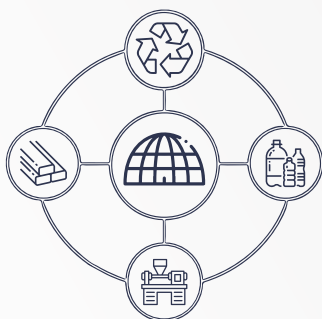




Comportamiento mecánico de
MADERAS PLÁSTICAS RECICLADAS
como material estructural en Ecodomos

MECHANICAL BEHAVIOUR OF RECYCLED PLASTIC LUMBER
AS A STRUCTURAL MATERIAL IN ECODOMES

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación



1. Resumen

Este estudio explora el potencial de las maderas plásticas recicladas como material estructural para la construcción de domos geodesicos, con el fin de fomentar prácticas de edificación sostenibles. Aunque estos materiales ofrecen ventajas ecológicas y resistencia mecánica, su adopción enfrenta desafíos por la falta de normativas de ensayo.

Para evaluar sus propiedades, se realizaron ensayos de tracción, compresión, flexión, dureza, impacto y densidad volumétrica en condiciones controladas, utilizando un diseño experimental unifactorial con una mezcla estándar de polímeros reciclados. Se utilizaron 20 muestras por prueba para garantizar precisión y fiabilidad en los resultados.

Los resultados sugieren que las maderas plásticas recicladas presentan propiedades mecánicas adecuadas, aunque se identificaron algunas variaciones que señalan posibles áreas de mejora en la homogeneidad de fabricación. Las pruebas mostraron niveles de resistencia en tracción, dureza y compresión que evidencian su viabilidad para soportar cargas estructurales.

Para finalizar, las maderas plásticas recicladas muestran un gran potencial para su uso en aplicaciones estructurales sostenibles, apoyando la reducción de residuos plásticos y promoviendo un uso responsable de recursos en la construcción.

Palabras clave: madera plástica, flexión, tracción, compresión, impacto, densidad volumétrica.

1.1. Abstract.

This study explores the potential of recycled plastic lumber as a structural material for construction to promote sustainable building practices. Although these materials offer ecological advantages and mechanical strength, their adoption faces challenges due to the lack of testing standards.

To evaluate their properties, tensile, compression, flexural, hardness, impact and volumetric density tests were conducted under controlled conditions, using a one-factorial experimental design with a standard recycled polymer mix. Twenty samples were used per test to ensure accuracy and reliability of the results. In addition, a prototype ecodome was designed, and structural analysis was carried out using SolidWorks simulations to calculate its strength under different loads.

The results suggest that the recycled plastic lumber exhibit adequate mechanical properties, although some variations were identified that point to possible areas for improvement in manufacturing homogeneity. Tests showed levels of tensile, hardness and compressive strength that demonstrate their viability to support structural loads..

Finally, recycled plastic lumber shows great potential for use in sustainable structural applications, supporting the reduction of plastic waste and promoting responsible use of resources in construction.

Keywords: plastic lumber, flexion, tensile strength, compression, impact, volumetric density.

2. Introducción

La madera plástica es un material innovador elaborado a partir de residuos de plástico reciclado mediante procesos de extrusión. Este material emplea polipropileno de alta y baja densidad, además de aditivos que mejoran sus propiedades mecánicas, estéticas y de durabilidad (Florez, 2014).

Su desarrollo responde a la creciente acumulación de desechos plásticos, posicionándose como una alternativa funcional y ecológica frente a las maderas convencionales (Maderpol, 2024).

Existen dos tipos principales de madera plástica: Plastic Lumber, fabricada completamente con plástico reciclado, y Wood Plastic Composite (WPC), que combina fibras de madera y plástico reciclado. Ambas opciones destacan por su alta resistencia al impacto, durabilidad frente a la intemperie, impermeabilidad y bajos costos de mantenimiento, siendo alternativas útiles para aplicaciones constructivas e industriales (Winandy et al., 2004).

En mercados como el estadounidense, la madera plástica ha ganado terreno gracias a su comportamiento mecánico superior, lo que permite su uso en infraestructuras sostenibles y amigables con el medio ambiente. Sin embargo, el principal desafío técnico radica en optimizar la mezcla de plásticos, fibras y aditivos para garantizar propiedades adecuadas (Power, 2004).

