

Módulos dinámicos de *Pinus pseudostrobus* y de tableros de madera

Dynamic modules of *Pinus pseudostrobus* and wood panels



Javier Ramón Sotomayor-Castellanos¹

Fecha de recepción: 23 de julio, 2025
Fecha de aprobación: 2 de noviembre, 2025

Sotomayor-Castellanos, J.R. Módulos dinámicos de *Pinus pseudostrobus* y de tableros de madera. *Tecnología en Marcha*. Vol. 39 N° 2. Abril-Junio, 2026. Pág. 101-110.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v39i2.8072>



¹ Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
 javier.sotomayor@umich.mx
 <https://orcid.org/0000-0002-1527-8801>

Palabras clave

Tableros enlistonados; tableros contrachapados; tableros de densidad media; tableros de astillas orientadas; densidad de la madera; pruebas de ultrasonido.

Resumen

El estudio compara las propiedades físicas y dinámicas de la madera sólida de *Pinus pseudostrabus* y cuatro tipos de tableros derivados: enlistonados, contrachapados, de densidad media y de astillas orientadas. Se elaboraron cinco grupos de probetas para determinar contenido de humedad, densidad y módulos dinámicos en direcciones transversal y longitudinal mediante ultrasonido. Los contenidos de humedad fueron relativamente homogéneos, con menor variación en los tableros industrializados. En densidad, los tableros de densidad media y de astillas orientadas superaron a la madera sólida, mientras que los enlistonados mostraron menor densidad y mayor dispersión. Respecto a los módulos dinámicos, la madera sólida presentó el mayor valor longitudinal, y los contrachapados destacaron en rigidez transversal. La anisotropía dinámica fue más alta en la madera sólida, en contraste con los tableros derivados, sobresaliendo los de densidad media por su comportamiento casi isotrópico. Se concluye que, aunque la madera sólida mantiene ventajas en aplicaciones unidireccionales, los tableros contrachapados, de astillas orientadas y de densidad media combinan estabilidad dimensional, homogeneidad y competitividad mecánica, adecuados para sistemas bidireccionales y mobiliario. Se plantean líneas futuras para optimizar anisotropía y sostenibilidad.

Keywords

Edge-glued panels; plywood; medium-density fiberboard; oriented strand boards; wood density; ultrasound tests.

Abstract

This study compares the physical and dynamic properties of solid *Pinus pseudostrabus* wood and four types of engineered wood panels: edge-glued, plywood, medium-density fiberboard (MDF), and oriented strand board (OSB). Five groups of specimens were prepared to determine moisture content, density, and dynamic moduli in longitudinal and transverse directions using ultrasound. Moisture contents were relatively homogeneous, with lower variation in industrial panels. In terms of density, MDF and OSB exceeded solid wood, while edge-glued panels showed lower density and greater dispersion. Regarding dynamic moduli, solid wood exhibited the highest longitudinal value, while plywood stood out for its transverse stiffness. Dynamic anisotropy was highest in solid wood, in contrast to the derived panels, with MDF showing an almost isotropic behavior. It is concluded that while solid wood retains advantages in unidirectional applications, plywood, OSB, and MDF offer a combination of dimensional stability, homogeneity, and mechanical competitiveness suitable for bidirectional structural systems and precision furniture. Future lines of research are proposed to optimize anisotropy and the sustainability of these materials.

Introducción

Los tableros de madera se emplean extensamente en las industrias de la construcción, del mobiliario y de productos de valor añadido, donde desempeñan un papel crucial por su funcionalidad técnica y su valoración por parte del consumidor [1]. La madera aserrada de *Pinus pseudostrabus* es igualmente un material con una amplia gama de utilización en

ingeniería de la madera [2]. Los datos empíricos del módulo dinámico de *P. pseudostrobus* para madera sólida se reportan utilizando ultrasonido por [3], mientras que la caracterización mecánica de los tableros de madera se reporta en [4]. La magnitud del módulo dinámico varía según el tipo de tablero, la especie, la dirección de medida, así como la técnica empleada en su determinación [5].

