

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i2.341>

## **Optimización de tableros de estopa de coco para aplicaciones industriales: evaluación de propiedades físicas y cumplimiento de normas**

*Optimization of Coconut Tow Boards for Industrial Applications: Evaluation of Physical Properties and Standards Compliance*

**Cristian Xavier Espín Beltrán**

[cristian.espin@utc.edu.ec](mailto:cristian.espin@utc.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-8642-9670>

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas  
Universidad Técnica de Cotopaxi UTC  
Latacunga, Ecuador

**Nicolas Javier Crisanto**

[nicolas.crisanto1197@utc.edu.ec](mailto:nicolas.crisanto1197@utc.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-8352-0644>

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas  
Universidad Técnica de Cotopaxi UTC  
Latacunga, Ecuador

*Artículo recibido: 20 agosto 2024 - Aceptado para publicación: 26 septiembre 2024*  
*Conflictos de intereses: Ninguno que declarar*

### **RESUMEN**

El estudio abordó el desarrollo de una alternativa sostenible para la fabricación de tableros, utilizando estopa de coco como material principal. Los objetivos se centraron en seguir un proceso estandarizado, investigar los requisitos de la norma NTE INEN 3110 y realizar pruebas de laboratorio para evaluar la viabilidad del material. La metodología incluyó la mezcla de estopa de coco con resina de poliuretano en diferentes proporciones, seguida de la fabricación de probetas y pruebas de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, hinchazón por humedad, resistencia al arranque de superficie y cohesión interna. Los resultados revelaron que los tableros fabricados con estopa de coco cumplen en su mayoría con los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 3110 en cuanto a resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y cohesión interna. La estopa de coco muestra su potencial como material alternativo para la fabricación de tableros.


*Palabras claves:* estopa, coco, tableros, conglomerados, INEN

### **ABSTRACT**

Summary The study addressed the development of a sustainable alternative for the manufacture of boards, using coconut tow as the main material. The objectives focused on following a standardized process, investigating the requirements of the NTE INEN 3110 standard, and

conducting laboratory tests to assess the viability of the material. The methodology included the mixture of coconut tow with polyurethane resin in different proportions, followed by the manufacture of specimens and tests of flexural strength, modulus of elasticity, moisture swelling, resistance to surface tearing and internal cohesion. The results revealed that the boards made with coconut tow mostly meet the requirements established in the NTE INEN 3110 standard in terms of flexural strength, modulus of elasticity and internal cohesion. Coconut tow shows its potential as an alternative material for the manufacture of boards, adjustments are required to ensure its full compatibility with reference standards and to improve its feasibility in practical applications.

*Keywords:* tow, coconut, boards, conglomerates, INEN

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

## INTRODUCCIÓN

La estopa de coco es un subproducto natural derivado del procesamiento del coco, que se obtiene al separar la fibra contenida en la cáscara del fruto. Este material, además de ser abundante y renovable, cuenta con una serie de propiedades físicas y químicas que lo hacen atractivo para múltiples aplicaciones en sectores como la agricultura, la jardinería y la industria. Entre sus características destacadas se incluyen su alta capacidad de retención de agua y nutrientes, su excelente porosidad, su resistencia mecánica, así como su biodegradabilidad, lo que lo convierte en una opción sostenible y respetuosa con el medio ambiente [1].

Dentro de la industria, la estopa de coco ha encontrado un nicho significativo en la fabricación de tableros. Estos tableros, que se producen mediante la aglutinación de partículas de estopa con adhesivos bajo la aplicación de presión y calor, se perfilan como una alternativa ecológica a los tableros de madera convencionales. Este tipo de material compuesto presenta diversas ventajas en términos de versatilidad y coste, lo que lo hace ideal para aplicaciones en la construcción, la fabricación de mobiliario, la decoración de interiores y otros sectores industriales. Además, su facilidad de manejo y su menor impacto ambiental en comparación con materiales tradicionales, como la madera o derivados sintéticos, lo posicionan como un candidato prometedor para cumplir con los requisitos de sostenibilidad y eficiencia en un mundo cada vez más orientado hacia prácticas industriales responsables [2].

Por tanto, la utilización de la estopa de coco para la fabricación de tableros no solo responde a la necesidad de explorar alternativas sostenibles, sino que también contribuye a la reducción de la dependencia de los recursos forestales, impulsando una menor deforestación y promoviendo prácticas de producción más respetuosas con los ecosistemas naturales. Esto, a su vez, genera nuevas oportunidades económicas para las comunidades rurales involucradas en el cultivo y procesamiento del coco, fomentando el desarrollo económico local y la generación de empleo en áreas donde los recursos naturales, como la estopa de coco, son abundantes pero subutilizados [3].

Para asegurar la calidad, seguridad y rendimiento de los tableros fabricados en Ecuador, se ha implementado la norma NTE INEN 3110, la cual establece los requisitos técnicos que deben cumplir los tableros de partículas no revestidos. Esta normativa toma como base la norma europea EN 309, pero ha sido adaptada al contexto ecuatoriano mediante la incorporación de criterios adicionales, como la resistencia al fuego y la regulación del contenido de formaldehído, aspectos de gran relevancia en la protección de la salud pública y la seguridad estructural dentro del país. Estas especificaciones buscan garantizar que los productos manufacturados cumplan con estándares internacionales y se adapten a las particularidades del mercado ecuatoriano, brindando mayor confianza a los consumidores y usuarios [4] [5].

A pesar de la existencia de esta normativa, se ha identificado una notable falta de utilización de la estopa de coco como materia prima en la fabricación de tableros en Ecuador. Esto representa una significativa oportunidad desaprovechada para el uso de un recurso natural que es abundante, renovable y económico. Incorporar la estopa de coco en la producción industrial no solo permitiría reducir la dependencia de recursos forestales, aliviando la presión sobre los bosques nativos, sino que también fomentaría la creación de empleo e ingresos para las comunidades rurales que dependen del cultivo y procesamiento de coco. Al mismo tiempo, la estopa de coco ofrece una alternativa ecológica, más sostenible y competitiva frente a los materiales tradicionales, como la madera, lo que refuerza su atractivo tanto en términos económicos como ambientales [6].

Por tanto, es imperativo analizar y evaluar las propiedades físicas de los tableros fabricados a partir de estopa de coco, con el objetivo de determinar su viabilidad como un material de construcción sostenible que cumpla con los estrictos requisitos de la norma ecuatoriana NTE INEN 3110. Este análisis no solo ayudaría a validar el potencial de la estopa de coco como sustituto de materiales convencionales, sino que también proporcionaría una base técnica para su integración en la industria de la construcción.

El uso de la estopa de coco como materia prima en la fabricación de tableros no solo es de gran relevancia desde una perspectiva ambiental, sino también desde una óptica social y económica [7]. Este material contribuye de manera significativa a la conservación de los recursos naturales, al promover prácticas industriales más sostenibles, y juega un papel clave en la mitigación del cambio climático. Además, el desarrollo de una industria basada en la estopa de coco puede impulsar el desarrollo rural, generando empleo y nuevos ingresos para las comunidades locales involucradas en el cultivo del coco. Al cumplir con la norma NTE INEN 3110, los tableros fabricados a partir de estopa de coco también garantizarían una calidad óptima y ofrecerían las seguridades necesarias para los consumidores y usuarios finales, consolidando así una opción segura, sostenible y económica dentro del mercado ecuatoriano [8].

