



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2018



**Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y
endocarpo de coco (*Cocos nucifera*) y cemento**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Jorge Luis Sangama Salas

ASESOR:

Dr. Ing. Ricardo Raúl Layza Castañeda

Tarapoto – Perú
2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2018



**Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y
endocarpo de coco (*Cocos nucifera*) y cemento**

AUTOR:
Jorge Luis Sangama Salas

Sustentada y aprobada el 13 de marzo del 2020, por los siguientes jurados:

.....
Ing. M. Sc. Alejandro Alberto Cruz Rengifo
Presidente

.....
Ing. M. Sc. Cicerón Tuanama Reátegui
Secretario

.....
Ing. M. Sc. Wanhin Orlando Aguilar Herrera
Miembro

.....
Dr. Ing. Ricardo Raúl Layza Castañeda
Asesor

Declaración de Autenticidad

Jorge Luis Sangama Salas, identificado con DNI N° 47000245, egresado de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco (*Cocos nucifera*) y cemento.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados, ni duplicados, ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 13 de marzo del 2020.



.....

Jorge Luis Sangama Salas

DNI: 47000245



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Santama Salas Jorge Luis		
Código de alumno :	102157	Teléfono:	918947294
Correo electrónico :	JorgeLuis.Santama@gmail.com	DNI:	47000245

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Agroindustrial
Escuela Profesional de:	Ingeniería Agroindustrial

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpio de coco (Cocos nucifera) y Cemento
Año de publicación:	2020

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

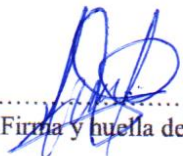
7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


.....
Firma y huella del Autor



8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

19 / 02 / 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - T.
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e
Innovación de Acceso Abierto - UNSM-T.

.....
Ing. M. Sc. Alfredo Ramos Perea
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios por haberme dado la vida,
por estar acompañándome todos
los días de mi vida.

A mis padres: Wagner Sangama
Guerra y Elena Salas Sangama,
por su gran esfuerzo, paciencia y
amor para conmigo, ellos me han
dado la educación y el buen
ejemplo desde niño. Les debo todo
lo que soy.

A la mujer más hermosa e
inteligente que he conocido y he
amado, a mi esposa, mi amiga y
compañera idónea Mayra
Alexandra Castañón Dávila, quien
siempre me motiva para alcanzar
mis metas.

A mis familiares y amigos,
quienes me dieron ánimos y
palabras de aliento en el momento
preciso; a ellos, que confían en mí.

Jorge Luis.

Agradecimientos

A Dios, mi padre celestial que me ha permitido en su voluntad de haber llegado a este ciclo de mi vida, y en quien he depositado mi vida y mi fe.

A mi asesor de tesis, el Dr. Ing. Ricardo Raúl Layza Castañeda, por su apoyo y dirección profesional durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Ing. Carlos Rafael Maldonado Tito por la iniciativa del trabajo, y al Ing. Jaime Guillermo Guerrero Marina por asesoramiento externo.

Al Dr. Ing. Manuel Iván Salvador Cárdenas (Universidad Nacional de Ucayali- Pucallpa) por las direcciones estratégicas del desarrollo del trabajo, al Instituto de Investigación y Desarrollo de la UNSM – Tarapoto por el financiamiento del trabajo de investigación.

A todas las personas que me han apoyado para llegar a donde estoy: a mis padres, hermanos (Nixon, Alex, Gilmer y Llery), esposa, familiares y a mis amigos(as) que compartimos durante mi formación profesional en la Universidad, en especial a Isaac David Peña Pezo por su apoyo en el desarrollo de la presente investigación, muchas gracias a todos ellos.

EL AUTOR.