Pese a la relevancia en el campo de la ingeniería del módulo dinámico de los tableros de madera, la información técnica que define este parámetro se encuentra dispersa en la literatura. Hay escasas investigaciones que examinan diversas categorías de tableros y comparan su módulo dinámico con el de una especie de uso extenso, como es la madera de *P. pseudostrobus*. El objetivo de la investigación fue determinar los módulos dinámicos, tanto transversales como longitudinales, de la madera sólida de *P. pseudostrobus* y de tableros de madera enlistonados, contrachapados, de densidad media y de astillas orientadas.

Materiales y métodos

Se adquirieron madera aserrada de *P. pseudostrobus* y tableros comerciales a base de madera. Se elaboraron cinco grupos de 32 probetas cada uno: madera de *P. pseudostrobus* (MS), tableros enlistonados (TE), contrachapados (TC), de densidad media (TDM) y de astillas orientadas (TAO). Sus dimensiones fueron 60 cm de largo por 15 cm de ancho y con espesores de 20 cm para el *P. pseudostrobus*, 18 cm para los TE, TC, TDM y de 16 cm para los TAO. Los tableros están constituidos con madera del género *Pinus* y consolidados con resina de urea-formaldehído. La Figura 1 muestra los esquemas de la estructura de los tableros [6].

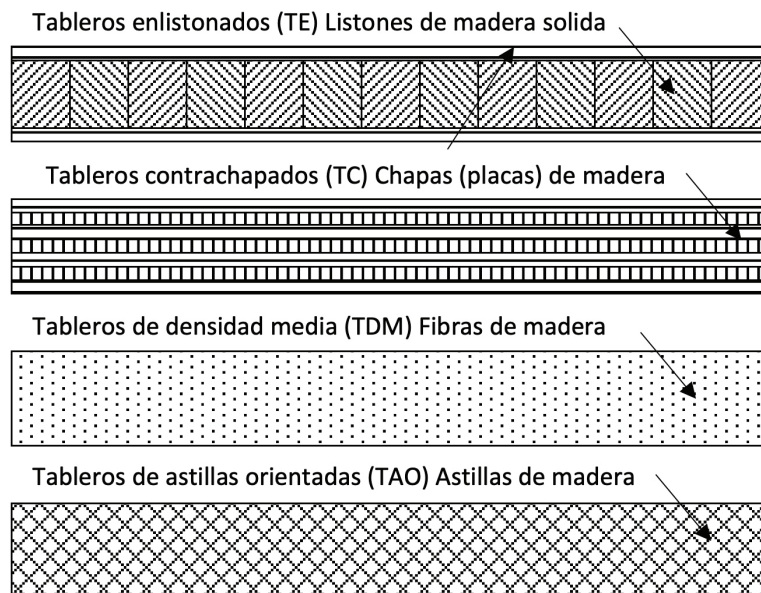


Figura 1. Esquemas de la estructura de los tableros Fuente: [6].

La determinación del contenido de humedad se basó en la diferencia de pesos observada durante el ensayo y tras su secado en horno a una temperatura de 103°C durante un período de 72 horas de acuerdo con la norma ISO 13061-1:2014 [7]. La densidad se calculó mediante la relación peso/volumen al momento del ensayo, conforme a la norma ISO 13061-2:2014 [8].

El módulo dinámico se determinó adaptando la metodología reportada por [9]. Las pruebas no destructivas se realizaron mediante la medición del tiempo de transmisión del ultrasonido utilizando el aparato Sylvatest®. Para ello, se colocaron el emisor y el receptor en los extremos

de las probetas (Figura 2). Se llevaron a cabo las mediciones en las direcciones transversal y longitudinal, con el emisor ajustado a una frecuencia de 22 kHz. Se determinó la velocidad del ultrasonido mediante el cociente de la distancia entre los sensores emisor y receptor y el tiempo registrado por el aparato. Se calculó el módulo dinámico utilizando la ecuación (1) [10]:

$$E_{us} = \rho_{CH} \times v_{us}^2 \quad (1)$$

Donde:

E_{us} = Módulo dinámico ($N\ m^{-2}$)

ρ_{CH} = Densidad ($kg\ m^{-3}$)

v_{us} = Velocidad del ultrasonido ($m\ s^{-1}$).