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

En este documento, se implementó un diseño cuasi-experimental con el objetivo de evaluar rigurosamente los requisitos establecidos en la normativa NTE INEN 3110. Esta norma regula la calidad y eficiencia de los tableros fabricados con estopa de coco en condiciones que simulan aplicaciones reales. A través de este enfoque, se busca realizar ensayos de laboratorio comparativos entre los tableros de estopa de coco y aquellos fabricados con materiales convencionales. El diseño cuasi-experimental es ideal para este tipo de estudio, ya que permite una evaluación precisa en escenarios que simulan el uso real del material, lo cual es clave para medir su viabilidad en la industria de la construcción sostenible [9].

Este diseño es particularmente efectivo cuando no es posible controlar todas las variables externas, como ocurre en entornos reales de uso. En lugar de manipular cada variable, este método

proporciona una comprensión más completa y holística del desempeño del tablero en diversas condiciones. En el contexto de esta investigación, los ensayos no solo permitirán probar la resistencia mecánica, elasticidad y cohesión de los tableros de estopa de coco, sino que también compararán su durabilidad y sostenibilidad frente a materiales industriales tradicionales, lo que constituye una importante ventaja para validar su uso en la construcción moderna [10].

El objetivo primordial de este diseño es establecer relaciones causales entre las variables investigadas y comprobar las hipótesis formuladas en cuanto al rendimiento de los tableros de estopa de coco. De esta forma, se busca no solo validar su capacidad de cumplir con los estándares técnicos establecidos en la NTE INEN 3110, sino también demostrar que pueden representar una alternativa eficiente y ecológica a los materiales convencionales. Este enfoque, además, proporciona datos valiosos para la toma de decisiones en futuras aplicaciones industriales, aportando un conocimiento más profundo sobre las potencialidades del uso de materiales renovables y sostenibles como la estopa de coco.

La investigación descriptiva fue la metodología más apropiada para el estudio de las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco, ya que permitió un análisis detallado y sistemático de sus características fundamentales como resistencia, densidad, y absorción de agua. Este enfoque permitió no solo describir detalladamente las propiedades del material, sino también compararlas con las de otros materiales convencionales utilizados en la construcción, proporcionando una perspectiva integral sobre la viabilidad de la estopa de coco como un recurso sostenible en aplicaciones industriales [11].

Mediante la investigación descriptiva, se llevaron a cabo una serie de pruebas específicas que permitieron obtener mediciones cuantitativas y cualitativas, las cuales fueron esenciales para evaluar el comportamiento de los tableros bajo diferentes condiciones de uso. Los análisis de resistencia mecánica, por ejemplo, ayudaron a determinar la capacidad del material para soportar cargas, mientras que los ensayos de densidad y absorción de agua ofrecieron información valiosa sobre la durabilidad y estabilidad dimensional de los tableros cuando están expuestos a condiciones climáticas adversas [12].

Además, este enfoque descriptivo permitió seguir rigurosamente los pasos del método científico, desde la formulación del problema de investigación hasta la recopilación de datos, su análisis e interpretación, y finalmente la comunicación de los resultados obtenidos. Esto garantizó no solo la validez y confiabilidad de los resultados, sino también su aplicabilidad práctica en escenarios de la vida real. La descripción detallada de los datos obtenidos a través de estas pruebas ayudó a proporcionar una comprensión exhaustiva del comportamiento físico de los tableros de estopa de coco, consolidando su potencial como un material de construcción respetuoso con el medio ambiente.

Durante la fase de pruebas y análisis de laboratorio, se adoptó un enfoque analítico riguroso para medir las propiedades físicas de los tableros fabricados con estopa de coco. Estas

propiedades, consideradas como variables dependientes, incluyeron parámetros clave como la densidad, resistencia mecánica, absorción de agua, hinchamiento por humedad, entre otros. Cada uno de estos parámetros fue evaluado de acuerdo con procedimientos específicos diseñados para obtener mediciones precisas y confiables, proporcionando una base sólida para la interpretación de los resultados.

En primer lugar, la densidad de los tableros fue medida para determinar la compactación y estructura del material, lo cual es crucial para evaluar su durabilidad y resistencia en condiciones de uso real. Asimismo, la resistencia se evaluó aplicando cargas controladas a los tableros para medir su capacidad de soportar tensiones sin romperse, un indicador clave de su viabilidad en aplicaciones de construcción.

Otro parámetro esencial fue la absorción de agua, que mide la capacidad del material para resistir la penetración de líquidos, lo que es crucial en ambientes donde la humedad puede comprometer la integridad del tablero. Además, se realizó un análisis de hinchamiento por humedad, evaluando cómo el material se expande al absorber agua, una propiedad que puede afectar negativamente la estabilidad dimensional del tablero en condiciones climáticas adversas.

Finalmente, se aplicó el método comparativo, que consistió en contrastar los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en la norma NTE INEN 3110, la cual regula los requisitos de calidad y eficiencia para tableros de partículas no revestidos en Ecuador. Esta comparación permitió verificar si los tableros de estopa de coco cumplen con las especificaciones establecidas en dicha norma. En particular, se evaluaron aspectos como la resistencia a la flexión, el módulo de elasticidad, y la cohesión interna, parámetros que son fundamentales para determinar la idoneidad del material en aplicaciones industriales.

Este enfoque dual, que combina análisis analítico y comparativo, proporcionó una evaluación exhaustiva de la viabilidad de los tableros de estopa de coco, permitiendo identificar sus fortalezas y áreas de mejora en relación con los estándares normativos. A través de estos procedimientos, se logró una comprensión más profunda del potencial de la estopa de coco como un material alternativo sostenible para la construcción, contribuyendo al desarrollo de prácticas industriales más responsables con el medio ambiente.

En función de lo previamente dicho, se establecieron los siguientes pasos para desarrollar el proyecto de la investigación:

- El primer paso consistió en la recopilación de datos numéricos precisos, esenciales para la caracterización de las propiedades físicas de los tableros de estopa de coco. Se emplearon instrumentos de medición específicos, como balanzas para determinar la masa de los tableros, calibradores para medir con precisión el espesor, y prensas para aplicar cargas y medir la resistencia mecánica. Estas herramientas garantizaron la obtención de datos consistentes y replicables que sirvieron como base para los análisis posteriores.