En Colombia, actualmente no se dispone de una normativa específica que permita verificar de manera integral las propiedades mecánicas de la madera plástica, así como sus características físicas, térmicas y de durabilidad. No obstante, se aplican ciertas normativas que son útiles para realizar una caracterización técnica completa de este material. Entre ellas se encuentran: NTC 1156 - Procedimiento para el ensayo en cámara de niebla salina (ICONTEC, 2020), ASTM B117 -Standard practice for operating salt spray apparatus (ASTM,2019), ASTM D256 - Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics (ASTM, 2023), NTC 943 - Determinación de la resistencia de los plásticos al impacto del péndulo de izod (ICONTEC, 2003), NTC 6296 - Método de ensayo para evaluar las propiedades a la compresión de madera plástica y perfiles (ICONTEC, 2018), NTC 595 - Método de ensayo para determinar las propiedades de tracción en plásticos (ICONTEC, 2024), NTC 6355 - Métodos

de ensayo estándar para la determinación de las propiedades de flexión de madera plástica reforzada y no reforzada (ICONTEC, 2019), NTC 467 - propiedades del caucho. determinación de dureza con durómetro (ICONTEC, 2006) y NTC 6297 - Método de ensayo para sujetadores mecánicos en madera plástica y perfiles (ICONTEC, 2018).

El objetivo principal de este estudio es proporcionar una caracterización detallada del comportamiento mecánico de las maderas plásticas recicladas mediante ensayos estandarizados. Esto permitirá generar evidencia técnica que facilite su aceptación en la industria de la construcción y fomente su adopción en proyectos ecológicos. Al abordar los retos técnicos y normativos actuales, esta investigación busca contribuir al avance de soluciones sostenibles que aprovechen los desechos plásticos como materia prima, promoviendo un modelo de desarrollo más responsable y respetuoso con el medio ambiente.

La relevancia de este trabajo radica en su capacidad para enfrentar un problema ambiental crítico mientras impulsa un cambio hacia prácticas constructivas más sostenibles. Además, al proponer un enfoque técnico y normativo, esta investigación establece bases para la creación de estándares nacionales, fomentando la confianza en materiales reciclados y contribuyendo a una industria alineada con los objetivos globales de sostenibilidad.

3. Marco Metodológico.

3.1. Diseño de experimentos.

Se pretende realizar un diseño de experimentos (DOE) donde se evalúen las siguientes propiedades mecánicas a maderas plásticas con el objetivo de caracterizar mecánicamente este tipo de material:

1. Ensayos de Tracción: Ensayo de tracción uniaxial para medir la resistencia y deformación a lo largo de la dirección de las fibras. Mide la carga aplicada y la elongación para determinar la resistencia a la tracción.

2. Compresión a Fibras Paralelas:

Ensayo de compresión uniaxial a lo largo de las fibras para medir la resistencia a la compresión en esta dirección. Registra la carga y la deformación para evaluar las propiedades de compresión.

3. Compresión a Fibras Perpendiculares:

Ensayo de compresión perpendicular a las fibras para evaluar la resistencia y la deformación en esta dirección. Esto es importante ya que las maderas plásticas a menudo tienen propiedades anisotrópicas.

4. Ensayos de Flexión: Ensayos de flexión para medir la resistencia a la flexión y la rigidez del material. Estos ensayos son útiles para comprender cómo la madera plástica se comporta bajo cargas de flexión.

5. Dureza Shore D: Ensayos de dureza para evaluar la resistencia del material a la penetración. Las pruebas de dureza te proporcionarán información sobre la capacidad del material para resistir deformaciones plásticas.

6. Impacto: Ensayos de impacto para evaluar la resistencia al impacto del material. Estos ensayos pueden proporcionar información sobre la tenacidad del material ante cargas de impacto repentino.

7. Densidad: Es una medición que se realiza para conocer la cantidad de masa que tiene un material en relación con su volumen. Este valor es fundamental para evaluar la calidad, la selección de materiales, el diseño de estructuras y otros aspectos en diversas aplicaciones industriales y científicas.

La elección de un diseño de experimentos unifactorial se justifica por la limitación a una única condición de prueba, llamada “condición estándar”, para evaluar las propiedades mecánicas de las maderas plásticas. Este enfoque minimiza la variabilidad, proporcionando datos más precisos y confiables, y establece una línea base para comprender el comportamiento del material sin influencias externas. Además, es

eficiente en términos de recursos y ofrece una referencia para futuros análisis. Los resultados obtenidos pueden generar nuevas preguntas de investigación, impulsando estudios adicionales y avanzando en la comprensión del material.