Figura 2. Prueba de ultrasonido en tableros contrachapados.

Resultados

Al analizar las medias de contenido de humedad de los distintos materiales, se observa una relativa homogeneidad, con valores que fluctúan entre 10 % y 12 %. La madera sólida de *P. pseudostrobus* y los tableros contrachapados presentan una media de 11 %, mientras que los tableros enlistonados registran el valor más alto (12 %) y los tableros de densidad media y de astillas orientadas el más bajo (10 %). Esta ligera variación es consistente con los procesos de fabricación y secado controlados que caracterizan a los productos derivados de madera.

En cuanto a la dispersión de estos valores, reflejada en el coeficiente de variación (CV), se identifican diferencias más notables. Los tableros de densidad media y los tableros enlistonados presentan los CV más bajos (4 %), lo que indica una mayor homogeneidad en su contenido de humedad. Por su parte, los tableros de astillas orientadas muestran el CV más alto (7 %), evidenciando una mayor variabilidad interna, posiblemente atribuible a la estructura heterogénea de sus partículas orientadas. Los valores de contenido de humedad de los tableros son deliberadamente controlados durante la fabricación, permitiendo propiedades más estables frente a la madera sólida, que depende de las condiciones ambientales [1].

Respecto a la densidad, se evidencia una variación considerable entre los diferentes materiales (Figura 3a). La madera sólida presenta una densidad media de $596\ kg\cdot m^{-3}$, mientras que los tableros enlistonados registran el valor más bajo ($319\ kg\cdot m^{-3}$), aproximadamente un 46 % inferior a la madera sólida. Este dato refleja la disposición discontinua de listones y las zonas de encolado, que reducen la compacidad del material, especialmente los tableros comerciales [6]. Por su parte, los tableros contrachapados alcanzan los $506\ kg\cdot m^{-3}$, situándose un 15 % por debajo de la madera sólida, aunque con una notable ventaja en cuanto a la homogeneidad

dimensional y estabilidad. Los tableros de densidad media y los tableros de astillas orientadas superan la densidad de la madera sólida, con $634 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ y $695 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, respectivamente. Esta mayor densidad se explica por el elevado grado de compactación y la utilización de adhesivos termo endurecibles durante su manufactura, lo que incrementa la masa por unidad de volumen.

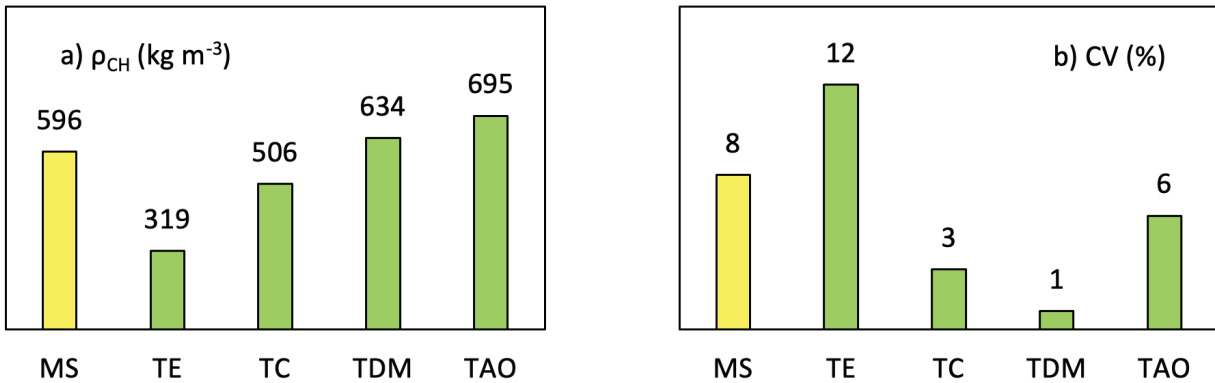


Figura 3. a) Densidades (ρ_{CH}), b) Coeficientes de variación (CV). MS = Madera sólida, TE = Tableros enlistonados, TC = Tableros contrachapados, TDM = Tableros de densidad media, TAO = Tableros de astillas orientadas.