- Para garantizar que los resultados fueran confiables y reproducibles, se implementaron protocolos rigurosos de acuerdo con la normativa aplicable, en este caso, la norma NTE INEN 3110. Durante la fabricación de los tableros, se aseguraron condiciones controladas, como la proporción adecuada de estopa de coco y adhesivos, así como los parámetros precisos de temperatura y presión en el proceso de fabricación. Además, se siguieron procedimientos estrictos durante las pruebas de laboratorio para minimizar cualquier variabilidad externa y asegurar la precisión de las mediciones.
- Una vez recopilados los datos, se llevó a cabo un análisis estadístico exhaustivo para interpretar los resultados. Los datos fueron organizados en tablas y gráficos que facilitaban la visualización de las tendencias y comportamientos de los tableros bajo diferentes condiciones de prueba. Se calcularon indicadores clave, como el módulo de elasticidad, la resistencia a la flexión, y la absorción de agua, entre otros. Estos indicadores fueron esenciales para comparar los resultados con los estándares de calidad establecidos en la norma NTE INEN 3110 y evaluar la viabilidad del material en aplicaciones industriales.
- Además, se aplicaron técnicas matemáticas y modelos estadísticos para calcular promedios, desviaciones estándar y realizar análisis comparativos entre diferentes proporciones de estopa de coco y resina utilizadas en los tableros. Estas herramientas estadísticas permitieron extraer conclusiones precisas sobre la efectividad del material y la posibilidad de su optimización.

Las técnicas de investigación aplicadas en el presente proyecto fueron seleccionadas cuidadosamente para garantizar un análisis completo y detallado de las propiedades de los tableros fabricados con estopa de coco, cumpliendo con los estándares de calidad y sostenibilidad. La fabricación de los tableros fue realizada bajo un protocolo definido y controlado para asegurar la consistencia en la producción. Se utilizaron proporciones precisas de estopa de coco y resinas, lo que permitió experimentar con diferentes formulaciones para optimizar las propiedades del producto final. El proceso incluyó la trituración de la estopa, su mezcla con aglutinantes (como cola o resina de poliuretano), y el prensado a alta presión para garantizar la compactación adecuada. Adicionalmente, se controlaron las condiciones de temperatura y humedad durante el proceso de secado, lo que resultó fundamental para la calidad estructural de los tableros.

Se realizó una exhaustiva revisión documental basada en la norma NTE INEN 3110, que regula los requisitos técnicos que deben cumplir los tableros de partículas no revestidos en Ecuador. Esta revisión permitió conocer los criterios de calidad, resistencia y durabilidad que deben cumplir los tableros de estopa de coco para ser considerados viables en el mercado. Además de la norma NTE INEN 3110, se tomaron en cuenta otras normativas internacionales relevantes (como la norma EN 309) para realizar una comparación entre las regulaciones locales y globales, identificando las oportunidades de mejora y adecuación a nivel normativo.



Los tableros fabricados fueron sometidos a una serie de pruebas de laboratorio rigurosas para evaluar sus propiedades físicas y mecánicas. Entre los ensayos realizados, se incluyeron pruebas de resistencia a la flexión, densidad, absorción de agua, hinchamiento por humedad y cohesión interna. Estos ensayos permitieron medir cómo se comportan los tableros bajo condiciones de uso real y si cumplen con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 3110. Además, estas pruebas proporcionaron información crítica para mejorar el proceso de fabricación, optimizando la relación entre estopa de coco y resina para alcanzar los mejores resultados en términos de durabilidad y resistencia [13].

Para la fabricación de tableros se desarrolló.

- El primer paso consistió en cortar la estopa de coco en trozos pequeños y uniformes utilizando una máquina trituradora industrial o herramientas manuales, como tijeras de alta resistencia. Este proceso fue crucial para garantizar la uniformidad del material y facilitar su mezcla con los aglomerantes. El tamaño uniforme de las partículas también influye en la compactación y cohesión interna de los tableros.
- A continuación, se mezcló la estopa de coco con un aglomerante, que puede ser cola, resina de poliuretano, o cemento, en las proporciones adecuadas para garantizar la estabilidad del tablero. Para lograr precisión en las cantidades, se utilizó una balanza digital y un recipiente adecuado para la mezcla. Esta etapa es fundamental para obtener una adhesión adecuada entre las partículas de coco y garantizar que el tablero tenga la resistencia estructural deseada.
- La mezcla obtenida se colocó en un molde rectangular, con las dimensiones previamente definidas según el diseño experimental. Posteriormente, se aplicó una prensa hidráulica o un rodillo para compactar el material y asegurar que el tablero tuviera una densidad uniforme. Este proceso de compactación es vital para eliminar espacios vacíos y mejorar la cohesión interna, aumentando la resistencia y durabilidad del producto final.
- Después de la compactación, el tablero se dejó secar en un lugar ventilado y a temperatura ambiente por un tiempo determinado, dependiendo del aglomerante utilizado. Para acelerar el secado, se utilizó un horno o una secadora industrial, manteniendo una temperatura controlada para no dañar la estructura del tablero. Este proceso garantiza que el aglomerante cure correctamente y el tablero adquiera las propiedades mecánicas necesarias.
- Una vez seco, el tablero fue desmoldado cuidadosamente para evitar deformaciones. Luego, se procedió a lijar su superficie, utilizando una lija manual o una máquina lijadora, con el fin de alisar el tablero y eliminar cualquier imperfección. Este acabado es importante no solo para mejorar la estética del tablero, sino también para garantizar que esté libre de irregularidades que puedan comprometer su integridad estructural.



- Finalmente, este proceso se repitió para cada tablero fabricado, variando las proporciones de estopa de coco, aglomerante, y los tratamientos aplicados según el diseño experimental. Esto permitió evaluar el rendimiento del material bajo distintas condiciones y optimizar su formulación para obtener los mejores resultados.

Para llevar a cabo la revisión documental y las pruebas de laboratorio en este proyecto, se estableció un proceso meticuloso basado en el uso de la norma NTE INEN 3110 como principal instrumento de referencia para garantizar que los tableros cumplieran con los estándares establecidos. A continuación, se detalla el proceso de revisión y análisis en fases, asegurando la precisión y calidad de los resultados obtenidos:

- La norma NTE INEN 3110 fue tomada como base fundamental para la evaluación de los tableros, ya que establece los requisitos y especificaciones técnicas que estos deben cumplir en términos de calidad, resistencia y seguridad. Además, se revisaron normativas complementarias, como la norma EN 309 (norma europea), para comparar los estándares internacionales con los nacionales y así identificar las mejores prácticas aplicables a los tableros de estopa de coco [14].
- Durante la revisión, se analizaron detalladamente las secciones clave de la norma, como los criterios de flexión, cohesión interna, absorción de agua, y resistencia mecánica. Esto permitió establecer los parámetros técnicos que los tableros debían cumplir, y se empleó esta información para guiar las fases posteriores de pruebas de laboratorio y análisis comparativo.
- Los tableros fabricados fueron llevados al laboratorio y etiquetados cuidadosamente con un código o un nombre único para facilitar su identificación y clasificación. Este paso fue fundamental para diferenciar los grupos experimentales según las proporciones de estopa de coco y aglomerantes utilizados, así como las diferentes condiciones a las que se sometieron los tableros.
- Se seleccionaron equipos y dispositivos especializados para medir las propiedades físicas de los tableros. Entre estos equipos se incluyeron:
  - Balanza digital, para medir con precisión la masa de cada tablero.
  - Calibrador, para medir el espesor de los tableros.
  - Prensa hidráulica, utilizada para aplicar presión controlada y medir la resistencia mecánica de los tableros.
  - Dinamómetro, para realizar pruebas de tracción.
  - Termómetro e higrómetro, para controlar las condiciones ambientales durante las pruebas, ya que factores como la temperatura y la humedad pueden afectar el comportamiento del material.
- Se llevaron a cabo las pruebas de laboratorio siguiendo estrictamente los protocolos establecidos en la norma NTE INEN 3110. Cada tablero fue sometido a pruebas que

incluyeron la medición de: masa, espesor, resistencia a la flexión y tracción, absorción de agua e hinchamiento.