3.2. Metodología.

Para la caracterización de la madera plástica con las propiedades propuesta y con la condición estándar de la mezcla se sugiere realizar la siguiente metodología:

1. Identificación del Factor y Nivel: En este contexto de evaluación de las propiedades mecánicas de la madera plástica bajo una única condición estándar, el primer paso es la definición precisa del factor relevante, que en este caso es la “Condición estándar”. Esta condición representa el punto de referencia para todas las mediciones y ensayos posteriores. Se establece un único nivel para este factor, que es precisamente la condición estándar en la que se realizarán las evaluaciones.

2. Elección del Diseño: La elección del diseño de experimentos es crítica y, en esta situación, se opta por un diseño unifactorial debido a la restricción de contar con una sola condición (mezcla madera plástica). Este diseño es especialmente adecuado porque se enfoca exclusivamente en evaluar cómo las propiedades mecánicas del material responden a la condición estándar, eliminando así la influencia de otros factores que podrían complicar la interpretación de los resultados.

3. Número de Repeticiones: Para garantizar la robustez y la confiabilidad de los resultados, se lleva a cabo la repetición de cada ensayo al menos tres veces bajo la condición estándar. Esta repetición es esencial para evaluar la consistencia de los resultados y reducir la posibilidad de errores aleatorios que podrían influir en las mediciones de las propiedades mecánicas.

4. Total, de Ensayos: Dado que se está evaluando una única condición (la condición estándar) con al menos tres repeticiones para cada propiedad mecánica, se generará un total de tres ensayos por propiedad mecánica.

5. Análisis de Datos: Una vez que se hayan recopilado los datos de los ensayos bajo la condición estándar, se procede con un análisis estadístico detallado. El análisis incluye técnicas como el cálculo de promedios, desviaciones estándar y, posiblemente, pruebas de significancia estadística para determinar si hay diferencias significativas entre las mediciones de las propiedades mecánicas.

6. Interpretación: La etapa final implica una minuciosa interpretación de los resultados. Se buscan patrones, tendencias y relaciones en las mediciones de las propiedades mecánicas bajo la única condición disponible. Este proceso de interpretación es crucial para comprender cómo el material responde a la condición estándar y puede revelar información valiosa sobre su comportamiento intrínseco.

En el campo de la ingeniería mecánica, el tratamiento de resultados de un ensayo se centra en calcular el valor promedio y estimar el error aleatorio de la magnitud medida. Se realizan varios ensayos independientes para determinar una magnitud, obteniendo un conjunto de valores. Es común utilizar un rango de 3 a 20 mediciones para asegurar la precisión de los resultados, dado que los errores aleatorios generalmente siguen una distribución normal. La media aritmética es considerada la medida más precisa de la magnitud evaluada.

Para experimentación con madera plástica, se seleccionaron un total de 20 muestras por propiedad a evaluar. Esta cantidad permite mejorar la precisión y confiabilidad del diseño unifactorial, ofreciendo resultados más precisos, reduciendo errores aleatorios, y aumentando la detección de patrones en los análisis.

4. Marco procedimental

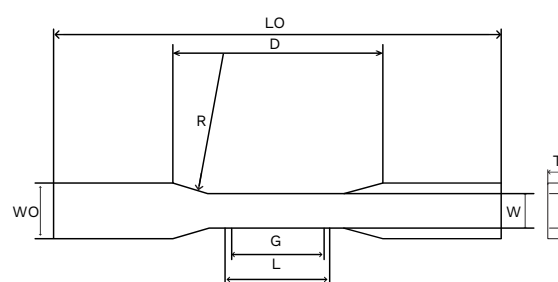
Para la realización de los ensayos propuestos, se emplearon procedimientos basados en normas nacionales y métodos específicos del laboratorio de ensayos mecánicos. Estos procedimientos detallan los parámetros que deben considerarse al llevar a cabo cada ensayo.

Antes de ejecutar los ensayos respectivos, se elaboraron instructivos con el fin de garantizar la trazabilidad y la idoneidad de cada prueba. Además, se diseñaron formatos para la adquisición de datos, los cuales permitirán observar los resultados y verificar cada uno de ellos.