En relación con los coeficientes de variación de la densidad (Figura 3b), los tableros de densidad media muestran el valor más bajo (1 %), revelando una excelente uniformidad, propiedad deseable para aplicaciones donde se requiere estabilidad estructural y precisión dimensional. Por el contrario, los tableros enlistonados presentan la mayor variabilidad (12 %), reflejando su carácter discontinuo y la influencia de la heterogeneidad propia de los listones de madera maciza. La baja densidad de los tableros enlistonados podría ser ventajosa en aplicaciones donde se prioriza la ligereza sobre la resistencia mecánica. La elevada homogeneidad de los tableros de densidad media respalda su uso en mobiliario de precisión y carpintería de interiores [11].

El análisis de los módulos dinámicos transversales (E_{usT}) revela diferencias significativas entre los materiales evaluados (Figura 4a). La madera sólida presenta el valor más bajo, con una media de $822 \text{ MN}\cdot\text{m}^{-2}$, mientras que los tableros contrachapados registran el E_{usT} más alto ($5694 \text{ MN}\cdot\text{m}^{-2}$), superando ampliamente a los demás materiales. Este comportamiento se atribuye a la disposición cruzada de sus láminas, que mejora notablemente la rigidez transversal del material [12].

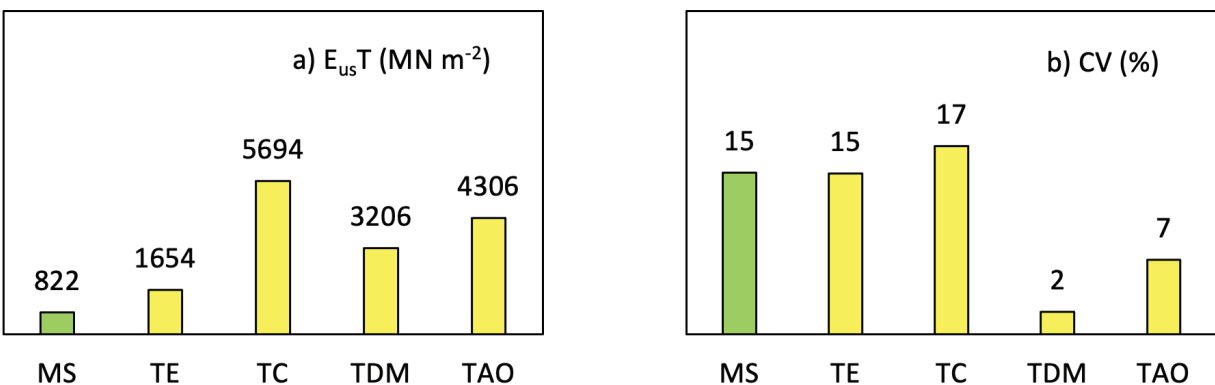


Figura 4. a) Módulos dinámicos transversales (E_{usT}), b) Coeficientes de variación (CV). MS = Madera sólida, TE = Tableros enlistonados, TC = Tableros contrachapados, TDM = Tableros de densidad media, TAO = Tableros de astillas orientadas.

Los tableros de astillas orientadas y los tableros de densidad media también presentan valores relativamente elevados, de 4306 y 3206 MN m⁻², respectivamente. En ambos casos, su estructura compuesta de partículas compactadas y adhesivos termo endurecibles favorece una respuesta mecánica más uniforme y rígida en sentido transversal, en comparación con la madera sólida [13]. Por su parte, los tableros enlistonados alcanzan un E_{us}T de 1654 MN m⁻², duplicando el valor de la madera sólida, aunque con mayor variabilidad estructural debido a la disposición discontinua de sus listones.

En cuanto a la dispersión de los valores, medida a través del coeficiente de variación, los tableros de densidad media destacan por su homogeneidad, con un CV de apenas 2 %, evidenciando un control de calidad superior en su fabricación (Figura 4b). En contraste, los tableros contrachapados exhiben el CV más alto (17 %), debido a la posible variabilidad entre las chapas empleadas y su orientación relativa.