- Una vez recopilados los datos, se realizó un análisis exhaustivo utilizando técnicas estadísticas y matemáticas. Se calcularon indicadores como el módulo de elasticidad, la resistencia a la flexión y la cohesión interna, los cuales fueron comparados con los valores de referencia de la norma NTE INEN 3110.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Fabricación de tableros de estopa de coco**

Luego de preparar los moldes con medidas uniformes, se procedió a rellenarlos con las proporciones específicas de estopa de coco y resina para el proceso de fabricación de los tableros. Las proporciones de estopa y resina utilizadas fueron de 50-50, 60-40 y 70-30, lo que significa que, en la primera mezcla, se utilizó una cantidad igual de estopa de coco y resina, mientras que en las siguientes combinaciones, la cantidad de estopa se redujo progresivamente y se incrementó la proporción de resina [15].

Para asegurar la precisión del proceso, se establecieron marcadores para cada molde, detallando la cantidad de estopa utilizada en gramos, y el volumen correspondiente de resina agregada. Estas mediciones fueron clave para controlar la composición del tablero y permitir una evaluación detallada de cómo las variaciones en la proporción de los materiales afectan las propiedades físicas y mecánicas del producto final.

Las figuras 1 y 2 muestran visualmente los moldes rellenos con la mezcla de estopa y resina en proporciones de 50-50 y 70-30, respectivamente. En ambas imágenes, se observa el proceso de llenado y la disposición de la mezcla en el molde rectangular, antes de proceder a la compactación y secado. En la Figura 1, el molde contiene cantidades iguales de estopa y resina, lo que proporciona un equilibrio entre rigidez y flexibilidad. Por otro lado, en la Figura 2, el molde presenta una mayor cantidad de resina (70%) en relación a la estopa (30%), lo que se espera que incremente la resistencia a la flexión y reduzca la absorción de agua, pero podría influir en el costo y en el peso del tablero final.

Este enfoque experimental, utilizando diferentes proporciones de estopa y resina, permite evaluar cuál de estas combinaciones proporciona el mejor balance entre resistencia, durabilidad y sostenibilidad, siendo cada variación fundamental para obtener datos sobre el desempeño de los tableros de estopa de coco en condiciones de uso real.

### Figura 1

*Relleno de molde de estopa con resina (50-50)*



### Figura 2

*Relleno de molde de estopa con resina (70-30)*



En cuanto a la aplicación de las resinas para la fabricación de los tableros, se siguió un proceso meticuloso para garantizar la homogeneidad y consistencia del producto final. En primer lugar, los elementos A y B de la resina se mezclaron cuidadosamente en un recipiente, como se observa en la Figura 3, donde la mezcla de resina en proporción 50-50 fue medida con precisión usando una balanza digital. Esta mezcla precisa es esencial para asegurar una correcta adhesión de la estopa de coco en los tableros, proporcionando las propiedades mecánicas necesarias para su desempeño estructural.

Una vez preparada la resina, el siguiente paso fue su vertido en los moldes que ya contenían la estopa de coco. En la Figura 4, se aprecia el proceso de vaciado de la resina en los moldes, donde la resina es distribuida de manera uniforme sobre la estopa de coco. Este proceso debe realizarse con cuidado para asegurar que toda la mezcla esté bien impregnada con la resina, lo que mejora la cohesión interna y la resistencia a la flexión del tablero. Además, la correcta proporción entre estopa y resina es crucial para equilibrar las propiedades físicas, como la durabilidad y la resistencia al hinchamiento por humedad, evitando defectos en la estructura del tablero.

Este proceso de mezcla y vertido es fundamental en la fabricación de tableros de alta calidad, ya que garantiza que las propiedades físicas, como la densidad y la absorción de agua, cumplan con los estándares establecidos por normativas como la NTE INEN 3110, asegurando un material resistente y viable para su uso en la construcción.

### Figura 3

*Mezclado de los elementos de resina a 50-50*



### Figura 4

*Vertido del mezclado de resina en los moldes*



Una vez que los moldes fueron correctamente rellenos con la mezcla de estopa de coco y resina, se procedió a sellar cada uno de los moldes para garantizar que el material no se desplace ni pierda su forma durante el proceso de prensado. Posteriormente, se aplicó una fuerza hidráulica de acuerdo con los parámetros definidos en la metodología del proyecto. Estos parámetros incluyeron la cantidad de presión aplicada, el tiempo de prensado, y la temperatura del entorno, elementos clave para lograr la compactación adecuada del material y asegurar que las partículas de estopa quedaran bien cohesionadas con la resina.

El prensado hidráulico es un paso crucial en la fabricación de tableros, ya que determina la densidad, resistencia y estabilidad dimensional del producto final. Durante este proceso, la fuerza aplicada ayuda a eliminar cualquier vacío o porosidad en la mezcla, lo que mejora la cohesión interna del tablero y aumenta su resistencia a factores como la flexión y el desgaste por uso continuo. Este proceso es representado en la Figura 5, donde se observa cómo la presión uniformemente aplicada garantiza que el material adquiera las propiedades mecánicas necesarias para cumplir con los estándares de calidad.

La correcta aplicación de la fuerza hidráulica también influye en otros aspectos, como la absorción de humedad y la resistencia al hinchamiento, características importantes para tableros que serán utilizados en ambientes de alta humedad o exposición a agua. El proceso de prensado, por lo tanto, no solo ayuda a formar el tablero en su dimensión final, sino que también optimiza sus propiedades mecánicas y estructurales, garantizando un material de alta durabilidad y rendimiento.

## Figura 5

### *Aplicación de fuerza hidráulica sobre los moldes*



Una vez alcanzada la compresión óptima del material, los moldes fueron asegurados firmemente en su lugar para evitar cualquier desplazamiento de las fuerzas hidráulicas que pudieran comprometer la calidad del tablero. Este paso es fundamental para garantizar que la compactación sea uniforme y que no se altere la forma o las propiedades físicas del material antes de su proceso de curado térmico.

Posteriormente, los moldes fueron cuidadosamente removidos de la prensa hidráulica y trasladados a un horno de secado, donde permanecieron durante 60 minutos a una temperatura controlada superior a 60°C. Este proceso térmico permite que la resina cure correctamente y que el tablero adquiera la resistencia y estabilidad necesarias. Es importante destacar que la ventilación adecuada fue mantenida durante todo el proceso de secado para evitar la acumulación de vapor o humedad excesiva, lo que podría afectar negativamente la cohesión interna del material o producir deformaciones indeseadas.

