

Ensaye de sistemas de cubiertas y marcos planos de bambú como una alternativa sustentable en la construcción de vivienda económica

BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél*†, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, SÁNCHEZ-CALVO, Mateo y ORTEGA-MENDOZA, Roberto

Unidad Académica de Ingeniería – Universidad Autónoma de Guerrero. Av. Lázaro Cárdenas S/N, Ciudad Universitaria, Chilpancingo, Guerrero, México

Recibido Junio 4, 2014; Aceptado Octubre 13, 2014

Resumen

El uso del bambú como material de construcción ya sea primario, secundario, u ocasional es común en las áreas donde crece de manera silvestre y abundante. Su importancia en cualquier región está determinada habitualmente por el nivel económico de la población. El bambú tiene propiedades mecánicas altas con relación a la madera, lo que le da un excelente potencial estructural que poco se explota en el mundo, excepto por algunos países que tienen larga tradición en su uso como India, Malasia y China.

Cubiertas, marcos, bambú.

Abstract

The use of bamboo as a building material either primary, secondary, or occasionally is common in areas where it grows wild and abundantly. Its importance in any region is usually determined by the economic level of the population. Bamboo has high mechanical properties compared to wood, which gives it an excellent little structural potential is exploited in the world, except for some countries with long tradition of use as India, Malaysia and China.

Covers, frames, bamboo.

Citación: BARRAGÁN-TRINIDAD, Raziél, CUEVAS-SANDOVAL, Alfredo, SÁNCHEZ-CALVO, Mateo y ORTEGA-MENDOZA, Roberto. Ensaye de sistemas de cubiertas y marcos planos de bambú como una alternativa sustentable en la construcción de vivienda económica. Foro de Estudios sobre Guerrero. Mayo 2013 Abril 2014, 1-1: 209-213

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: razielt@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

El empleo del bambú para construir viviendas en México se empleaba mucho antes de la conquista. Los totonacas en Veracruz, los huastecos en Hidalgo y Tamaulipas, los aztecas y teotihuacanos en el centro de México y los maya-chontales en Tabasco, han construido casas y lo siguen haciendo aun en la actualidad (Cortés, 2005). En pleno siglo XXI, en zonas de alta sismicidad es común el empleo del adobe y bajareque para la construcción de vivienda rural, debido principalmente al escaso nivel económico de las personas. Por tal motivo, en el presente trabajo se experimenta con armaduras de bambú constituyendo cubiertas y marcos representativos de vivienda económica.

Objetivos

Verificar experimentalmente la eficiencia del bambú como material para la construcción de vivienda económica mediante el ensaye de cubiertas y marcos constituidos por armaduras tipo Warren.

Metodología

Por las características físicas de las cañas de bambú, se optó por utilizar la especie *Bambusa sp* para los elementos principales de las armaduras (largueros) y *Oatea acuminata* para las diagonales. Las armaduras y marcos de bambú, objetos del presente trabajo se construyeron sin curar las cañas. El procedimiento constructivo para una armadura de bambú tipo Warren con refuerzo interior y exterior consistió en: selección de largueros y localización de nodos, obtención de diagonales, refuerzo interno de diagonales, ensamble de diagonales con larguero inferior, acople del larguero superior, y refuerzo externo de nodos (figura 1). Se construyeron tres armaduras únicamente con refuerzo interior y tres que contaron adicionalmente con refuerzo exterior en los nodos.

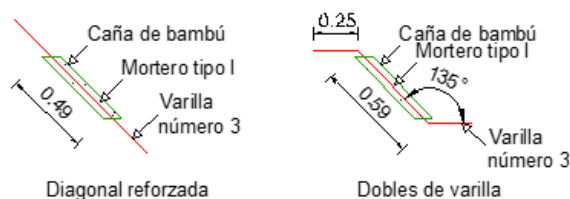


Figura 1 Geometría y detalles de armadura de bambú tipo Warren.

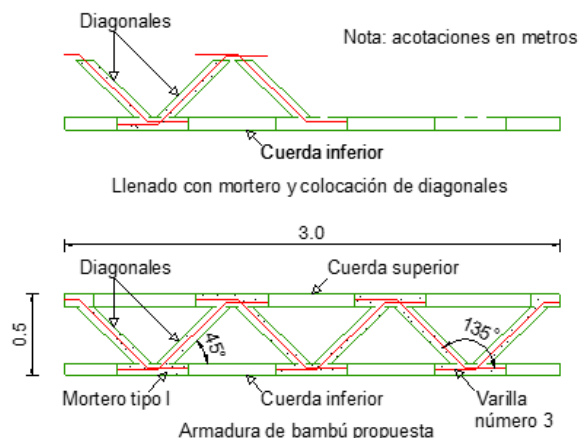


Figura 1 Geometría y detalles de armadura de bambú tipo Warren (continuación)

En la figura 2 se muestran la integración de tres armaduras de bambú para constituir un sistema de cubierta, el empleo de torsales de alambre recocido para mantenerlas en posición y la instrumentación con transductores de desplazamiento para medir la deformación vertical máxima de cada armadura durante la prueba. Se ensayaron dos sistemas de cubierta, uno con tres armaduras con refuerzo interior y el segundo con armaduras que contaron adicionalmente con refuerzo exterior en las uniones.