4.1. Ensayo de Tracción.

La norma NTC 595 – MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN EN PLÁSTICOS es la encargada de suministrar el procedimiento correspondiente para ejecutar los ensayos de tracción en materiales plásticos reforzados y no reforzados. Las probetas deben tener las dimensiones establecidas en la tabla 1, la forma de las probetas se muestra en la figura 1.

Figura 1.
Forma probeta de ensayo de tracción.



Nota. NTC 595, 2021.

Tabla 1.
Dimensiones establecidas.

DIMENSIONES PROBETA TRACCIÓN	
W – ancho de la sección estrecha	19 mm
L – longitud de la sección estrecha	57 mm
WO – ancho total, min	29 mm
LO – longitud total, min	246 mm
G – longitud de referencia	50 mm
D – distancia entre mordazas	115 mm
R – radio del chaflán	76 mm
T – espesor, máx	14 mm

Nota. NTC 595, 2021.

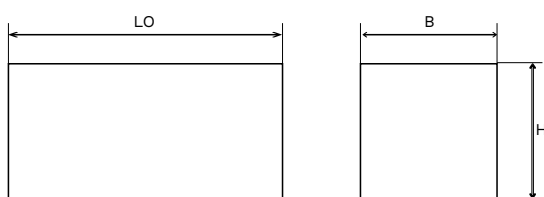
Finalmente, el ensayo de tracción en maderas plásticas permite determinar su resistencia a la tracción, que es una medida de la capacidad del material para soportar tensiones sin fracturarse. Esta se calcula dividiendo la carga máxima aplicada durante la prueba por el área de la sección transversal de la muestra. Para el cálculo se utiliza la ecuación 1.

$$\text{Resistencia}_{\text{tracción}} = \frac{\text{Carga máxima aplicada}}{\text{Área de la sección transversal}} \quad (1)$$

4.2. Ensayo de Compresión.

La norma NTC 6296 – MÉTODO DE ENSAYO PARA EVALUAR LAS PROPIEDADES A LA COMPRESIÓN DE MADERA PLÁSTICA Y PERFILES es la encargada de suministrar el procedimiento correspondiente para ejecutar los ensayos de compresión en materiales plásticos. Dentro de la norma se especifica que los especímenes de ensayo deben ser cortados del perfil tal como se fabricó la madera plástica. Las probetas deben tener las dimensiones establecidas en la tabla 2, la forma de las probetas se muestra en la figura 2

Figura 2.
Forma probeta de ensayo de compresión.



Nota. NTC 6296, 2018.

Tabla 2.
Dimensiones establecidas.

DIMENSIONES PROBETA COMPRESIÓN	
B – base	19 mm
H – altura	57 mm
LO – longitud total, min	80 mm

Nota. NTC 6296, 2018.

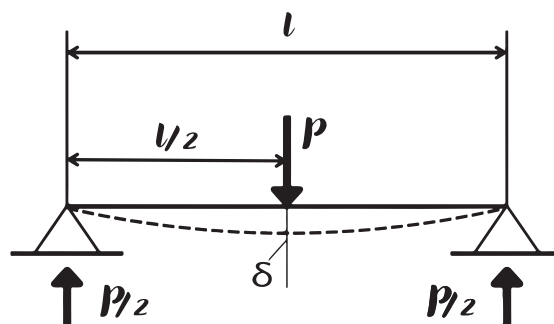
Por último, En el ensayo de compresión de maderas plásticas se obtiene la resistencia a la compresión, una medida fundamental de la capacidad del material para soportar fuerzas de aplastamiento o corte sin deformarse o romperse. La resistencia a la compresión se calcula utilizando la ecuación 2.

$$\text{Resistencia}_{\text{compresión}} = \frac{\text{Carga máxima aplicada}}{\text{Área de la sección transversal}} \quad (2)$$

4.3. Ensayo de Flexión.

La norma NTC 6355 – MÉTODOS DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE FLEXIÓN DE MADERA PLÁSTICA es la encargada de suministrar el procedimiento correspondiente para ejecutar los ensayos de flexión en materiales plásticos reforzados y no reforzados. Dentro de la norma se especifica que los especímenes de ensayo deben ser tal y como fueron fabricados, cortar a la longitud suficiente que garantice que sobresalga en la distancia entre apoyos. La longitud entre soportes debe ser de 300 mm. De acuerdo con la sección transversal del material que se va a ensayar la longitud total del ítem de ensayo es de 600 mm; en la figura 3 se muestra la configuración del ensayo.

