



UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

VIGILADA MINEDUCACIÓN - SNIES 1704



TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO (TPI)

**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PANEL ELABORADO CON
CONTRACHAPADO Y GUADUA**

ESTUDIANTE

ING. JUAN PABLO CAÑÓN RODRIGUEZ

CÓDIGO 2294744

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

ESPECIALIZACION EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCION

BOGOTA

2023



**ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PANEL ELABORADO CON
CONTRACHAPADO Y GUADUA**

**TRABAJO PROFESIONAL INTEGRADO PARA OBTENER EL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

ESTUDIANTE

ING. JUAN PABLO CAÑON RODRIGUEZ

CÓDIGO 2294744

DIRECTOR:

ARQ. WALTER MAURICIO BARRETO CASTILLO

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

ESPECIALIZACION EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCION

BOGOTA

2023.

Tabla de Contenido

	Pág.
1. Introducción.....	8
2. Justificación.....	10
3. Objetivo General.....	11
3.1. Objetivos Específicos.....	11
4. Marco Referencial.....	12
4.1. Marco Teórico.....	12
4.2. Marco Legal.....	15
4.3. Marco Conceptual.....	17
<i>Contrachapado</i>	17
<i>Guadua</i>	18
5. Planteamiento del Tema.....	18
6. Metodología.....	19
6.1. Recopilación de información y revisión de las referencias bibliográficas.....	20
6.2. Materiales de fabricación de paneles.....	20
6.2.1 <i>Tablero de Contrachapado</i>	20
6.2.2 <i>Guadua</i>	25
6.2.3 <i>Adhesivo</i>	28
6.3. Elaboración y fabricación de paneles.....	29
6.4. Ensayo de laboratorio para determinar la resistencia del panel.....	33
6.5. Desarrollo del Ensayo de Tracción diagonal a carga máxima sin mediciones intermedias.....	35
6.6. Resultados del Ensayo.....	45
7. Conclusiones.....	51
8. Referencias Bibliográficas.....	52

Tabla De Ilustraciones

	Pág.
Ilustración 1. Evolución del Módulo de elasticidad en función de la dirección de las fibras.....	13
Ilustración 2. Tablero de Contrachapado	20
Ilustración 3. Material utilizado - Contrachapado vista frontal.	21
Ilustración 4. Material utilizado - contrachapado vista de perfil.....	22
Ilustración 5. Ficha Técnica del Contrachapado utilizado.....	23
Ilustración 6. Propiedad físico - mecánicas del Contrachapado utilizado.	24
Ilustración 7. Tolerancias dimensionales del Contrachapado utilizado.....	25
Ilustración 8. Material utilizado - Guadua.	26
Ilustración 9. Secciones de la planta de Bambú.	27
Ilustración 10. Material utilizado - Guadua vista de perfil.	27
Ilustración 11. Material utilizado - Adhesivo.	28
Ilustración 12. Diseño Panel.	30
Ilustración 13. Etapa de corte de Guadua.	30
Ilustración 14. Etapa de corte de Guadua Longitudinal.....	31
Ilustración 15. Unión Contrachapado – Guadua.	31
Ilustración 16. Paneles prensados I.	32
Ilustración 17. Paneles prensados II.	32
Ilustración 18. Paneles prensados III.....	33
Ilustración 19. Diseño de presión a panel.....	33
Ilustración 20. Cotización de ensayo Universidad Nacional.	34
Ilustración 21. Medio de transporte de panel.	35

Ilustración 22. Entrega de Panel.....	36
Ilustración 23. Montaje de la estructura para ensayo.	36
Ilustración 24. Panel en el montaje.....	37
Ilustración 25. Presión con gato hidráulico.....	38
Ilustración 26. Detalle de presión con gato hidráulico por funcionario UNAL.....	38
Ilustración 27. Medidor de presión.....	39
Ilustración 28. Dirección de la fuerza ejercida al panel.....	40
Ilustración 29. Secuencia falla Panel 1.	41
Ilustración 30. Secuencia falla Panel 2.	41
Ilustración 31. Secuencia falla Panel 3.	42
Ilustración 32. Secuencia falla Panel 4.	42
Ilustración 33. Secuencia falla Panel 5.	43
Ilustración 34. Secuencia falla Panel 6.	43
Ilustración 35. Secuencia falla Panel 7.	44
Ilustración 36. Secuencia falla Panel 8.	44
Ilustración 37. Falla de Panel 1.	45
Ilustración 38. Falla de Panel 2.	46
Ilustración 39. Falla de Panel 3.	47
Ilustración 40. Falla de Panel 4.	48
Ilustración 41. Falla de Panel 5.	49
Ilustración 42. Falla de Panel 6.	49

Listado de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Características estructurales de la Guadua.....	25
Tabla 2. Características del Adhesivo utilizado.....	29
Tabla 3. Resultados entregados por la Universidad Nacional.	45

Resumen

El presente proyecto tiene por objeto realizar la elaboración y caracterización de panel elaborado con contrachapado y guadua. A través del presente trabajo se realizó el diseño de cómo se debería construir el panel, los tipos de materiales que serían utilizados y la forma como se debería ensamblar. Una vez construido el panel se buscó el lugar para que se le aplicara el ensayo de tracción diagonal a carga máxima sin mediciones intermedias, así obtenemos los detalles de falla del muro para poder sacar las conclusiones y recomendaciones finales.

Abstract

The purpose of this project is to carry out the elaboration and characterization of a panel made with plywood and guadua. Through this work, the design of how the panel should be built, the types of materials that would be used and the way it should be assembled was carried out. Once the panel was built, a place was found to apply the diagonal tensile test at maximum load without intermediate measurements, thus obtaining the details of the wall's failure to be able to draw final conclusions and recommendations.

1. Introducción

El presente trabajo de investigación se enfocó en el aprovechamiento de la guadua, la cual crece en condiciones específicas climáticas tropicales de temperatura cálida templada, donde Colombia hace parte de manera representativa. Igualmente, en los materiales de contrachapado los cuales son utilizados en la construcción por sus buenas propiedades físicas y mecánicas.

La caracterización de los llamados materiales compuestos, están definidos actualmente mediante sus condiciones mecánicas y físicas, los materiales objeto de este trabajo con que se elabora el panel son un tablero de contrachapado y “listones” de guadua, se unirán mediante la aplicación de un pegante sometidos a presión.

La guadua en su proceso de transformación para la fabricación de varas, canoas, latas, latillas o fibras, produce un gran porcentaje de residuos que generalmente son utilizados como combustible o transformados en carbón vegetal produciendo mayor contaminación ambiental, por esta razón se quiere aprovechar este material en la obtención de listones de guadua que posiblemente le aportarán resistencia al panel elaborado con el contrachapado, siendo opciones viables económicamente y que a su vez cumplan con las condiciones y características de los materiales usados comúnmente en especial en el ámbito de la construcción.