En la dirección longitudinal, la madera sólida conserva su superioridad con un módulo dinámico longitudinal (E_{us}L) de 17960 MN m⁻², valor que supera ampliamente al resto de los materiales analizados (Figura 5a). Esta diferencia se explica por la continuidad y alineación natural de las traqueidas a lo largo del eje longitudinal, característica intrínseca de la madera maciza [14].

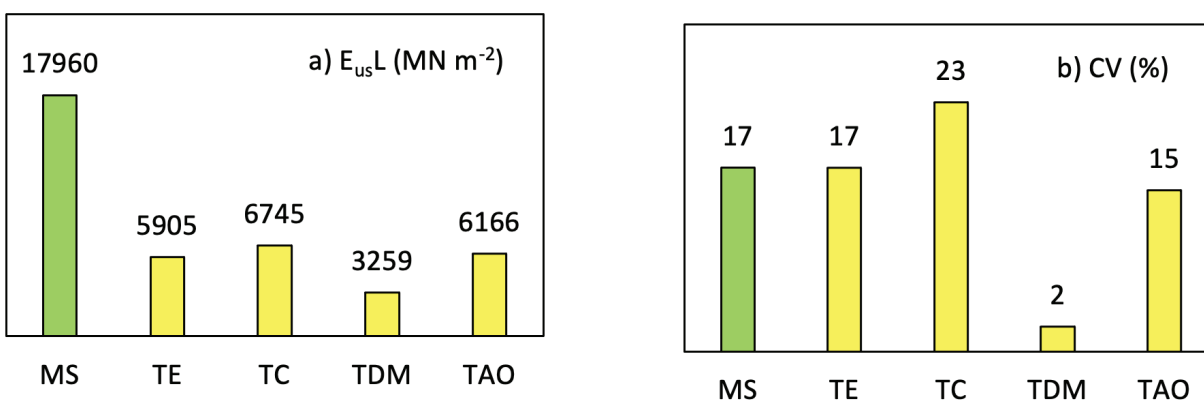


Figura 5. a) Módulos dinámicos longitudinales (E_{us}L), b) Coeficientes de variación (CV).
MS = Madera sólida, TE = Tableros enlistonados, TC = Tableros contrachapados, TDM = Tableros de densidad media, TAO = Tableros de astillas orientadas.

Entre los tableros, los contrachapados logran el segundo valor más alto (6745 MN m⁻²), gracias a su estructura laminar alternada, que aunque no iguala la rigidez de la madera sólida, sí ofrece un comportamiento mecánico aceptable y estable en ambas direcciones (Figura 5a). Los tableros de astillas orientadas y los tableros enlistonados presentan valores intermedios, de 6166 y 5905 MN m⁻², respectivamente, siendo este último inferior debido a la discontinuidad estructural de sus listones. Los tableros contrachapados y de astillas orientadas ofrecen un equilibrio entre rigidez y estabilidad dimensional, ideales para elementos estructurales sometidos a cargas bidireccionales.

Finalmente, los tableros de densidad media alcanzan el E_{us}L más bajo, con 3259 MN·m⁻², debido a la naturaleza particulada de su composición, que aunque homogénea, no permite transmitir eficientemente esfuerzos longitudinales elevados. No obstante, es destacable su excelente uniformidad (CV = 2) (Figura 5b), característica favorable para aplicaciones donde la estabilidad dimensional y la consistencia son prioritarias [15]. Estos tableros, pese a su menor rigidez, destacan por su homogeneidad, condición indispensable en mobiliario de precisión, puertas y recubrimientos interiores. Esta variabilidad puede ser contrastada por la dispersión de los valores entre la madera sólida y los tableros (Figura 6). Se observa que los agrupamientos

de los E_{usL} correspondientes a la madera sólida y a los diferentes tipos de tableros, coinciden con las magnitudes de sus coeficientes de variación. Por razones de escala en estas nubes no se visualizan los 32 datos correspondientes a cada grupo de probetas.