Figura 3.
Configuración del ensayo de flexión.



Nota. NTC 6355, 2019.

Finalmente, el ensayo de flexión en maderas plásticas permite determinar el módulo de ruptura, una medida fundamental de la capacidad del material para soportar

fuerzas de doblado sin fracturarse. Esta propiedad es esencial para evaluar el rendimiento estructural y la integridad del material en aplicaciones donde se espera que soporten cargas flexoras. El módulo de ruptura se calcula utilizando la ecuación 3.

$$\text{Módulo de ruptura} = \frac{3 \times P_R \times L}{2 \times b \times h^2} \quad (3)$$

Dónde:

PR: fuerza de ruptura

L: longitud de apoyos

b: base sección transversal

h: altura sección transversal

4.4. Ensayo de dureza.

La norma NTC 467 – PROPIEDADES DEL CAUCHO. DETERMINACIÓN DE DUREZA CON DURÓMETRO es la encargada de suministrar el procedimiento correspondiente para ejecutar los ensayos de dureza en cauchos y materiales plásticos. Dentro de la norma se especifica que La muestra de ensayo, debe tener un espesor mínimo de 6,0 mm (0,24 pulgadas), a menos que se demuestre que una probeta más delgada produce resultados equivalentes a los obtenidos con la probeta de 6,0 mm (0,24 pulgadas).

Además, Para realizar un ensayo de dureza Shore D de manera precisa y reproducible, la probeta debe cumplir con condiciones específicas de calidad superficial. La superficie debe ser lisa y plana, libre de rayaduras, surcos, ondulaciones, rebabas y contaminantes como polvo, aceite o grasa. No debe presentar burbujas, grietas, inclusiones ni defectos superficiales que alteren la medición. Los métodos de preparación de la probeta, como corte, lijado o pulido, deben mantener las propiedades superficiales del material.

Por último, en el ensayo de dureza Shore D no se especifica una velocidad particular ni se utilizan ecuaciones de ensayo porque el equipo de medición está diseñado para aplicar la presión de manera uniforme y proporcionar una lectura directa y precisa

de la dureza del material, lo que facilita la evaluación de las propiedades del material de manera eficiente y confiable.

4.5. Ensayo de densidad volumétrica.

Este ensayo se lleva a cabo mediante la medición de la masa de la probeta y sus dimensiones. La masa de la probeta se mide utilizando una balanza analítica con una resolución de 0,01 gr, asegurando que la balanza esté correctamente calibrada para garantizar la exactitud de la medición. La masa se registra en gramos (g). Las dimensiones de la probeta (longitud, ancho y altura) se miden con un pie de rey (calibrador vernier), y es importante que estas mediciones se realicen con cuidado para evitar errores, registrando las dimensiones en milímetros (mm).

Además, la longitud del ítem de ensayo no debe sobrepasar el área efectiva de trabajo de la balanza (200 mm), las caras de la probeta deben ser paralelas planas, para realizar medición en la longitud del ítem de ensayo. Por último, en el ensayo de densidad volumétrica de maderas plásticas se obtiene la densidad del material, una medida fundamental de la masa por unidad de volumen del material. La densidad es crucial para determinar la calidad y las propiedades mecánicas de la madera plástica, ya que influye en su resistencia, durabilidad y comportamiento bajo cargas. La densidad volumétrica se calcula utilizando la ecuación 4.

$$\varphi = \frac{m}{v} \quad (4)$$

Dónde:

φ: densidad volumétrica del material

m: masa de la probeta

v: volumen de la probeta

5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en los ensayos realizados para cada una de las propiedades del material que se caracterizaron.

Tabla 3.
Resultados ensayos de tracción

Código de ítem de ensayo	Resultado (MPa)	Ue*
047-2023-LEM-001	10,2	0,12
047-2023-LEM-002	10,6	0,12
047-2023-LEM-003	9,77	0,11
047-2023-LEM-004	11,9	0,14
047-2023-LEM-005	12,2	0,14
047-2023-LEM-006	12,2	0,15
047-2023-LEM-007	12,4	0,14
047-2023-LEM-008	11,6	0,14
047-2023-LEM-009	11,9	0,14
047-2023-LEM-010	12,3	0,15
047-2023-LEM-011	10,3	0,12
047-2023-LEM-012	10,9	0,13
047-2023-LEM-013	10,2	0,12
047-2023-LEM-014	13,1	0,15
047-2023-LEM-015	12,0	0,14
047-2023-LEM-016	9,19	0,11
047-2023-LEM-017	12,4	0,15
047-2023-LEM-018	10,1	0,11
047-2023-LEM-019	11,1	0,12
047-2023-LEM-020	8,97	0,11
Promedio	11,2	
Desviación estándar	1,19	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 4.
Resultados ensayos de Dureza Shore D