Desde la década del 90, los materiales sintéticos de fibras naturales se han convertido en nuevas alternativas para los materiales compuestos, que en diversas ocasiones se refuerzan con fibras de vidrio, en otras aplicaciones los materiales compuestos con fibras naturales han sido llamativos en diferentes industrias debido a sus bajos costos y propiedades físico mecánicas, diferentes condiciones como el tipo y naturaleza de las fibras pueden afectar el desempeño mecánico del material.

A medida que se han realizado diversos ensayos el mercado de productos compuestos por fibras naturales, durante las últimas décadas se han logrado grandes avances en la industria de manufactura de productos amigables con el ambiente, el carácter renovable y la amplia disponibilidad de materiales de origen vegetal son considerados como una opción económicamente viable y comprobado con diferentes ensayos de laboratorio.

Es importante que cada vez se siga invirtiendo en la investigación sobre el uso de los recursos naturales evidenciados en diferentes zonas del país y del mundo, en donde realizando un debido tratamiento y considerando ciertas propiedades químicas y físicas de los materiales se pueda dar lugar a nuevos elementos estructurales.

Los materiales compuestos, en su gran mayoría se pueden caracterizar por ser renovables y también biodegradables, generando bajo impacto ambiental, de acuerdo a su proceso el desempeño mecánico del material a realizar puede depender de diferentes aspectos como del tipo y naturaleza de las fibras, su orientación, unión de materiales entre otros. También podemos resaltar que estos materiales a base de fibras naturales tendrán bajos costos comparándolas con otras que son usadas para la misma industria, presentan un bajo peso y pueden tener propiedades como aislantes térmicos, y acústicos.

Basado en lo anterior, esta propuesta plantea la elaboración y caracterización de paneles elaborados con contrachapados y guadua unidos con un pegante, se realizará una evaluación y conclusión evaluando las propiedades de estos paneles sometidas a un ensayo de tracción diagonal a panel de madera sin medición de deformaciones.

2. Justificación

Esta investigación se realiza para que se conozca y se puedan establecer nuevos materiales alternativos al sector de la construcción, una de las alternativas es a través de la elaboración de paneles y la respectiva evaluación de las propiedades físico mecánicas, las cuales son el insumo para seguir creando una base de datos que contribuya a conseguir un modelo estadístico para establecer el desempeño de cada material y la unión de varios de ellos.

Paneles de diversas formas se desarrollan en nuevos materiales, que para conocer sus características debemos someterlas a diversos ensayos los cuales son sometidos los diferentes materiales usados en la construcción.

Otra de las alternativas son las fibras sintéticas utilizadas en la construcción las cuales han dado buenos resultados en cuanto a su comportamiento físico mecánico, pero los altos costos, los problemas generados a quienes los elaboran, y muchas de ellas difíciles para producir, hace que la investigación se enfoque en la utilización de materiales naturales, poder generar nuevas técnicas de reforzamiento que sustituyan y sean similares a las características que hoy en día produce la industria, generaría nuevas fuentes de empleo, bajarían los costos en la elaboración y darían una mejor calidad de vida a quienes se encargan de elaborar estos nuevos materiales.

En los últimos años el sector académico e industrial, han visto la importancia de centrar sus esfuerzos en el desarrollo de compuestos, productos y procesos que tengan en cuenta las bondades de los materiales compuestos en el diseño y desarrollo de productos, al igual que sus deficiencias, de manera que se adapte esta tecnología a nuestra realidad.

Es primordial comprender que los recursos naturales son una fuente renovable valedera para generar el desarrollo económico, anteponiendo la idea de hacerlo de manera sostenible y planificada.

Se deben analizar los diferentes estudios y datos los cuales se recolectarán mediante pruebas de laboratorio y ensayo de los paneles, estos ensayos o pruebas se realizarán mediante una serie de ensayos de laboratorio, las cuales se someterán y servirán para la recolección de datos.

3. Objetivo General

Evaluar la resistencia última de un panel elaborado con contrachapado y guadua, para establecer su uso en construcciones, mediante el ensayo de tracción diagonal a el panel sin medición de deformaciones.

3.1. Objetivos Específicos.

- Evaluar la influencia de los materiales constituyentes en las propiedades físico-mecánicas de los paneles elaborados.
- Calcular la Resistencia a cortante entre el tablero de contrachapado y la guadua cortada.
- Analizar la elaboración del panel y contrastarlo con el ensayo realizado.

4. Marco Referencial

4.1. Marco Teórico

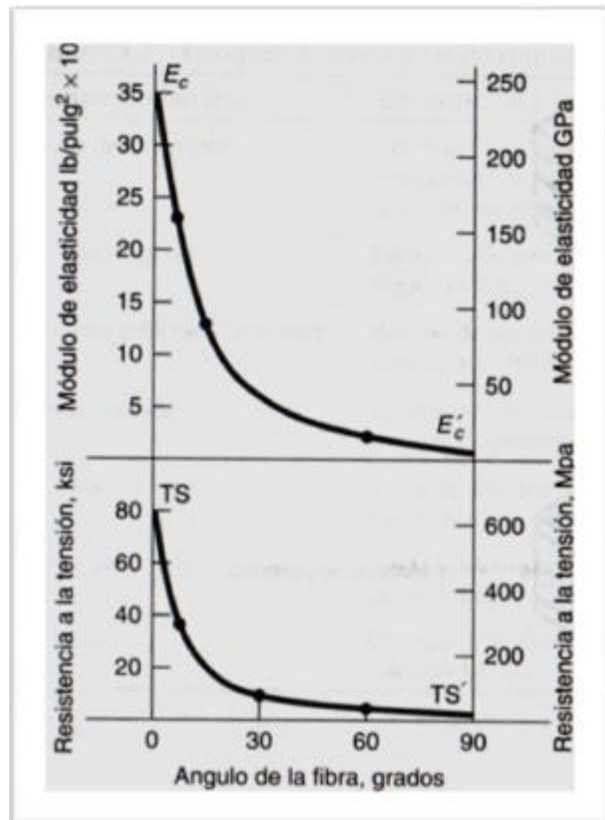
Se debe tener en cuenta que, al fabricar un material compuesto, se tiene por lo general un material matriz y un material de refuerzo. Las funciones de cada uno se destacan en que el primero tiene como principal función, tomar la forma que se desea adopte el producto y transferir las cargas hacia el segundo. El segundo material, por lo general es de tipos distintos, pueden ser fibras, partículas o listones, donde cada uno de estos ofrece diferentes propiedades mecánicas. Para este trabajo cuyo fin es reforzar estructuras, la fase de refuerzo empleada es comúnmente los materiales elaborados con fibras o contrachapado, pues ofrece un mejor comportamiento mecánico y será pues el objeto de estudio de este trabajo. En términos generales, se emplean este tipo de material por su bajo costo en comparación con otros materiales que presentan un mejor desempeño en la mayoría de condiciones.