El secado a esta temperatura controlada y con ventilación contribuye no solo a optimizar las propiedades mecánicas del tablero, sino también a mejorar su durabilidad y resistencia en condiciones de uso real. El control preciso del tiempo y la temperatura de secado es clave para garantizar que los tableros cumplan con los estándares de calidad, minimizando el riesgo de defectos como fisuras o fragilidad que podrían surgir de un proceso de curado inadecuado. Este proceso, ilustrado en la Figura 6, es esencial para obtener un material sólido, homogéneo y listo para las pruebas de laboratorio posteriores, en las que se evaluará su desempeño bajo diversas condiciones.

## Figura 6

### *Moldes en horno*



## **Fabricación de probetas**

Después de retirar los moldes del horno y permitir que el material se reposara para que terminara de enfriarse y estabilizarse, se procedió a desplazar cuidadosamente las tapas de los moldes para liberar los tableros sin comprometer su integridad estructural. Este paso fue fundamental para asegurar que los tableros mantuvieran su forma compacta y que no ocurrieran deformaciones o fisuras debido a la manipulación indebida.

Una vez extraído el tablero final, se inició el proceso de fabricación de probetas, siguiendo las medidas específicas previamente definidas en la metodología del proyecto. Estas probetas, de forma rectangular, se cortaron con precisión para garantizar que fueran representativas y permitieran evaluar las propiedades físicas y mecánicas del material en ensayos posteriores. Las probetas son esenciales para llevar a cabo pruebas como la resistencia a la flexión, la cohesión interna y la absorción de agua, proporcionando datos cruciales para verificar si los tableros cumplen con los estándares de calidad establecidos.

El corte de las probetas se realizó utilizando herramientas especializadas para asegurar bordes limpios y uniformes, minimizando cualquier variabilidad en las mediciones que pudiera afectar los resultados de los ensayos. Estas probetas, como se muestra en la Figura 7, fueron el punto de partida para una serie de pruebas de laboratorio que determinaron las características de rendimiento del material bajo diferentes condiciones. Este proceso garantiza que cada tablero fabricado pueda ser evaluado de manera objetiva, contribuyendo al desarrollo de un material sostenible y resistente para la industria de la construcción.

### **Figura 7**

*Moldes en horno*



Cada uno de los tableros fabricados fue identificado de manera única, utilizando números romanos marcados en su superficie para distinguir entre las diferentes proporciones de resina y estopa de coco empleadas en su fabricación. Esta identificación fue esencial para llevar un control detallado del origen de cada tablero, permitiendo un análisis comparativo preciso entre las distintas mezclas y sus respectivas propiedades físicas. Los números romanos facilitaron la trazabilidad de cada muestra durante las pruebas de laboratorio y permitieron organizar los datos de manera eficiente.

Una vez identificados, se procedió a generar las probetas necesarias mediante un corte específico siguiendo las dimensiones establecidas en la metodología del proyecto. El corte de las probetas se realizó con herramientas de alta precisión para asegurar que cada una mantuviera las



dimensiones uniformes y necesarias para las pruebas mecánicas. Esto es crucial, ya que cualquier variación en las dimensiones podría afectar los resultados de las pruebas y generar datos inconsistentes.

En la Figura 8, se observa el proceso de corte de las probetas, donde se aprecia cómo las piezas son preparadas para los posteriores ensayos de laboratorio, que incluirán pruebas de resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, y cohesión interna, entre otros parámetros. Este paso es fundamental para garantizar que cada probeta sea representativa del tablero original, lo que permitirá obtener datos confiables sobre las características de los tableros fabricados con estopa de coco y resina, y asegurar que cumplen con los estándares de calidad y rendimiento.

### **Figura 8**

*Corte de probetas*



Finalmente, todos los tableros fabricados fueron pesados individualmente utilizando una balanza de precisión para obtener los datos exactos de masa de cada uno. Este paso es crucial para iniciar la recolección de datos físicos que permitirá calcular una serie de parámetros clave, como la densidad y el espesor, necesarios para evaluar la calidad y el rendimiento del material en diferentes aplicaciones industriales. La masa de cada tablero es uno de los indicadores más importantes, ya que influye directamente en las propiedades mecánicas y estructurales del producto, como su resistencia a la flexión y su capacidad de carga.

Este pesaje también facilita la comparación entre los diferentes tableros fabricados con diversas proporciones de estopa de coco y resina. Los datos de masa recolectados sirven como base para los cálculos posteriores de resistencia a la compresión, hinchamiento por humedad, y absorción de agua, entre otros. Todos estos datos fueron registrados minuciosamente en hojas de cálculo para garantizar la trazabilidad y consistencia de los resultados experimentales.

En la Figura 9, se muestra el proceso de pesaje de los tableros, destacando la importancia de este paso en la validación de las propiedades físicas del material. Este control riguroso asegura que cada muestra cumple con las especificaciones establecidas y proporciona una base sólida para realizar comparaciones con los estándares definidos en la norma NTE INEN 3110. El análisis de estos datos permitirá evaluar si los tableros fabricados con estopa de coco son una alternativa viable y sostenible frente a los materiales tradicionales en la construcción y otras aplicaciones industriales.



**Figura 9**  
*Corte de probetas*



## **Aplicación de ensayos sobre probetas**

### **Ensayo de flexión**

Una vez obtenidas las probetas, se procedió a extraerlas cuidadosamente y a acondicionarlas en las dimensiones necesarias, respetando las proporciones previamente establecidas en la metodología experimental. Las probetas fueron ajustadas en máquinas especializadas para llevar a cabo los ensayos de flexión, los cuales evalúan la resistencia del material ante fuerzas aplicadas que tienden a doblar o deformar el tablero.

Cada probeta fue preparada de manera precisa para garantizar que los ensayos reflejaran de manera exacta las propiedades del material, tomando en cuenta las relaciones de proporción entre la estopa de coco y la resina utilizadas en su fabricación. Este proceso es fundamental para obtener resultados consistentes y para evaluar cómo las diferentes proporciones de los componentes afectan la capacidad del material para resistir deformaciones bajo carga.

En la Figura 10, se puede observar cómo las probetas fueron acondicionadas y posicionadas en la máquina de ensayos de flexión. Este equipo aplica una carga gradual en un punto específico de la probeta, permitiendo medir la cantidad de deformación que el material puede soportar antes de romperse o alcanzar su límite elástico. Los resultados obtenidos de este ensayo proporcionan datos críticos, como el módulo de elasticidad y la resistencia a la flexión, que son indicadores clave de la calidad estructural del material.

Este tipo de ensayo es crucial para verificar si los tableros de estopa de coco cumplen con los estándares de resistencia establecidos por la norma NTE INEN 3110, y si son adecuados para su uso en aplicaciones donde se requiere una alta resistencia mecánica, como en la construcción o la fabricación de mobiliario. Además, los datos obtenidos permiten comparar las distintas proporciones de mezcla utilizadas en la fabricación de los tableros, identificando la combinación óptima para maximizar las propiedades de flexión y durabilidad.