Código de ítem de ensayo	Resultado (Shore D)	Ue*
064-2023-LMI-001	63,2	1,0
064-2023-LMI-002	59,6	4,3
064-2023-LMI-003	61,1	2,3
064-2023-LMI-004	61,3	1,4
064-2023-LMI-005	60,5	0,9
064-2023-LMI-006	60,9	9,2
064-2023-LMI-007	58,3	1,3
064-2023-LMI-008	64,6	1,4
064-2023-LMI-009	63,9	4,4
064-2023-LMI-010	58,8	0,5
064-2023-LMI-011	60,6	7,4
064-2023-LMI-012	60,8	1,0
064-2023-LMI-013	62,6	4,1
064-2023-LMI-014	63,2	3,0
064-2023-LMI-015	62,7	3,9
064-2023-LMI-016	61,7	0,6
064-2023-LMI-017	61,3	13,0
064-2023-LMI-018	58,9	3,8
064-2023-LMI-019	60,6	2,2
064-2023-LMI-020	64,1	3,0
Promedio	61,4	
Desviación estándar	1,81	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 5.
Resultados ensayos de Compresión

Código de ítem de ensayo	Resultado (MPa)	Ue*
080-2023-LEM-001	19,6	0,25
080-2023-LEM-002	18,8	0,22
080-2023-LEM-003	18,4	0,21
080-2023-LEM-004	12,1	0,14
080-2023-LEM-005	19,6	0,23
080-2023-LEM-006	17,9	0,21
080-2023-LEM-007	20,4	0,24
080-2023-LEM-008	14,4	0,17
080-2023-LEM-009	15,1	0,18
080-2023-LEM-010	17,9	0,21
080-2023-LEM-012	16,2	0,19
080-2023-LEM-013	18	0,21
080-2023-LEM-014	16,5	0,19
080-2023-LEM-015	14,4	0,17
080-2023-LEM-016	21,2	0,25
080-2023-LEM-017	19,8	0,23
080-2023-LEM-018	19,7	0,23
080-2023-LEM-019	13,3	0,15
Promedio	17,4	
Desviación estándar	2,64	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 6.
Resultados ensayos Densidad Volumétrica

Densidad Volumétrica		
Código de ítem de ensayo	Kg/m3	Ue*
108-2023-LMI-001	194,5	0,000015
108-2023-LMI-002	194,1	0,000010
108-2023-LMI-003	193,4	0,000014
108-2023-LMI-004	194,3	0,000016
108-2023-LMI-005	194,5	0,000009
108-2023-LMI-006	192,1	0,000014
108-2023-LMI-007	193,9	0,000014
108-2023-LMI-008	193,7	0,000012
108-2023-LMI-009	190	0,000015
108-2023-LMI-010	228,2	0,000034
108-2023-LMI-011	191,7	0,000011
108-2023-LMI-012	191,5	0,000010
108-2023-LMI-013	194,3	0,000021
108-2023-LMI-014	192,6	0,000022
108-2023-LMI-015	191,2	0,000024
108-2023-LMI-016	194,1	0,000012
108-2023-LMI-017	193,4	0,000016
108-2023-LMI-018	193,5	0,000012
108-2023-LMI-019	192,1	0,000015
108-2023-LMI-020	194,5	0,000014
Promedio	194,9	
Desviación estándar	8,17	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 7.
Resultados ensayos Flexión

Código de ítem de ensayo	Resultado (MPa)	Ue*
111-2023-LMI-001	14,62	0,180000
111-2023-LMI-002	20,02	0,290000
111-2023-LMI-004	15,79	0,190000
111-2023-LMI-005	19,54	0,230000
111-2023-LMI-006	20,27	0,240000
111-2023-LMI-007	16,47	0,200000
111-2023-LMI-008	17,64	0,210000
111-2023-LMI-009	16,17	0,190000
111-2023-LMI-010	16,16	0,190000
111-2023-LMI-011	15,4	0,180000
111-2023-LMI-012	18,21	0,220000
111-2023-LMI-013	20,27	0,240000
111-2023-LMI-014	23,02	0,270000
111-2023-LMI-015	18,2	0,220000
111-2023-LMI-016	18,72	0,220000
111-2023-LMI-017	19,98	0,240000
111-2023-LMI-018	15,88	0,190000
111-2023-LMI-019	14,39	0,170000
111-2023-LMI-020	16,71	0,200000
Promedio	17,8	
Desviación estándar	2,32	

Nota. Elaboración propia.