En cuanto a la investigación de refuerzos con materiales compuestos se encuentra gran variedad de usos, en distintas áreas como el área textil, industrial, civil entre otras.

En términos generales, el desarrollo de materiales compuestos reforzados, tiene un amplio interés pues puede ofrecer excelentes oportunidades para el futuro en muchas áreas del conocimiento; sin embargo, la fabricación de los materiales compuestos tiene una serie de dificultades que si bien son explotadas adecuadamente pueden convertirse en ventajas. Una de las dificultades conocidas, pasa por la dirección de las fibras o la unión de estos materiales. Por esta razón, los materiales compuestos pueden presentar propiedades isotrópicas o anisotrópicas. Si la orientación no es tenida en cuenta durante el diseño de un producto, los resultados pueden ser negativos, pues la resistencia mecánica puede resultar muy baja frente a algunas direcciones de la carga y se ha demostrado que el módulo de elasticidad de los materiales compuestos y su

resistencia a la tensión, tienen una curva exponencial decreciente a medida que el ángulo de las fibras aumenta en comparación a la dirección de la aplicación de la carga (Ver Figura 1), siendo el punto más crítico cuando el ángulo alcanza los 90°.

Ilustración 1. Evolución del Módulo de elasticidad en función de la dirección de las fibras.



Otro de los problemas identificados en los materiales compuestos cuando estos son reforzados con fibras es la baja compatibilidad y/o humectación que se logra dar al refuerzo. Este problema puede afectar las propiedades mecánicas del material y provocar fallas a cargas por debajo de lo esperado.

El uso del contrachapado y la guadua en materiales compuestos tiene importantes ventajas desde el punto de vista ambiental, puesto que son amigables en su proceso y

producción; de igual forma tienen mayor elasticidad, menor abrasión durante la producción, presentan buena absorción de las vibraciones y por ende del sonido, puede resultar hasta tres veces más económico que trabajar con otros materiales, su densidad puede ser favorable.

Las investigaciones en materiales compuestos, apuntan a que los materiales del futuro se concentrarán en su mayoría en refuerzos de fibras naturales, dadas las condiciones de abrasión, costo energético y dificultad de reciclaje de las fibras sintéticas. Estos materiales son de interés general y compañías como Daimler-Chrysler financia proyectos de investigación en Brasil para incrementar este tipo de desarrollo.

Siglo XX, en 1990, los materiales sintéticos de fibras naturales se convierten en nuevas alternativas para los composites que se refuerzan con fibras de vidrio en diversas aplicaciones. Los materiales compuestos o composites con fibra natural como por ejemplo cáñamo (fibra-epoxy), fibras de lino polipropileno (PP), y también como la caña china fibra (PP) son especialmente llamativos en aplicaciones automotrices debido a sus bajos costos y también densidades evidenciadas.

Así pues, durante el siglo XX la ciencia de los materiales ha avanzado con la incorporación de productos sintéticos al mercado industrial. Estos avances han sido bien aprovechados por sectores tradicionalmente innovadores como la automoción o la aeronáutica, pasando muchos de los considerados nuevos materiales a formar parte de objetos cotidianos de nuestras vidas.

La utilización de las fibras vegetales como refuerzo de compuestos poliméricos requiere la selección de métodos de extracción adecuados y la realización de tratamientos de modificación superficial mediante los cuales se elimina parcialmente la lignina, la cera y otras impurezas que el material posee.

4.2.Marco Legal

El marco legal es el decreto 809 de 1994 y el artículo 79 A del Acuerdo de Cartagena. Esta resolución fue publicada en la edición 420 de la Gaceta del Ministerio de Comercio Exterior. Capitulo INCOMEX, el 13 de mayo de 1996.

Mediante el Decreto 1088 del 21 de junio de 1996, el Gobierno Nacional determinó imponer una medida de salvaguardia provisional, en la forma de un gravamen arancelario de 15%, a las importaciones de madera contrachapada, madera chapada y madera estratificada similar, originarias de Bolivia, Ecuador y Venezuela y correspondientes a la partida 4412. Esta resolución fue publicada en la Gaceta del Ministerio de Comercio Exterior, Capitulo INCOMEX.

La aplicación de la medida de salvaguardia establecida en el decreto 1088 de 1996, fue suspendida mediante la Resolución 434 del 21 de octubre de 1996 de la Junta del Acuerdo de Cartagena.

Mediante la Resolución 435 del 23 de octubre de 1996 de la Junta del Acuerdo de Cartagena, se suspendió la aplicación de la medida de salvaguardia a las importaciones colombianas de madera contrachapada, chapada y estratificada similar comprendidas en las subpartidas arancelarias 4412.19.00; 4412.29.00; 4412.92.00; 4412.93.00 y 4412.99.00, procedentes de Ecuador.

Igualmente, autorizó al Gobierno de Colombia la aplicación de una medida correctiva a las importaciones de madera contrachapada, chapada y estratificada similar comprendidas en las subpartidas arancelarias 4412.13.00; 4412.14.00; 4412.22.00 y 4412.23.00, originarias de Ecuador, consistente en un gravamen arancelario de 15%. Esta medida solo podrá ser aplicada a las importaciones que excedan de 7.699 toneladas métricas para el periodo que va del 21 de junio de 1996 hasta el 20 de junio de 1997.

Los bosques cubren el 50% del territorio continental colombiano, desde los bosques andinos, los morichales de la Orinoquía, hasta pasar por las selvas tropicales del Chocó y la Amazonía. Pero, esta gran masa boscosa y su biodiversidad se encuentran en riesgo: el IDEAM estima que, durante el 2020, en Colombia se deforestaron 171.000 hectáreas.

El manejo forestal sostenible resulta una de las mejores estrategias para la conservación del medioambiente, al apoyar a las comunidades locales que realizan el aprovechamiento selectivo de madera y de otros productos del bosque, y al mismo tiempo evita la deforestación por actividades como la agricultura o la ganadería.

El Convenio de Asociación 280 de 2015, suscrito entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MINAMBIENTE y la ONF Andina, cuyo objetivo es aunar esfuerzos técnicos y administrativos para desarrollar acciones relacionadas con el fortalecimiento de la Gobernanza Forestal en Colombia, con énfasis en las orientadas a la promoción del Manejo Forestal Sostenible e implementación del Pacto intersectorial por la madera legal en Colombia.

En el ámbito mundial, la actividad forestal con sus productos maderables obtenidos de los bosques, tanto naturales como de plantaciones, es la tercera actividad económica más importante en transacciones internacionales.

