INVESTIGACIÓN DE ENTREPISO CON GUADUA LAMINADA – CONECTOR EN ACERO Y CONCRETO - PLAKUN

JULLYE KATHERINE RIAÑO QUEVEDO

DIEGO ARTURO MENDEZ MENDOZA

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS

PROYECTO DE GRADO

BOGOTA, DICIEMBRE DE 2017

INVESTIGACIÓN DE ENTREPISO CON GUADUA LAMINADA – CONECTOR EN ACERO Y CONCRETO – PLAKUN

Presentando para optar al título de

Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas

Coordinador PTCA

Arq. Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos

Docente de Proyecto

Arq. José Alcides Ruiz Hernández

JULLYE KATHERINE RIAÑO QUEVEDO

DIEGO ARTURO MENDEZ MENDOZA

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

TECNOLOGIA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTONICAS

PROYECTO DE GRADO

BOGOTA, DICIEMBRE DE 2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma Director Trabajo de Grado

_____

Firma del presidente jurado

_____

Firma del jurado

Bogotá., Diciembre de 2017

Índice General

Resumen 1
Abstract 2
Introducción 3
Pregunta de investigación 7
Objetivo General 7
Objetivos Específicos 7
Marco conceptual 8
Esfuerzos físico - mecánicos 8
Flexión 8
Tracción 9
Cortante 9
Marco Teórico 10
Aspectos Metodológicos 14
Dimensiones 15
Componentes para ensayos 17
Ensayo de platinas de acero, guadua laminada y conector acero galvanizado. 17
Ensayo de prototipo escala 1.1 22
Ensayo de temperatura a guadua laminada – datos anexos 26
Conclusiones 28
Recomendaciones 30
Referencias 31

Índice de tablas

Tabla 1: Especificaciones de placas de hormigón armado de guadua de bambú. 3

Tabla 2. Comparativo de emisiones de CO2 Guadua – Hormigón y acero 6

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de la guadua angustifolia Kunth. 6

Tabla 4. Cargas máximas en entablados para prototipo propuesto..... 15

Tabla 5. Grafica de ensayo a flexión 25

Tabla 6 Costo de entrepiso (COP) 26

Índice de Figuras

Fig. 1. Placas de hormigón armado de guadua de bambú..... 3

Fig. 2. Placas de hormigón armado de guadua de bambú..... 3

Fig. 3. Evidencia falla de corte. 4

Fig. 4. Evidencia falla de posterior 4

Fig. 5. Ensayos de conectores y vigas 5

Fig. 6. Comportamiento típico de un material a flexión 9

Fig. 7. Comportamiento material a esfuerzo..... 9

Fig. 8. Comportamiento ensayo a cortante 9

Fig. 9. Diagrama de viguetas 15

Fig. 10 Diseño de prolongación entre vigueta - vigueta 16

Fig. 11. Diseño corte de entrepiso 16

Fig. 12. Dimensión guadua laminada 17

Fig. 13. Platina de acero..... 17

Fig. 14. Platina de acero doble perforación 17

Fig. 15. Tornillo tirafondo en acero galvanizado 5/16 * 3”..... 17

Fig. 16. Tornillo tirafondo en acero al carbón 3” 18

Fig. 17. Detalle anclaje de lámina de acero, guadua laminada y conector. 18

Fig. 18. Detalle anclaje de lámina de acero, guadua laminada y conector. 18

Fig. 19. Disposición de guadua laminada. 19

Fig. 20. Disposición de guadua laminada. 19

Fig. 21 Montaje prototipo 19

Fig. 22. Montaje de prototipo transversal 20

Fig. 23. Diseño de platinas..... 20

Fig. 24. Detalle de anclaje láminas de acero..... 21

Fig. 25. Detalle de anclaje láminas de acero y conector 21

Fig. 26. Detalle de anclaje láminas de acero y conector de acero al carbón a compresión. 21

Fig. 27. Distancia de viguetas en prototipo 22

Fig. 28. Dimensión de prototipo 22

Fig. 29. Encofrado de placa de concreto..... 23

Fig. 30. Punto de referencia 2.66 metros. 23

Fig. 31. Carga de cemento de 50 Kg..... 23

Fig. 32. Carga de cemento de 300 Kg..... 24

Fig. 33. Deformación en entrepiso con un peso de 600Kg. 24

Fig. 34. Falla de adhesivo guadua laminada 24

Fig. 35. Inestabilidad elástica de la viga 25

Fig. 36. Flexión de entrepiso 25

Fig. 37. Materiales para toma de prueba de temperatura 26

Fig. 38. Aumento de temperatura en lámina de guadua al tiempo de 2 minutos. 27

Fig. 39. Temperatura a 150 °C..... 27

Fig. 40. Temperatura a 25.3 °C al tiempo de 10 minutos 27

Resumen

En investigaciones realizadas en procesos constructivos de entrepisos de guadua y concreto se puede evidenciar que en la ciudad de Popayán – Colombia, se ha trabajado con guadua tubular como elemento aligerante para minimizar el peso y reducir la utilización de acero en las placas aligeradas para el proceso constructivo de una vivienda.

El uso de guadua laminada como parte de un elemento aligerante no ha tenido mayores datos en los esfuerzos físico – mecánicos que esta pueda generar, por ello se pretende realizar una investigación sobre una placa entrepiso con guadua laminada y un conector, la cual puede llegar a una mayor resistencia, donde la guadua laminada que se utilizó para los ensayos; sus fibras estarán dispuestas en dos direcciones una horizontal y la otra vertical, lo que no ocurre en la madera ya que sus filamentos se encuentran en una sola dirección, de igual manera ocurre con la guadua tubular.

En comparación realizada con las placas aligeradas de guadua rolliza que no utilizan conectores en acero, ya que su densidad no permite que se perfore o se disponga de algún material externo para mayor resistencia en su eje neutro. Se toma como base las investigaciones realizadas sobre los diferentes tipos de conectores que se han utilizado para estudios, debido a que la mayor parte de los datos que se encuentran basadas en elementos estructurales tales como vigas; arrojan cifras que nos conducen a que es posible aumentar la resistencia del conector en eje neutro de esfuerzo cortante.

Palabras claves: Guadua laminada macana, conector acero al carbón, construcción liviana, construcción industrializada.

Abstract

In research carried out in constructive processes of bamboo and concrete mezzanines it can be seen that in the city of Popayán - Colombia, tubular guadua has been used as a lightening element to minimize weight and reduce the use of steel in the lightened plates for the process constructive of a house.

The use of laminated guadua as part of a lightening element has not had more data in the physical-mechanical efforts that this can generate, therefore it is intended to conduct an investigation on a mezzanine plate with laminated guadua and a connector, which can reach greater resistance, where the laminated guadua was used for the tests; its fibers will be arranged in two directions, one horizontal and the other vertical, which does not happen in the wood since its filaments are in only one direction, in the same way it happens with the tubular guadua.

In comparison with the lightened plates of plumbed guadua that do not use steel connectors, since their density does not allow any external material to be drilled or disposed for greater resistance in their neutral axis.

