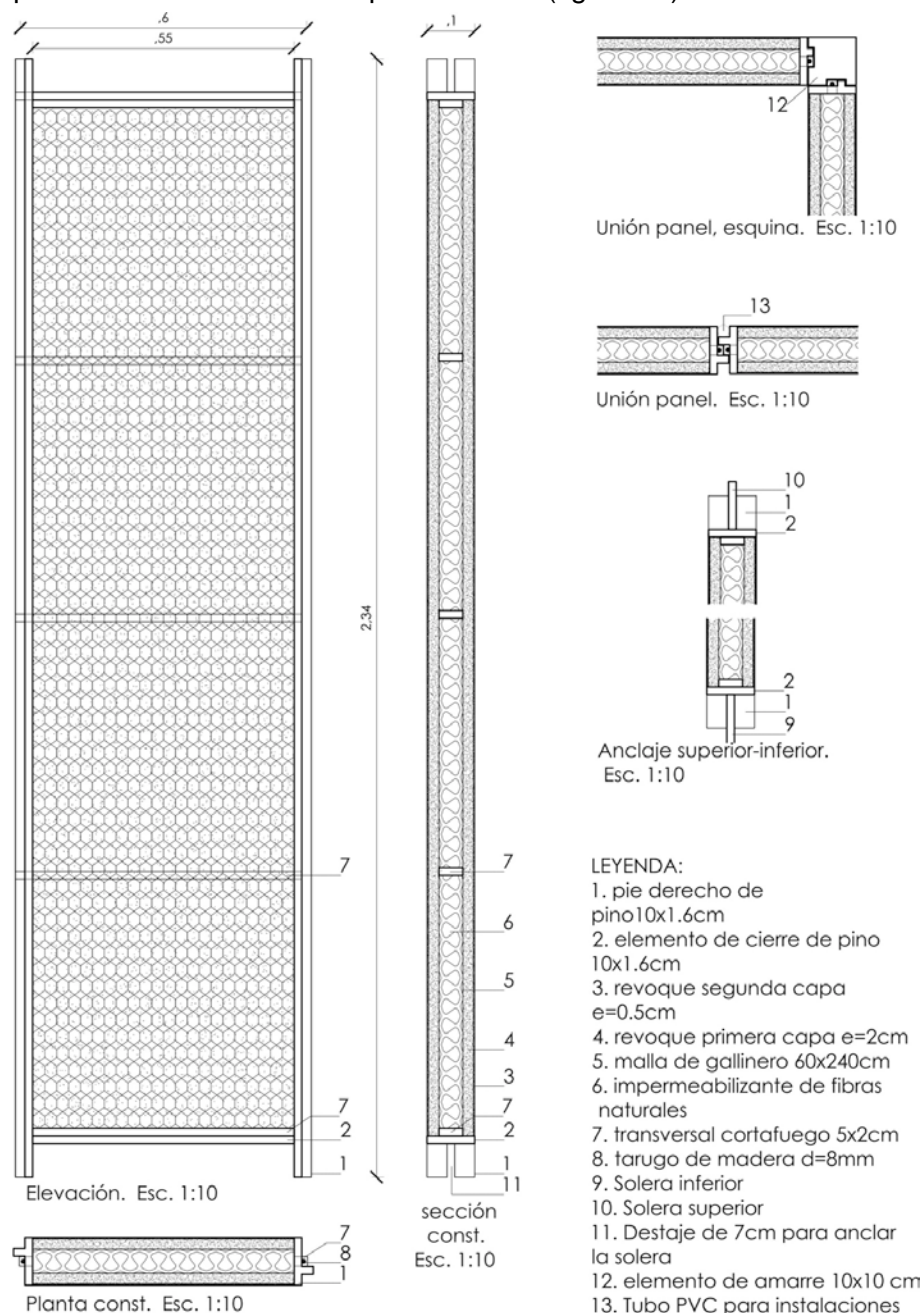


Figura 19 – Detalles del panel de bahareque

7.8 Anclajes

Los paneles se pueden adaptar a cualquier tipo de estructura de arriostramiento, con uniones: madera-madera, madera-metal y madera-hormigón (figura 20).