Colombia, no obstante, las grandes superficies en bosques naturales aptos para aprovechamiento bajo manejo forestal sostenible y con más de 10 millones de hectáreas con aptitud para el establecimiento de plantaciones con fines comerciales, no aparece en el mapa mundial de esta actividad.

Información presentada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO ubica a Colombia en el puesto 41 como productor de madera en rollo para

usos industriales en el mundo y participa con sólo el 0,2% del total de la producción mundial de esta materia prima. En la producción de madera aserrada, ocupa el puesto 40.

4.3.Marco Conceptual

En ciencia de materiales reciben el nombre de materiales compuestos aquellos materiales que se forman por la unión de dos materiales para conseguir la combinación de propiedades que no es posible obtener en los materiales originales. Estos compuestos pueden seleccionarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.

Los materiales son compuestos cuando cumplen las siguientes características:

- Están formados de 2 o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente.
- Presentan varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interface.
- Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes (sinergia).
- No pertenecen a los materiales compuestos, aquellos materiales polifásicos; como las aleaciones metálicas, en las que mediante un tratamiento térmico se cambian la composición de las fases presentes.

Contrachapado

También conocido como multilaminado, triplay o madera terciada, es un tablero elaborado con finas chapas de madera reforzada pegadas con las fibras transversalmente una

sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor. Esta técnica mejora notablemente la estabilidad dimensional del tablero obteniendo aspecto de madera maciza.

Guadua

La guadua es una especie forestal representada por esbeltos y modulados tallos que enaltecen el paisaje de los valles interandinos es larga, recta, uniforme en su desarrollo, liviana, hueca, resistente, suave, de rápido crecimiento, de bello color e imperceptiblemente cónica.

5. Planteamiento del Tema

Los materiales compuestos son utilizados en gran cantidad de aplicaciones industriales y hoy en día se ha experimentado en la industria de la construcción, queriendo obtener cada vez mejores resultados en los materiales que se desean obtener. Muchos de estos materiales se han desarrollado a base de fibra de vidrio y fibras naturales; sin embargo, la producción en masa se vuelve compleja y tediosa para algunas de estas variedades ya que se ha diagnosticado que presenta riesgos para la salud y complejidad en su manufactura, esto sin mencionar los elevados costos que conlleva a diferencia de empezar a probar materiales con fibras naturales.

La industria al identificar estos aspectos comienza a ver otras alternativas y una de ellas es el uso de otras combinaciones, identificando que, las fibras de origen natural o la unión de materiales naturales pueden llegar a sustituir y/o mejorar las características de los materiales haciéndolo mucho más eficaz y resistente, Se debe analizar qué tan factible puede ser la producción de un nuevo material a base de fibras naturales y de esta manera ayudar a que se obtengan procesos de producción más amigables con el planeta, que sean producciones limpias, menos complejas y minimizando los riesgos laborales.

Nuestro país cuenta con gran variedad de especies que sin impactar el medio ambiente nos da varios recursos los cuales son fuentes de investigación las cuales pueden ser asequibles en costos, que tengan buena disponibilidad en el mercado y todo esto con el fin de que se puedan generar nuevos insumos al sector de la construcción.

A partir de paneles realizados con paneles de conglomerados y guadua se desean conocer las características físico – mecánicas de este material compuesto, lo cual se debe tener en cuenta durante el diseño del producto, la selección del material compuesto y el proceso a utilizar, para lo cual se plantea las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo influyen los materiales utilizados en las propiedades físicas de los paneles elaborados con contrachapados y guadua?
- ¿Cómo influye los materiales utilizados en las propiedades mecánicas de los paneles elaborados con contrachapados y guadua?
- ¿Cuál es la resistencia última de un panel elaborado con tablero de contrachapado y listones en guadua?

6. Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se debe desarrollar de manera sistemática y ordenada, es necesario desarrollar una metodología de investigación y elaboración mediante una serie de pasos que desarrollen un procedimiento para llevar a cabo la consecución de materiales, construcción y elaboración del panel, con la cual se pueda someter a un ensayo de tracción diagonal a panel de madera sin medición de deformaciones, con el fin de lograr medir cual es la carga última a que puede estar sometido. Por tal razón, se desarrolló de la siguiente manera:

6.1. Recopilación de información y revisión de las referencias bibliográficas

Se consultaron libros y artículos científicos que abordan el diseño, elaboración y caracterización de materiales compuestos.

6.2. Materiales de fabricación de paneles.

Para la elaboración de los paneles se requirió de tres (3) materiales principales como son:

i) Tablero de Contrachapado, ii) Guadua y, iii) Material Adhesivo, los cuales se describen a continuación:

6.2.1 Tablero de Contrachapado

El contrachapado, también conocido como madera terciada, multilaminado, plywood, o triplay, es un tablero elaborado con finas chapas de madera reforzada pegadas con las fibras transversalmente una sobre la otra con resinas sintéticas mediante fuerte presión y calor. Esta técnica mejora notablemente la estabilidad dimensional del tablero obteniendo aspecto de madera maciza.

Ilustración 2. *Tablero de Contrachapado*



La presentación más común de este material es en tableros de 4×8 pies, 1,22×2,44 metros, en grosores que van de los 3 mm hasta los 36 mm en casi cualquier tipo de madera, predominando las maderas blandas. Existe una gran variedad de madera contrachapada.

Suelen hacerse tableros de pino y abeto para uso industrial y la construcción. Así mismo podemos encontrar tableros enchapados con maderas decorativas como el roble rojo, abedul, arce, loan (caoba filipina), caobilla, entre otras maderas duras.

Los tableros para usos interiores suelen presentar una resistencia limitada a la humedad, en contraste, tenemos tableros en los que se usa pegamentos especiales basados en fenol-formaldehído, capaces de resistir la podredumbre y prevenir el hoqueo de las capas del material.

Los tableros de madera contrachapada están hechos de láminas de madera superpuestas, pegadas perpendiculares y prensadas con calor. Utilizando el mismo razonamiento que la madera laminada cruzada (CLT), las fibras en direcciones cruzadas permiten que la placa resista mayores tensiones.

Para este trabajo se utilizó contrachapado de marca DURATEX como referencia SUPERCOR CALA (DURATEX).

Ilustración 3. *Material utilizado - Contrachapado vista frontal.*



Ilustración 4. *Material utilizado - contrachapado vista de perfil.*



En su uso industrial es un panel de madera con laminado melamínico por sus dos caras o por una cara, utilizado para muebles de tráfico medio.

Se tiene como beneficios de este material:

- Producto amigable con el medio ambiente, elaborado con madera de bosques cultivados.
- Uso inmediato, al evitar procesos de laminación adicionales.
- Resistencia al desgaste, al impacto y al rayado.
- Resistencia a agentes químicos y altas temperaturas.