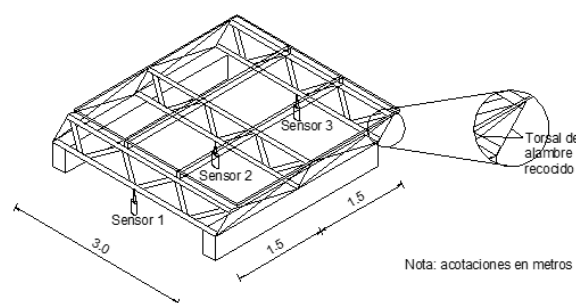


Figura 2 Sistema de cubierta constituido por tres armaduras.

Se construyó el sistema estructural de una vivienda de bambú, que consistió en marcos planos ortogonales constituidos por armaduras tipo Warren con refuerzo interior. Las dimensiones en planta y elevación son propias de una vivienda rural unifamiliar (figura 3).

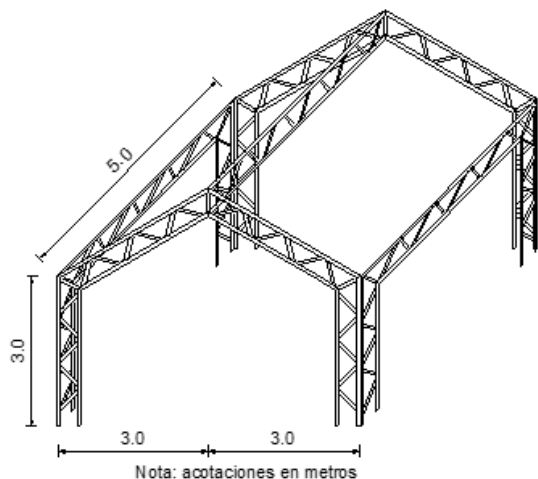


Figura 3 Geometría de vivienda rural unifamiliar de bambú

El sistema tridimensional de bambú se dejó en laboratorio por una duración superior a los cuatro meses durante la época de lluvias, por tal razón al retomar los trabajos el material presentó daños por plagas y hongos, de ahí la necesidad de proteger el bambú contra humedad y plagas. Del sistema original se rescataron dos marcos individuales de 3 y 5 m de altura y longitud, respectivamente. Cada marco fue ensayado de forma independiente ante carga lateral aplicada a la altura del larguero superior de la armadura que funcionó como viga; para lograrlo, en las bases de columnas se colaron en sitio bloques de concreto reforzado con la finalidad de anclar el marco a la losa de reacción del laboratorio (figura 4).

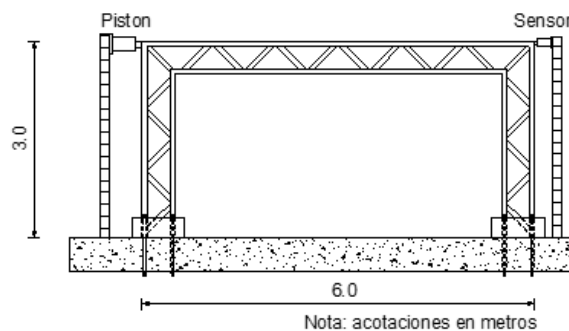


Figura 4 Esquema de ensaye a carga lateral de marco de bambú

Resultados

En la figura 5 se muestra el comportamiento de los sistemas de cubierta de bambú ante carga vertical. Asimismo la figura 6 representa en gráficas carga-desplazamiento lateral, los resultados del ensaye de los marcos de bambú.

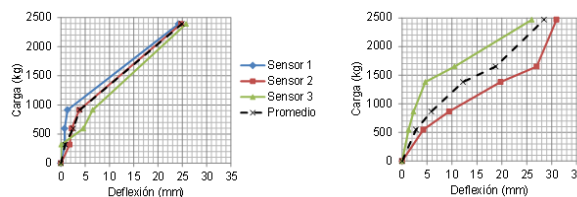


Figura 5 Gráficas del ensaye de los sistemas de cubierta de armaduras con refuerzo exterior (izquierda) y sin refuerzo exterior (derecha).