It is based on the research carried out on the different types of connectors that have been used for studies, due to the fact that most of the data are based on structural elements such as beams; they throw figures that lead us to that it is possible to increase the resistance of the connector in neutral axis of shear.

Key words: Macana laminated guadua, carbon steel connector, light construction, industrialized construction.

Introducción

El entrepiso de concreto – guadua ha sido utilizado en viviendas económicas en Colombia de luces reducidas el cual debe tener la resistencia de 180Kg/m2 según norma colombiana NRS 10, para las construcciones de viviendas.

Estudio de los arquitectos Constanza Lucia y Camilo Flores Bastidas (2011) en donde se utiliza la guadua como remplazo del acero de refuerzo las cuales dieron resultados positivos ya que en sus pruebas ubicaron cargas hasta de 600 Kg/m2. El sistema que consiste en losas de concreto reforzado con bambú – guadua utilizando los tallos de bambú para tener una aproximación a la resistencia de la carga de los tallos de la guadua como material compuesto.

Fig. 1. Placas de hormigón armado de guadua de bambú

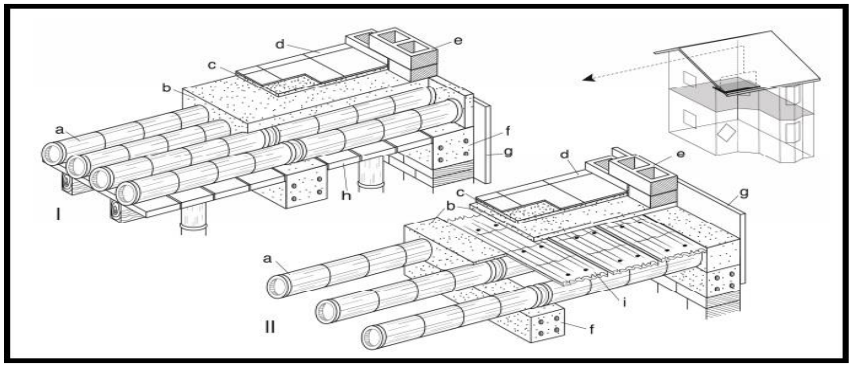


Fig. 2. Placas de hormigón armado de guadua de bambú.
Fuente: Enfoque a la resistencia de carga en dos clases de bambú reforzado de hormigón (2011).

Tabla 1: Especificaciones de placas de hormigón armado de guadua de bambú.

Descripción Técnica	
No	**Figura No I - II**
I	Sistema de forjado cubierto de troncos (Losa Cubierta)
II	Vástago sistema libre de la losa (Losa Libre)
	Las placas, principalmente elementos compuestos son:
a	Vástago Guadua
b	Hormigón
c	Mortero
d	Balsodad de cerámica
e	Bloques de cemento
f	Vigas de hormigón armado de acero
g	Yeso de cemento
h	Encofrado
i	Tablón de guadua

Tabla 1: Especificaciones de placas de hormigón armado de guadua de bambú.
Fuente: Enfoque a la resistencia de carga en dos clases de bambú reforzado de hormigón (2011).

Este tipo de entrepiso presenta dificultades en la parte constructiva ya que dichas dimensiones de las guaduas no tiene una forma estándar, es decir, se necesita una mayor parte de mano de obra para la elegir los tallos de un diámetro específico y esto demanda mayor tiempo para proceso constructivo. En la investigación no se evidencia conectores entre guadua y concreto para esfuerzos a cortante.

Adicionalmente, según el estudio que realizado por los ingenieros Vallée, Guzmán, Hehl y Tannert (2010), de vigas compuestas con bambú las cuales eran consideradas como sustitutos de la losas cuyo objetivo era describir la transmisión de cargas entre los diferentes elementos de las vigas compuestas de bambú bajo flexión, en varias pruebas que se aplicaron cargas de hasta 7kn (0.072kg/cm2) donde las pruebas surgieron grietas en la parte inferior del bambú que se extendían hasta el pieza donde también se evidencio fracturas en el concreto.

Fig. 3. Evidencia falla de corte.

Fig. 3. Indica falla de corte en la capa de concreto mientras (2) muestra grietas en caña de bambú.
Fuente: Investigaciones experimentales y numéricas en vigas compuestas de bambú (2010).

Fig. 4. Evidencia falla de posterior

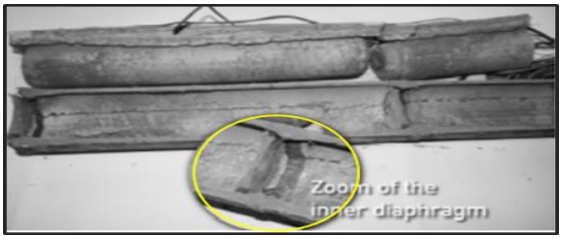


Fig.4. Muestra posterior al fallo.
Fuente: Investigaciones experimentales y numéricas en vigas compuestas de bambú (2010).

De igual forma, el Ingeniero Y.Xiao quien realizo prototipos de conectores compuestos utilizando vigas de madera y hormigón bajo condiciones de esfuerzo cortante, se calcularon fuerzas antideslizantes y todas las propiedades mecánicas pertinentes en comparación con conexiones típicas de vigas.

En los resultados de pruebas y análisis de los diferentes prototipos, se encontró que en algunos sistemas de conexión son más convenientes y recomendados para la construcción.

Fig. 5. Ensayos de conectores y vigas

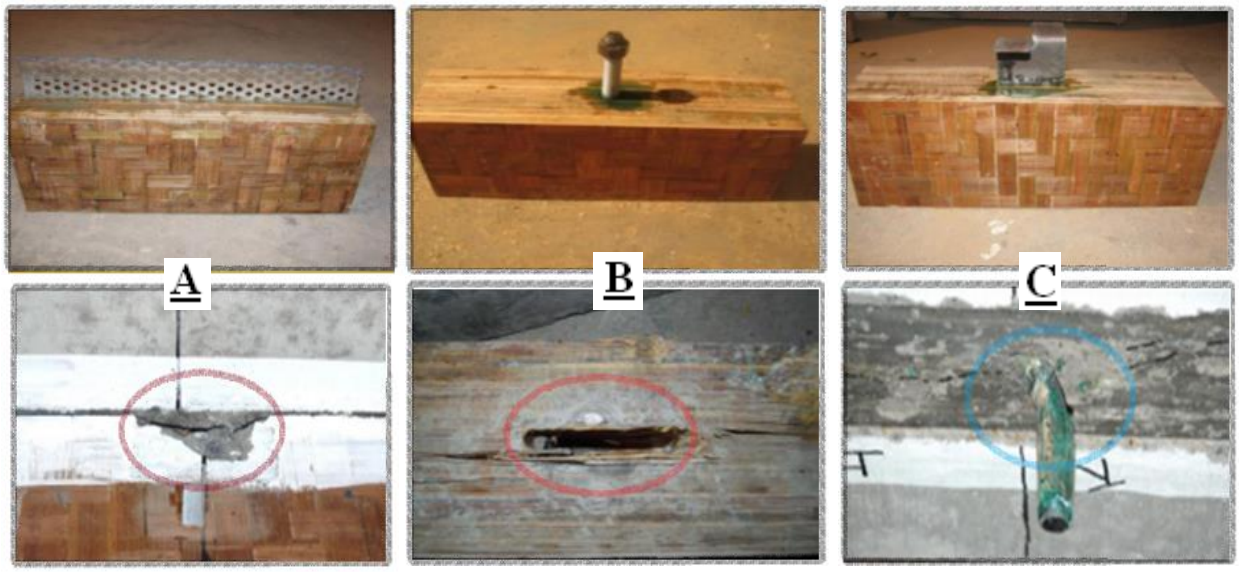


Fig. 5: Conectores de corte y vigas con (a) malla de acero como conector de corte; (b) tornillo roscado como conector de corte; (c) placa de acero plegada como conector de corte.
Fuente: Comportamiento mecánico de las conexiones para glubam - vigas compuestas de hormigón (2017).