Tabla 8.
Resumen de resultados.

Propiedad	Unidad	Promedio	Desviación Estándar
Tracción	Mpa	11,2	1,19
Dureza	Shore D	61,4	1,81
Compresión	Mpa	18,9	2,35
Densidad Volumétrica	Kg/m^3	194,9	8,17
Flexión	MPa	17,8	2,32

Nota. Elaboración propia.

6. Discusión y análisis de resultados

La discusión y el análisis de los datos obtenidos en los ensayos realizados para esta investigación se enfocan en comparar los resultados con aquellos reportados en el estudio de Ruiz et al. (2019). En dicha investigación, los autores llevaron a cabo pruebas similares, evaluando propiedades mecánicas como tracción, compresión en dirección paralela y perpendicular a las fibras, resistencia a la flexión y densidad volumétrica, lo cual facilita una comparación de los datos obtenidos en ambos estudios.

Esta comparación permitirá identificar similitudes y diferencias que puedan aportar un mejor entendimiento sobre el comportamiento del material en condiciones similares. Sin embargo, no se incluirá la comparación de los valores de dureza debido a que los autores utilizaron un método de medición de dureza distinto al empleado en el presente estudio, lo que podría afectar la precisión y la validez de una comparación directa. En la Tabla (9) se muestran los datos comparativos de las propiedades mencionadas.

Tabla 9.
Comparación propiedades mecánicas maderas plásticas.

Propiedad	Unidad	Ruiz et al. (2019)	Presente estudio
Tracción	Mpa	13,44	11,2
Compresión	Mpa	17,92	18,9
Densidad Volumétrica	Kg/m^3	838,35	194,9
Flexión	MPa	19,51	17,8

Nota. Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran algunas similitudes y diferencias al compararse con los datos reportados por Ruiz et al. (2019). En el ensayo de tracción, el presente estudio arrojó un valor de 11,2 MPa, en contraste con los 13,44 MPa obtenidos por Ruiz et al., lo cual indica una menor resistencia a la tracción en las muestras analizadas en esta ocasión.

Este contraste podría atribuirse a diferencias en el tipo de material, en las condiciones de los ensayos o en factores específicos de cada investigación. En cuanto a la compresión, los valores obtenidos son bastante cercanos: 17,4 MPa en el presente estudio y 17,92 MPa en el estudio de referencia, lo que sugiere una consistencia en el comportamiento del material frente a cargas de compresión, aunque pequeñas variaciones podrían reflejar diferencias en la preparación de las muestras o en las condiciones de prueba.

Una diferencia notable surge en la densidad volumétrica, con una densidad de 194,9 kg/m³ en el presente estudio frente a los 838,35 kg/m³ reportados por Ruiz et al. Esta disparidad significativa sugiere posibles variaciones en la composición del material o en el procesamiento de las muestras, que podrían afectar de manera directa la densidad. En el caso de la resistencia a la flexión, ambos estudios presentan valores similares, con 17,8 MPa en este estudio y 19,51 MPa en el de Ruiz et al., lo que indica un comportamiento bastante parejo en cuanto a esta propiedad, aunque podrían influir algunas variaciones en el procesamiento o las características físicas de los materiales.

En conjunto, esta comparación revela tanto coincidencias como diferencias en los resultados, proporcionando un contexto más amplio para interpretar los hallazgos de esta investigación en relación con estudios previos, y resaltando áreas donde las propiedades del material parecen responder de manera consistente frente a ciertos tipos de esfuerzo y otras donde pueden estar influenciadas por factores metodológicos o composicionales.

7. Conclusiones

El estudio revela que el material evaluado es prometedor para aplicaciones de construcción de domos geodésicos con una resistencia a la tracción promedio de 11,2 MPa, estas maderas plásticas demuestran capacidades considerables para soportar cargas de tensión, robustez y fiabilidad estructural.