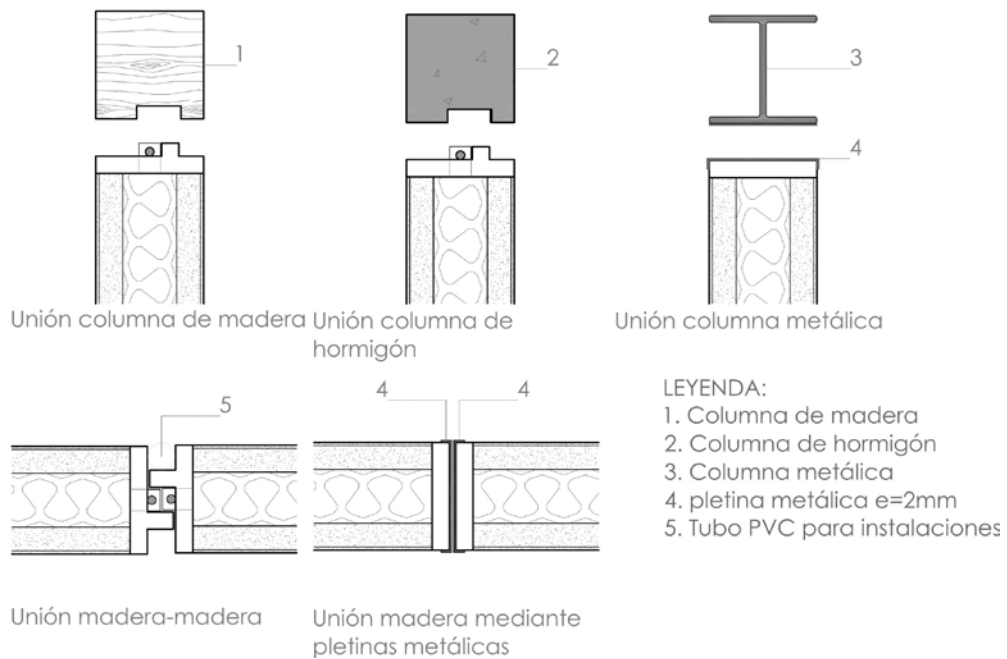


Figura 20 – Detalles de anclajes

7.9 Prueba de rotura

Para comprobar la resistencia estructural del panel, se aplicaron 250 kg de peso en 10 sacos de arena de 25 kg cada uno (figura 21). Está es una prueba empírica desarrollada en laboratorio, pues no se tenía forma alguna de probar un panel de las dimensiones reales del prototipo. El panel no presentó ningún cambio en su estructura ni en su recubrimiento (esta prueba se hizo con los tres tipos de entramados).



Figura 21 – Prueba de rotura con sacos de arena

7.10 Comparación de costos

Este proyecto es una alternativa económica por sus materiales, la facilidad de armado y puesta en obra va en concordancia con el planteamiento de que “las necesidades del hábitat en los países en vías de desarrollo solo se pueden encarar utilizando materiales de construcción locales y técnicas de autoconstrucción” (Minke, 2001, p.13).

Se puede afirmar que la utilización de materiales industrializados como el ladrillo, hormigón y acero, no solo que no ha podido solucionar los requerimientos del hábitat sino que, además, han contribuido a la contaminación del planeta y al consiguiente deterioro del ecosistema.

En la tabla 8 se demuestra la viabilidad del proyecto mediante su comparación con los sistemas tradicionales de bahareque, bloque y ladrillo, se detallan en resumen cada uno de los análisis realizados en los cuadros anteriores, introduciendo además la variable del costo por m² determinada de un presupuesto referencial generado en el presente estudio.

Tabla 8 – Comparación de los diferentes sistemas constructivos

Sistema constructivo		Bahareque	Panel mejorado	Ladrillo	Bloque
Referencia					
Propiedades	Térmicas	buena	buena	media	mala
	Acústicas	buena	buena	media	mala
	Ignífugas	mala	media	buena	buena
	Higroscópicas	buena	buena	mala	mala
	Impermeabilidad	mala	media	media	media
Consumo energético		mínimo	mínimo	alto	alto
Generación de escombros		cero	mínimo	alto	alto
Reciclable		si	si	no	no
Costo/m ²			46,48	46,98	48,22

En el cuadro se puede ver que el precio del panel mejorado es más caro, sin embargo, este ya contiene la estructura, mientras el bloque y ladrillo son solo recubrimiento.

El panel propuesto, no es una solución a la crisis ecológica, pero es un recurso para convivir en el futuro. “Tenemos que darnos cuenta, que la crisis de la agresión al medio ambiente, no es una causa. La causa es el modelo de civilización que hemos montado. Y lo que tenemos que revisar es nuestra forma de vivir”⁶.

8 CONSIDERACIONES FINALES

Entre los aportes que el sistema puede generar están:

- el cambio del sistema constructivo, de estructura puntual a estructura autoportante modular
- las uniones del panel (entre paneles, a la estructura, al cimiento, al entrepiso y a la cubierta, los pasadores)
- el aislamiento térmico y acústico dentro de los paneles de bahareque con materiales de temporada como el pucón, los desechos de las habas, arveja, porotos, etc.
- y las proporciones de la mezcla de barro que tomando como base otros autores fueron modificadas en las pruebas.

