

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ADHESIVO POLIISOCIANURATO
COMO JUNTA DE ESTERILLA PARA LAMINADO

OMAR FERNEY QUEVEDO FIQUE
DIEGO ARMANDO GÓMEZ VARGAS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ, 2018

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL ADHESIVO POLIISOCIANURATO
COMO JUNTA DE ESTERILLA PARA LAMINADO

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

OMAR FERNEY QUEVEDO FIQUE

DIEGO ARMANDO GÓMEZ VARGAS



UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
TECNOLOGÍA EN CONSTRUCCIONES
ARQUITECTÓNICAS
PROYECTO DE GRADO
BOGOTÁ, 2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente jurado

Firma del jurado

BOGOTÁ., OCTUBRE 2018

Índice General

[Índice de tablas.](#)

[Índice de imágenes.](#)

[Resumen.](#)

[Abstracción.](#)

[Introducción.](#)

[Pregunta de investigación.](#)

[Objetivo general.](#)

[Objetivo específico.](#)

[Marco conceptual.](#)

[Requisitos de diseño.](#)

[Esfuerzo físico-mecánico.](#)

[Madera contrachapada flexión.](#)

[Deflexión.](#)

[Flexión, incluyendo estabilidad lateral.](#)

[Cortante.](#)

[Aplastamiento.](#)

[Madera contrachapada tracción.](#)

[Comportamiento material a esfuerzos.](#)

[Madera contrachapada cortante.](#)

[Características del laminado de guadua.](#)

[Laminados de guadua.](#)

[Procedimiento de ensayo.](#)

[Marco teórico.](#)

[Aspectos metodológicos.](#)

[Definición.](#)

[Material a implementar.](#)

[\(PIR\) o Poliisocianurato.](#)

[Diferencia entre pul u pir.](#)

[Sistema de Poliisocianurato.](#)

[Componentes.](#)

[Datos fisicoquímicos.](#)

Relación de mesclado.

Reactividad en condiciones de laboratorio.

Elaboración de prototipo.

Taladro.

Agitador.

Recipiente de mesclado.

Espátula plástica para expandir.

Laminadora.

Vasos de dosificación del producto.

Paso a paso de la elaboración de las probetas.

Procedimiento de ensayo.

Tipo de investigación.

Modo a proceder.

Ensayo a compresión.

Ensayo a flexión.

Compresión.

Ensayo ultimo a flexión.

Cálculos.

Índice de tablas

[Ensayo de características físicas y mecánicas.](#)

[El Poliisocianurato pir proporciona estabilidad térmica y resistencia al fuego.](#)

[Tabla de componentes elaborado por espulmatex.](#)

[Características del pir.](#)

[Fases de la investigación.](#)

[Posibles variantes a tener en cuenta.](#)

[Laboratorio ensayo a compresión.](#)

[Laboratorio ensayo a flexión.](#)

[Laminador a probar.](#)

Índice de figuras

[Carga versus relación de deformación.](#)

[Ensayo cortante y viga.](#)

[Sena conectores.](#)

[Material a flexión.](#)

[Comportamiento material a esfuerzo.](#)

[Comportamiento ensayo a cortante.](#)

[Simón Vélez laminados.](#)

[Sena adhesivos.](#)

[Google/imágenes/pir.](#)

[Poliuretano \(PUR\).](#)

[Poliisocianurato \(PIR\).](#)

[Esterilla de guadua.](#)

[Poliol.](#)

[Isocianurato.](#)

[Base para laminación.](#)

[Cortado y manipulación de esterilla.](#)

[Agitación Poliisocianurato.](#)

[Agitador.](#)

[Recipiente de mezclado.](#)

[Google/imagen/espátula.](#)

[Laminadora.](#)

[Vasos de dosificación.](#)

[Medida del producto.](#)

[Basculas para control del contenido.](#)

Mezclado en recipiente.

Tiempo de agitación.

Vertido del producto.

Unión de la esterilla.

Molde de laminación.

Laminación de la esterilla.

Flexión img.

Fibras longitudinales.

Resumen

En investigaciones realizadas en procesos constructivos de vivienda de entrepisos de guadua, se evidencia que en la ciudad de Bogotá – Colombia, se ha trabajado con guadua tubular como elemento aligerante para disminuir el peso y reducir la utilización de acero y concreto en las placas.

El uso de guadua laminada como parte de un elemento aligerante, consta de poco conocimiento técnico e investigativo y disminuye esfuerzos físico – mecánicos, por ello se pretende realizar una investigación sobre una placa entrepiso con guadua laminada y los productos usados para la unión de la esterilla, para llegar a una mayor resistencia, donde la guadua laminada que se utilizara tendrá las fibras puestas en las dos direcciones, **1** bidimensional, lo que no ocurre en la madera y la guadua tubular o rolliza, ya que sus filamentos se encuentran en una sola dirección.

En comparación con las placas aligeradas tradicionales se comprende que el elemento aligerante se entiende como lo inverso a lo macizo y homogéneo. Se toman como base las investigaciones realizadas sobre los tipos de madera **3** contrachapada, y los estudios de la guadua en los laboratorios, junto con los tipos de tableros de guadua ya existentes. Se realizaran estudios, debido a que la mayor parte de los ensayos y pruebas que se han encontrado están basadas en elementos estructurales tales como; Vigas, las cuales arrojan cifras que nos conducen a que es posible aumentar la resistencia del elemento aligerante “guadua” en su neutro de esfuerzo cortante.

Palabras claves: Madera contrachapada, filamentos, elementos aligerantes.

Abstract

In investigations carried out in constructive processes of mezzanines of guadua and concrete it is shown that in the city of Bogotá - Colombia, tubular guadua has been worked as an element to lighten to reduce the weight and reduce the use of steel and concrete in the lightened plates for the constructive process of a house.

The use of laminated guadua as part of a lightening element consists of little constructive and educational knowledge with respect to the physical-mechanical efforts that this can generate, for that reason it is intended to carry out an investigation on a mezzanine plate with laminated guadua and the used products for the union of the mat, which can reach a greater resistance, where the laminated guadua that will be used will have the fibers placed in both directions, one horizontal and the other vertical, which does not happen in the wood since its filaments they are in only one direction, in the same way it happens with the tubular guadua.

In comparison with the traditional lightened plates, it is understood that the lightening element is understood as a solid and homogeneous element. It is based on the research carried out on the types of plywood, and the studies of the guadua in the university together with the types of existing bamboo boards. Aran studies, because most of the data that 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 element to lighten "guadua" in its neutral of shear stress.

Keywords: plywood, filaments, elements lighten tea.

Introducción

El entrepiso aligerado en madera, y en nuestro caso la guadua, ha sido utilizado en viviendas económicas en Colombia los que según **Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NRS 10**, la **Norma técnica colombiana NTC 5525** y la **Norma técnica Colombiana NTC 698** Madera contrachapada, contienen debilidades en la resistencia para las construcciones.

En estudios realizados por el ingeniero civil Mateo Gutiérrez de la universidad la Gran Colombia y la ingeniera química Patricia Takeuchi de la Universidad Nacional de Colombia sobre laminados con pegamento para armazones de bambú del 2014, se demostraron las características de rendimiento, rigidez y resistencia de los laminados en madera "guadua" para evaluar un modelo de techo a gran escala.