Índice general

Introducción.....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación.....	4
1.2. Bases teóricas.....	6
1.2.1. Generalidades del coco.....	6
1.2.2. Fibra de coco.....	10
1.2.3. Obtención de la fibra de estopa de coco.....	12
1.2.4. Características técnicas de la fibra.....	13
1.2.5. Usos de la fibra de coco.....	14
1.2.6. Características físicas y propiedades mecánicas de la fibra de coco.....	14
1.2.7. El Cemento.....	15
1.2.8. Tableros aglomerados.....	16
1.2.9. Diferentes tipos de tableros.....	17
1.2.10. Clasificación de los tableros aglomerados de partículas.....	18
CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS.....	20
2.1. Lugar de ejecución.....	20
2.2. Materia prima.....	20
2.3. Equipos y materiales.....	20
2.3.1. Equipos.....	20
2.3.2. Equipos de campo.....	21
2.4. Metodología.....	21
2.4.1. Flujograma para la obtención de fibra de coco/endocarpo.....	21
2.4.2. Descripción de la obtención de la fibra y endocarpio de coco.....	22
2.4.3. Flujograma de elaboración de tableros aglomerados.....	25
2.4.4. Proceso de elaboración de tableros aglomerados.....	26
2.4.5. Evaluación mecánica y física de los tableros.....	29
2.5. Diseño de investigación.....	33
2.5.1. Control de calidad del tablero aglomerado (Variables evaluadas).....	34
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
3.1. Comparación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros aglomerados obtenidos, con los estándares establecidos por la FAO para su comercialización.....	37

3.2. Análisis de resistencia a la flexión (kg/cm^2) de los tableros aglomerados según la proporción de fibra - endocarpo de coco y cemento.....	45
3.3. Análisis del porcentaje de hinchamiento (24 horas) de los tableros aglomerados según la proporción de fibra - endocarpio de coco y cemento.....	47
3.4. Análisis del porcentaje de absorción de agua(24 horas) de los tableros aglomerados según la proporción de fibra-endocarpio de coco y cemento.....	50
CONCLUSIONES	53
RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	60

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación botánica del cocotero (<i>Cocos nucifera</i>).....	8
Tabla 2. Composición química de la fibra de estopa de coco	11
Tabla 3. Principales características físico-mecánicas de la fibra de coco	15
Tabla 4. Clasificación de diferentes tipos de tableros y sus valores correspondientes	19
Tabla 5. Formulación de los tableros aglomerados	33
Tabla 6. Representación simbólica de los datos del diseño estadístico utilizado	34
Tabla 7. Composición proximal (%) utilizada en la muestra de tableros aglomerados a base de fibra-endocarpo de coco y cemento.....	38
Tabla 8. Medias marginales estimadas de resistencia a la flexión (kg/cm^2) de los tableros aglomerados a base de fibra-endocarpo de coco y cemento.....	40
Tabla 9. Medias marginales estimadas de hinchamiento (%vol.) a 24h de inmersión de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento.....	42
Tabla 10. Medias marginales estimadas de porcentaje de absorción de agua (% peso) de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento.....	44
Tabla 11. Análisis de varianza (ANOVA) de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento respecto a su resistencia a la flexión (kg/cm^2).....	46
Tabla 12. Prueba de significancia de Tukey para conocer el mejor tablero aglomerado según resistencia a la flexión (kg/cm^2).....	47
Tabla 13. Análisis de varianza de los tableros aglomerados a base de fibra – endocarpo de coco y cemento respecto al porcentaje de hinchamiento (24 horas).....	49
Tabla 14. Prueba de significancia de Tukey para conocer el mejor tablero aglomerado según el porcentaje de hinchamiento(24horas).....	50