**Figura 10**  
*Corte de probetas*



Luego de preparar las probetas, cada una fue colocada cuidadosamente en la máquina de ensayos de flexión, siguiendo de manera estricta las indicaciones del fabricante y el manual de operación del equipo para garantizar que el posicionamiento fuera exacto. Este paso fue crucial para asegurar que las probetas estuvieran correctamente alineadas y fijadas en la máquina, ya que cualquier desajuste podría alterar los resultados del ensayo y comprometer la validez de los datos obtenidos.

Cada probeta fue asegurada firmemente en el soporte de la máquina de manera que la carga aplicada se distribuyera uniformemente sobre el área de interés. Esto permitió medir con precisión cómo las diferentes proporciones de estopa de coco y resina afectan la resistencia a la flexión del material. La máquina aplicó una carga progresiva en el centro de la probeta, simulando condiciones de estrés real que los tableros podrían experimentar en su aplicación práctica.

Como se ilustra en la Figura 11, el ensayo se llevó a cabo bajo condiciones controladas, lo que permitió registrar parámetros críticos como la carga máxima soportada antes de la falla, el módulo de elasticidad y la deformación que experimenta el material antes de fracturarse. Estos resultados proporcionan información fundamental para determinar si los tableros fabricados cumplen con los requisitos de calidad y resistencia especificados por la norma NTE INEN 3110 y son adecuados para aplicaciones industriales.

Además, este ensayo permitió establecer comparaciones entre las diferentes probetas según sus proporciones de mezcla, identificando cuáles configuraciones proporcionan una mejor relación entre resistencia, flexibilidad y durabilidad, lo cual es clave para optimizar el uso de estopa de coco como un material alternativo y sostenible en la fabricación de tableros.

### **Figura 11**

*Colocación de probetas en máquina de ensayos de flexión*



Con todas las probetas debidamente colocadas en la máquina de ensayos, se procedió a iniciar las pruebas para cada una de ellas, conforme a las distintas proporciones de mezclado de estopa de coco y resina. La máquina, equipada con sensores de alta precisión, fue programada para aplicar una carga progresiva y medir con exactitud la deformación y la carga soportada por cada probeta antes de alcanzar su punto de ruptura. Este proceso generó una serie de datos que fueron registrados en tiempo real y presentados en el monitor conectado a la máquina de ensayos.

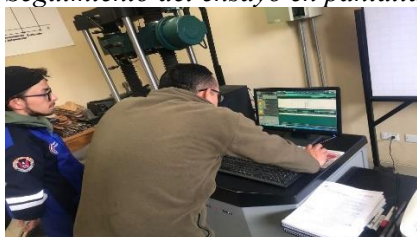
Cada ensayo arrojó una serie de parámetros clave, incluyendo la carga máxima, el módulo de elasticidad, y el punto de falla del material. Estos datos fueron cruciales para evaluar el rendimiento mecánico de los tableros fabricados con distintas proporciones de estopa y resina, permitiendo determinar cuál combinación proporciona el equilibrio óptimo entre resistencia, flexibilidad y durabilidad.

Las Figuras 12 y 13 ilustran los resultados del ensayo tal como se reflejan en el monitor de la máquina, mostrando en gráficos cómo las probetas responden a la aplicación de carga. Los gráficos permiten visualizar de manera clara el comportamiento de cada probeta bajo tensión, lo que facilita la interpretación de los resultados y la comparación entre las diferentes proporciones de mezcla utilizadas en la fabricación de los tableros.

Estos ensayos no solo aportan datos críticos para validar la viabilidad del uso de estopa de coco en la fabricación de tableros industriales, sino que también ofrecen información fundamental para futuras optimizaciones del proceso, asegurando que los materiales desarrollados cumplan con los estándares de calidad y resistencia establecidos en la norma NTE INEN 3110. Además, este análisis detallado ayuda a identificar qué configuraciones de mezcla son las más prometedoras para aplicaciones específicas, como la construcción o la fabricación de muebles.

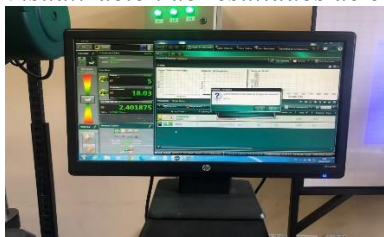
### **Figura 12**

*Seguimiento del ensayo en pantalla*



### **Figura 13**

*Visualización de resultados de ensayos en pantalla*



### **Ensayo de tracción**

Luego de completar los ensayos de flexión, el equipo fue reconfigurado para realizar el ensayo de tracción, ajustando cuidadosamente los parámetros de funcionamiento de la máquina para adaptarse a las condiciones específicas de este nuevo tipo de prueba. Este ajuste incluyó la calibración de la máquina para medir las fuerzas de estiramiento aplicadas a las probetas, lo que permitió evaluar la resistencia del material a la tracción.

Las probetas fueron posicionadas nuevamente en la máquina, siguiendo un procedimiento preciso para asegurar su alineación y evitar cualquier error en la distribución de la carga. Este

paso es crucial para garantizar que las fuerzas de tracción se apliquen uniformemente a lo largo de la longitud de la probeta. A medida que la máquina aplicaba la fuerza de estiramiento, las probetas experimentaron un aumento gradual en la tensión, lo que generó datos clave sobre la elongación del material y su punto de ruptura bajo fuerzas de tracción.

En las Figuras 14 y 15, se observa el proceso de estiramiento de las probetas, donde el equipo generó un estiramiento controlado para evaluar cómo el material responde a este tipo de esfuerzo. Los resultados obtenidos de este ensayo proporcionaron información valiosa sobre el módulo de tracción y la ductilidad de los tableros, lo que complementa los datos de los ensayos de flexión para ofrecer una imagen completa de las propiedades mecánicas del material.

Estos ensayos de tracción son fundamentales para determinar si los tableros fabricados con estopa de coco y resina tienen la resistencia estructural necesaria para aplicaciones donde el material podría estar sometido a fuerzas de tracción, como en la construcción de paneles o estructuras ligeras. Además, los resultados obtenidos en este ensayo permiten realizar ajustes adicionales en la composición y el proceso de fabricación, optimizando el desempeño del material en función de sus propiedades mecánicas bajo diferentes tipos de carga.

#### **Figura 14**

*Ajuste de probetas para el ensayo de tracción*



#### **Figura 15**

*Visualización de resultados de tracción en pantalla*



### **Recolección y discusión de resultados**

Finalmente, fueron tabulados los diferentes resultados arrojados por los ensayos realizados, a partir de la tabla 3.7; habiendo establecido como criterio técnico, cada una de las siguientes formulaciones basadas en las normativas NTE INEN 3110 y EN 323, para obtener los parámetros de acuerdo a la siguiente serie de fórmulas específicas, dependiendo del caso:

### **Fórmula para determinar resistencia a la flexión**

$$\sigma_{flexión} = \frac{3L^3 F}{2bd^2} \quad (1)$$

F= carga aplicada.

L= longitud de barra.

b= ancho de barra.

d= espesor.

### **Fórmula para determinar módulo de flexión**

$$E_{flexión} = \frac{L^3 F}{4bd^3\delta} \quad (2)$$

F= carga aplicada.