1



2



3



4

Carga versus relación de deformación

1. Se realiza ensayo de madera laminada con cargas horizontales, que presentó un porcentaje de flexión.

2. Detalle de astillage y deflexión obtenido en el ensayo de cargas horizontales en madera laminada.

3. Observamos la falla del pegante de la madera laminada cuando se somete a una fuerza vertical u horizontal.

4. El elemento sufre compresión en el centro donde se ejecuta la carga y en las partes superiores sufren tracción, donde causa la separación de las láminas de madera.

Por otro lado, el Ingeniero Gutiérrez M (2017) realizó prototipos de laminados de esterilla de guadua con (PUR) poliuretano, que forma el sistema constructivo utilizado como sistema de construcción para losas de entrepiso aligeradas y hormigón bajo condiciones de esfuerzo cortante, además de pruebas de laboratorio de resistencia, flexión, compresión y deflexión donde se obtuvieron resultados muy bajos referentes a los que exige la norma de construcción, de esta manera se calcularon fuerzas antideslizantes y todas las propiedades mecánicas pertinentes en comparación con un elemento de losas de entrepiso aligeradas.

En consecuencia de los resultados de pruebas y análisis de los diferentes prototipos, se demostró que algunos productos de adhesión para los sistemas de esterillas de guadua laminado, son más convenientes y recomendados para la construcción de losas de entrepiso aligerados.

Fig. 5. Ensayos de conectores y vigas

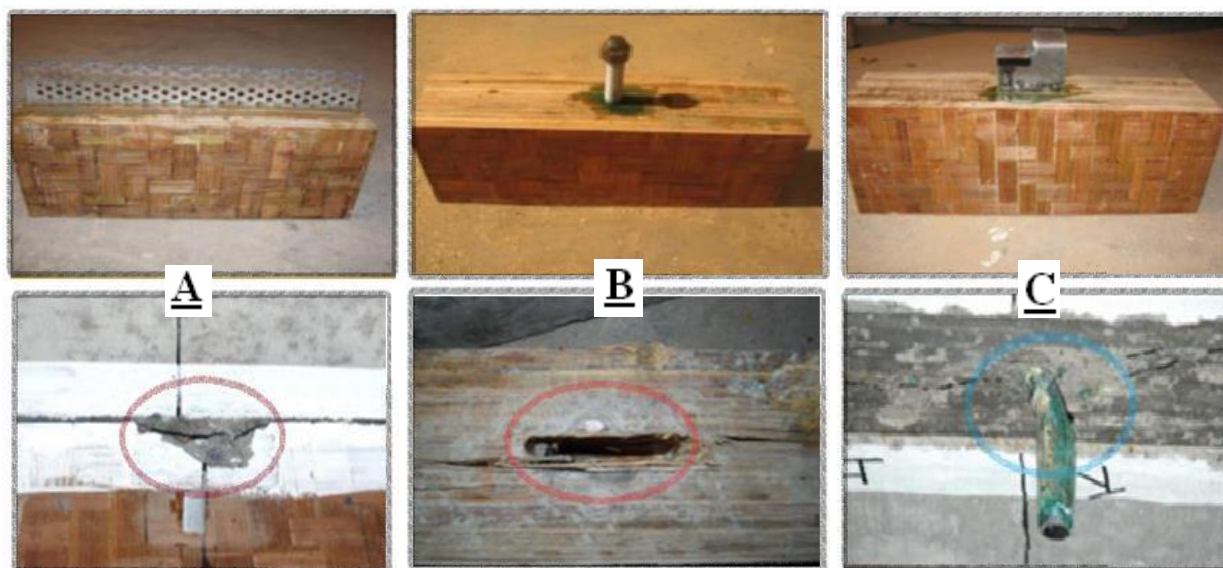


Fig. 5: Conectores de corte y vigas con (a) malla de acero como conector de corte; (b)

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).

Dentro de los aspectos que serán tratados en este trabajo, se evidenciarán algunos de los factores de falla del laminado de esterilla de guadua, los cuales se tendrán de referencia para dicha investigación, y así llegar a una solución de mayor resistencia y que cumpla las condiciones establecidas por la norma de construcción NSR 10 y también al Reglamento Europeo de materiales de construcción, donde hace referencia a que el producto junta o adhesivo de este sistema, tiene que ser ignífugo “que no se incendie de manera inmediata y no genere gases tóxicos”.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018 conectores

Nota: guadua laminada por con poliuretano y con un refuerzo en metal como conector de las dos esterillas.

Pregunta de investigación

¿Qué adhesivo es funcional para evitar que la esterilla de guadua laminada al sufrir un esfuerzo no presente deflexión desmesurada y ruptura de la misma?

Objetivo General

Evaluar el comportamiento mecánico del sistema constructivo de guadua laminada angustifolia Kum, con Poliisocianurato (PIR) como nuevo componente de adhesión de la esterilla para el laminado.

Objetivos Específicos

Consultar los tipos de laminados de guadua existentes para tener referentes del conjunto que integra o conforma este sistema.

Determinar las características del material que se está utilizado en la junta de las dos esterillas y así proponer un adhesivo resistente.

Comparar la resistencia del tablero actual en guadua, con el producto de adhesivo de junta que se va a proponer.

Marco conceptual

En el estudio realizado por la ingeniera en ciencias y tecnología de materiales Caori Patricia Takeuchi como tesis, sobre “**caracterización mecánica del bambú guadua laminado para uso estructural**” muestra de forma más detallada el proceso de laminado de la esterilla de guadua angustifolia Kunth, la descripción de sus fibras y en qué sentido deben estar ubicados, cuáles son los adhesivos de pega para las dos esterillas y la formación del laminado de esterilla para poderlo utilizar en estructuras o losas de entrepiso para viviendas de segundo y tercer piso.

Para el desarrollo del proyecto se tendrán en cuenta las especificaciones de este artículo y la normativa regida en la Norma sismoresistente colombiana del 2010.

Según especificaciones de la norma NTS N10 se realizarán estudios de material utilizado en la junta de esterilla de guadua laminada, para así mismo proponer un material de junta mejor o similar al utilizado.

Analizando el reglamento, lo estipulado de deformación para la madera y la guadua laminada en elementos estructurales, es de una vivienda de dos y tres plantas como diseño.

Requisitos de diseño

G.2.1.1 — Todos los elementos de una estructura deberán ser diseñados, construidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de cargas de servicio consignadas en B.2.3.1 del presente Reglamento, dentro de las limitaciones de deflexión estipuladas en G.3.2.1.

B.2.3.1 No son aplicables a los materiales estructurales prescritos en el reglamento y no deben utilizarse. Se incluyen para aquellos casos especiales en los cuales el diseño se realiza por el

método de los esfuerzos admisibles y solo deben emplearse cuando así lo indique explícitamente el Título o Capítulo o Sección correspondiente del Reglamento.

Los parámetros de producción y transformación de la guadua laminada aplicados al diseño industrial.

Conceptos ambientales:

Los conceptos ambientales a considerar en el desarrollo del proyecto, son relevantes ya que se toman como metodología de trabajo (eco-diseño) y son parte esencial en el desarrollo de productos enfocados a la sostenibilidad (ciclo de vida, producción más limpia, mercado verde).

Como el proyecto busca ser una herramienta para el desarrollo de productos con guadua laminada, estos parámetros son parte de su enfoque.