La presente investigación se fundamentó en estudiar un comportamiento mecánico a un esfuerzo cortante en el eje neutro entre la guadua laminada macana y el concreto como función de entrepiso de vivienda económica en Colombia, ya que ha sido un material nuevo en el mercado, sus indagaciones como elemento colaborante en una placa entrepiso no han sido realizados en Colombia, por ello se proyecta en aportar datos de resistencias y comparar la investigación con otros estudios realizados sobre el tema, tenemos en cuenta que la guadua al ser un material renovable no impacta ambientalmente, como si lo hacen materiales

convencionales de la construcción como son el acero, mampuestos en arcilla etc. A continuación presentaremos cifras las cuales dan veracidad lo expuesto anteriormente:

Tabla 2. Comparativo de emisiones de CO2 Guadua – Hormigón y acero

Comparativo de emisiones de CO2 Guadua / Hormigón y acero (3)

100m2	Material (1)	Peso Kg.	Emisiones (2)	Total emisiones
Construcción En Guadua	Varas de guadua L= 6m D= 11-12cm (350 U.)	8000 kg	1800 kg Co2	5600 kg CO2
	Acero	750 kg	1500 kg Co2	
	Hormigón	1800 kg	2300 kg Co2	
Construcción tradicional	Acero	2500 kg	5000 kg	12600 kg CO2
	Hormigón	60000 kg	7600 kg	

(1) Materiales básicos para estructura de vivienda unifamiliar calculados para100m2 de construcción
(2) Emisiones de CO2 calculadas para la guadua puesta en España(transporte marítimo 10000km y porción terrestre calculada para 700 Km de centro de producción a puerto(Colombia) y 700 Km de puerto a obra (España).
(3) Promedio de emisiones por m2 de construcción 260Kg , Solo se consideraron en este cuadro las emisiones de mayor peso que son las de los materiales de estructura (60%).

Tabla 2: Comparativo de emisiones de CO2 Guadua – Hormigón y acero
Fuente: El bambú – guadua como material de construcción.
http://ingenieroenarquitecturamedioambiental.blogspot.com.co/2012/04/el-bambu-guadua.html

Tabla 3. Propiedades físicas y químicas de la guadua angustifolia Kunth.

UNIDAD EN KG/M² MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD A TRACCIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD A COMPRESIÓN		MÓDULO DE ELASTICIDAD A FLEXIÓN
Guadua	190.000	184.000		179.000
Otras maderas	Entre 90.000 y 180.000	Entre 96.000 y 169.000		Entre 108.000 y 128.000
En el caso del bambú, las propiedades mecánicas dependen de las características físicas del material que en particular sea utilizado en construcción y no corresponden a valores absolutos o comparables con otras muestras, ya que las condiciones varían notablemente. Estos gráficos corresponden solo a un esquema comparativo general ya que casi siempre, para un mismo material su resistencia puede variar.				
UNIDAD EN KM/M² MATERIAL	**RESISTENCIA A TRACCION**	**RESISTENCIA A COMPRESION**		**RESISTENCIA A FLEXION**
		PERPENDICULAR A LA FIBRA	**PARALELO A LA FIBRA**	
Guadua	430	560	650	740
Aliso	108	68	357	460
Arboloco	Entre 500 y 1500	132	405	390
Otras maderas	1000	Entre 50 y 144	400	Entre 500 y 720

Tabla 3: Propiedades físicas y químicas de la guadua angustifolia Kunth.
Fuente: Propiedades físicas y químicas - http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-

Por lo anterior, se presentó esta alternativa para un mejoramiento de entrepiso constructivo liviano y lograr aportar un producto que pueda favorecer a la parte de la construcción.

Pregunta de investigación

¿Cuáles son los valores de resistencia de una placa de entrepiso, en un esfuerzo cortante en su eje neutro de guadua laminada y concreto, utilizando conectores estructurales rosca de acero al carbón de 3”?

Objetivo General

Determinar pruebas de esfuerzos físicos – mecánicos de los conectores de acero al carbón de 3” como a flexión y compresión en el eje cortante de una placa en guadua laminada macana y concreto.

Objetivos Específicos

Evaluar la resistencia a un esfuerzo cortante el conector de acero galvanizado.

Comparar la resistencia de los conectores utilizados en las probetas guadua laminada y conector.

Fabricar una sección de la placa entre-piso con el pre-dimensionamiento propuesto para realizar un esfuerzo a flexión y comprobar la resistencia del conector en acero al carbón.

Analizar los resultados en base a prototipo realizado a escala 1.1 con sus conectores a 45° y 90° en acero al carbón de 3”.

Marco conceptual

En estudio realizado por el ingeniero Medina Sebastián (2017) quien indago que el laminado de guadua se constituye por esterillas independientes que al unirse con un adhesivo forma un elemento estructural que en este caso se utilizara como lamina colaboraste de un entrepiso el cual es un elemento rígido de una vivienda que separa un piso de otro, el cual soporta cargas a flexión la cual se produce cuando se aplica una carga perpendicular al eje longitudinal del elemento (ingeniera a de estructuras para arquitectos,201p.27) al producirse esta flexión en el entrepiso causa una compresión en la parte superior por lo que está sometida a fuerzas que actúan hacia el centro del entrepiso.

Caso opuesto es lo que ocurre en la parte inferior la cual se somete a tracción por lo que las fuerzas actúan en sentido opuesto y tiende a estirarlo. Estas dos fuerzas que simultáneamente ocurren en le entrepiso causan cortante ya que en el eje neutro ahí un cizallamiento debido a las fuerzas de tracción y compresión que van en dos direcciones.

Esfuerzos físico - mecánicos

Flexión

Se produce cuando se aplica una carga en perpendicular al eje longitudinal de un elemento. Esta carga induce las fuerzas internas que actúan en paralelo a la longitud de un elemento. En un punto intermedio entre la pieza sometida a comprensión y la sometida a tracción, la fuerza interna es de acero (lo que se entiende como eje neutral).