Tabla 15. Análisis de varianza de los tableros aglomerados a base de fibra-endocarpio de coco y cemento respecto al porcentaje de absorción de agua (24 horas).....	51
Tabla 16. Prueba de significancia de Tukey para conocer el mejor tablero aglomerado según el porcentaje de absorción de agua (24 horas)	52
Tabla 17. Tablero aglomerado T1 - fibra (20%), endocarpio (40%) y cemento (40%) - Relación 1:2.....	60
Tabla 18. Tablero aglomerado T2-fibra (16.70%), endocarpio (33.30%) y cemento (50%) - Relación 1:2.....	60
Tabla 19. Tablero aglomerado T3-fibra (13.30%), endocarpio (26.70%) y cemento (60%) - Relación 1:2.....	61
Tabla 20. Tablero aglomerado T4 - fibra (40%), endocarpio (20%) y cemento (40%) - Relación 2:1	61
Tabla 21. Tablero aglomerado T5-fibra (33.30%), endocarpio (16.70%) y cemento (50%) - Relación 2:1	62
Tabla 22. Tablero aglomerado T6-fibra (26.70%), endocarpio (13.30%) y cemento (60%) - Relación 2:1	62
Tabla 23. Tablero aglomerado T7-fibra (15%), endocarpio (45%) y cemento (40%) - Relación 1:3.....	63
Tabla 24. Tablero aglomerado T8-fibra (12.50%), endocarpio (37.50%) y cemento (50%) - Relación 1:3.....	63
Tabla 25. Tablero aglomerado T9-fibra (10%), endocarpio (30%) y cemento (60%) - Relación 1:3.....	64
Tabla 26. Tablero aglomerado T10-fibra (45%), endocarpio (15%) y cemento (40%) - Relación 3:1	64
Tabla 27. Tablero aglomerado T11 - fibra (37.5%), endocarpio (12.5%) y cemento (50%) - Relación 3:1	65
Tabla 28. Tablero aglomerado T12-fibra (30%), endocarpio (10%) y cemento (60%) - Relación 3:1	65
Tabla 29. DCA para evaluar la resistencia a la flexión (kg/cm^2) en la muestra de tableros aglomerados obtenidos	66
Tabla 30. DCA para evaluar el porcentaje de hinchamiento (% vol.) en la muestra de tableros aglomerados obtenidos	66

Tabla 31. DCA para evaluar la absorción de agua (% peso) en la muestra de tableros aglomerados obtenidos.....	67
Tabla 32. Normas técnicas peruanas de madera.....	70

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Planta de cocotero	7
Figura 2. Estructura del coco	9
Figura 3. Fibra de estopa de coco	11
Figura 4. Corte longitudinal de coco	12
Figura 5. Extracción de la fibra de coco	21
Figura 6. Estopa de coco - Pucacaca - Provincia de Picota	22
Figura 7. Endocarpio de coco - Pucacaca - Provincia de Picota	22
Figura 8. Traslado de la estopa de coco.....	23
Figura 9. Proceso de enriado en la estopa de coco	23
Figura 10. Proceso de extracción fibra en la estopa de coco	23
Figura 11. Proceso de lavado de la fibra de coco	24
Figura 12. Proceso de secado del endocarpio de coco.....	24
Figura 13. Obtención de fibra-endocarpio de coco	24
Figura 14. Elaboración de tablero aglomerado	25
Figura 15. Recepción de la materia prima	26
Figura 16. Limpieza de la materia prima.....	26
Figura 17. Trituración manual de la fibra y endocarpio de coco	27
Figura 18. Molienda del endocarpio	27
Figura 19. Proceso de tamizado a la fibra-endocarpio	27
Figura 20. Mezclado de la fibra-endocarpio y cemento.....	28
Figura 21. Proceso de moldeado y prensado	28
Figura 22. Proceso de curado y fraguado	29
Figura 23. Tableros aglomerados en diferentes proporciones	29
Figura 24. Prensa de flexotracción	30
Figura 25. Prueba de resistencia del tablero aglomerado	30
Figura 26. Peso inicial de la muestra estudiada	31
Figura 27. Proceso de inmersión de la muestra	31
Figura 28. Peso final de la muestra estudiada.....	31
Figura 29. Medidas de la muestra estudiada.....	32
Figura 30. Variación volumétrica de la muestra estudiada.....	32
Figura 31. Medidas finales de la muestra estudiada	32

Figura 32. Medias marginales estimadas de resistencia a la flexión(kg/cm ²)	40
Figura 33. Medias marginales estimadas de porcentaje de hinchamiento (%vol.).....	42
Figura 34. Medias marginales estimadas de absorción de agua (% peso)	44