El eco diseño es una estrategia que busca renovar el perfil ambiental de productos o empresas; se plantea como una herramienta apropiada para lograr un perfil ambiental más óptimo, al introducir restricciones y/o mejoras ambientales en todas las fases de producción industrial de productos que no afecten el ambiente. Con esto se asegura la utilización eficiente de los recursos naturales, la minimización del impacto ambiental, al igual que una implementación coherente de una política ambiental en la organización.

Esfuerzos físico - mecánicos

Madera contrachapada Flexión-

G.3.1.2 — En el diseño de elementos o miembros a flexión se tendrán en cuenta los siguientes parámetros:

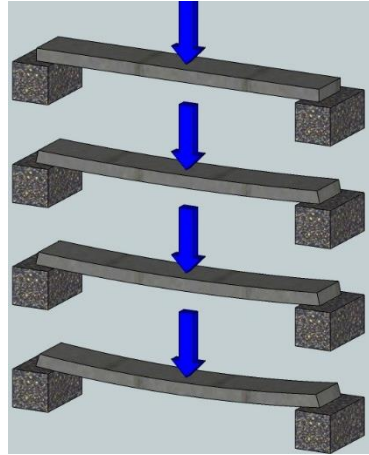
(a) Deflexión

(b) Flexión, incluyendo estabilidad lateral

(c) Cortante

(d) Aplastamiento

Comportamiento típico de un material a flexión



Comportamiento típico de un material a flexión.

Madera contrachapada 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 tiende a:

Comportamiento material a esfuerzo



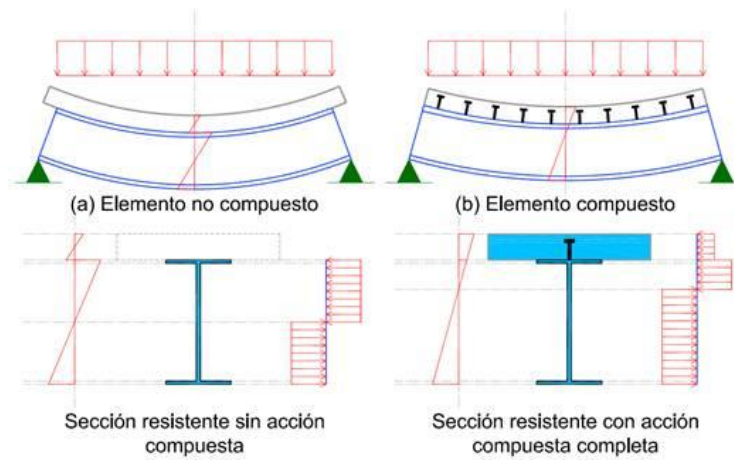
Comportamiento material a esfuerzo

Fuente: Esfuerzos Estructurales

Madera contrachapada-cortante

Las fuerzas cortantes que actúan sobre el prototipo, son 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 van en direcciones opuestas al corte en el eje neutro del entrepiso.

Comportamiento ensayo a cortante



Comportamiento ensayo a
 cortante Fuente: Esfuerzos
 Estructurales

Características de laminado de guadua



<https://guaduabambucolombia.com/tag/simon-velez/>

Laminados de guadua

En la fabricación de laminado de guadua de Vélez Y Villegas Asociados, en la que se utilizan las especies gigantes de bambú Colombiano guadua angustifolia Kunth se emplean productos totalmente amigables con el medio ambiente e innovadores en Colombia y el mundo.

Estos tableros de guadua laminada están fabricados con capas cruzadas de esterilla de guadua, tienen características muy interesantes para la construcción y el diseño, ya que la guadua es conocida como el acero vegetal gracias a sus fibras continuas y muy fuertes que posee el material, este puede ser más duradero que laminados de madera, con acabados de interior y exterior, se utilizan en la construcción porque contribuye al medio ambiente y al desarrollo de productos 100% colombianos.

Procedimiento de Ensayo

Hay una investigación hecha por la Universidad de los Andes en Bogotá D.C, de los laminados producidos por la empresa Colguaduas LTDA, sobre la protección de los laminados de guadua (*Guadua angustifolia* Kunt) como material estructural, donde se evidencia la influencia de la dirección de las fibras y la ubicación de las láminas de guadua para propiedades mecánicas, evaluados en algunos de los ensayos realizados en el laboratorio de materiales y modelos estructurales de la Universidad. El programa experimental desarrollo con una máquina universal de prueba tipo MTS Digital Control System (Test Start II). Debido a la falta de normas técnicas para realizar ensayos de caracterización en laminados madera de bambú, Se adoptaron los procedimientos de la norma técnica para madera de la ASTM y del INCONTEC, que edita la Norma técnica colombiana (NTC). Los ensayos de caracterización física y mecánicas realizadas las normas indicadas en la tabla.

Tabla 1. Ensayos de caracterización física y mecánica

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2009000300001

Nombre del ensayo	Nombre de probetas	Normas técnicas de ensayos		Resultados reportados
Densidad	131	ASTM D2395 – 93	NTC 290	Masa por volumen
Contenidos de humedad	213	ASTM D 143-94	NTC 206-1	Contenido de humedad
Corte en línea de adhesivo	47	ASTM D 905 ASTM D 1037	NTC 2279	Esfuerzo cortante máximo
Tracción paralelas a las fibras	30	ASTM D 3500-90		Esfuerzo máximo y módulo y de elasticidad
Tracción perpendicular a las fibras	17	ASTM D 143-94	NTC 961 NTC 3377	Esfuerzo máximo (radial y tangencial)
Compresión paralela las fibras	33	ASTM D 143-94	NTC 784 NTC 3377	limite proporcional y módulo de elasticidad
Compresión perpendicular a las fibras	33	ASTM D 143-94	NTC 785 NTC 3377	Esfuerzo en línea limite proporcional (radial y tangencial)
Corte paralelo a	33	ASTM D 143-94	NTC 775 NTC 3377	Esfuerzo máximo

las fibras				
Flexión	33	ASTM D 198	NTC 663	módulo elasticidad

Marco Teórico

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

La resistencia con el tiempo da menos razones para pensar en guadua como material de clase baja, además guadua puede ser utilizado para edificios lujosos en interiores de clase media y alta además de trabajar como losa de la estructura. Bambú está ganando fama mundial como material renovable y potencialmente usada como industria para ser utilizado en construcción. Mercado del bambú para la construcción en 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 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, 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 elemento 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

En el sistema constructivo de entrepiso con esterilla guadua laminada se ha evidenciado algunas falla de flexión en la cual las fibras de la esterilla se están despegando del adhesivo de junta utilizado poliuretano, por tal motivo se aran investigaciones de un adhesivo similar al que se está utilizando de junta de las esterillas en diferente dirección, se realizaren investigación de características del material que se utilizara para esta junta, donde se podrán obtener evidencias del laminado y pruebas de laboratorio de este nuevo adhesivo que conformara el sistemas de construcción.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018 adhesivo

En reunión con el Arquitecto Fabián Martínez y la ingeniera química Nancy Roa de la empresa Expumlatex el día jueves 11 de octubre en el establecimiento de SENA en centro de educación Cazuka ubicado en la localidad de Suacha, donde se evidenciar avances de referentes al proyecto que se está elaborando “Características Mecánicas del Adhesivo Poliisocianurato como junta de esterilla para laminado”, también pudimos conocer los diferentes tipos de

adhesivos que se estudiaron para poder utilizar en la junta de las esterilla de guadua y poder implementar este sistema como un elemento para construcciones estructurales. Como resultado de esta investigación pudimos obtener que el Poliisocianurato PUR aún no se había estudiado cómo junta para para este laminado.

