

## EXPERIENCIAS CUBANAS EN EL DESARROLLO DE TABLEROS DE ASERRÍN-CEMENTO

Autores:

Rojas, Mederico<sup>1</sup>, Puig, R<sup>2</sup>., Verdecia, U<sup>3</sup>., Manzanares, K<sup>4</sup>., La O, J<sup>5</sup>., González, Y<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Investigador-colaborador de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de La Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, Cuba. E-mail: [mederico2025@gmail.com](mailto:mederico2025@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Politécnica de La Habana, CUJAE, Cuba

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Agroforestales, Cuba

<sup>4</sup>Instituto Cubano de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba

<sup>5</sup>Empresa de Construcciones La Habana, Cuba

<sup>6</sup>Empresa Nacional de Ingeniería Aplicada, Cuba

2019

### Resumen

Los tableros madera-cemento fabricados con residuos maderables representan tecnologías de interés en las soluciones de problemas de construcción de viviendas, ambientales, económicos y sociales. El objetivo del trabajo es mostrar las experiencias cubanas en el desarrollo de tableros de aserrín-cemento, para lo cual se emplearon aserrines de las especies maderables *Pinus maestrensis* Bisse y *Pinus Caribaea* var. *Caribaea*, cemento Portland P 350, el aditivo químico Cloruro de Calcio y los aditivos minerales zeolita y ceniza de cáscara de arroz, con dosificaciones de aserrín-cemento, por peso, de 1:2; 1:25; 1:2,75 y 1:3 en diferentes tratamientos. A las muestras de los tableros elaborados se les evaluaron probetas acorde a varias normas técnicas cubanas e internacionales, a las que se les caracterizaron sus propiedades físicas y mecánicas: densidad, absorción de agua, dilatación, contenido de humedad, velocidad del sonido, resistencia a la flexión y a la compresión. La evaluación de los datos obtenidos demuestra que las dosificaciones de aserrín-cemento de 1:2 y 1:2,75 son las más aptas para la construcción de pisos, techos y muros ya que cumplen las especificaciones de los patrones internacionales. Se concluyó que la dosificación del 10% de sustitución de cemento por ceniza de cáscara de arroz brindó los mejores resultados, demostrando la factibilidad de producción de tableros de aserrín-cemento con ceniza de cáscara de arroz. Los costos materiales de los tableros de aserrín-cemento fueron inferiores a otros elementos constructivos de pared, validando su empleo para la construcción y rehabilitación de viviendas sociales, reafirmando como los nuevos materiales alternativos de construcción, demandándose maquinarias para su fabricación.

Palabras claves: aserrín-cemento, tableros, construcción, viviendas

## **Introducción**

La población mundial está en constante crecimiento y demanda un permanente bienestar habitacional, por lo que; la demanda de recursos naturales utilizados como materiales de construcción es cada vez mayor. Este problema toma dimensiones alarmantes y se acentúa con el paso del tiempo, especialmente en los países del tercer mundo.

El Ministerio de la Construcción de Cuba, informó al cierre del 2016 que el déficit habitacional en el país es de 883050 viviendas, incrementándose en 30000 con respecto al año anterior. Todos las provincias incrementan la pérdida de la capacidad habitacional debido al deterioro de los inmuebles (Hernández, 2017).

Las soluciones constructivas modernas acuden al uso de tableros estructurales y no estructurales, existiendo soluciones técnicas que permiten la elaboración de tableros con elementos lignocelulósicos mezclados con adhesivos inorgánicos y materiales aglomerantes, como el cemento Portland. Los tableros aserrín–cemento, como material constructivo le son solicitados parámetros que concuerden con exigencias de resistencia mecánica (Garcés, 2006).

Haciéndose necesario investigar sobre nuevos materiales alternativos para dar solución a este problema. Por otra parte, la abundante disponibilidad de recursos biológicos, en forma de desechos, estimula el desarrollo de nuevos materiales constructivos, como los tableros y paneles madera-cemento, los cuales abarcan una amplia gama de aplicaciones en la construcción y con un alto impacto positivo en el medio ambiente.

La experiencia cubana en el desarrollo de tableros de aserrín-cemento, a partir de los desechos maderables y el cemento Portland como aglutinante, es el objetivo de este trabajo, donde han intervenido investigadores y estudiantes de las Universidad de Granma y la Universidad Politécnica de La Habana y del Instituto de Investigaciones Forestales.

Los tableros de aserrín-cemento desarrollados están a nivel de muestras con caracterizaciones físico-mecánicas, teniendo por delante la fabricación industrial y sus usos como material alternativo en la construcción de viviendas sociales en Cuba.