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo de elaborar y evaluar el óptimo tablero aglomerado a base de fibra y endocarpo de coco (*Cocos nucifera*) y cemento, según sus propiedades físico-mecánicas como resistencia a la flexión (kg/cm^2), densidad (g/cm^3), hinchamiento (% vol.) y absorción de agua (% peso), donde estos valores fueron comparados con las medidas estandarizadas de la FAO para tableros aglomerados de densidad media. La metodología experimental consistió en tres fases; la primera en obtención de fibra y endocarpo de coco en el Distrito de Pucacaca - Provincia de Picota para luego ser sometido a un proceso de extracción y enriado, segunda fase en la elaboración de tableros aglomerados según relaciones (1:2, 2:1, 1:3, 3:1) de fibra-endocarpo/cemento en proporciones de 40, 50 y 60%, y la tercera fase en la evaluación mecánica y física de los tableros que se realizaron de acuerdo a las especificaciones de las Normas Técnicas Peruanas de Madera. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 12 tratamientos y 3 repeticiones para dar respuesta a los objetivos planteados a través de un análisis de varianza (ANVA) y prueba de Tukey a una probabilidad de $\alpha=0,05$. Los resultados obtenidos fueron: que, de los experimentos desarrollados de tableros aglomerados, las mejores mezclas según sus propiedades físico-mecánicas fueron 10% fibra - 30% endocarpo y 60% cemento que pertenecen a la muestra evaluada T9, a diferencia de la muestra T10 de mezcla 45% fibra - 15% endocarpo y 40% cemento. Solo las muestras T3 (190.880 kg/cm^2 , 0.67 g/cm^3 , 7.749% vol., 69.283% peso); y T8 (141.387 kg/cm^2 , 0.65 g/cm^3 , 9.243% vol., 73.806% peso) cumplieron con los estándares establecidos por la FAO para su comercialización. Concluyendo, que el óptimo tablero aglomerado de densidad media que tuvo mejor respuesta según elaboración y evaluación fue la muestra T3 (13,3% fibra - 26,7% endocarpo y 60% cemento), y que estadísticamente presentó una diferencia altamente significativa ($\text{Sig.}=0,000<0,05$) de los tableros aglomerados estudiados. Además, se constató que el incremento en el porcentaje de fibra al cemento genera una disminución de la resistencia y aumento en la absorción de agua y los movimientos de humedad.

Palabras claves: Fibra y endocarpo de coco, cemento, tableros aglomerados, propiedades físico mecánicas.

Abstract

The present research work had as objective to elaborate and to evaluate the optimal agglomerate board based on fiber and endocarp of coconut (*Cocos nucifera*) and cement, according to its physical-mechanical properties like resistance to the flexion (kg/cm²), density (g/cm³), swelling (%vol.) and water absorption (%weight), where these values were compared with the standardized measures of the FAO for agglomerate boards of medium density. The experimental methodology consisted of three phases; the first one is the obtention of coconut fiber and endocarp in the District of Pucacaca - Province of Picota to be later submitted to an extraction and retting process, the second phase is the elaboration of agglomerated boards according to relations (1: 2, 2:1, 1:3, 3:1) of fiber-endocarp/cement in proportions of 40, 50 and 60%, and the third phase in the mechanical and physical evaluation of the boards that were made according to the specifications of the Peruvian Technical Norms of Wood. A Completely Random Design (CRD) with 12 treatments and 3 repetitions was used to respond to the objectives set through an analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test at a probability of $\alpha=0.05$. The obtained results were: that, from the experiments developed on agglomerated boards, the best mixtures according to their physical-mechanical properties were 10% fiber - 30% endocarp and 60% cement that belong to the evaluated sample T9, unlike the sample T10 of mixture 45% fiber - 15% endocarp and 40% cement. Only the T3 samples (190,880 kg/cm², 0.67 g/cm³, 7.749% vol., 69.283% weight); and T8 (141,387 kg/cm², 0.65g/cm³, 9.243% vol., 73.806% weight) met the standards established by FAO for their commercialization. In conclusion, the optimal medium density chipboard that had better response according to elaboration and evaluation was the sample T3 (13.3% fiber - 26.7% endocarp and 60% cement), and that statistically presented a highly significant difference (Sig.=0.000<0.05) of the studied chipboards. In addition, it was verified that the increase in the percentage of fiber in the cement generates a decrease in the resistance and an increase in water absorption and moisture movements.

Keywords: Coconut fiber and endocarp, cement, chipboard, physical-mechanical properties.



Introducción

El coco está constituido por una parte blanda interior y un líquido, a los cuales se les realizan procesos industriales para la obtención de grasas, aceites comestibles, confites y copra; sin embargo, también está constituido por la estopa o mesocarpio, que se encuentra entre el exocarpio duro o cubierta externa, y el endocarpio que encierra la semilla; el valor está en su contenido de fibra, se pueden distinguir tres tipos principales: una larga y fina, una tosca y una más corta, material que se puede convertir en una alternativa de utilización de materia prima fibrosa como agregado liviano (Quintero y González, 2006).