Teniendo claro el nuevo producto o adhesivo de junta con el cual vamos a trabajar se hace investigación del producto y sus características

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” en el cual están fijados los parámetros necesarios para calcular una placa de entrepiso; que sería de la siguiente manera.

Material a implementar

(PIR) o poliisocianurato

El sistema de poliisocianurato cumple con las más estrictas regulaciones sobre resistencia y reacción al fuego, renovando la fabricación de fabricantes de paneles rígido termo acústico para la construcción.

La construcción de edificios considerados sustentables está en crecimiento en el mundo entero y en América Latina, donde Brasil, por ejemplo, es el cuarto país del planeta con más construcciones de este tipo, según el Consejo de Construcción Ecológica de los Estados Unidos (USGBC), que emite la certificación LEED

Esta realidad desencadena otras tendencias. Una de ellas, es la creciente demanda por materiales que contribuyan con la eficiencia energética – ayudando en la reducción de sus huellas ambientales o de emisiones de carbono – y que presenten propiedades específicas.



Google/pir/imágenes

Diferencias entre pur y pir:

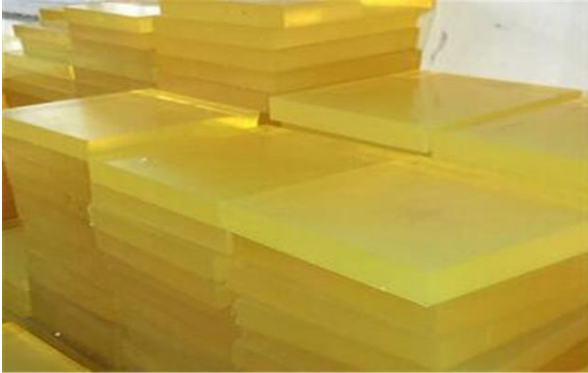
El poliuretano de poliisocianurato (PIR) se diferencia del poliuretano (PUR) en la relación de mezcla de los componentes polioliol e isocianato, cuya proporción es 100:150 aproximadamente a diferencia del 100:100 para el PUR, por lo tanto, hay más isocianato en el PIR que en el PUR.

Esta composición ofrece al material final propiedades diferentes a causa de la estructura química, incluso si el proceso de espumado y las propiedades mecánicas y físicas normalmente sean parecidas.

El poliuretano PIR proporciona estabilidad térmica y resistencia al fuego.

PROPIEDADES FISICAS	POLI-SOCIANURATO (PIR)	POLIURETANO (PUR)
Estabilidad térmica	200°C a -120°C	150°C a - 80°C
Estabilidad dimensional	El PIR tiene mejor estabilidad y un rango más amplio de temperatura.	
Resistencia mecánica	El PIR tiene mejor resistencias mecánica que el PUR en un 25%	
Comportamiento de incidencia	El PIR pasa estrictas pruebas cumpliendo las norma ASTM E84	
Desarrollo de humo en canchones de fuego	El PIR genera mucho menos humo que el PUR	

Poliuretano (PUR)



Poliisocianurato (PIR)



Sistema de Polisocianurato

Con la referencias de la empresa ESPUMLATEX TPLO11 estándares en la cuales está diseñado para la fabricación de espuma rígida de polisocianurato (PIR) en la cual se presentan excelentes características en cuanto a la eficiencia de aislamiento hasta temperatura de 130°C bojo su moldeabilidad, adhesión, impermeabilidad resistencias estructural, estabilidad al envejecimiento y resistencia química y biológica.

Componentes

Este sistema se encuentra constituido por:

1. El ESPOL TPLO 11 componente A: Polioli: es una mezcla de polioles, activadores, retardantes de llama, estabilizadores y agentes soplantes.
2. El PRONATE TRG192: componente B Isocianato: es Diisocianato de difenilmetano o MDI.

Datos físicos-químicos

POLIOL (FORMULADO)		ISOCIANATO	
Viscosidad brookfield, 19+/-1°C, cP	Seguimiento	Viscosidad brook 19+/-1°C, cP	350+/-50
Densidad (g/cm3)	Seguimiento	Densidad (g/cm3)	1,22 +/- 0.01
Estabilidad en meses (*)	6	Estabilidad en meses (*)	12

Tabla de componentes elaborada por empresa ESPUMLATEX laboratorios

Relación de mezclado

En este proceso se recomienda mezclar el sistema con la siguiente relación;

1. ESPOL TPLO11 o componente A (poliol) 48+/-1% en peso (incluido el HCFC-141b)
2. PRONATE TRG192* o componente B (isocianato) 52+/-1% en peso
3. Relación ESPOL/PRONATE:

Reactividad en condiciones de laboratorio

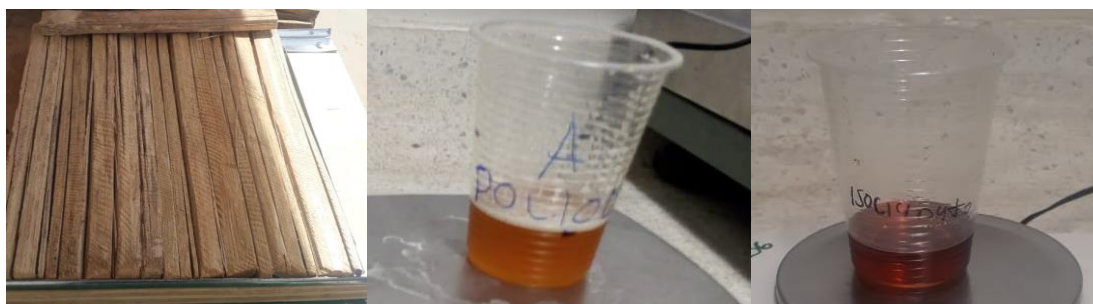
Características	Valor
Tiempo de agitación	15+/-2 segundos
Tiempo de crema	35+/-3 segundos
Tiempo de hilo	140+/-6 segundos
Tiempo de tacto libre	190+/-8 segundos
Densidad libre	23+/-1 kg/m3

Densidad inyectada sugerida	40+/-2kg/m ³
-----------------------------	-------------------------

Tabla de características del (PIR) realizadas por la empresa espumlatex laboratorios

Elaboración de prototipo

Teniendo en cuenta toda la información e investigación del sistema de construcción de esterilla de guadua laminada y del adhesivo de junta que se utilizará como innovación al sistema, se procede a comprar las esterillas de guadua y los componentes del adhesivo de junta “Poliol y Isocianurato”



Esterilla de guadua

Poliol

Isocianurato

Elaboración propia Quevedo O Sena 2018 producto de pegamento de guadua

Teniendo listo todos los materiales, se procede a hacer el laminado de **esterilla** de guadua en prototipos de 30cmX30cm para los ensayos de laboratorio a los que se van a someter las probetas. Se realiza molde de 30cmX30cm para rendimientos en la realización de cada una de las probetas.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

base para laminación, para tener más control de la esterilla y que no se deforme en el momento del pegado.

Se procede a realizar el corte de las esterillas a medidas del molde de 30cmX30cm para hacer las probetas de ensayo y producto que se enseñará en la presentación del proyecto.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

corte y manipulación de esterilla para la laminación.