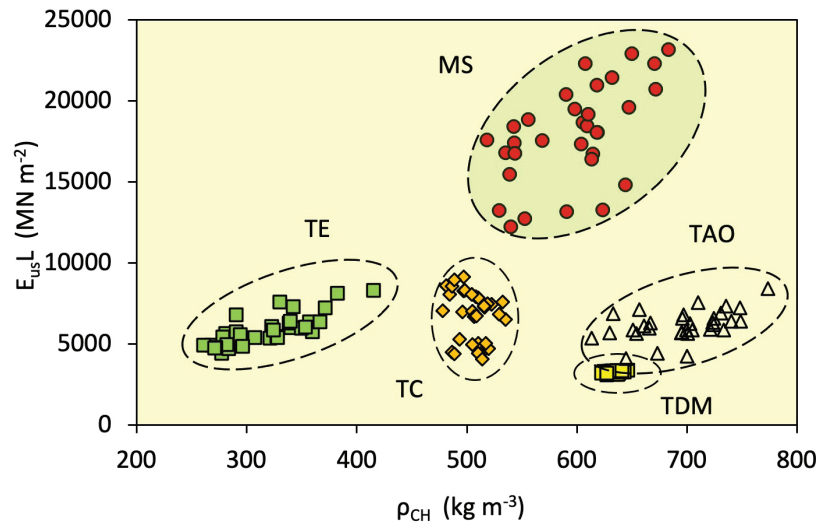


Figura 6. Dispersión de los módulos dinámicos longitudinales (E_{usL}) en función de las densidades (ρ_{CH}). MS = Madera sólida, TE = Tableros enlistonados, TC = Tableros contrachapados, TDM = Tableros de densidad media, TAO = Tableros de astillas orientadas.

El comportamiento anisotrópico de los materiales lignocelulósicos está condicionado por la dirección de sus fibras o partículas y por la disposición estructural de sus componentes. Al comparar los valores medios de los módulos dinámicos transversales y longitudinales, se aprecia una notable disparidad entre la madera sólida y los tableros derivados (Figura 7).

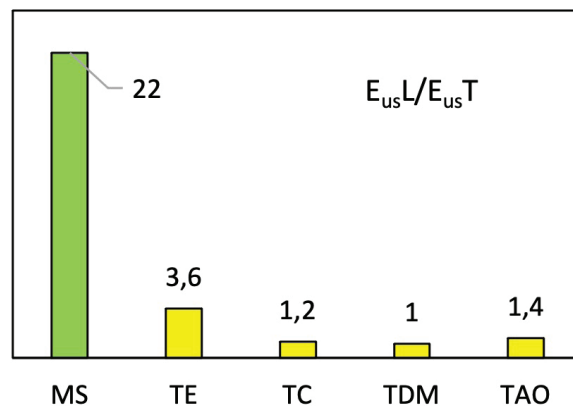


Figura 7. Anisotropías de los módulos dinámicos (E_{usL}/E_{usT}). MS = Madera sólida, TE = Tableros enlistonados, TC = Tableros contrachapados, TDM = Tableros de densidad media, TAO = Tableros de astillas orientadas.

La madera sólida exhibe una anisotropía dinámica elevada, con una relación E_{usL}/E_{usT} de 22, resultado de su estructura fibrosa alineada que ofrece gran rigidez en sentido longitudinal y limitada capacidad de carga en sentido transversal. Este comportamiento coincide con lo reportado por [16], quien describe que la madera sólida puede presentar relaciones superiores a 20 entre sus módulos dinámicos longitudinal y transversal debido a su anisotropía natural.

La anisotropía dinámica elevada de la madera sólida, aunque proporciona gran rigidez a lo largo de la fibra, puede ser desfavorable en aplicaciones donde se requieren propiedades balanceadas en distintas direcciones de carga.

En los tableros enlistonados, esta relación se reduce significativamente a 3,6, lo que refleja una menor anisotropía atribuida a la disposición alternada de los listones y a la presencia de adhesivos que mitigan las diferencias entre direcciones ortotrópicas. Este efecto de moderación de la anisotropía mediante técnicas de ensamblaje se ha documentado también en tableros laminados y tableros enlistonados.