L= longitud de barra.

b= ancho de barra.

d= espesor.

$\delta$ = deflexión.

### **Fórmula para determinar cohesión interna**

$$\sigma_{máx} = \frac{F}{A} \quad (3)$$

F= carga aplicada.

A= área de cara de barra (base x altura).

### **Fórmula para determinar la hinchazón por grosor**

$$absorción(\%) = \frac{p_{final} - p_{inicial}}{p_{inicial}} \times 100 \quad (4)$$

P. final= peso final.

P. inicial= peso inicial.

### **Fórmula para determinar la densidad**

$$\rho = \frac{m}{b_1 \cdot b_2 \cdot t} \times 10^5 \quad (5)$$

m= peso de la probeta en m.

b1= longitud de la barra.

b2= ancho de la barra.

t= espesor de la barra.

### **Resolución de fórmulas para muestra de 50%-50%**

De acuerdo a cada una de las fórmulas previamente descritas, a continuación, fueron desarrollados los cálculos, aplicando las mismas, para el caso de la muestra con proporción 50%-50%:

Resistencia a la flexión:

$$\sigma_{flexión} = \frac{3L^3F}{2bd^2}$$
$$\sigma_{flexión} = \frac{3 \times 90mm^3 \times 45N}{2 \times 30mm \times 11mm^2}$$
$$\sigma_{flexión} = 1.67 \text{ N/mm}^2$$

Módulo de flexión:

$$E_{flexión} = \frac{L^3F}{4bd^3\delta}$$
$$E_{flexión} = \frac{90mm^3 \times 45N}{4 \times 30mm \times 11mm^3 \times 25mm}$$
$$E_{flexión} = 8.22 \text{ N/mm}^2$$

Cohesión interna:

$$\sigma_{máx} = \frac{F}{A}$$
$$\sigma_{máx} = \frac{60N}{11mm \times 30mm}$$
$$\sigma_{máx} = 0.182 \text{ N/mm}^2$$

Hinchazón por grosor:

$$absorción \text{ de agua (\%)} = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{peso inicial}} \times 100$$
$$absorción \text{ de agua (\%)} = \frac{15g - 125g}{125g} \times 100$$
$$absorción \text{ de agua (\%)} = 20\%$$

Densidad del material:

$$\rho = \frac{m}{b1 * b2 * t} \times 10^5$$
$$\rho = \frac{125g}{30mm * 90mm * 11mm} \times 10^5$$
$$\rho = 421 \text{ kg/m}^3$$

### Representación de tablas de las proporciones de los tableros

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos realizados para las diferentes proporciones de mezcla de estopa de coco y resina de poliuretano (50-50, 60-40 y 70-30). Estas tablas detallan los parámetros clave medidos en los ensayos, como el peso, densidad, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, hinchazón en grosor, y cohesión interna de los tableros fabricados.

Tabla 1 (50-50): Los tableros con una mezcla equitativa de estopa de coco y resina presentan una resistencia moderada a la flexión (1,67 N/mm<sup>2</sup> a 1,82 N/mm<sup>2</sup>) y cohesión interna (entre 7,01 N/mm<sup>2</sup> y 9,72 N/mm<sup>2</sup>). Sin embargo, presentan un hinchamiento del 20%, lo que

indica una alta absorción de humedad, lo que puede comprometer su durabilidad en ambientes húmedos.

Tabla 2 (60-40): Al incrementar la proporción de resina, se observó una mejora en la resistencia a la flexión (1,90 N/mm<sup>2</sup> a 2,12 N/mm<sup>2</sup>) y en la cohesión interna (entre 11,08 N/mm<sup>2</sup> y 17,34 N/mm<sup>2</sup>). Además, el hinchamiento por humedad se redujo significativamente al 12%, lo que sugiere una mayor estabilidad en condiciones de humedad.

Tabla 3 (70-30): Esta proporción mostró los mejores resultados en términos de resistencia a la flexión (2,16 N/mm<sup>2</sup> a 2,27 N/mm<sup>2</sup>) y cohesión interna (hasta 22,06 N/mm<sup>2</sup>), con un hinchamiento en grosor de solo el 6%, lo que indica una excelente resistencia a la absorción de agua. Esto sugiere que aumentar la cantidad de resina mejora las propiedades mecánicas y la durabilidad, aunque a un mayor costo material.

**Tabla 1.**

*Relación de resultados de ensayos*

Relación de mezcla estopa-resina: 50%-50%											
Muestra	Peso (g)	Peso probeta húmeda	Espesor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Fuerza aplicada (N)	Deflexión (mm)	Resistencia a la flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad de flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Hinchazón en grosor (%)	Fuerza aplicada (N)	Cohesión interna (N/mm <sup>2</sup> )
1	125	150	11	421	45	25	1,67	0,182	20%	60	8,22
2	118	143	11	397	47	27	1,75	0,179	21%	59	7,95
3	132	157	11	444	43	28	1,6	0,188	19%	62	7,01
4	130	155	11	438	49	23	1,82	0,185	19%	61	9,72
Promedio	126	151	11	425	46	26	1,71	0,183	20%	61	8,22
Mínimo	118	143	11	397	43	23	1,6	0,179	19%	59	7,01
Máximo	132	157	11	444	49	28	1,82	0,188	21%	62	9,72

**Tabla 2**

*Relación de resultados de ensayos*

Relación de mezcla estopa-resina: 60%-40%											
Muestra	Peso (g)	Peso probeta húmeda	Espesor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Fuerza aplicada (N)	Deflexión (mm)	Resistencia a la flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad de flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Hinchazón en grosor (%)	Fuerza aplicada (N)	Cohesión interna (N/mm <sup>2</sup> )
1	135	154	11	455	51	21	1,9	0,2	14%	66	11,08
2	138	157	11	465	54	20	2,01	0,191	14%	63	12,32
3	134	151	11	451	53	17	1,97	0,188	13%	62	14,23
4	140	153	11	471	57	15	2,12	0,197	9%	65	17,34
Promedio	137	154	11	460	54	18	2	0,194	12%	64	13,75
Mínimo	134	151	11	451	51	15	1,9	0,188	9%	62	11,08
Máximo	140	157	11	471	57	21	2,12	0,2	14%	66	17,34

**Tabla 3**

*Relación de resultados de ensayos*

Relación de mezcla estopa-resina: 70%-30%											
Muestra	Peso (g)	Peso probeta húmeda	Espesor (mm)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Fuerza aplicada (N)	Deflexión (mm)	Resistencia a la flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad de flexión (N/mm <sup>2</sup> )	Hinchazón en grosor (%)	Fuerza aplicada (N)	Cohesión interna (N/mm <sup>2</sup> )
1	150	160	11	505	58	12	2,16	0,203	7%	67	22,06
2	152	163	11	512	61	14	2,27	0,2	7%	66	19,89
3	147	159	11	495	57	15	2,12	0,194	8%	64	17,34
4	158	163	11	532	55	13	2,05	0,206	3%	68	19,31
Promedio	152	161	11	511	58	14	2,15	0,201	6%	66	19,65
Mínimo	147	159	11	495	55	12	2,05	0,194	3%	64	17,34
Máximo	158	163	11	532	61	15	2,27	0,206	8%	68	22,06

En la Tabla 4, se presenta una comparativa entre los valores obtenidos con la proporción 70-30 y los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 3110. Los tableros con esta proporción cumplen en gran medida con los estándares de resistencia a la flexión, cohesión interna y módulo de elasticidad especificados en la normativa, e incluso superan algunos de los valores mínimos. El hinchamiento en grosor se mantuvo por debajo del 8%, que es el límite permitido por la norma



EN 323, lo que resalta la viabilidad de los tableros de estopa de coco para su uso en aplicaciones industriales y de construcción.