Este material puede ser utilizado para la fabricación de:

- Mesas, bibliotecas, escritorios, tocadores.
- Mobiliario de oficina: muebles modulares, estaciones de cómputo, estaciones de trabajo, divisiones, etc.
- Clósets, estanterías y puertas interiores.
- Gabinetes y entrepaños de cocinas.
- Aplicaciones arquitectónicas, recubrimiento de paredes

Las principales características del material son:

- Película de recubrimiento termofundida y completamente sellada.
- Tablero fabricado con resinas especiales.
- Propiedades físico - mecánicas homogéneas en todo el tablero.
- Los paneles se encuentran comercialmente en las siguientes dimensiones:

Ilustración 5. *Ficha Técnica del Contrachapado utilizado.*

FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO

ESPEORES	DIMENSIONES
9 / 12 / 15 / 18 / 25 / 30 / 36	122x244 / 153x244 / 183x244 / 215x244

Ilustración 6. Propiedad físico - mecánicas del Contrachapado utilizado.**PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS E HIGROSCÓPICAS**

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	NORMA DE REFERENCIA	VALOR DE LA PROPIEDAD, CALIBRE						
				9	12	15	18	25	30	36
Densidad promedio (+/- 5%)	Es el cociente entre la masa y el volumen de una pieza de prueba.	kg/m ³	NTC 2261 UNE EN 312	740	720	710	710	680	620	580
Resistencia a la tracción (Mínima)	Es la resistencia que una pieza de prueba presenta cuando es sometida a unas fuerzas de tracción en sentido contrario, aplicadas perpendicularmente a sus superficies.	kgf/cm ²		45	45	45	45	40	35	30
Resistencia a la flexión (Mínima)	Es la resistencia que una pieza de prueba, presenta al momento de su ruptura, cuando esta se encuentra apoyada en sus extremos y es sometida a una fuerza aplicada en su centro.	kgf/cm ²		150	150	140	140	120	110	90
Módulo de elasticidad (Mínima)	Constante física que expresa el nivel de rigidez del material sin presentar deformación permanente.	kgf/cm ²		20500	20500	19500	19500	11000	7000	7000
Tracción (Ensayo cíclico EN321) (Mínimo)	Consiste en la misma prueba de resistencia a la tracción, pero esta vez, después de completar 3 ciclos sumando 21 días en total. Un ciclo consiste en: - 72 horas de inmersión en agua a 20°C. - 24 horas en congelación -12 a -25°C. - 70 horas en secado a 70°C.	kgf/cm ²		15	15	13	13	12	1	0.9
Hinchamiento (Máximo)	Es el incremento de espesor que presenta de una pieza de prueba después de inmersión en agua a 20°C +/- 2°C, durante 24 horas +/- 15min	%		14	14	14	14	13	13	12
Humedad	Es la cantidad de agua que es eliminada de una pieza de prueba mediante secado a una temperatura de 105°C +/- 2°C, hasta conseguir masa constante.	%		6 a 13						
Resistencia al tornillo cara	Es la fuerza requerida para extraer, sin girar, un tornillo alojado en la cara de una pieza de prueba.	Kgf		N/A	120	120	120	120	100	100
Resistencia al tornillo canto	Es la fuerza requerida para extraer, sin girar, un tornillo alojado en el canto de una pieza de prueba.	Kgf		N/A	80	80	80	65	60	55

Ilustración 7. Tolerancias dimensionales del Contrachapado utilizado.**TOLERANCIAS DIMENSIONALES**

PROPIEDAD	MÉTODO DE ENSAYO	LÍMITES (MÁXIMO)
Espesor	NTC 2261	+/- 0.2 mm
Largo y ancho		+/- 2.0 mm
Escuadrado		+/- 4.0 mm

Calibre	Nº de láminas por paquete Tablero desanudo	Nº de láminas por paquete Tablero laminado	Peso (Kg) lámina Tablero desanudo				Peso (Kg) lámina Tablero laminado				Peso (Kg) paquete Tablero desanudo				Peso (Kg) paquete Tablero laminado a dos caras**			
			122	153	183	215	122	153	183	215	122	153	183	215	122	153	183	215
9	60	30	20	25	30	35	21	26	31	37	1236	1549	1852	2176	676	847	1013	1190
12	50	30	26	33	40	47	28	35	41	49	1368	1715	2051	2409	874	1096	1311	1539
15	40	30	33	41	50	58	34	43	51	60	1368	1715	2051	2409	1073	1345	1608	1889
		30	33	41	50	58	34	43	51	60	1368	1715	2051	2409	1073	1345	1608	1889
		30	33	41	50	58	34	43	51	60	1368	1715	2051	2409	1073	1345	1608	1889
18	35	30	40	50	59	70	41	51	61	72	1434	1798	2150	2526	1271	1593	1905	2238
25	25	30	55	69	83	97	56	70	84	99	1423	1784	2135	2506	1733	2173	2599	3053
30	20	30	66	83	99	116	67	84	101	118	1368	1715	2051	2409	2064	2588	3095	3636
36	15	30	79	99	119	140	80	101	121	142	1236	1549	1852	2176	2460	3085	3690	4334
		30	79	99	119	140	80	101	121	142	1236	1549	1852	2176	2460	3085	3690	4334

6.2.2. Guadua.

La Guadua estructural, es aquella que tiene una madurez de 4 a 6 años, morfológicamente es entre cepa y basa, es decir de la mitad para abajo, para que sea estructural debe tener un 15% de pared interna al diámetro externo de la guadua, así como lo indica la siguiente tabla:

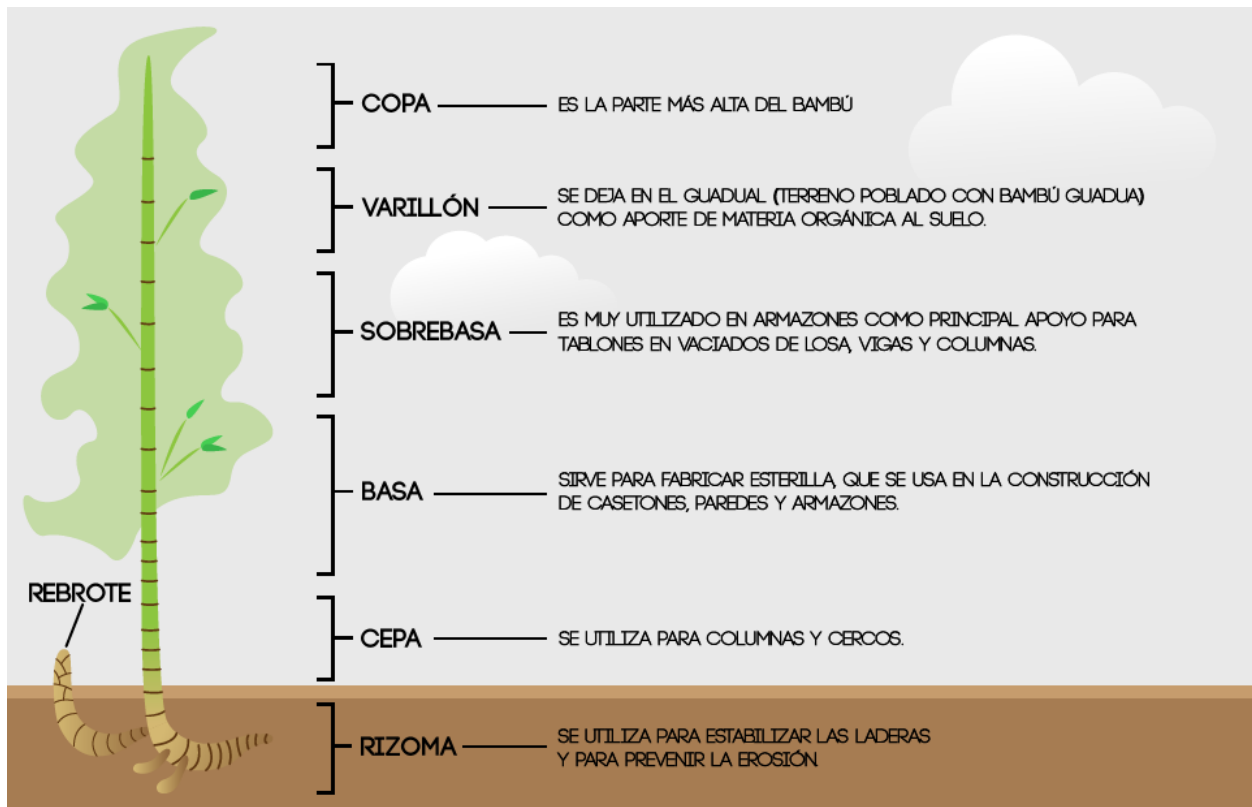
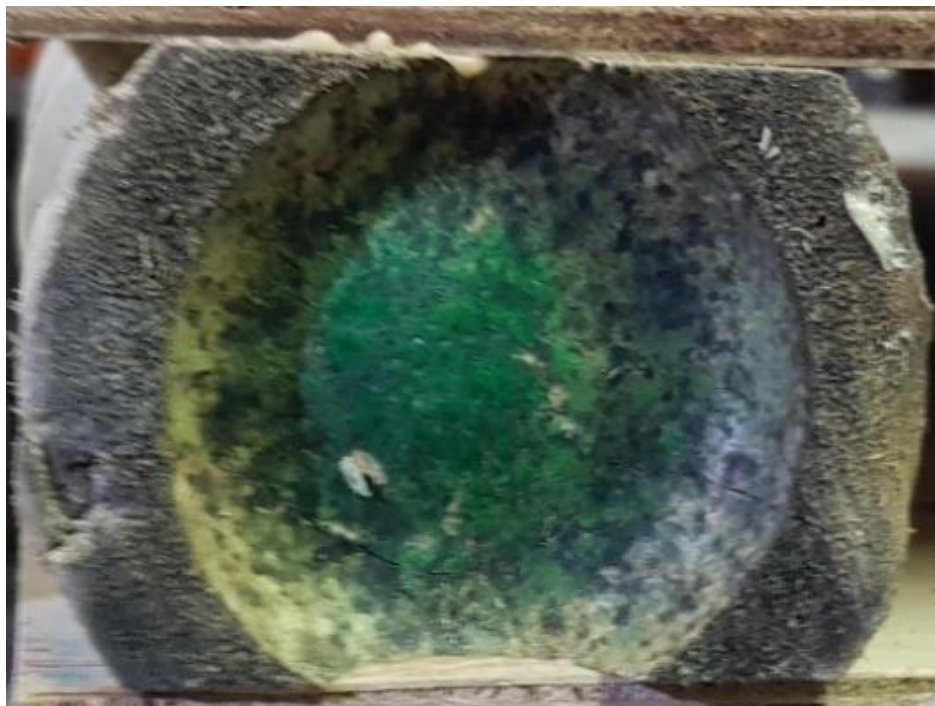
Tabla 1. Características estructurales de la Guadua.

DIAMETRO (cm)	GRUESOR PARED (mm)	USO COMÚN
8 – 12	18	Correas Cubierta
9 - 13	19.5	Columnas y vigas
10 - 14	21	Columnas y vigas
11 - 15	22.5	Columnas, vigas y diseño.

DIAMETRO (cm)	GRUESOR PARED (mm)	USO COMÚN
12 - 16	24	Columnas, vigas y diseño.

Ilustración 8. *Material utilizado - Guadua.*



Ilustración 9. *Secciones de la planta de Bambú.***Ilustración 10.** *Material utilizado - Guadua vista de perfil.*

6.2.3. Adhesivo.

El material de pegamento usado para la fabricación del panel es CARPINCOL MR – 60 Alta Exigencia.

Ilustración 11. Material utilizado - Adhesivo.



Las características y propiedades del material utilizado corresponden a las siguientes:

- Nombre del producto: Carpincol MR60.
- Fabricante / proveedor: Pegatex Arteccla S.A.
- Lugar de ubicación: Calle 2 No. 18 – 93 Mz P1 Parque Industrial San Jorge, Mosquera (Cundinamarca).
- **Apariencia:** Líquido lechoso.
- **Presión de Vapor:** Equivalente a la del agua.

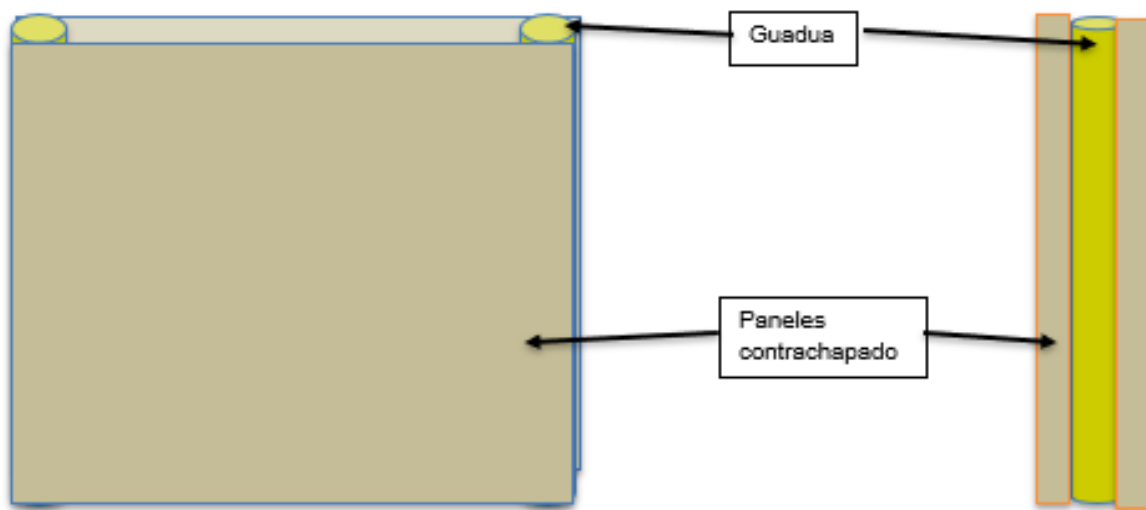
- **Densidad del Vapor:** Equivalente a la del agua.
- **Punto de ebullición:** Similar al del agua.
- **Punto de fusión:** Similar al del agua.
- **Solubilidad en agua:** Miscible.