Fig. 6. Comportamiento típico de un material a flexión

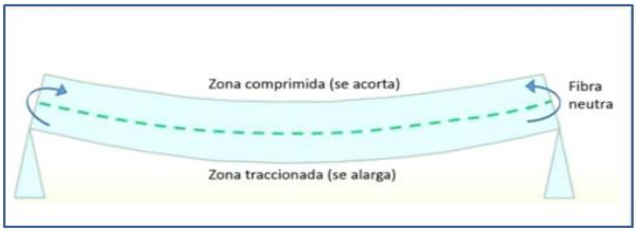


Fig. 6: Comportamiento típico de un material a flexión.
Fuente: Beer – Ferdinand

Tracción

Se produce un esfuerzo interno a que está sometido a un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto y este tienden a estirarlo como ocurrió en el ensayo del prototipo escala 1.1 ya que la viga en madera en la parte inferior se tensión.

Fig. 7. Comportamiento material a esfuerzo

Fig. 7: Comportamiento material a esfuerzo
Fuente: Esfuerzos Estructurales

Cortante

Las fuerzas cortantes que actúan sobre el prototipo es debido a que en la parte superior el concreto está siendo comprimido y en la parte inferior de la viga en madera está siendo tensionada en dos esfuerzos que va en direcciones opuestas generan el corte en el eje neutro del entrepiso.

Fig. 8. Comportamiento ensayo a cortante

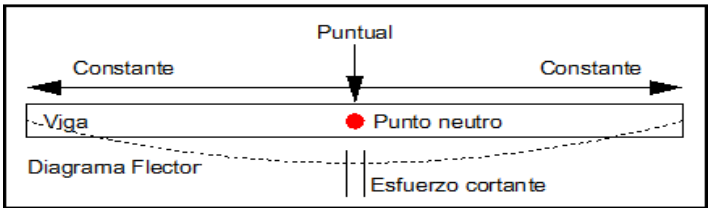


Fig. 8: Comportamiento ensayo a cortante
Fuente: Esfuerzos Estructurales

Marco Teórico

Realizando un análisis profundo de la información que se encontró como antecedentes a nivel nacional e internacional se tiene lo siguiente:

Los ingenieros Vallée et al (2010), realizaron un estudio en Perú, el cual consistía en combinar los esfuerzo del bambú y el concreto generando hormigón armado con bambú. En este proceso realizaron 6 probetas de aproximadamente 1 metro, las cuales 3 de ellas tenían un refuerzo en acero y en todas se realizaron esfuerzo a flexión. Estas se cortaron a 200° en su sección trasversal y se llenaron de hormigón con una cimbra adecuada aquellas que tenían el refuerzo de acero fueron conducidos a través del bambú y el diámetro del refuerzo era de 5 mm.

Donde lograron obtener los siguientes resultados según las pruebas realizadas: *"*La falla durante el proceso de carga de las muestras, se produjo una grieta audible dentro de la caña de bambú, en todos los casos: con una carga de aproximadamente 7 KN y 9 KN para muestra. El daño asociado en la caña no era localiza desde fuera. Cuando la carga final, grietas corriente axialmente en el bambú bastones fueron observados, que ocurre en todos los casos en un ± 30 ° zona contados a partir de la parte inferior del bambú. Estas grietas se propagan entonces hacia los puntos de cojinete. Además de las grietas en el bambú, la capa de hormigón también mostró pequeñas grietas. Las muestras que fallaron por corte de la parte superior de la capa de hormigón, después de excederse, la caña de bambú claramente separado de lo concreto, mostrando un comportamiento similar a pandeo, lo que indica tensiones de compresión en la parte superior de la caña. En todos los casos, después de un desarrollo de primera y repentina crack, las vigas fueron todavía capaces de sostener cargas y no falló*"* (Vallée, Guzmán, Hehl y Tannert. 2010, p.2).

Por lo anterior, se puede concluir:

- Un comportamiento elástico lineal inicial carga-desplazamiento.
- Las probetas en que se realizó el refuerzo de acero no se detectó ninguna falla.
- Los diafragmas sirven como conectores de corte entre el bambú y el concreto.
- Vigas eran consideradas, como sustituto del bambú de hormigón losas, puesto que permitían configuraciones de prueba mucho más simple.
- Este proceso e investigación "Abre la puerta para otra optimización, puesto que hace el último menos dependiente de una estrategia de prueba y error. Además, la capacidad para modelar numéricamente tales sistemas complejos permite su dimensionado, que es un prerrequisito para la amplia el uso de un elemento estructural económico, sostenible y rendimiento total." (Vallée, Guzmán, Hehl y Tannert. 2010, p.6).

El investigador relevante para este estudio fueron los ingeniero Xiao (2017) quien analizó el bambú laminado con varios tipos de conectores y también fabrico 6 probetas las cuales se ensayaron a esfuerzo cortante directo, estas probetas están compuestas de bambú laminado en la parte inferior y en la parte superior concreto el cual está unido por conectores de cortante. Por lo cual, se obtuvo que "Cada muestra consistió en una losa de concreto 100 mm 400 mm 400 mm y un haz de 112 mm 140 mm 400 mm glubam. Sólo un conector de pecado-gle fue fijado en cada uno de los bloques de prueba por el método de pegado" (Y.Xiao, 2017, p.160)

Se ajusta el conector con una llave de esfuerzo a torsión 28 días después que el hormigón esté fundido y la pre - tensión en la caña fue alrededor de 10KN. Luego los especímenes fueron sometidos a una condición de prueba de push-out (expulsar) de un lado utilizando la configuración de prueba, en comparación con la muestra simétrica en el que el rayo se conecta

a dos losas de concreto, una excentricidad inherente existió en los resultados de la muestra asimétrica en un par de fuerza horizontal y puede afectar la carga del esquileo vertical.

Dichas pruebas se comportaron en una forma lineal, donde las características de la falla principal para todos los especímenes fueron la grieta inclinada del hormigón en la ranura y viga glubam presenten grietas bajo compresión parcial de la ranura con el mecanismo de puntal y en la muestra causada por la fuerza del cojinete excéntrico en la interfaz de glubam de hormigón. Los conectores tuvieron una resistencia de 107,8 KN/mm a 113.8 KN/mm en promedio, los cuales cada uno de ellos presentaron especificaciones como: “Una Serie conector dentado, el apriete conector dentado exhibida alta rigidez y alta resistencia pero baja ductilidad. Mientras el acero de la placa y tipos de conectores tornillo exhiben alta ductilidad pero baja rigidez y baja resistencia. Para serie conector dentado, la inclinación delante de la superficie de rodamiento de la muesca no mostraron ninguna queríamos importante en las propiedades mecánicas del sistema. Se encuentra que son adecuados para construcción de los sistemas compuestos de glubam de hormigón. El funcionamiento mecánico de las vigas a gran escala y los comportamientos dependientes del tiempo bajo carga a largo plazo necesita ser investigado en un futuro próximo” (Y.Xiao, 2017, p.167).