Por tanto, se creó un panel autoportante, que evita la construcción de una estructura independiente⁷, modular y prefabricado reduciendo costos y tiempos de construcción. Puede ser elaborado a pie de obra o en pequeñas empresas, lo que resulta socialmente sustentable, además rescata las técnicas constructivas tradicionales y utiliza los materiales del lugar, reciclados, reciclables, reutilizables y biodegradables, sin generar contaminación. Complementa su construcción con un núcleo de fibras naturales que dan al panel características térmicas y acústicas únicas.

⁶ José Mujica, Presidente de Uruguay, https://www.youtube.com/watch?v=Pa9lz7SV_7Q

⁷ la cual representa “un gasto energético del 44,58% en viviendas unifamiliares” (Cepeda; Mardaras, 2004)

Contribuye al cuidado del medioambiente ya que reduce en un 80% la contaminación por emisiones de CO₂ y brinda nuevas oportunidades para la obtención de vivienda digna a las personas de bajos recursos.

De acuerdo con la bibliografía estudiada no existe un sistema completo con las características antes descritas y que además sea socialmente incluyente. La creatividad e innovación del proyecto es la inclusión de varios recursos naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad, Mateo; Aguirre, José; Pañega, Freddy (2011-2012). Diseño de paneles prefabricados en tierra. Universidad de Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo.

Berrocal, Alexander; Muñoz, Freddy; Gonzalez, Guillermo (2004). Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. Costa Rica: Kurú: Revista Florestal

Borsanii, María Silvia (2011). Materiales ecológicos: estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles. Universitat Politècnica de Catalunya.

<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/13759/1/Borsani,%20Mar%C3%ADa%20Silvia.pdf>.

Acceso: 7 agosto 2014

Centro de Estudio y Control del Ruido (2011). Materiales absorbentes acústicos: aislantes que no aportan aislamiento acústico. Valladolid: CECOR. <http://www.cecorsl.com/materiales-absorventes-acusticos-aislantes-que-no-aponan-aislamiento-acustico>

Cepeda, Mikel; Mardaras, Iker (2004). Cuantificación energética de la construcción de edificios y el proceso de urbanización. Revista ConArquitectura, n. 12, p.65. Madrid: conarquitectura ediciones.

Minke, Gernot (2001). Manual de construcción en tierra. Montevideo: Nordan-Comunidad

Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico – PADT (1984). Manual de diseño para maderas del grupo andino. Perú: Junta del acuerdo de Cartagena.

Salazar, Jaime; Díaz, Gustavo (2001). Inmunización de la guadua. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia

AUTORES

Juan Pablo Astudillo Cordero, magister en proyectos arquitectónicos; arquitecto; especialidad en diseño y planificación urbana; administrador y director del Proyecto Cuenca Ciudad Universitaria; arquitecto planificador para la Universidad de Cuenca; docente de la Facultad de Artes; docente de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca; Investigador de PVS_Proyecto de Vivienda Social / Universidad de Cuenca; director de In_Lab Cuenca Laboratorio de Innovación de la Universidad de Cuenca; segundo lugar en la Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito 2012/Quinta López Cordero; segundo lugar en la Bienal Panamericana de Arquitectura de Quito 2012/ Aulario Universidad de Cuenca; premio Ornato Cañar 2012/ Quinta López Cordero; plataforma arquitectura; Quinta López Cordero, Aulario Universidad de Cuenca, Readecuación del Teatro Carlos Cueva Tamariz; Revista Trama Quinta López Cordero. Currículo completo en <http://portafolio.ucuenca.edu.ec/webPortafolio/faces/frmPerfil.xhtml>

Nina Pani Vacacela Albuja, egresada de la Carrera Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca; Participación y Sustentación en la Exposición de los mejores trabajos estudiantiles, en la “Casa Abierta Arquitectura” (Mayo 2013); participación “Paneles prefabricados de bahareque y aplicación a una vivienda” en el proyecto de investigación Allpacamp de la Universidad de Cuenca; participación “Paneles Prefabricados de bahareque y aplicación a una vivienda” en el concurso del Premio Odebrecht para el Desarrollo Sostenible; Ayudante para la rehabilitación de inmuebles patrimoniales de la comunidad de Jima con el Ministerio Coordinador de Patrimonio (Junio 2012 – Agosto 2012); ponente en el taller “Arquitectura Ancestral” dictado en Saraguro (Agosto 2015-Septiembre 2015).