Tabla 2. *Características del Adhesivo utilizado.*

Componentes	Contenido	No. CAS
Poli acetato de vinilo	30 – 70%	
Agua	30 – 70%	
Aditivos	0 – 20%	
Tolueno	1 – 5%	108-88-3
Disolventes orgánicos	0 – 10%	

6.3. Elaboración y fabricación de paneles

Una vez obtenido los materiales, se transportan al lugar de ensamble para elaborar el panel, el cual debe tener unas dimensiones de 1.20 metros x 1.20 metros. Se instalarán dos (2) paneles de madera contrachapada sujetas por dos (2) listones de guadua, las cuales serán unidas por medio de un adhesivo para este caso pegamento.

Ilustración 12. *Diseño Panel.*

A fin que las varas de guadua puedan tener un área suficiente de contacto, se debe realizar un corte a la guadua, para que pueda aplicarse el pegamento suficiente y queden caras paralelas al perfil del tablero de contrachapado, como se muestra a continuación:

Ilustración 13. *Etapa de corte de Guadua.*

Ilustración 14. *Etapa de corte de Guadua Longitudinal.*



Así de esta forma y mediante la aplicación del pegamento se unen las piezas del tablero de contrachapado con los “listones” de guadua como podemos ver en la siguiente imagen:

Ilustración 15. *Unión Contrachapado – Guadua.*



Una vez realizado el proceso de unión del tablero de contrachapado con la guadua, y con la ayuda de prensas, se impone fuerza por cuarenta y ocho (48) horas de la siguiente forma:

Ilustración 16. *Paneles prensados I.*

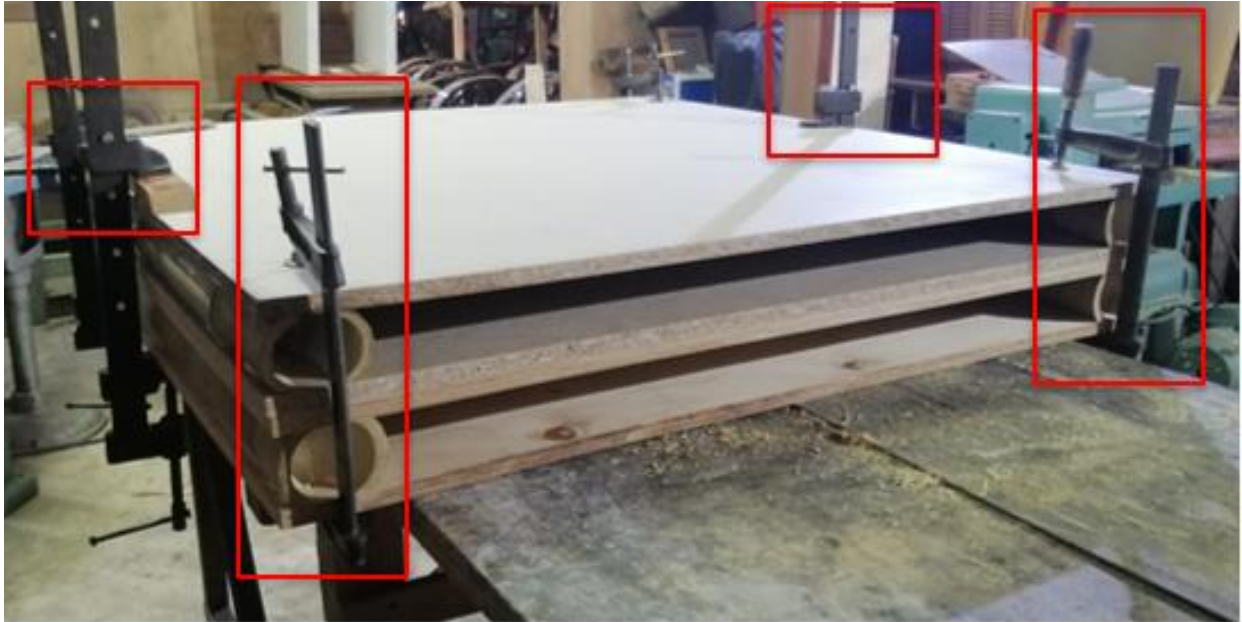


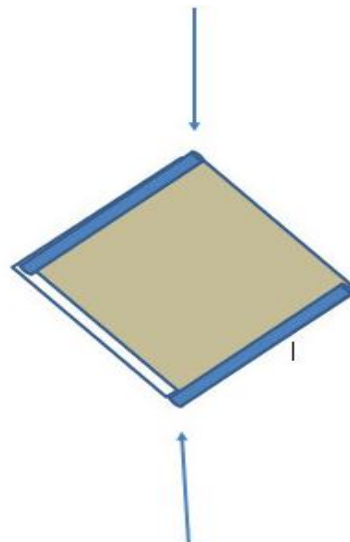
Ilustración 17. *Paneles prensados II.*



Ilustración 18. *Paneles prensados III.*

6.4. Ensayo de laboratorio para determinar la resistencia del panel

Se envió la solicitud por medio de correo electrónico a las universidades Nacional, Los Andes y Javeriana para la elaboración del ensayo, las cuales cuentan con los equipos necesarios para realizar este tipo de ensayos, adjunto al correo electrónico se remitió para tal efecto, el diseño que indicaba la manera de realizar el procedimiento, como se evidencia a continuación:

Ilustración 19. *Diseño de presión a panel.*

Se recibió respuesta sólo por parte de la Universidad Nacional de Colombia, la cual envió cotización para el ensayo solicitado de la siguiente manera:

Ilustración 20. *Cotización de ensayo Universidad Nacional.*

Proyecto: Cotización ensayos de laboratorio

Estimado señor,

En atención a su solicitud, comedidamente presentamos la cotización de los ensayos requeridos por usted:

CÓDIGO	ENSAYO	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
Especial	Tracción diagonal a panel de madera de 1.20 x 1.20, sin medición de deformaciones	1	\$ 450,000	\$ 450,000

Nota: Los precios anteriormente indicados no incluyen fabricación, transporte ni desplazamiento. Las probetas deben llegar al Laboratorio ya fabricadas, preparadas y listas para ensayo.