Por otra parte, la arquitecta Constanza Flores utilizó la guadua rolliza angustifolia kunth junto como un elemento que hace parte de un entrepiso, donde los tallos de esta tienen una sección transversal de 12 cm, cuyos elementos principalmente compuestos de losas son: el tallo de guadua, hormigón, bloques, acero, hormigón armado vigas, encofrado y tablón de guadua. Los tallos se colocaron en posición perpendicular a las vigas de concreto reforzado con acero, base y consejos fueron localizados sobre las vigas, la separación de la madre fue 40

cm entre sus centros y perpendicular a los tallos, tablón de guadua puesto con el interior del tallo hacia abajo, y luego clavado en el tallo, alambre abrazados entre clavos.

Para el otro sistema, tablón de guadua rolliza se convierte en el techo por lo tanto no es necesaria una cimbra. En este techo, los espacios entre los tallos de bambú que tablón de guadua fueron enlucida de cemento. Entonces el ancho final de la losa de esta es 7cm.

En el primer y segundo sistema, se llenaron de sacos de arena pesa 50 Kg/cada, se realizaron dos pruebas diferentes, una prueba de carga en el centro y de la carga de prueba a lo largo del tallo. El peso total de la prueba del centro fue de 360 Kg no se realizaron pruebas con cargas más altas para evitar daños de viviendas y la medición de la prueba a lo largo del tallo se llevó a cabo con 200 Kg/m2 como los reglamentos de construcción del gobierno local requeridas de al menos 180Kg/m2 para sobrecargas en habitaciones residenciales. En esta última medición, la posición de sacos de arena fue longitudinal en lo referente a la ubicación de tallo de bambú. Las mediciones se registraron en el piso debajo de los sistemas de losa de bambú, una regla metálica con unidades métricas a milímetros se une al centro del techo como este el punto más lejano. Este tipo de sistemas no es muy utilizado debido al desconocimiento y la falta de estudios hechos a este tipo de elementos.

Luego, en procesos como realizar pruebas de carga de peso en construir losas de concreto, en los resultados no mostró ninguna deformación bajo una carga de 200 Kg/m2 aplicada longitudinalmente un tallo de bambú o debajo de un peso de 360 kilogramos aplicada en el centro de la losa, donde "las losas de hormigón armado conclusiones bambú guadua en casas no necesita acero para prevenir la desviación debido a la presión de la carga. La resistencia con el tiempo da menos razones para pensar en guadua como material de clase baja, además guadua puede ser utilizado para edificios de lujosos interiores de clase media y alta además de

trabajar como losa de la estructura. Bambú está ganando fama mundial como un material renovable y una gran industria para ser utilizado en construcción. Mercado del bambú para la construcción como losa no necesita procesamiento industrial y puede ser altamente desarrollado como alternativa de producto agrícola para los países en desarrollo donde la guadua crece naturalmente" (Bastidas Camilo, Bastidas Lucia, p.463).

Las indagaciones, pruebas y aportes realizados por cada uno de estos investigadores donde aportan una gran importancia de datos en cada ensayo y aplicación de los mismos en construcciones o esfuerzos ejecutados, se concluye que la guadua laminada es un material versátil que se puede indagar más en cuanto a la construcción sostenible y ambiental, ya que es un material renovable que cumple con unas características físico-mecánicas que contribuyen al desarrollo en la rama de la construcción de viviendas. Por lo anterior, se recopilaron todos los resultados encontrados, datos de pruebas y esfuerzos físico - mecánicos realizados para una compatibilidad de nuestro proceso y aportar de la investigación.

Aspectos Metodológicos

Entrepiso con guadua laminada – conector en acero y concreto – plakun:

Definición

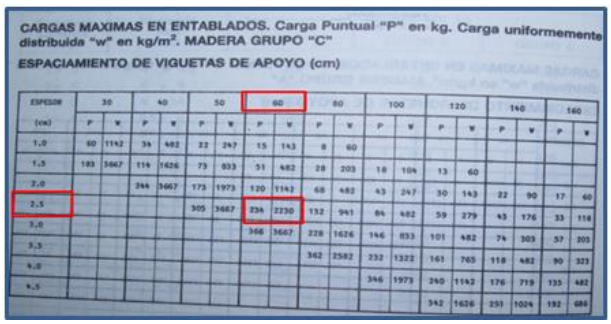
Se procede a desarrollar el prototipo, el cual se pre-dimensiona una placa de entrepiso según información y dimensión que se puede encontrar en el "manual de diseño para madera del grupo andino" (2014, p.39) En cual están fijados los parámetros necesarios para calcular una placa de entrepiso; que sería de la siguiente manera:

Fig. 9. Diagrama de viguetas

Fig. 9: Diagrama de viguetas
Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino (2014, p.39)

Se realizó una placa con una distancia máxima de 3.05 entre apoyos y las viguetas serán de 4cm de base y una altura de 19 cm, esta disposición con un entablado doble que será a guadua laminada y tendrá un espesor de 2.5cm la cual tendrá una resistencia de 2.230 kg/m2.

Tabla 4. Cargas máximas en entablados para prototipo propuesto.



CARGAS MAXIMAS EN ENTABLADOS. Carga Puntual "P" en kg. Carga uniformemente distribuida "w" en kg/m². MADERA GRUPO "C"

ESPACIAMIENTO DE VIGUETAS DE APOYO (cm)

ESPESOR	30		40		50		60		80		100		120		140		160	
(cm)	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w	P	w
1,0	60	1142	34	482	22	247	15	143	8	60								
1,5	183	3667	114	1626	73	833	51	482	28	203	18	104	13	60				
2,0			244	3667	173	1973	120	1142	68	482	43	247	30	143	22	90	17	60
2,5					305	3667	234	2230	132	941	84	482	59	279	43	176	33	118
3,0							366	3667	228	1626	146	833	101	482	74	303	57	203
3,5									362	2582	232	1322	161	765	118	482	90	323
4,0											346	1973	240	1142	176	719	135	482
4,5													342	1626	251	1024	192	686

Tabla. 4: Cargas máximas en entablados para prototipo propuesto.
Fuente: Manual de diseño para maderas del grupo andino (2014, p.74)

Dimensiones

Se determina que la separación de las viguetas es de 61cm como se realiza en el sistema aligerado (drywall) para lograr estandarizar medidas comerciales, de igual forma generar mayor resistencia teniendo apoyos a distancia máxima de 3,05m.