Los tableros contrachapados y los tableros de astillas orientadas presentan relaciones E_{usL}/E_{usT} de 1,2 y 1,4, respectivamente. Estos valores evidencian un comportamiento cuasi isotrópico, especialmente en el caso de los contrachapados, donde la alternancia de capas en direcciones perpendiculares equilibra las propiedades dinámicas en ambas direcciones principales [17]. Por su parte, en los tableros de astillas orientadas, aunque las astillas están orientadas mayormente en sentido longitudinal, el efecto de la disposición multicapa y el uso de adhesivos reduce la anisotropía de forma significativa. Así, los tableros contrachapados y de astillas orientadas resultan ventajosos para sistemas estructurales de tipo bidimensional debido a su comportamiento más equilibrado.

Finalmente, los tableros de densidad media alcanzan una relación E_{usL}/E_{usT} de uno, lo que indica un comportamiento dinámico prácticamente isotrópico. Este resultado se explica por la distribución aleatoria de partículas finas en su estructura interna. Así, la homogeneidad de los tableros de densidad media proporciona propiedades elásticas muy similares en todas las direcciones. La isotropía casi perfecta de los tableros de densidad media los convierte en materiales ideales para aplicaciones en mobiliario y carpintería interior, donde la uniformidad de respuesta mecánica es prioritaria.

Conclusiones

El análisis comparativo revela que, aunque el contenido de humedad de los materiales estudiados presenta poca variabilidad en sus medias, las diferencias en la dispersión y en las densidades son significativas. Los tableros de densidad media y de astillas orientadas destacan por su alta densidad y baja variabilidad, lo que los convierte en materiales idóneos para aplicaciones estructurales y decorativas de alta estabilidad. En contraste, los tableros enlistonados, con su menor densidad y mayor variabilidad, se recomiendan para usos donde la ligereza es prioritaria.

Estos resultados coinciden con hallazgos recientes que subrayan la importancia del control de humedad y densidad en el desempeño físico-mecánico de tableros derivados. Futuras investigaciones podrían profundizar en el comportamiento higroscópico y las propiedades mecánicas bajo diferentes condiciones ambientales, así como en el desarrollo de adhesivos y tratamientos que optimicen la estabilidad dimensional de los tableros más heterogéneos.

Este análisis permite establecer que la madera sólida mantiene una superioridad significativa en cuanto al módulo dinámico longitudinal, lo que la posiciona como la opción ideal en aplicaciones donde se prioriza la resistencia a la flexión a lo largo de la fibra. No obstante, los tableros derivados, especialmente los contrachapados y los de astillas orientadas, presentan módulos dinámicos transversales y longitudinales competitivos, acompañados de una mayor estabilidad dimensional y homogeneidad estructural.

Futuras líneas de investigación podrían centrarse en optimizar la orientación y compactación de partículas en tableros de densidad media y astillas orientadas, así como en el desarrollo de adhesivos estructurales de bajo impacto ambiental que contribuyan a mejorar las propiedades dinámicas sin comprometer la sostenibilidad del producto.

Los resultados obtenidos permiten concluir que, entre los materiales evaluados, la madera sólida mantiene la anisotropía dinámica más alta, lo cual la hace apta para elementos sometidos a cargas predominantemente longitudinales. Por el contrario, los tableros contrachapados, de astillas orientadas y de densidad media presentan niveles de anisotropía notablemente menores, favoreciendo su aplicación en componentes que requieren estabilidad mecánica en múltiples direcciones.

Agradecimientos

La investigación fue financiada por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. Se agradece a los alumnos de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera (UMSNH) por su participación en los trabajos de laboratorio.