Siguiendo con el paso a paso de realización de probetas de lamiendo de esterilla de guadua, y con el acompañamiento y la colaboración del ingeniero e instructor del SENA Luis Yate y la ingeniera química Nancy Roa de la empresa Espumlatex (proveedores de

los materiales utilizados como nuevo adhesivo de junta del laminado), se alistan herramientas y demás utensilios, que se utilizarán como ayuda de los laminados como lo son:

1. Taladro
2. Agitador
3. Recipiente de mezclado
4. Espátulas plásticas para expandir
5. Laminadora
6. Vasos de dosificación de productos

Taladro:

El taladro fue concebido originalmente como una herramienta giratoria a la que se acopla un elemento de corte (broca) para efectuar perforaciones en madera, metal, plástico y otros materiales.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

agitación del Poliisocianurato para posteriormente aplicarlo sobre la guadua y aplicarle presión para su adecuado pegado.

El cual se utilizó para mezclar los dos componentes de forma continua y pareja con el agitador a 300 revoluciones durante 6 segundos.

Agitador:

Instrumento utilizado en las en los laboratorios químicos para mezclar o revolver algunas sustancias químicas.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

Instrumento el cual trabaja en conjunto con el taladro para poder mezclar o revolver el (Poliol y el Isocianurato) y así generar el espumado, (resultado del mezclado de estos dos

componentes.

Recipiente de mezclado:

Vaso para utilizado para la mezcla de dos o más componentes químicos, los cuales se agitan para obtener una reacción de dichos componentes.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

Recipiente de mesclado para el Poliisocianurato.

Recipiente utilizado para la mezcla y revolver los dos componentes cada uno con proporción especificada por la ingeniera Nancy Roa.

Espátulas plásticas para expandir:

Es el utensilio perfecto para efectuar algunas reformas básicas en casa o para las grandes obras de construcción; como tapar hueco esparcir el estuco o la boquilla en las juntas de las baldosas.



Gogool/imagen/espátula

Herramienta utilizada para esparcir la mezcla homogénea conocida como PIR poliisocianurato en todas las áreas del molde probeta de 30cmX30cm y que así todas sus partes queden con una buena proporción de adhesivo.

Laminadora:

También se denomina rolado al proceso industrial por medio del cual se reduce el espesor de una lámina de metal o de materiales semejantes con la aplicación de presión mediante el uso de distintos procesos, como la laminación de anillos o el laminado de perfiles los cuales se realizan con cierto tiempo de duración en cada uno de los laminados o rolados.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

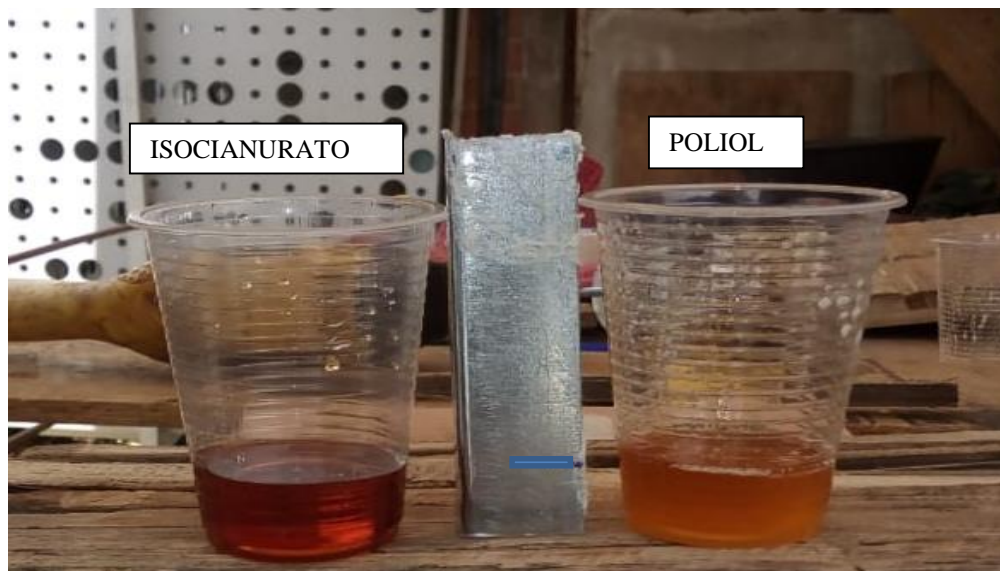
Laminadora de 40cmX30cm con plancha superior y plancha inferior, con dos gatos para hacer presión en los dos extremos de las planchas para así generar presión en las dos esterilla para que las fibras de adhieran y halla un buen laminado.

Vasos de dosificación de productos:



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

Para la dosificación de cauno de los componentes se utilizó un vaso plástico y así proporcionar en cantidades iguales de cada componente (Poliol e Isocianurato) como se muestra en la siguiente imagen.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

Se manejó una dosificación de 50% de Isocianurato y 50% de Polioliol para mayor crecimiento de espuma del material y mayor adherencia del material utilizado como innovación del sistema contractivo.

Pasó a paso de la elaboración de probetas

1. Se procede a hacer dosificación de 50% Polioliol y 50% de Isocianurato con peso de gramera del laboratorio de ciencias del SENA con la compañía de la ingeniera química Nancy Roa y el ingeniero e instructor Luis Yate, de los cuales se evidencio con fotografías el peso de cada uno de las cantidades proporcionadas de cada componente.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

2. Los cuales se mezclan en el recipiente, primero se deposita el Polioliol y después el Isocianurato como se observa en la siguiente imagen.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

mezclado en recipiente para proceder al batido.

3. De inmediato se procede a mezclar el material con agitador durante 6 segundos con una revolución de 3000 por segundo con el taladro.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

tiempo de agitado con el taladro.

4. Después de haber mezclado y agitado el material se procede a regar el material en toda el área de la esterilla y se esparce con una espátula.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

vertido del producto (Poliisocianurato) para pasarlo al prensado.

5. Rápidamente después de haber aplicado el Polisocianurato en toda el área de la

esterilla de guadua se procede a montar la tapa de esterilla en sentido contrario a las fibras de la esterilla inferior antes de que se empiece a cremar o expandir el material.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

unión de las esterillas paso a paso.

6. Después de que se le pone la segunda capa de esterilla con las fibras en sentido contrario se cubre todo el molde con bolsa negra o bolsa reciclable para que el material que se sale del molde al ejercerle presión no se nos pegue al molde de 30cmX30cm que se realizó para el laminado.



Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

molde de laminación con cubierta plástica para evitar el contacto directo con la prensa.

7. Por último, se introduce en la prensa y se deja durante 10 minutos para que el material se expanda lo suficiente y se seque para que así tenga buena adhesión en las fibras de la esterilla de guadua.





Elaboración propia Quevedo O Sena 2018

Proceso de laminación de la esterilla.

Procedimiento de Ensayo

En una investigación hecha por la Universidad De Los Andes en Bogotá D.C, de los Laminados producidos por la empresa colguaduas LTDA, sobre la protección de los Laminados de guadua (*Guadua angustifolia* Kunt) como material estructural, la influencia de las direcciones de las fibras y la ubicación de las láminas de guadua en las propiedades Mecánicas, en algunos de los ensayos realizados en el laboratorio de materiales y modelos Estructurales de la Universidad de los Andes. El programa experimental desarrollo con una Maquina universal de prueba tipo MTS Digital Control System (Test Start II). Debido a la Falla de normas técnicas para realizar ensayos de caracterización en laminados madera de Bambú, Se adoptaron los procedimientos de la norma técnica para madera de la ASTM y del INCONTEC, que edita la Norma Técnica Colombiana

(NTC). Los ensayos de caracterización Físicas y mecánicas realizadas las normas indicadas en la tabla.