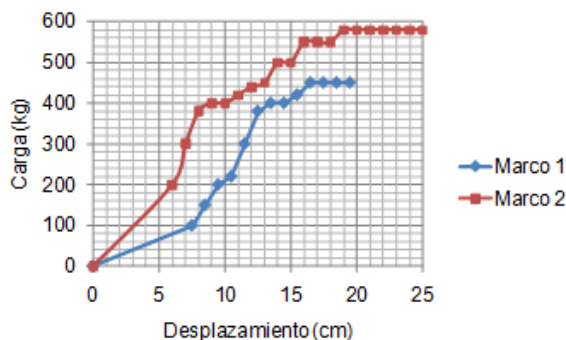


Figura 6 Gráficas del ensaye de marcos de bambú

Discusión

Al comparar ambos sistemas de cubiertas mediante las gráficas carga-deflexión, se observa que emplear refuerzo externo en los nodos a base de torsales de alambre recocido limita las deflexiones de las armaduras; pero no incrementa la capacidad a carga vertical de las mismas. La resistencia de los sistemas de armaduras se vio afectada por las juntas frías que se generaron en los nodos durante el proceso constructivo; además, a deflexiones importantes el mortero cercano a las uniones sufrió aplastamiento, provocando que la barra de acero quedara suelta y su trabajo mecánico por adherencia fuese prácticamente nulo.

En el rango de comportamiento no lineal, las deformaciones aumentan significativamente sin el incremento aparente de la capacidad de carga; por ello, se registraron en promedio para el sistema de cubierta de armaduras con refuerzo exterior una deflexión de 24.91 mm para 2391.06 kg, mientras que los valores correspondientes para el sistema a base de armaduras sin refuerzo exterior, fueron 28.47 mm y 2469.07 kg, respectivamente.

La capacidad de los transductores de desplazamiento es de 30 mm (sensores 1, 2 y 3), que al llegar a valores cercanos al límite de registro, se retiraron de los sistemas. Sin embargo, las armaduras físicamente no colapsaron para los valores antes mencionados, por lo que se incrementó la carga para verificar la capacidad de colapso de las mismas, llegando ambos sistemas a cargas muy cercanas a 3900 kg, sin lograr la falla deseada.

La carga máxima aplicada fue de 450 y 580 kg para el marco 1 y marco 2, respectivamente. La culminación de la prueba se determinó por tener grandes desplazamientos, sin el incremento aparente de la carga lateral.

Para el marco 2 se obtuvieron mayores desplazamientos en comparación del marco 1, debido que se aplicó 130 kg más de carga lateral y a que durante la prueba se llegó al máximo desplazamiento del embolo del pistón.

La gráfica del marco 1 muestra mayor desplazamiento inicial, debido que durante la prueba el elemento de concreto reforzado que sirvió como anclaje a la losa de reacción, presentó movimiento vertical, lo cual se manifestó en el comportamiento global del marco, razón por la cual, la prueba para éste caso se suspendió a menores desplazamientos que para el marco 2.

Conclusión

Los sistemas de cubierta ensayados cubrieron un área de 9 m². Si la carga máxima alcanzada se distribuye en el área mencionada arroja un valor de 433 kg/m², valor casi el doble si se asocia al peso de una losa de concreto reforzado de 10 cm de espesor (480 kg/cm²). Por tanto, los sistemas ensayados son ampliamente satisfactorios.

Es importante identificar que en la construcción de una vivienda de bambú, se adicionan muros, los que pueden ser de adobe reforzados horizontal y verticalmente con cañas de bambú, lo que provee al sistema mayor rigidez lateral y soporte continuo a las armaduras que funcionan como elementos viga.

De manera general los resultados indicaron que las armaduras y marcos de bambú son adecuados para sistemas de techo y elementos de soporte para vivienda económica, resisten adecuadamente las acciones a las que se ven sujetas durante su vida útil: efectos verticales en armaduras de techo y cargas laterales en marcos de bambú.

Referencias

Mayo, J. L. y Alvarado, J. C. (2011). Ensaye de bambú como material e construcción de vivienda económica: armaduras a carga vertical y marcos a carga lateral. Tesis de Licenciatura en Ingeniero Civil, Unidad Académica de Ingeniería, Universidad Autónoma de Guerrero.

Cortés, G. R. (2005). Viviendas de bambú en México. Biobambú, Revista electrónica. Disponible en: <http://www.bambumex.org/>.