## **Desarrollo**

Las experiencias en el desarrollo de los tableros de aserrín-cemento se exponen en resúmenes de forma cronológica. Se anexan fotos de los tableros aserrín-cemento desarrollados en Cuba.

**TABLEROS DE ASERRÍN-CEMENTO DE *PINUS CARIBAEA* MORELET FABRICADOS CON MATERIAL DE RALEO. 2009 (1)**

Los compuestos mineralizados fabricados con insumos reciclados de origen agroindustrial representan una corriente constructiva contemporánea que ha despertado el interés en la solución de los problemas del déficit de la vivienda. Cuba, no escapa de la delicada situación del insuficiente fondo habitacional provocado por la incidencia de las restricciones económicas del período especial y por la incidencia en los últimos años de eventos meteorológicos. El objetivo del trabajo es evaluar el procedimiento de la transferencia de tecnología de tableros de aserrín-cemento a escala de laboratorio utilizando material de

raleo. Se realizaron paneles (tableros) de tres capas y de 19 mm de espesor y 1200 kg/m<sup>3</sup> de densidad nominal y una superficie de 2025 cm<sup>2</sup>, desarrollados por el sistema Bison-Werke con un diseño trifactorial con una corrida de 27 experimentos. Se realizaron ensayos de caracterización física y la prueba del módulo de ruptura a la flexión estática a las diferentes dosificaciones del plan experimental. Se determinó que la aplicación de aditivos químicos resultó una variable significativa para el mejoramiento de la resistencia a la flexión estática. La evaluación de los datos obtenidos demuestra que las dosificaciones de aserrín-cemento de 1:2 y 1:2,75 son aptas para aplicaciones en pisos, techos y muros ya que cumplen las especificaciones de los patrones internacionales. Estos resultados representarían una solución de cubierta importante para casos de reconstrucción de espacios habitacionales emergentes, en situaciones críticas como los desastres naturales.

#### CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL PANEL ASERRÍN-CEMENTO. 2010 (2)

El trabajo realizado tenía como objetivo caracterizar las propiedades mecánicas, resistencia a la flexión y a la compresión de las probetas de aserrín-cemento. En la investigación se empleó el método experimental, desde la elaboración de las probetas hasta la realización de los ensayos de caracterización. Las probetas se elaboraron con aserrín de *Pinus maestrensis* Bisse de dos granulometrías: 2,38 y 4,76 mm, en tres tratamientos, cemento Portland P350 y agua. La dosificación de aserrín-cemento diseñada fue de 1:3 por el peso. Las probetas ensayadas se correspondieron con la NC 175 y sus resultados comparados con los parámetros de resistencia que exige la norma. Los resultados de la investigación demostraron que las probetas elaboradas con las dos granulometrías de aserrín al 50% cada una cumplió con los parámetros de resistencia para la tipología I y sobre cumplió, los de la tipología 2 con valores de resistencia a la compresión de 3,40 y 3,48 MPa respectivamente, demostrando su aplicabilidad en la construcción como material alternativo.

#### VALORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PANELES DE ASERRÍN-CEMENTO EN EL ASERRÍO "LA PEDRERA" DE LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL GRANMA. 2011 (3)

El trabajo se realizó con el objetivo de valorar la producción de paneles (tableros) de la mezcla de aserrín-cemento a partir del aserrín de *Pinus maestrensis* Bisse, el cual genera ineficiencia en el aprovechamiento integral de la especie en el aserrío "La Pedrera" de la Empresa Forestal Integral Granma. Para lo cual se estimaron los volúmenes de madera en trozas y de la madera aserrada; seguidamente se clasificó el aserrín según su granulometría y determinó su contenido humedad. Se diseñó la dosificación aserrín-cemento y elaboraron los paneles a través de un flujo tecnológico que inició en la mezcla de los componentes, la preparación del molde y su llenado, prensado, curado y endurecimiento del panel. La caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras se basaron en las Normas Cubanas, las propiedades físicas evaluadas fueron: densidad, contenido de humedad, absorción de agua y dilatación del espesor; y las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión y a la flexión. La dosificación del panel aserrín-cemento 1:3 mostró valores de las propiedades físico-mecánicas superiores a las dosificaciones que contenían menos cemento. La evaluación de los paneles demostró que sus valores cumplen con los requisitos establecidos por la NC 175 y que los volúmenes de aserrín generados en el aserrío satisfacen la producción de paneles aserrín-cemento.

#### EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL PANEL MADERA-BAMBÚ CON CEMENTO EN GRANMA, 2012 (4)

Los compuestos madera-bambú-cemento fabricados con residuos maderables representan tecnologías con interés en la solución de problemas ambientales, económicos y sociales. El objetivo del trabajo fue evaluar la resistencia a la flexión de los paneles (tableros) madera-bambú-cemento con dosificaciones aserrín-cemento (1:2,75 y 1:3) utilizando como materia prima el aserrín de *Pinus maestrensis* Bisse generado en el aserrado de la madera y el aserrín de la especie *Bambusa Vulgaris* generado en el proceso mecánico de los tableros de bambú. Los aserrines se clasificaron y secaron, determinándose su contenido de humedad. El diseño de la dosificación aserrín-cemento incluyó variantes de diferentes contenidos de madera, bambú y cemento, con los cuales se elaboraron muestras de varios paneles (tableros) a través de un flujo tecnológico que incluyó la preparación de las mezclas, el prensado y secado de las muestras. Para la caracterización físico-mecánica de las muestras se realizaron ensayos físicos y uno mecánico. El valor de la resistencia a la flexión fue mayor con la dosificación de madera-bambú-cemento de 1:3. El impacto económico del panel refleja ser más efectivo que el de una pared de ladrillos de barro.

#### EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL PANEL MADERA-CEMENTO EN LA PROVINCIA GRANMA, 2013 (5)

Los compuestos madera-cemento fabricados con residuos maderables representan tecnologías con interés en la solución de problemas ambientales, económicos y sociales. El trabajo se desarrolló en el aserrío "La Pedrera" y Laboratorio del MICONS en Bayamo y su objetivo fue evaluar las propiedades físico-mecánicas de los paneles (tableros) de aserrín-cemento con diferentes dosificaciones de madera y cemento (1:2,5 y 1:3), utilizando como materia prima el aserrín de la madera de la especie *Pinus maestrensis* Bisse generado en el aserrado. Los materiales empleados en la elaboración de los paneles fueron aserrín y cemento Portland, el aditivo químico Cloruro de Calcio y el aditivo mineral zeolita. Las probetas fueron elaboradas en moldes, caracterizadas a través de ensayos físico-mecánicos a los 28 días, empleándose una máquina universal para determinar las resistencias a la flexión y a la compresión. A los paneles se les determinaron sus propiedades físicas y mecánicas, densidad, absorción de agua, dilatación, contenido de humedad, resistencia a la flexión y a la compresión. Los resultados obtenidos con la dosificación aserrín-cemento 1:3 reflejaron valores superiores en las resistencias a la flexión y a la compresión que en la dosificación 1:2,5 y a los establecidos por la norma cubana NC 173:2002 y por tener costos materiales inferiores a otros materiales y cumplir con los requisitos exigidos validaron su empleo en la elaboración de paneles para la construcción de muros no portantes en viviendas sociales.

#### EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL TABLERO ASERRÍN (*PINUS MAESTRENSIS* BISSE)-CEMENTO (PORTLAND P-350. 2013 (6)

Los tableros de aserrín-cemento fabricados con residuos maderables representan tecnologías con interés en la solución de problemas ambientales, económicos y sociales. El objetivo del trabajo fue evaluar la resistencia a la flexión de los tableros madera-cemento con diferentes dosificaciones de aserrín y cemento (1:2 y 1:2,75), utilizando como materia prima el aserrín de

la madera *Pinus maestrensis* Bisse generado en el aserrado. Los materiales empleados en la elaboración de los tableros fueron aserrín, cemento Portland y los aditivos químicos Cloruro de Calcio y SRC-20, además el aditivo mineral zeolita. A los tableros de aserrín-cemento se les determinaron sus propiedades físicas, densidad, absorción de agua, dilatación, contenido de humedad, y la mecánica, resistencia a la flexión, a través de ensayos físico-mecánicos. Se lograron las caracterizaciones de las propiedades físicas y mecánica de los tableros en sus ocho tratamientos, las cuales presentaron similitud con otros tipos de tableros de aserrín-cemento. Los resultados obtenidos con la dosificación aserrín-cemento, 1:2,75, reflejaron valores superiores en la resistencia a la flexión que en la dosificación 1:2. Los costos materiales fueron inferiores a otros elementos constructivos, validando su empleo en la construcción como tableros para la rehabilitación de viviendas sociales.

#### EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN Y LOS PARÁMETROS TECNOLÓGICOS DE PRODUCCIÓN SOBRE LOS VALORES DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL TABLERO ASERRÍN (*PINUS CARIBAEA* VAR. *CARIBAEA*)-CEMENTO PORTLAND P-35). 2018 (7)

Los tableros de aserrín-cemento fabricados con residuos maderables representan tecnologías con interés en la solución de problemas ambientales, económicos y sociales. El objetivo del trabajo fue evaluar la resistencia a la flexión de los tableros de aserrín-cemento para una dosificación de aserrín y cemento (1:2,75), utilizando como materia prima el aserrín de la madera *Pinus Caribaea* var. *Caribaea* generado en la carpintería. Los materiales empleados en la elaboración de los tableros fueron aserrín, cemento Portland y el aditivo químico Cloruro de Calcio. A los tableros de aserrín-cemento se les determinaron sus propiedades físicas, densidad, absorción de agua, dilatación, contenido de humedad, y las mecánicas, resistencia a la flexión y resistencia a tracción perpendicular a través de ensayos físico-mecánicos. Se lograron las caracterizaciones de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros en sus ocho tratamientos, las cuales presentaron similitud con otros tipos de tableros maderamento. Los resultados obtenidos con la dosificación aserrín-cemento 1:2,75; reflejaron valores superiores en la resistencia a la flexión que otras investigaciones consultadas. Los costos materiales fueron inferiores a otros elementos constructivos, validando su empleo en la construcción como tableros para la rehabilitación de viviendas sociales.

#### PRODUCCIÓN DE TABLEROS MADERA-CEMENTO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEMENTO POR CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ. 2019 (8)

La abundante disponibilidad de recursos biológicos en forma de desechos maderables y minerales en forma de ceniza estimula la búsqueda de nuevos materiales alternativos para suplir la demanda de materiales de construcción para la vivienda, definiéndose como objetivo principal de la investigación evaluar la producción de tableros de aserrín-cemento que cumplan con los estándares nacionales e internacionales con sustitución parcial de cemento por ceniza de cáscara de arroz. El aserrín empleado se correspondió a la especie *P. Caribaea* var. *Caribaea*, con una granulometría de 2,38 mm el 30%, de 0,59 mm el 35% y de 0,297 mm el 35%, el cemento Portland (P-35) y la ceniza de cáscara de arroz. Fueron elaboradas probetas 4x4x16 cm para los ensayos físicos y mecánicos, las cuales se ensayaron en una prensa hidráulica. La dosificación, por el peso, empleada fue 1 (aserrín): 2,75 (cemento), el diseño del experimento presentó una constante de un factor: (dosificación) y cinco niveles de

ceniza de cáscara de arroz (0, 5, 10,15 y 20%) de la masa del cemento. A las muestras evaluadas a los 7 y 28 días se les caracterizaron las propiedades físicas: densidad, absorción de agua, dilatación, contenido de humedad, resistividad eléctrica y velocidad del ultrasonido y se observó un comportamiento acorde al contenido de ceniza. Se evidenció que la resistencia a la flexión y la resistencia a la compresión de las probetas con ceniza obtuvieron los mayores valores que la muestra patrón. Se concluyó que la dosificación del 10% de sustitución de cemento por ceniza brindó los mejores resultados, demostrando la factibilidad de producción de tableros de aserrín-cemento con ceniza de cáscara de arroz.

### **Conclusiones**

Las investigaciones realizadas en Cuba para el desarrollo de tableros de aserrín-cemento demostraron su factibilidad técnica y económica del empleo de los desechos maderables generados en los aserríos y carpinterías, los cuales al aglutinarse con cemento Portland y aditivos minerales como la zeolita y la ceniza de cáscara de arroz conforman tableros idóneos para ser empleados en la construcción de viviendas sociales, donde los costos materiales de los tableros fueron inferiores a otros elementos constructivos de pared, validando su empleo para la construcción, reafirmando como los nuevos materiales alternativos de construcción, demandándose maquinarias para su fabricación.