Tipo de investigación

La investigación de tipo será de experimental indicadas y de acuerdo a las normas colombianas para ensayos a flexión y compresión de maderas laminadas, con el deseo de medir las fuerzas a las que son sometidas los tramos de laminados en guadua, y sus deformaciones que se presentaran a lo largo de los ensayos. Lo primero es la obtención de datos a partir de los ensayos de laboratorio por lo cual es necesario la toma de los datos precisos y la identificación de las variantes basados en la norma actual y en estudios similares realizados anteriormente.

De este modo controlamos que se cumpla las condiciones experimentales para la obtención de las deflexiones máximas que son admisibles que tendría el material, y los esfuerzos últimos a compresión y flexión de los ensayos. con esto buscaremos las características físicas y mecánicas de los laminados en guadua para posteriormente tener un concepto acerca de su uno a nivel estructural.

Ficha Faces de la investigación.

	Objetivo	actividades	Desarrollo
--	----------	-------------	------------

1	Tener un método experimental que permita contener los parámetros mecánicos del laminado de guadua	Investigación bibliográfica	Consulta de antecedentes. La norma. Evaluar las pruebas en otras pruebas. Definir los tipos de ensayos que se realizarán.
2	Realizar los laboratorios que fueron propuestos	Tener los datos del material.	Realizar las pruebas de laboratorio. Obtener los datos. Tabular los datos que se obtienen. Descripción de fallas.
3	De los resultados obtenidos realizar un análisis para definir las propiedades y los posibles tipos de uso.	Con los datos tener una formulación.	Obtención de datos. Analizar los datos. Estudiar los resultados y dar las conclusiones.

Las posibles variantes que podemos tener en cuenta para el desarrollo de las pruebas.

tipos	Que dependen	Que no dependen	Que dependen	Que no dependen	Que depende
Variante	esfuerzo	Área	Módulo de elasticidad	Carga	Deformación
Indicador	MPa, psi	Cm ² , mm ² ,	MPa.	N, KN, kg.f	m, mm, cm
Datos a relacionar	Es la fuerza que soporta el área de un elemento sometido a carga	Dimensión que expresa la extensión de un material	Comportamiento elástico del material.	Fuerza a la que se somete un elemento.	Medidas de las deflexiones causadas por fuerzas a las que son sometidas un
medida	MPa	Mm ²	KN	MPa	mm.

Modo a proceder

Ensayo a compresión.

Este se realizara en base a la norma ASTM 143-94, con los siguientes pasos.

1 describir los elementos físicamente, y especificar si hay elementos que modifiquen los ensayos.

2 tener las dimensiones de las probetas, tanto de ancho, largo y espesor en tres puntos diferentes para promediar el área de los elementos.

3 luego de tomar las respectivas medidas continuamos colocando los elementos en las máquinas de prueba.

4 procedemos a hacer las pruebas de carga hasta que el material falle.

Se toma el último dato de carga que soporta el material y se realiza una descripción.

Ensayo a flexión

Este se realiza por medio de carga controlada, basados en la norma ASTM 143-94, con los siguientes parámetros:

1 descripción física

2 medidas tanto del ancho como del espesor de los elementos a prueba en tres puntos con el fin de promediar y así calcular la inercia.

3 alistar la máquina de flexión, teniendo la distancia que se va a dejar entre los apoyos.

4 realizar el proceso de carga del material, tomando los datos de deformación cada 0,5 KN para las probetas con fibras longitudinales hasta el punto de llegar a la falla.

5 describimos la falla obtenida.

Formato de laboratorio para ensayo a compresión

	UGC			
	facultad de arquitectura	pagina		
	laboratorio a compresión	__ de __		
probeta No				

ensayo No					
	carga inferior				
	1	2	3	promedio	área (mm ²)
espesor(mm)					
ancho(mm)					
	Centro				
	1	2	3	promedio	área (mm ²)
espesor (mm)					
ancho (mm)					
	cara superior				
	1	2	3	promedio	área (mm ²)
espesor (mm)					
ancho (mm)					
	registro de datos carga en KN área promedio				
	observaciones				
	elaborado por:				

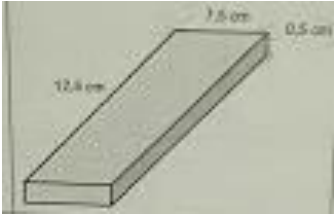
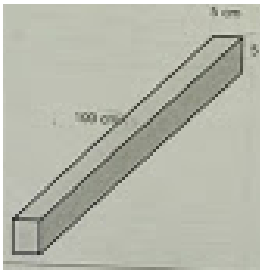
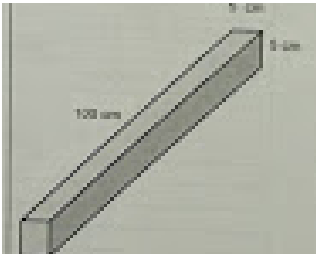
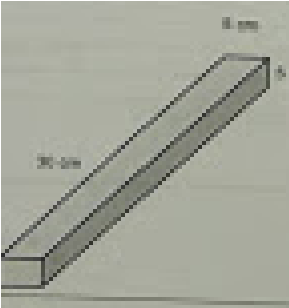
Formato laboratorio ensayo a flexión.

	UGC facultad de arquitectura laboratorio a flexión	fecha		
probeta No		inercia (mm ⁴)		
ensayo no		0		
tipo de ensayo tipo de probeta F: probeta a flexión C: probeta a corte numero de probeta si es a flexión a: fibras longitudinales abajo b: perpendicular a la línea del adhesivo c:fibra longitudinal arriba F-01-a				
dimensiones				
		espesor	espesor	área
		1		
		2		

	3		
	promedio		
L(mm)			
pendiente grafica			
E(Mpa)			
Pu(KN)			
esfuerzo ultimo (Mpa)			
registro de datos			
carga P		& (mm)	
(KN)	N		
		elaborado	
observaciones			

Los laminados a probar

Cantidades y dimensiones; estas se hacen teniendo en cuenta las que fueron usadas por algunos autores que han realizado este tipo de pruebas como podemos ver en la tabla de dimensiones de los materiales a pruebas.

autor y año	Ensayo		
	Tipo	especificaciones	
Sandra castellanos, diana Godoy, 2007	resistencia a la flexión en tableros		Pegado al canto carga máxima 136,6 kg.
Sandra castellanos, diana Godoy, 2007	Resistencia a la flexión estática paralela a las fibras.		pegado al canto carga máxima 24 kg
Sandra castellanos, diana Godoy, 2007	resistencia a la flexión estática perpendicular a la fibra		pegado de cara carga máxima 888 kg
Sandra castellanos, diana Godoy, 2007	compresión paralela a las fibras		pegada de cara carga máxima 7550 kg

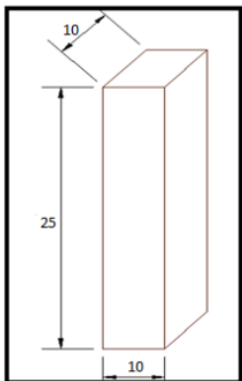
Compresión

Pruebas a la compresión

Número de pruebas

Tipo de probeta

Las mediadas de los laminados a prueba deben cumplir con unas reglas sencillas que el ancho no debe ser mayor que la mitad de la longitud.