**Tabla 4**

*Norma NTE INEN 3110 vs valores de proporción %70-%30*

Norma NTE INEN 3110		Promedio Relación de mezcla estopa-resina: 70%-30%	
Propiedades	Unidades	> 6 a 13	
Resistencia a la flexión	N/mm <sup>2</sup>	11	2,15
Cohesión interna	N/mm <sup>2</sup>	1.800	19.65
Módulo de elasticidad de flexión	N/mm <sup>2</sup>	0,4	0,201
Densidad - EN 323	kg/m <sup>3</sup>	450	511
Hinchazón en grosor - EN 323	%	8	6%

Los resultados de los ensayos muestran una mejora progresiva en la resistencia a la flexión, el módulo de elasticidad, la resistencia a la hinchazón por humedad y la cohesión interna a medida que se reduce la proporción de estopa de coco y se aumenta la proporción de resina de poliuretano en la mezcla. Esto sugiere que una mayor cantidad de resina de poliuretano mejora las propiedades mecánicas y físicas del material compuesto. Sin embargo, es importante tener en cuenta que aún hay margen de mejora para cumplir completamente con los estándares establecidos por las normas NTE INEN 3110 y EN 323.

### CONCLUSIONES

A continuación, fueron desarrolladas las conclusiones, considerando cada uno de los objetivos específicos estructurados previamente:

Los requisitos según la norma NTE INEN 3110: Los tableros fabricados con estopa de coco cumplen en su mayoría con los requisitos establecidos en la norma NTE INEN 3110 del Ecuador en cuanto a resistencia a la flexión, módulo de elasticidad y cohesión interna. Sin embargo, la hinchazón por humedad excede el límite especificado por la norma EN 323 complementaria de los parámetros integrados, lo que indica la necesidad de ajustes para mejorar esta propiedad.

La fabricación de tableros con estopa de coco, se logró demostrar la capacidad de fabricar tableros utilizando estopa de coco como material principal, siguiendo un proceso controlado y estandarizado. Los resultados de los ensayos muestran que es posible obtener tableros con propiedades físicas dentro de los rangos establecidos por las normas de referencia.

Los tres ensayos revelan una mejora gradual en las propiedades mecánicas y físicas del material compuesto a medida que se reduce la proporción de estopa de coco y se incrementa la de resina de poliuretano. Se observó un aumento en la resistencia a la flexión, con valores que van desde 1,60 N/mm<sup>2</sup> hasta 2,27 N/mm<sup>2</sup>, así como en el módulo de elasticidad, que varía entre 0.179 N/mm<sup>2</sup> y 0.206 N/mm<sup>2</sup>. Además, se registra una disminución en la hinchazón por humedad, oscilando entre el 3% y el 21%, y una mejora en la cohesión interna, con valores que van desde 7,01 N/mm<sup>2</sup> hasta 22,06 N/mm<sup>2</sup>.

## REFERENCIAS

- D. A. Delgado Eraso, J. F. Grass Ramírez, and R. C. Muñoz, "Methodology for Prioritizing Value-Added Options for Agricultural Products: Insights from Coconut-Producing Communities in Cauca, Colombia," *Sustainability*, vol. 15, no. 21, p. 15290, Oct. 2023, doi: 10.3390/su152115290.
- M. A. Babatabar, F. Yousefian, M. V. Mousavi, M. Hosseini, and A. Tavasoli, "Pyrolysis of lignocellulosic and algal biomasses in a fixed-bed reactor: A comparative study on the composition and application potential of bioproducts," *Int J Energy Res*, vol. 46, no. 7, pp. 9836–9850, Jun. 2022, doi: 10.1002/er.7855.
- J. E. Martinelli Filho, R. R. Colwell, A. F. S. Queiroz, I. N. G. Rivera, and R. M. Lopes, "Vibrio cholerae O139 Attached to Zooplankton: Reservoir Diversity and Distribution over an Estuarine-Coastal Gradient," *J Coast Res*, vol. 95, no. sp1, p. 92, May 2020, doi: 10.2112/SI95-018.1.
- B. Aguillón *et al.*, "Sorbitol glycidyl ether Epoxy/Brewer's spent grain biocomposite for fiberboard applications," *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 9, p. 100705, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.cscee.2024.100705.
- B. N. Aguillón Zavala, "Diseño de tableros aglomerados sostenibles a base de residuos agroindustriales y una resina libre de químicos tóxicos," Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2022.
- V. T. Andrade Chávez, "Louver De Fibra De Coco Y Aserrín Aglomerados Con Resina," Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, 2023.
- G. P. M. C. Ferruzola Pino, "Elaboración De Un Panel Aglomerado A Base De Muyuyo Y Derivados Del Coco Para Utilización En Revestimiento De Paredes."
- G. Vidal Veliz, "Elaboración De Un Tumbado Aislante Térmico De Yeso Reforzados Con Fibra De Coco," 2024.
- K. S. S. N. Dehalwar, "Exploring the Distinctions between Quantitative and Qualitative Research Methods," *Think India Quarterly*, 2023.

- H. Djafar, R. Yunus, S. W. DJ Pomalato, and R. Rasid, “Qualitative and Quantitative Paradigm Constellation In Educational Research Methodology,” *International Journal of Educational Research & Social Sciences*, vol. 2, no. 2, pp. 339–345, Apr. 2021, doi: 10.51601/ijersc.v2i2.70.
- H. Taherdoost, “What are Different Research Approaches? Comprehensive Review of Qualitative, Quantitative, and Mixed Method Research, Their Applications, Types, and Limitations,” *Journal of Management Science & Engineering Research*, vol. 5, no. 1, pp. 53–63, Apr. 2022, doi: 10.30564/jmser.v5i1.4538.
- G. A. Bowen, “Document Analysis as a Qualitative Research Method,” *Qualitative Research Journal*, vol. 9, no. 2, pp. 27–40, Aug. 2009, doi: 10.3316/QRJ0902027.
- B. Flores, “Propiedades Físico-Mecánicas De Tableros Aglomerados De Polietileno Reciclado Y Fibras Secundarias De Saccharum Officinarum L. Y Cocos Nucifera L.,” 2021.
- R. Shishoo, *Industrial products from renewable raw materials*. University of Huddersfield, 1997. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0030665123&partnerID=40&md5=1d9e61e322e6f34a34b2b3358887a10b>
- M. Medina, “Elaboración de un mortero a base de corteza del coco Cocos nucifera L.,” Universidad Técnica de Babahoyo, 2024.