Consideraciones especiales:

- En el informe respectivo se entrega solo resultado de falla máxima.
- Si requieren instrumentación y lecturas a diferentes cargas el precio varía.
- Es importante que si tienen algún procedimiento especial lo envíen previamente; en caso contrario el ensayo se realiza de la forma usual.

La presente cotización deberá ser firmada y reenviada a la coordinación del Laboratorio en caso de que el contratante se encuentre de acuerdo con los procedimientos y resultados a entregar.

Una vez fabricado el panel, se procedió a llevarlo a las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia, para realizar el ensayo de Tracción diagonal a panel de madera sin medición de deformaciones.

Ilustración 21. Medio de transporte de panel.



6.5. Desarrollo del Ensayo de Tracción diagonal a carga máxima sin mediciones intermedias.

En las instalaciones del Laboratorio de Estructuras de la Universidad Nacional se recibió un muro contrachapado de guadua y madera tríplex de 1,2 m X 1,2 m., con la finalidad de ser ensayado a tracción diagonal a carga máxima sin mediciones intermedias. La prueba se realizó en presencia del estudiante y director de trabajo de grado.

Se procede a hacer la entrega del panel a los laboratoristas de la Universidad Nacional de Colombia, quienes inician el alistamiento del montaje para la elaboración del ensayo, como se evidencia a continuación.

Ilustración 22. *Entrega de Panel.*



Toda vez que este tipo de ensayo no es común, se debió diseñar un montaje especial para su procedimiento, como se evidencia en la siguiente ilustración:

Ilustración 23. *Montaje de la estructura para ensayo.*



Se procede a instalar el panel en el montaje donde se realizará el ensayo de Tracción diagonal a carga máxima sin mediciones intermedias, como se evidencia a continuación:

Ilustración 24. *Panel en el montaje.*



Una vez instalado el Panel en el montaje, se procede por medio de un gato hidráulico a ejercer presión desde la parte superior, la cual aplica una fuerza al panel a fin de medir su resistencia última, como se muestra a continuación:

Ilustración 25. *Presión con gato hidráulico.*



Ilustración 26. *Detalle de presión con gato hidráulico por funcionario UNAL.*



La presión ejercida por medio del gato hidráulico se calculaba en Newtons y se leía en el dispositivo que se muestra a continuación:

Ilustración 27. *Medidor de presión.*



Durante unos minutos se fue ejerciendo presión al panel desde la parte superior como se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 28. *Dirección de la fuerza ejercida al panel.*



En las siguientes ilustraciones se mostrará la secuencia del punto de falla del panel, debido a la presión ejercida por la fuerza, a través de gato hidráulico.

Ilustración 29. *Secuencia falla Panel 1.*



Ilustración 30. *Secuencia falla Panel 2.*



Ilustración 31. *Secuencia falla Panel 3.*



Ilustración 32. *Secuencia falla Panel 4.*



Ilustración 33. *Secuencia falla Panel 5.*



Ilustración 34. *Secuencia falla Panel 6.*



Ilustración 35. *Secuencia falla Panel 7.*



Ilustración 36. *Secuencia falla Panel 8.*



6.6. Resultados del Ensayo

A continuación se pueden evidenciar los resultados entregados por la Universidad Nacional sobre el ensayo de Tracción diagonal a carga máxima sin mediciones intermedias:

Tabla 3. Resultados entregados por la Universidad Nacional.

DATOS DE FALLA DEL MURO				
Área (mm ²)	Carga (N)	Mpa	Kg/cm ²	PSI
3329	42463	12,8	130	1850

Los datos aquí consignados, son el resultado del momento en que el Panel presenta las primeras fallas, cuando el tablero de contrachapado se desprende de la guadua y de la misma forma se observa la curvatura del Panel, donde estructuralmente ya no es posible utilizar el elemento.

A continuación se ilustra gráficamente las fallas que presenta el panel al momento de llegar a su máxima resistencia:

Ilustración 37. Falla de Panel 1.



Ilustración 38. *Falla de Panel 2.*



Ilustración 39. *Falla de Panel 3.*



En las ilustraciones anteriores se evidencia que la falla fue producto del tablero de contrachapado y no del pegamento.

Ilustración 40. *Falla de Panel 4.*

En esta ilustración se puede evidenciar que, del lado derecho superior el desprendimiento entre la guadua y el contrachapado fue a causa de que el pegamento no resistió la fuerza, de otra parte, en el lado izquierdo se observa que la falla se produjo en el tablero de contrachapado.

Ilustración 41. *Falla de Panel 5.*



Ilustración 42. *Falla de Panel 6.*



En las ilustraciones anteriores, se evidencia que del lado derecho en la parte superior la falla se produjo a causa del pegamento, y en la parte inferior, la falla ocurre en el contrachapado a causa de la fuerza ejercida.

7. Conclusiones.

Se realizó el ensayo en una única muestra donde se obtuvo que la falla del Panel se presenta cuando se ejerce una carga de 42463 Newton en un área de 3329 milímetros cuadrados.

La zona de falla inicial se presenta en la unión de la guadua con el tablero de contrachapado, que para este caso se utilizó Pegamento CARPINCOL MR – 60, por lo que se debe tener en cuenta que, al realizar nuevos ensayos de este tipo es preciso proveer otras técnicas de unión entre ellos.

Se obtiene un resultado satisfactorio de resistencia última cuando se coloca el panel de forma diagonal, pero se requieren de otros ensayos para comparaciones ubicándolo de una manera diferente.

Se puede elaborar paneles instalando más “listones” de guadua para analizar y comparar resultados.

8. Referencias Bibliográficas

Gómez, José Santiago. (2009). *Diseño de un material compuesto con fibra natural para sustituir la utilización de la fibra de vidrio. Tesis de grado*. Recuperado de:

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/297/JoseSantiago_GomezP._2009.pdf

González Ávila, William. (2016). *Ensayos para determinar y comparar las propiedades Físico-Mecánicas de la guadua angustifolia de Pacho Cundinamarca frente a la de Sylvania Cundinamarca. Tesis de Pregrado*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/15314>.

Sánchez, et al., (2020). *Physical-mechanical properties of Bamboo fibers-reinforced biocomposites: Influence of surface treatment of fibers. Journal of building engineering*.

Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219307776>.