Fig. 10 Diseño de prolongación entre vigueta - vigueta

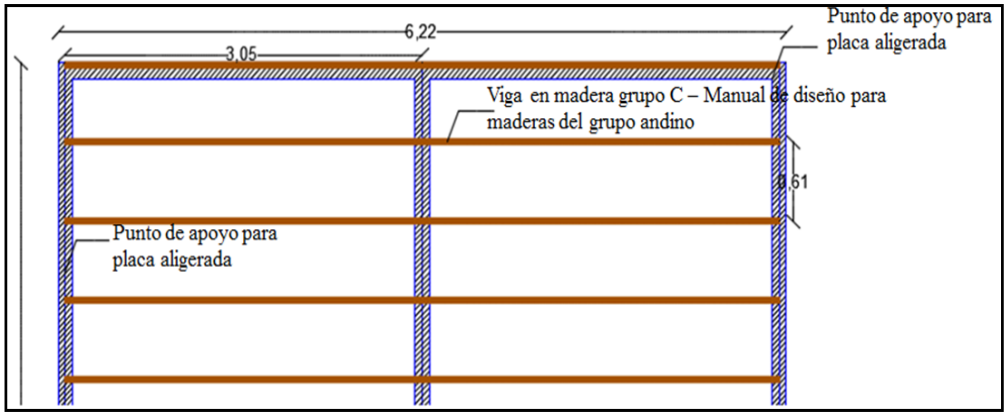


Fig. 10: Diseño de prolongación entre vigueta - vigueta
Fuente: Autores

Fig. 11. Diseño corte de entrepiso

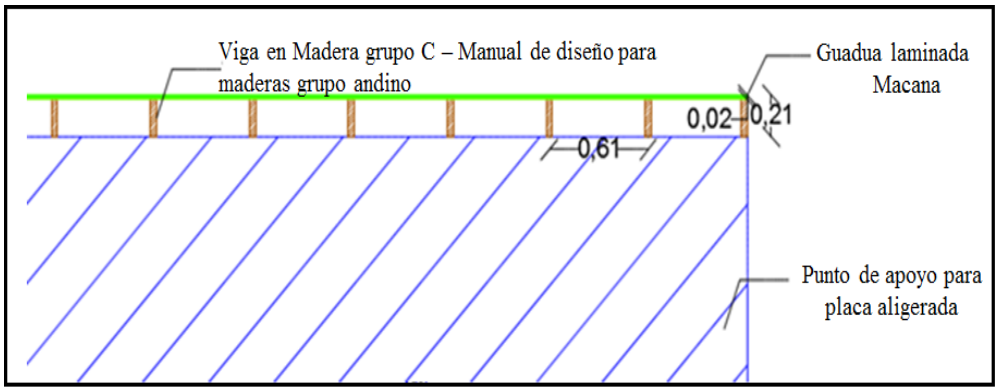


Fig. 11: Diseño corte de entrepiso – altura de viguetas de madera y espesor de guadua laminada.
Fuente: Autores

El desarrollo de esta investigación se realizó en base de probetas de ensayo para evidenciar:

- La resistencia del esfuerzo cortante de la guadua
- Resistencia a los dos tipos de conectores, los cuales fueron en acero al carbón y acero galvanizado.

Componentes para ensayos

Ensayo de platinas de acero, guadua laminada y conector acero galvanizado.

Fig. 12. Dimensión guadua laminada

Fig.12: Guadua laminada – macana – angustifolia kunt de 30 * 30 cm
Fuente: Elaboración propia (2017)

Fig. 13. Platina de acero

Fig.13: Platina de acero de 0.65 cm de espesor – 35 cm de largo y 5 cm de ancho con una perforación a 7 cm ubicada en una tercera parte.
Fuente: Elaboración propia (2017)

Fig. 14. Platina de acero doble perforación

Fig.14: Platina de acero de 0.65 cm de espesor – 30 cm de largo y 5 cm de ancho con dos perforación a 12 cm ubicadas en el centro de la platina.
Fuente: Elaboración propia (2017)

Fig. 15. Tornillo tirafondo en acero galvanizado 5/16 * 3”

Fig.15: Tornillo en acero galvanizado de 3”
Fuente: Elaboración propia (2017)

Fig. 16. Tornillo tirafondo en acero al carbón 3”

Fig.16: Tornillo en acero al carbón de 3”
Fuente: Elaboración propia (2017)

Se procede a realizar la unión de dos láminas de acero de 0.65 cm de espesor – 35 cm de largo y 5 cm de ancho con una perforación a 7 cm ubicada en una tercera parte en la lámina de acero.

Fig. 17. Detalle anclaje de lámina de acero, guadua laminada y conector.

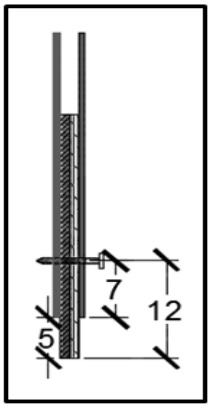


Fig.17: Detalle anclaje lamina de acero con conector.
Fuente: Elaboración propia (2017)

Fig. 18. Detalle anclaje de lámina de acero, guadua laminada y conector.

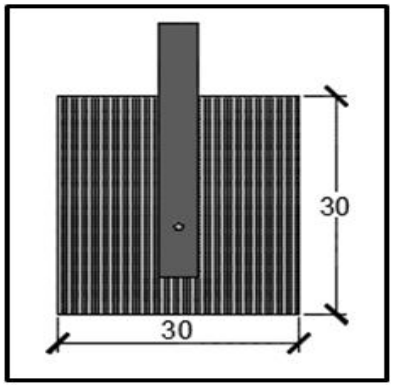


Fig.18: Detalle anclaje de láminas de acero, guadua laminada y conector.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Se realizaron ensayos a compresión donde la platina de acero estaba dispuesta a un esfuerzo cortante cuya velocidad de presión fue de 5 mm x 1 minuto.

Fig. 19. Disposición de guadua laminada.

Fig.19: Disposición de esterillas de la guadua lamina forma transversal.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 20. Disposición de guadua laminada.

Fig.20 Disposición de esterillas de la guadua lamina forma longitudinal.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 21 Montaje prototipo

Fig.21: Montaje de prototipo a compresión
Fuente: Elaboración propia (2017).

Se obtuvo una falla a comprensión de 5 KN (Kilonewton), en una prueba donde la sección de la guadua.

Fig. 22. Montaje de prototipo transversal

Fig.22: Montaje de prototipo a compresión lamina transversal, con falla en adherencia de guadua laminada.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Se consiguió una falla a comprensión de 4.6 KN (Kilonewton), donde efecto la parte transversal de la guadua lamina y falla en adherencia de la misma.

Ensayo de platinas de acero con conector acero galvanizado y acero al carbón.

Fig. 23. Diseño de platinas

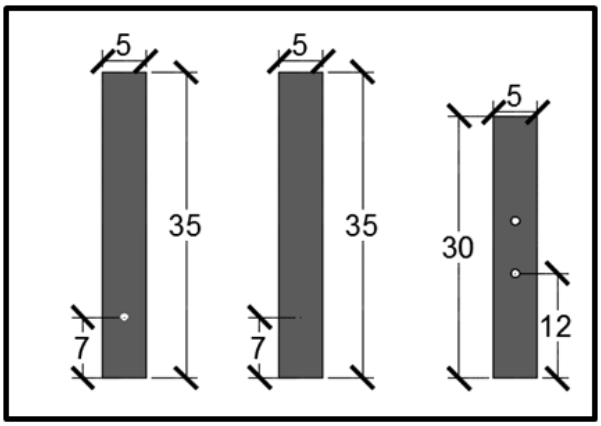


Fig.23: Dimensión de tres platinas de acero con agujeros para los conectores de acero galvanizado.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 24. Detalle de anclaje láminas de acero

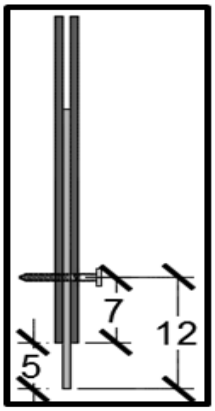


Fig.24: Detalle de tres platinas de acero con agujeros para los conectores de acero galvanizado.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 25. Detalle de anclaje láminas de acero y conector

Fig.25: Detalle de falla en conector de 11.1 KN en el corte completo del conector.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 26. Detalle de anclaje láminas de acero y conector de acero al carbón a compresión.