## Bibliografía

1. Álvarez, Y. VALORACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE PANELES DE ASERRÍN-CEMENTO EN LA UNIDAD EMPRESARIAL DE BASE "LA PEDRERA" DE LA EMPRESA FORESTAL INTEGRAL GRANMA. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Universidad de Granma. 2011
2. Aslan, M. (2007). Construction material produced mixing wood, cement, and water
3. Beraldo, A. L. (2009). Compuestos biomasa vegetal y cemento
4. Cohen (2008). A New Taxonomy of Wood Products
5. D. Velázquez, A. M. V. C., J. Rodríguez. Posibilidades de aprovechamiento de Biomasa Forestal (Parte II). Determinación de la compatibilidad con cemento de la madera de seis especies forestales
6. Eusebio, D., Soriano, F. 2022. Manufacture of low-cost Wood cement composites in the Philippines using plantation grow Australian species. II Acacias ACIAR Proceeding of Workshop of Wood cement Composites in the Asia-pacific region, Camberra-160 p.
7. Fan, M. 1997. Dimensional instability of cement-bonded particleboard. /Idaho/: Inorganic Bonded Wood and Fibres Composite Materials. Vol 5 –162 p.
8. Furquet, D. EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL PANEL MADERA-CEMENTO EN LA PROVINCIA GRANMA. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal) Universidad de Granma. 2013(5)
9. González, Y. PRODUCCIÓN DE TABLEROS MADERA-CEMENTO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEMENTO POR CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Civil) Universidad Politécnica de La Habana. 2019 (8)
10. Hernández, L. (Julio 2017). La vivienda a pesar de los esfuerzos, es un tema por resolver. Periódico Granma
11. La O Gavilán, J. EVALUACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN Y LOS PARÁMETROS TECNOLÓGICOS DE PRODUCCIÓN SOBRE LOS VALORES DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL TABLERO ASERRÍN (*PINUS CARIBAEA* VAR. *CARIBAEA*)-CEMENTO PORTLAND P-35). Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Civil) Universidad Politécnica de La Habana. 2018 (7)
12. M, Da Silva Bertolini, A. M. D. S., C. De Campos, T.H. Panzera. (2014). "Wood-Cement Composites from Wastes of Pinus Sp. Wood: Effect of Particles Treatment".
13. M. Novoa Galeano, L. D. B. L., María Paula Vásquez Piñero and (2016). La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero
14. Manzanares, K., Velázquez, D., Sosa, M. TABLEROS MINERALIZADOS DE *PINUS CARIBAEA* MORELET FABRICADOS CON MATERIAL DE RALEO. Instituto de Investigaciones Forestales, DEFORST. 2009 (1)
15. Martínez, O. DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL TABLERO ASERRÍN (*PINUS MAESTRENSIS* BISSE)-CEMENTO (PORTLAND P-350) Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal) Universidad de Granma. 2013 (6)
16. Moslemi A.A., Lim Y, T. (1984). Compatibility of southern hardwoods with Portland cement. Forest Products Journal, 34 (7/8), 22-26.
17. NC EN 310: 2003. Tableros de partículas y tableros de fibras. Módulo de elasticidad y resistencia a flexión
18. NC EN 317: 2003. Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la dilatación del espesor después de inmersión en agua
19. NC EN 322: 2003. Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la humedad
20. NC EN 323: 2003. Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la densidad

21. Rodríguez, Y. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL PANEL MADERA-BAMBÚ CON CEMENTO EN GRANMA. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal) Universidad de Granma. 2012 (4)
22. Rojas, M., Conversión de los desechos generados en los aserraderos y carpinterías en paneles aserrín-cemento. 5to Congreso Forestal de Cuba. La Habana, 2011
23. Rojas, M., Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del tablero madera (*Pinus maestrensis* Bisse) - cemento (Portland P-350). Fórum de Ciencia y Técnica. Bayamo, 2014
24. Rojas, M., Verdecia, U. CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL PANEL ASERRÍN-CEMENTO. Fórum de Ciencia y Técnica Universidad de Granma. 2010 (2)
25. Sotelo, R. C. (2013). La industria de los productos aglomerados

Anexo. Fotos de los tableros aserrín-cemento desarrollados en Cuba



Figura 1. Tableros de aserrín-cemento. 2009 (1)

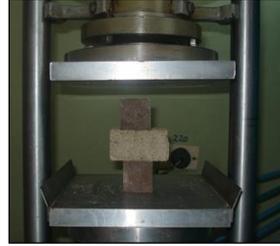


Figura 2. Caracterización mecánica del panel aserrín-cemento. 2010 (2)



Figura 3. Tablero de aserrín-cemento. 2011 (3)



Figura 4. Tablero de aserrín madera-bambú-cemento. 2012 (4)



Figura 5. Panel de aserrín-cemento con zeolita. 2013 (5)



Figura 6. Tablero de aserrín-cemento con zeolita. 2013 (6)



Figura 7. Tablero de aserrín-cemento. 2018 (7)



Figura 8. Tablero de aserrín-cemento con ceniza de cáscara de arroz. 2019 (8)