Pocas plantas tienen aplicaciones tan variadas como la planta de coco, se le explota de múltiples maneras, la pulpa seca se llama copra y contiene un 60-70% de lípidos; de la copra se obtiene aceite, utilizado en la elaboración de margarina y jabón, además la madera del cocotero se utiliza para la construcción. Del 100% de un coco se aprovecha aproximadamente 17% que es material comestible, y en algunos casos, el endocarpio (parte sólida) se ocupa para la elaboración de artesanías y otras manualidades (Assis, 2005).

Algunos países del sureste asiático tienen los primeros lugares de cultivo, plantación y cosecha de la palma de coco en sus diferentes tamaños; también se han desarrollado numerosas investigaciones para elaborar materiales ecosustentables con los residuos del coco. En Nueva Zelanda, Pakistán y Filipinas se han fabricado bloques interconectables reforzados con fibra de coco, igualmente se analizó la interacción entre la fibra de coco y el concreto, con resultados aceptables (Altamirano, Sánchez y Cuevas, 2015).

La industria de fabricación de tableros aglomerados (TA) emplea tradicionalmente, descartes de madera de pino como materia prima y, en ocasiones bagazo de caña. Se han realizado trabajos para incorporar otras materias primas no convencionales, cuidando que las propiedades físico-mecánicas no desmerezcan respecto a las habituales (Cervantes et al., 2015). Es por ello, que la estopa de coco es una fibra dura compuesta principalmente por celulosa y lignina, componentes que le proveen resistencia y rigidez.

La fibra de estopa es un material versátil utilizado en diversas áreas laborales, por ejemplo: en agronomía, como fertilizantes o agrotexil; en trabajos civiles, sujetando el

suelo; en textiles, en tapices; en papelería, jardinería, y en el área arquitectónica como tableros de construcción (Carrillo, 2005). Estudios realizados indican que la fibra de coco tiene diversas propiedades dentro de las cuales citamos anti-electroestática, inodora, resistente a la humedad, no atacable por roedores o termitas, no permite la formación de hongos ni se pudre, baja difusión del vapor de agua, pequeños valores de conductividad térmica, elevada reducción de los ruidos por percusión (Rojas, 2015).

El coco es un producto que tiene gran flujo de comercio a nivel nacional e internacional, sin embargo, en nuestro país no se encuentra al alcance la tecnología necesaria para procesar la fibra de la estopa de coco; y con ello, cerrar por completo el ciclo de comercio que podría tenerse con este fruto. Son pocas las empresas que utilizan la fibra y la comercializan como tal; por lo tanto, es necesario proporcionar métodos alternos para trabajar la fibra de estopa de coco (Acosta y Figueroa, 2014). Los cocos son un recurso renovable y abundante en todos los países productoras de ese cultivo, pero sus fibras parecen estar muy mal aprovechada y debido a previas investigaciones estas se pueden utilizar en la elaboración de tablas aglomeradas (Rojas, 2015).

En el Distrito de Pucacaca, Provincia de Picota se procesa unos 25 mil cocos diarios para industrializar su pulpa en distintos productos y el resto es desechado (Mongabay Latam, 2017). En Pucacaca existen 7 plantas de extracción de aceite de coco que procesan 30 mil cocos/día, siendo aprovechada la parte comestible del coco y desechada la fibra. Por lo tanto, la fibra que no se está utilizando es 200g de fibra/coco aproximadamente y al día es de 6 TM de fibra de coco que no se aprovecha (Sangama, 2018).

Y tomando, como base de que la agroindustria tiene entre sus objetivos, promover el desarrollo de los pueblos, con la utilización de las fibras de coco disminuirá el inadecuado manejo de desechos que no son aprovechados en su totalidad. Los factores mencionados pueden repercutir en el ámbito económico, social y ambiental. Por lo tanto, se ha seleccionado este residuo agroindustrial del coco (fibra– endocarpo) para su estudio e industrialización para la obtención de tableros aglomerados a través de metodologías óptimas para un buen resultado del trabajado propuesto que permitirá obtener datos precisos que sirvan como base para su aplicación en el campo de la edificación de vivienda.