Fig.26: Detalle de resistencia de 21.1 KN en conector de acero al carbón de 3”
Fuente: Elaboración propia (2017).

Se obtuvo una resistencia de fuerza a compresión mayor a comparación del conector de acero galvanizado, donde también su resistencia doblo las láminas de acero.

Ensayo de prototipo escala 1.1

Fig. 27. Distancia de viguetas en prototipo

Fig.27: Viguetas en madera pino radiata y lamina de guadua laminada con un ancho de 61 cm
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 28. Dimensión de prototipo

Fig.28: Conectores tirafondo de acero al carbón de 3” a una distancia de 35 cm en un ángulo de 45°, para una mayor sección del conector cuya dimisión es de 5.32* 0.61 metros.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Para la resistencia del concreto se utilizaron 100kg de cemento gris, 160kg de arena de rio, 289kg de grava y 50 litros de agua, donde se obtuvo la resistencia de 3.000 Psi.

Fig. 29. Encofrado de placa de concreto

Fig.29: Curado de concreto, se esperó de 28 días para para su mayor resistencia
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 30. Punto de referencia 2.66 metros.

Fig.30: Entrepiso de guadua laminada macana, conector de acero al carbón de 3”, concreto a su mayor resistencia, medida total de entrepiso 5.32 metros, altura de 11 cm del suelo a la viga.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 31. Carga de cemento de 50 Kg.

Fig.31: Carga de cemento de 50kg cada uno para verificar que cantidad de peso soporta el entrepiso.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 32. Carga de cemento de 300 Kg

Fig.32: Carga de cemento de 300kg cada uno aún no se presenta ninguna deformación
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 33. Deformación en entrepiso con un peso de 600Kg**.**

Fig.33: Deformación en entrepiso con un peso de 600Kg
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 34. Falla de adhesivo guadua laminada

Fig.34: Falla de adhesivo poliuretano de la guadua laminada
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 35. Inestabilidad elástica de la viga

Fig.35: Se evidencia un pandeo lateral de la viga por el peso de 600 kg que está sosteniendo el entrepiso
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 36. Flexión de entrepiso

Fig.36: Carga de 960 kg y 1.430 kg total, se presenta flexión en el centro del entrepiso
Fuente: Elaboración propia (2017).

Se pudo evidenciar que el entrepiso tomo su forma inicial, quedo con deflexión de 10 cm en base al espesor de la misma.

Tabla 5. Grafica de ensayo a flexión

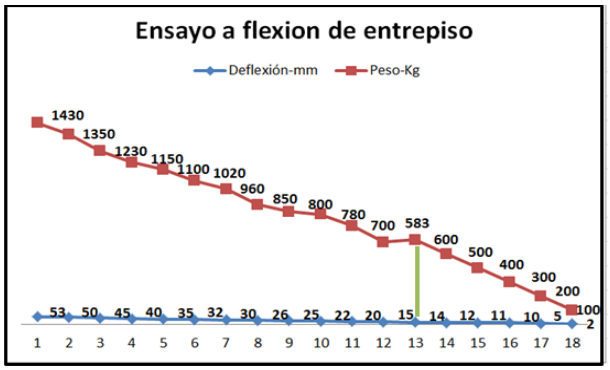


Tabla 5: grafica de ensayo a flexión.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Según la norma NRS 10, la resistencia de un entrepiso debe ser de 185Kg, la deflexión debe ser de 350 veces el largo de la viga, donde el prototipo fue de 15.2 mm.

Tabla 6 Costo de entrepiso (COP)

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Esterila de guadua laminada macana	M2	1	60.456	60.456
Conector Tirafondo de acero al carbón de 3"	Und	6	1.100	6.600
Viga de madera pino radiata	Ml	1	22.000	22.000
Concreto	M2	1	16.750	16.750
Mala electrosoldada	M2	1	16.000	16.000
			Total costo entrepiso	121.806

Tabla 5: Costo propuesta de entrepiso de guadua laminada, conector tirafondo de acero al carbón y concreto.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Ensayo de temperatura a guadua laminada – datos anexos

Se efectúo un ensayo adicional a temperatura de calor para la guadua laminada macana para saber que resistencia podía esta llegar a afectar la lámina y su adhesivo en poliuretano. Donde se ejecutó una prueba empírica, la cual se utilizó una cámara termo grafica con el objetivo de observar el aumento de temperatura de una probeta de guadua laminada, concreto y conector de acero al carbón de 3”.

Fig. 37. Materiales para toma de prueba de temperatura

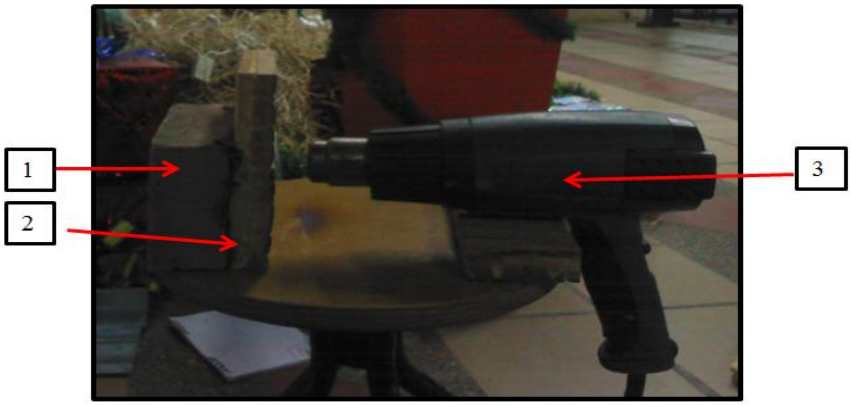


Fig.37: 1) Concreto con espesor de 5 cm – 2) guadua laminada adherida con poliuretano – 3) pista de calor
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 38. Aumento de temperatura en lámina de guadua al tiempo de 2 minutos.