Referencias

- [1] A. N. Papadopoulos, "Advances in Wood Composites II", 1st ed. Basel: MDPI, 2020. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03943-522-7>
- [2] A. Rendón, F. Dorantes, S. Mejía, and L. Alamilla, "Características macroscópicas, propiedades y usos de la madera de especies nativas y exóticas en México", 1a ed. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2021. [Online]. Available: <https://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/15522.pdf>
- [3] J. R. Sotomayor Castellanos and I. Macedo Alquicira, "Caracterización por ultrasonido del multimaterial madera-malla-adhesivo," *Prisma Tecnológico*, vol. 16, no. 1, pp. 24–30, 2025. [Online]. Available: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/3972>
- [4] P. Niemz, W. Sonderegger, T. Keplinger, J. Jiang, and J. Lu, "Physical Properties of Wood and Wood-Based Materials," in *"Handbook of Wood Science and Technology"*, P. Niemz, A. Teischinger, and D. Sandberg, Eds. Cham: Springer, 2023. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81315-4_6
- [5] Z. Cai, C. A. Senalik, and R. J. Ross, "Mechanical properties of wood-based composite materials," in *Wood handbook. Wood as an engineering material*, Madison: Forest Products Laboratory, 2021. [Online]. Available: https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplgtr/fplgtr282/chapter_12_fpl_gtr282.pdf
- [6] J. R. Sotomayor Castellanos and I. Macedo Alquicira, "Determinación de las propiedades de higoexpansión de tableros compuestos a base de madera," *Rev. Cienc. Tecnol.*, vol. 7, no. 3, pp. 1–19, 2024. <https://doi.org/10.37636/recit.v7n3e348>
- [7] Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Part 1: Determination of moisture content for physical, ISO 13061-1:2014, 2014. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/60063.html>
- [8] Physical and mechanical properties of wood. Test methods for small clear wood specimens. Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests, ISO 13061-2:2014, 2014. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/60064.html>
- [9] J. R. Sotomayor Castellanos and E. Mendoza González, "Módulo dinámico e índice material de tableros de densidad media comparados con madera sólida de *Pinus* spp. Evaluación con pruebas no destructivas," *Temas Cienc. Tecnol.*, vol. 26, no. 76, pp. 39–45, 2022. [Online]. Available: <http://repositorio.utm.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/446/1/2022-TCyT-JRSC.pdf>
- [10] U. Dackermann, R. Li, J. Elsener, and K. Crews, "A comparative study of using static and ultrasonic material testing methods to determine the anisotropic material properties of wood," *Constr. Build. Mater.*, vol. 102, pp. 963–976, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.195>

- [11] J. Zhou, Y. H. Chui, M. Gong, et al., "Comparative study on measurement of elastic constants of wood-based panels using modal testing: choice of boundary conditions and calculation methods," *J. Wood Sci.*, vol. 63, pp. 523–538, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10086-017-1645-0>
- [12] S. Saad, A. D. Yuniarti, and S. Suhasman, "Effect of Layer Structure on Physical and Mechanical Properties of Binderless Composite Plywood," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 593, p. 012012, 2019. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/593/1/012012>
- [13] Y. Kojima, A. Sakakibara, H. Kobori, et al., "Evaluating the durability performance of wood-based panels by a non-destructive bending test," *J. Wood Sci.*, vol. 62, pp. 263–269, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10086-016-1545-8>
- [14] J. C. González, N. Santos, F. Gomes da Silva Junior, R. Santos Souza, and M. H. de Paula, "Growth ring width of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and its relationship with wood properties," *Sci. For.*, vol. 46, no. 118, pp. 309–317, 2018. <https://doi.org/10.18671/scifor.v46n120.15>
- [15] C. Guan, J. Liu, H. Zhang, X. Wang, and L. Zhou, "Evaluation of modulus of elasticity and modulus of rupture of full-size wood composite panels supported on two nodal-lines using a vibration technique," *Constr. Build. Mater.*, pp. 64–72, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.05.086>
- [16] T. Ozyhar, S. Hering, S. J. Sanabria, and P. Niemz, "Determining moisture-dependent elastic characteristics of beech wood by means of ultrasonic waves," *Wood Sci. Technol.*, vol. 47, pp. 329–341, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00226-012-0499-2>
- [17] R. de la Cruz-Carrera, A. Carrillo-Parra, J. Á. Prieto-Ruíz, F. J. Fuentes-Talavera, F. Ruiz-Aquino, and J. R. Goche-Télles, "Modulus of Elasticity in Plywood Boards: Comparison between a Destructive and a Nondestructive Method," *Forests*, vol. 15, p. 1596, 2024. <https://doi.org/10.3390/f15091596>

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

El autor declara que utilizó la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT para asistirse en la redacción de este artículo y traducción de textos. Esta herramienta le ayudó a mejorar la estructura y la claridad del texto. Los contenidos generados por la IA fueron revisados minuciosamente por él para asegurar precisión y coherencia con el objetivo del estudio.