Los ensayos de compresión indican que estas maderas plásticas pueden resistir compresiones de hasta 18,9 MPa, lo cual las posiciona como una opción viable para aplicaciones donde la capacidad de soportar cargas concentradas y distribuidas es crucial.

La resistencia a la flexión promedio de 17,8 MPa subraya su capacidad para resistir deformaciones bajo cargas transversales, siendo adecuadas para vigas y otros componentes estructurales.

Con una dureza Shore D promedio de 61,4, estas maderas plásticas ofrecen una superficie resistente al desgaste y duradera, ideal para aplicaciones donde la integridad estructural a largo plazo es crítica. La densidad volumétrica promedio de 194,9 kg/m³ equilibra eficazmente la resistencia con la ligereza, facilitando su manipulación y transporte en proyectos constructivos. Un obstáculo clave es la falta de normativas específicas en Colombia que respalden su uso en la construcción, limitando su aceptación en el mercado. Implementar estándares podría aumentar la confianza, fomentar la innovación y garantizar la seguridad en su aplicación. Comparado con estudios previos, las variaciones en propiedades como la densidad subrayan la importancia de un control de calidad más riguroso y una formulación estándar.

El estudio destaca las ventajas ambientales y de durabilidad de estos materiales, contribuyendo al desarrollo de alternativas sostenibles que promueven la reutilización de residuos plásticos. Se recomienda avanzar en la mejora del material y en la creación de un marco regulatorio que facilite su adopción en construcciones ecológicas, seguras y duraderas, consolidando su papel en la construcción sostenible.

8. Referencias bibliográficas

Florez B., L.F., & Jimenez O., A., (2017)., Estudio de viabilidad para la creación de una empresa de tablonos de madera plástica en la ciudad de pereira plastimader. Universidad Tecnológica

de Pereira. Recuperado de: <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/adbf34a2-0e68-4698-be1e-55cd78576781/content>

Maderpol S.A.S., (2024). Maderpol. Recuperado de: <https://www.maderpol.com.co/>

Winandy, J.E. Stark., N.M., & Clemons., C.M., (2004). Considerations in recycling of wood plastic composites. USDA Forest Service. Recuperado de: <https://research.fs.usda.gov/treesearch/7118>

Power., M., (2004). The plastic building product revolution. Builder. Recuperado de: https://www.builderonline.com/products/building-construction-materials/the-plastic-building-product-revolution_o

ICONTEC., (2020). Procedimiento para el ensayo en cámara de niebla salina (NTC 1156). Recuperado de: <https://tienda.icontec.org>

ASTM INTERNATIONAL., (2019). Standard practice for operating salt spray (Fog) apparatus (ASTM B117). Recuperado de: <https://www.astm.org/>

ASTM INTERNATIONAL., (2023). Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics (ASTM D256). Recuperado de: <https://www.astm.org/>

ICONTEC., (2003). Determinación de la resistencia de los plásticos al impacto del péndulo del IZOD (NTC 943). Recuperado de: <https://tienda.icontec.org>

ICONTEC., (2018). Método de ensayo para evaluar las propiedades a la compresión de madera plástica y perfiles (NTC 6296). Recuperado de: <https://tienda.icontec.org>

ICONTEC., (2024). Método de ensayo para determinar las propiedades de tracción

en los plásticos (NTC 595). Recuperado de: <https://tienda.icontec.org>

ICONTEC., (2019). Métodos de ensayo estándar para determinación de las propiedades de flexión de madera plástica reforzada y no reforzada y productos relacionados (NTC 6355). Recuperado de: <https://tienda.icontec.org>

ICONTEC., (2006). Propiedades del caucho, determinación de dureza con durómetro (NTC 467). Recuperado de: <https://tienda.icontec.org>

ICONTEC., (2018). Método de ensayo para sujetadores mecánicos en madera plástica y perfiles (NTC 6297). Recuperado de: <https://tienda.icontec.org>

Ruiz A., J. C., Lozano O., D. A., & González M., J. S. (2019). propiedades físicas y mecánicas de la madera plástica para uso en estructura de atención y prevención de desastres de la “ESMIC”. Revista Ingeniare, (27), 31+. Recuperado de: <http://dx.doi.org/bdigital.sena.edu.co/10.18041/1909-2458/ingeniare.27.6616>

Fecha de recepción: 26/03/2025
Fecha de aceptación: 03/05/2025