La obtención de tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco y cemento servirán para soportes de tableros mobiliarios, estantería de ordenación, separadores de

espacios, paneles para corrales de animales mayores y menores. Asimismo, la investigación será una alternativa de solución con respecto al desaprovechamiento de la fibra y endocarpo de coco y los efectos que esta causa al estar en contacto directo con el medio ambiente. Los beneficiados serán los socios de la Asociación de Productores PUCOOR (Pucacaca coco orgánico), porque tendrán un ingreso adicional a la renta familiar. El coco es un producto rentable en la zona, con mucha demanda lo que produce a su vez grandes cantidades de fibra de coco como residuo y de esta manera la elaboración de tableros aglomerados sería la producción más económica de los otros materiales utilizados en procesos similares ya que cuenta con una mayor disponibilidad. Y para lograr este propósito se planteó los siguientes objetivos:

✓ **Objetivo general:**

- Elaborar y evaluar el óptimo tablero aglomerado a base de fibra y endocarpo de coco (*Cocos nucifera*) y cemento.

✓ **Objetivos específicos**

- Elaborar tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco mezclado con cemento, y compararlos entre ellas según sus propiedades físico-mecánicas.
- Comparar los promedios obtenidos según resistencia (kg/cm^2), densidad (g/cm^3), hinchamiento (% vol.) y absorción de agua (% peso) de los tableros aglomerados obtenidos, con los estándares establecidos por la FAO para su comercialización.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

Fuentes, Montes, Samano y García (1988) en su estudio sobre “La fibra de la estopa de coco usos actuales y posibilidades de utilización en aglomerados”, reportaron resultados de experimentación con tableros bajo proporciones de fibra de coco y aserrín de madera utilizando como aglutinante urea formaldehído (U-F) con tamaños de fibra de coco diferente bajo ciertas proporciones (80%, 60%, 50% de fibra y 20%, 40%, 50% de aserrín), y bajo ciertas condiciones (P= 80 bar, T= 160°C, t= 10 min, e= 16 mm, Resina= 10% U-F). En relación con las propiedades de resistencia tuvieron mejores resultados los tableros realizado con las aperturas de discos de 0.075” y de 0.50”, no hubo diferencias estadísticamente significativas en el tablero 80% fibra y 20% aserrín, así como el elaborado con 100% de fibra de coco, por lo tanto estas combinaciones se pueden realizar sin que la resistencia a la flexión disminuya.

Zepeda y Ibarra (1993) en su estudio sobre “La fibra de la estopa de coco usos actuales y posibilidades de utilización en aglomerados”, reportaron el proceso de elaboración del tablero a base de fibra de coco y resina (urea-formaldehído), teniendo como variables el tamaño de la partícula, contenido de humedad, adición de resina y aditivo, peso de la tabla, humedad, densidad y espesor. Se realizaron probetas para pruebas como flexión estática, contenido de humedad, pruebas de fuerza a tensión perpendicular, densidad, absorción de agua e hinchamiento, cizallamiento paralelo al plano, en donde se comprobó que el producto está dentro de los límites de aceptación.

Quintero y González (2006) en su estudio sobre “La fibra de la estopa de coco usos actuales y posibilidades de utilización en aglomerados”, reportaron la fibra de coco como refuerzo en el concreto, donde las proporciones de la fibra se añadieron respecto al peso del cemento, aspectos relacionados con su tratamiento antes del mezclado. La resistencia a la compresión más elevada se obtuvo con los compuestos reforzados con volumen de fibra 1.5%, siendo superior para la longitud 2 cm. La adición de fibra afectó positivamente la resistencia a la flexión; el mayor valor de resistencia a la flexión lo presentó el concreto de

V0.5% y L5 cm. De acuerdo con el efecto que sobre las propiedades mecánicas del concreto puede tener la adición de fibra de estopa, una aplicación adecuada de este tipo de compuesto (concreto - fibra de estopa) es la construcción principalmente de elementos sometidos a flexión (vigas y losas).