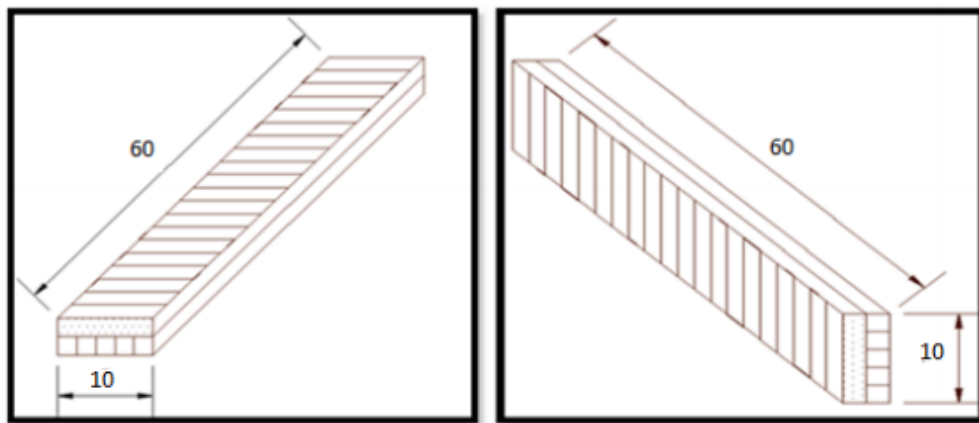


Flexión

Ensayo ultimo a flexión

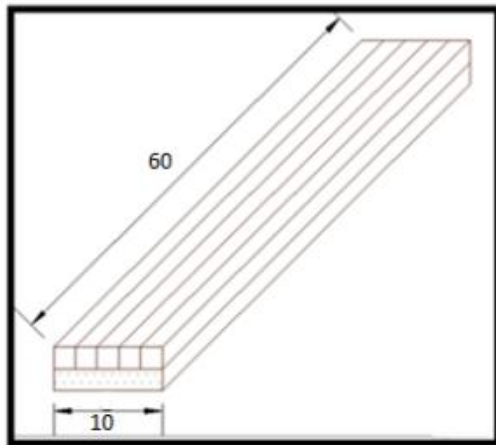
Modelo de la prueba

Número de pruebas



Fibras longitudinales abajo

probeta de canto



Fibras longitudinales arriba.

Cálculos

Compresión

Los esfuerzos a compresión son en base a los últimos ensayos en el laboratorio en base de la siguiente formula:

$$\sigma = P * 1000 / A$$

Dónde: σ = esfuerzo ultimo a compresión.

P = carga soportada en KN

A = área que recibe la carga

A partir de los datos obtenidos se sacara un promedio ubicando las que estuvieran en la tendencia y descartando los que no, y de organizaran en un diagrama de barras.

Datos a obtener para la flexión.

La fórmula para esfuerzo a flexión es:

$$\text{Flex} = MC/I$$

Dónde: M = momento máximo flector

C = distancia del eje neutro a la cara de la probeta

I = inercia de la sección

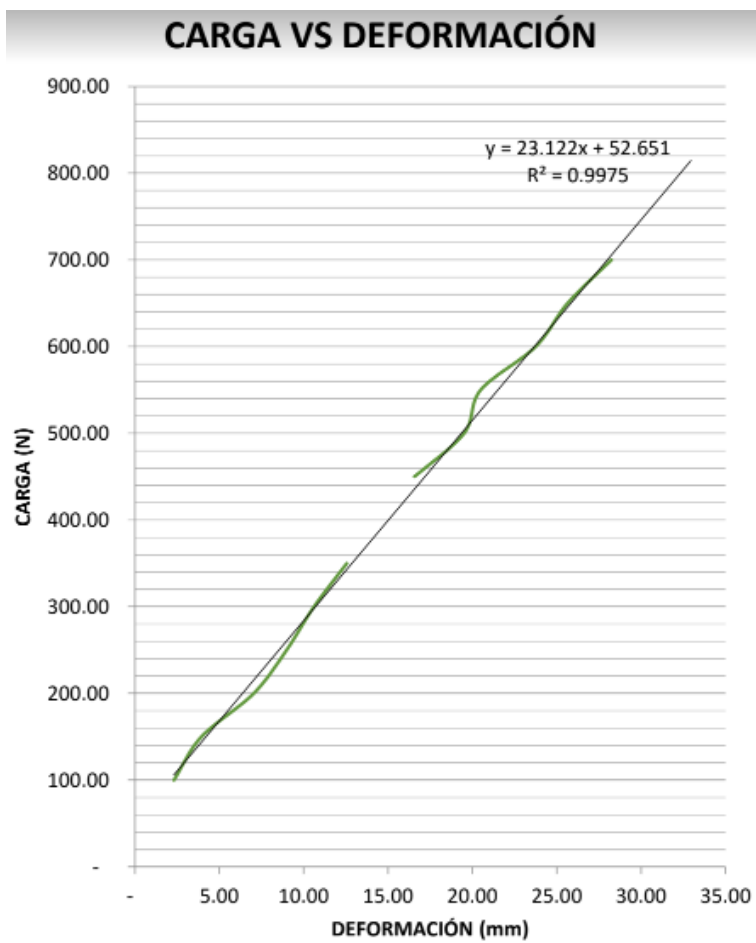
Para nuestro caso la fórmula será:

$$M = PL/4$$

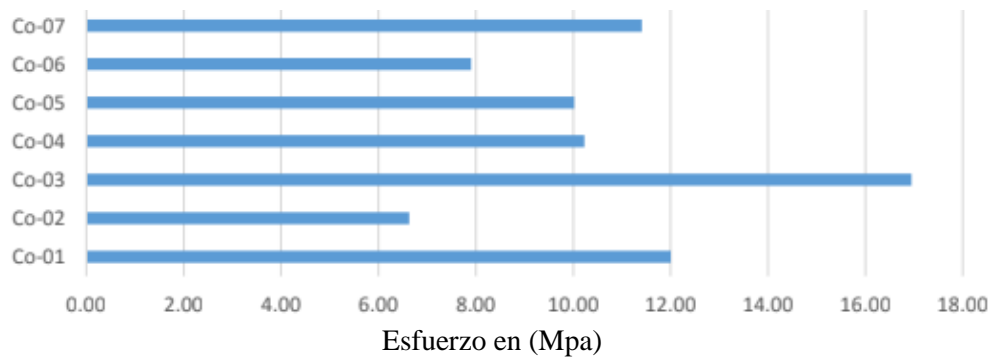
Dónde: P = carga a flexión

L = longitud entre apoyos

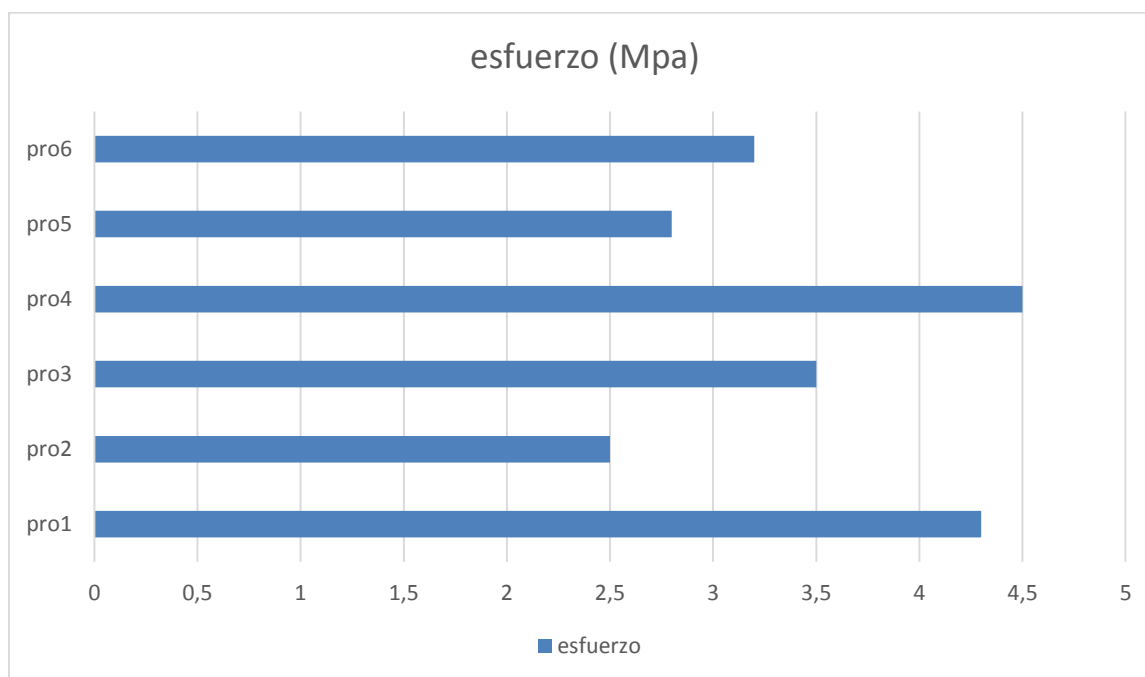
Carga vs deformación.



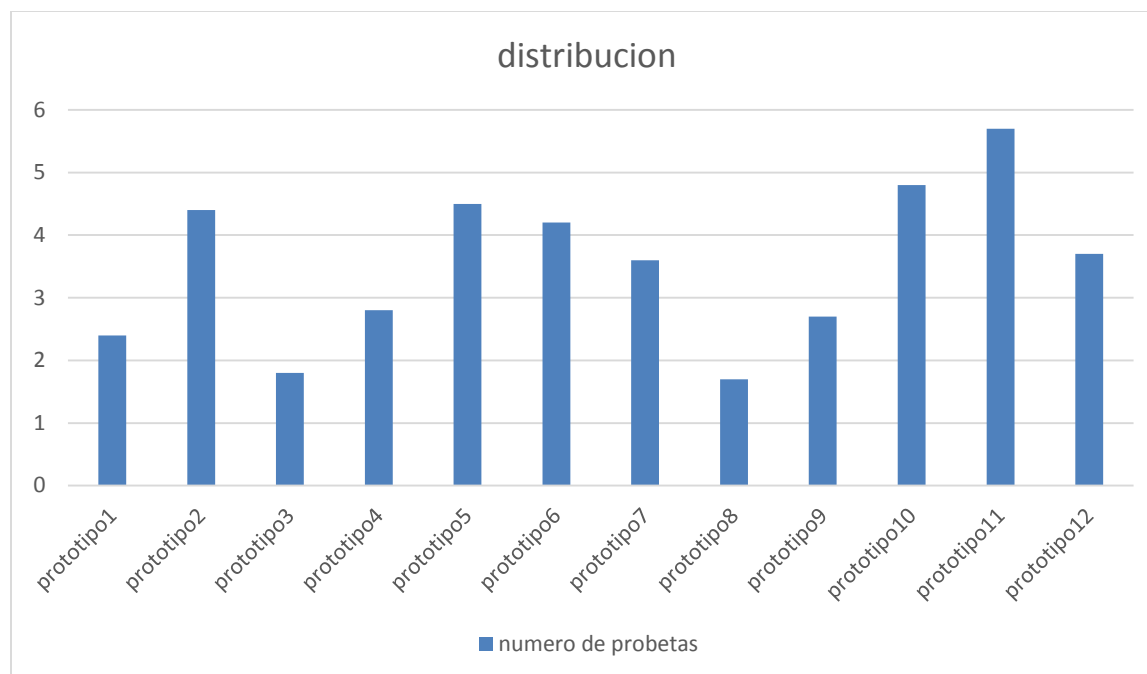
Numero de bruebas



Esfuerzo.



Distribución de patrones



Análisis

al ver los resultados obtenidos de flexión promedio en las pruebas de laboratorio concluimos que se obtuvo un esfuerzo superior a 14.12 MPa cuando las fibras longitudinales se encontraban abajo en el momento de proporcionarle la carga, lo que promedio seria mayor a comparación de lo obtenido en pruebas anteriores con poliuretano.

Se comprobó que el material a ser probado a flexión llega a un punto de faya a deformación permanente en la que la capacidad elástica se termina y pasa al punto de corte en muy corto tiempo.

Se vio en las pruebas que el pegamento no soporta estos esfuerzos cuando las fibras longitudinales se encuentran en la parte superior del esfuerzo, y aun así soporta un promedio de 16.60 MPa a comparación de estudios anteriores que soportaron 16.31 MPa promedio.

Para las pruebas a compresión no se contaron con las cantidades adecuadas de probetas, por lo que la investigación deberá ser de una práctica posterior a la presente.

Fue notorio el incremento de costo al implementar este producto (Poliisocianurato) en un .5% con respecto al (poliuretano) pegamento anteriormente propuesto, y la perdida de material en el momento de aplicación a la esterilla para que su compactación fuera la más adecuada para las pruebas.

Los pegamentos tradicionales a comparación de los pegamentos expansibles demuestran los distintos rendimientos por las superficies planas, lo que es muy diferente en superficies irregulares, los cuales contienen mayor proporción de material y por ende costos.

Conclusiones

Se realizaron procesos y trabajos de campo basados en pruebas anteriores de forma experimental con diferentes resultados desde el principio de la laminación bajo el patrón de prueba y error, con la realización de 26 elementos de ensayo a flexión con un corto análisis de promedio de resultados.

Se conserva claro que; la falla está directamente sobre el adhesivo, el cual no trasmite los esfuerzos de una esterilla a otra.

Se evidencia que la mayor falla de la esterilla a flexión es el cortante, puesto que el adhesivo no es capaz de soportar esfuerzos y esto no permite que el elemento se comporte de forma homogéneo.

El material propuesto permite menor pandeo en comparación de otros adhesivos, pero aun no es suficiente como para cumplir con la norma NSR-10, esto no permite que el elemento (esterilla) sea estructural.

No se logró obtener un proceso homogéneo en la fabricación de los módulos, ni en la aplicación del adhesivo, no vimos proporciones de material en que se dé menos desperdicio sin tener vacíos en la unión de las esterillas.

Se recomienda continuar la investigación con las múltiples variantes del adhesivo, puesto que se evidencio mayor capacidad portante con vista a un constante aumento en su resistencia.

Se presenta la discusión de costo en al proceso de fabricación, lo que continua no siendo favorable, pero con progreso significativo del adhesivo y el acompañamiento de proveedor del Poliisocianurato.

Los módulos se deben continuar usando solo como divisorios y no portantes.