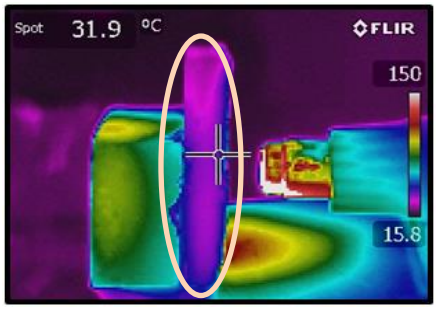


Fig.38: Aumento de temperatura en lámina de guadua
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 39. Temperatura a 150 °C

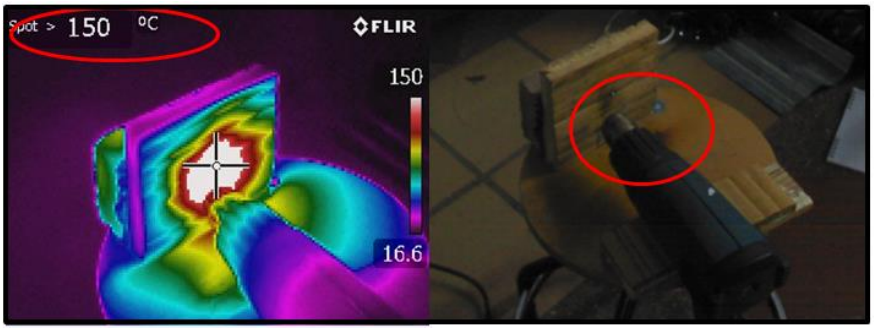


Fig.39: Aumento de temperatura a 150 °C y no reflejo reacción alguna la guadua laminada
Fuente: Elaboración propia (2017).

Fig. 40. Temperatura a 25.3 °C al tiempo de 10 minutos

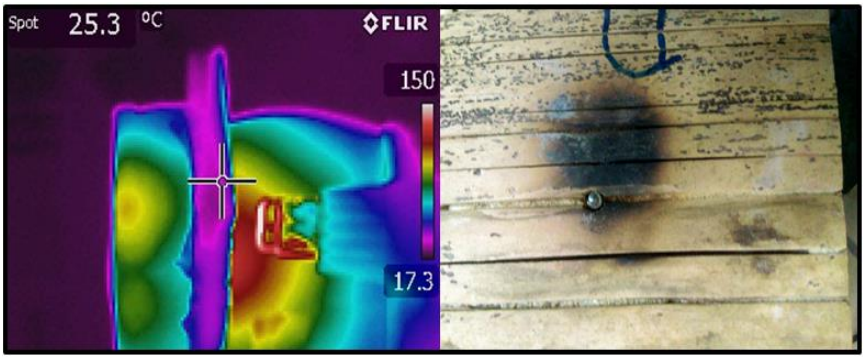


Fig.40: No obtuvo combustión en la guadua laminada ni en su adhesivo de poliuretano.
Fuente: Elaboración propia (2017).

Conclusiones

En el ensayo del tornillo en acero galvanizado se observó un corte total del elemento y una leve deformación cuando se realizó el ensayo cortante de la guadua laminada comprobando así que tiene menos resistencia que el tornillo de acero al carbón.

Se evidencia la resistencia del tornillo en acero al carbón tirafondo de 3”, ya que al ser ensayado sufrió una deformación pero no hasta el punto del corte total. Su resistencia fue mayor ya que en el ensayo también fallaron las platinas en acero que se usaron en la prueba.

De acuerdo con el ensayo de esfuerzo cortante para los dos tipos de conectores que se utilizaron. El más resistente fue el de acero al carbón el cual fue de 21 kn una resistencia más alta que la resistencia de acero galvanizado que fue de 11kn.

Al ensayar la guadua laminada al esfuerzo cortante se evidencio que fue más afectada la parte transversal debido a la dirección de sus fibras al contrario del lado longitudinal donde existió una falla menor.

En el proceso constructivo del entrepiso se observó que al fijar la guadua laminada a la viga de madera tiende a halar la lámina, generando así un espacio entre los dos segmentos para lo cual se utilizó un conector que permitía fijar la guadua laminada a la viga de madera.

En los ensayos de la guadua laminada como en el prototipo se evidencia una falla en el adhesivo el cual demuestra su baja resistencia.

En el ensayo del prototipo del entrepiso su capacidad de resistencia fue de 440.81 Kg /m2 más del 80% de lo exigido por la norma NRS 10.

En cuanto a las vigas de pino radiata debido a su altura se presenta un pandeo lateral por el peso que es soportado de guadua laminada y hormigón armado.

El peso que soportó fue de 1.430kg no se presentó falla alguna en el elemento como tal, si una deformación a flexión, bastante evidente en su grado de elasticidad que es alto pero al retirar el peso no volvió totalmente a su estado normal quedando con una deformado 1 cm.

En el ensayo anexo de aumento de temperatura de la guadua laminada se evidencia su gran resistencia, ya que fue sometido a más de 150 °C sin generar combustión alguna.

El adhesivo de la guadua laminada poliuretano el cual era un tema esencial de la investigación fue de gran aprendizaje ya que se evidencio la resistencia al fuego y no se muestra una conducción a una alta temperatura.

Recomendaciones

Se deben realizar ensayos a cortante con concreto y conector de acero al carbón tirafondo de 3” ya que debido a su resistencia debe ser como hipótesis que no falle el conector en acero al carbón si no que dicha falla la presente el concreto.

Como parte de una comparación de debe realizar ensayos a cortante en la guadua laminada con otro tipo de adhesivo con el fin de mejorar la resistencia de la guadua.

Al proponer una lámina de mayor espesor colocando otra lamina en dirección longitudinal para contrarrestar la falla que presenta en la dirección transversal y aumentar su resistencia.

Establecer un refuerzo en las viguetas con el fin de anular el pandeo lateral o disminuir la altura de la misma.

Establecer criterio para ensayos de aumento en la temperatura para que no sean empíricos si no que tengan una base más sólida.

Crear el ensayo de aumento de la temperatura con otro tipo de pegamento en la guadua laminada para comprar con el adhesivo en poliuretano.

Referencias

Flores Bastidas, Constanza Lucia, (2011), Enfoque a la resistencia de carga en dos clases de bambú reforzado de hormigón. Universidad Nacional de Colombia UNAL, Facultad de Arquitectura, Bogotá –Colombia.

Bastidas, Camilo Flores, (2011), Enfoque a la resistencia de carga en dos clases de bambú reforzado de hormigón. Universidad de los Ryukyus. Departamento de Ingeniería Civil y Arquitectura, Nishihara-cho, Okinawa 903-0213, Japón.

Vallé, Till, (2010), Profesor, Dr., Madera y Estructuras Compuestas, Universidad de Ciencias Aplicadas de Berna, Solothurnstrasse 102, CH 2501 Biel, Suiza.

Guzmán, David, (2010), PhD, Sociedad Peruana de Bambú, Lima, Perú.

Hehl, Simón, Investigador, Madera y Compuesto Estructuras, Universidad de Ciencias Aplicadas de Berna, CH 2501 Biel, Suiza.

Bastidas Lucy Amparo, B Flores Edgar, Documento 'Uso de del Bambú en Viviendas para estratos medios. El bambú como material estructural en la losa de entrepiso'. Publicado en las Memorias 'Seminario Guadua en la Reconstrucción', Armenia Quindío, Febrero 10, 11 y 12 del 2000.

Xiao Yang. (China). (2017), Facultad de Ingeniería Civil, Nanjing Tech University, 211816 Nanjing, China.

Pete Silver, Will Mclean, Peter Evans, "teoría y practica. Manual de referencia – Ingeniería de estructuras para arquitectos", (2014).