Novoa (2005) en su estudio sobre “Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento”, obtuvieron resultados favorables en mezclas donde la proporción optima fue 5% fibra-60% cemento, en este caso para un material ligero y tenga menos resistencia a la flexión, o viceversa. Sin embargo, el incremento de la proporción de fibra, disminuyo la resistencia a la flexión, pero la adición de fibra al cemento, genero un tablero si bien no más resistente, si más flexible y menos quebradizo. La mejor resistencia a flexión de los tableros se encontró en fibra de coco-cemento entre 5 y 6 N/mm². En el ensayo de compresión, las mejores mezclas para compresión fueron 5% fibra-40% cemento el cual alcanzo 200 kg/cm² a diferencia de la proporción 5% fibra- 60% cemento que apenas alcanzó los 59.00 kg/cm².

Acosta y Figueroa (2014) en su estudio sobre “Estudio demostrativo del proceso artesanal de aglomerado a base de fibra de estopa de coco como materia prima”, se puede corroborar que las pruebas con estopa del Enano Malasino son mejor, dado que presentaron mejor acoplamiento con la fécula de maíz, más consistencia y mayor resistencia a los hongos, sin embargo, es evidente que las pruebas en las que se aplicó grandes cantidades de agua no lograron mantener la forma recta durante el proceso de secado. En las pruebas con estopa Alto del Pacífico se observó que la fécula no logró acoplarse por completo y que su consistencia fue más líquida, dado que la fibra no absorbe por completo la fécula de maíz, por lo cual tendió a generar un tipo de grieta, teniendo poca resistencia al hongo. Al mezclar ambas estopas de coco en un porcentaje equivalente con la fécula de maíz y bajo de agua, mejoran las propiedades físicas del aglomerado, donde esta conserva más la forma, posee resistencia a los hongos, tiene mayor dureza y la fécula de maíz refuerza las propiedades adhesivas de la estopa. Es por ello, que la temperatura juega un papel muy importante; ya que, al exponer la estopa al calor se activa su lignina, permitiendo la unión de las fibras entre sí, mientras que la fécula de maíz también ejerce efecto, pues la vuelve más pastosa y sólida, ideal para poder moldearla.

Universidad Nacional Autónoma de México (2012) en un estudio sobre “Elaboración de material para la construcción de paredes falsas en interiores con una base de bagazo de caña *Saccharum officinarum* L y estopa de coco *Cocos nucifera* L”, en donde se incorporaron la fibra de coco y bagazo de caña en los resultados obtenidos se encontró que la inclusión de fibra al mortero ayuda a crear un material menos frágil. El material compuesto elaborado con la mezcla de carbonato de calcio, goma arábica y la adición de la fibra de coco y bagazo de caña corta y en forma azarosa le confiere propiedades de flexibilidad, resistencia al peso y al impacto. Se observó que el comportamiento de resistencia a la temperatura del material compuesto es muy similar al que se construye en forma tradicional. La prueba de porosidad (absorción de agua) no fue superada ya que este material no puede tener contacto con agua debido a que se desmorona. El material compuesto elaborado es resistente al impacto, peso y temperatura, no presenta fracturas en el fraguado, ni resistencia a la absorción de agua, idóneo para interiores de área reducida que permite la construcción de espacios pequeños.

Villanueva y Mosqueira (2016) en su estudio sobre “Estudio demostrativo del proceso artesanal de aglomerado a base de fibra de estopa de coco como materia prima”, corroboraron que las probetas de concreto con adición de fibra de coco no presentan un aumento de resistencia a la compresión considerable, dado que probetas de concreto con 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% de fibra de coco ensayadas a compresión a los 28 días, presentan valores de resistencia a ruptura del 95.60%, 98.39%, 76.37% y 65.73% respectivamente a comparación del concreto convencional de valor 100.96%. Los especímenes de concreto con 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% de fibra de coco presentaron valores de 127.53%, 129.85%, 132.84%, 140.88% respectivamente a comparación del concreto convencional de valor de 111.27%. Concluyendo, que el concreto no presentó un aumento en la resistencia a la compresión sin embargo la resistencia a flexión aumenta al adicionarle más porcentaje de fibra de coco.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Generalidades del coco

Coco es comúnmente llamado al fruto del árbol cocotero, de la familia de las palmáceas, especie *Cocos nucifera*; el árbol tiene un tronco cilíndrico de 30 – 45 centímetros de diámetro aproximadamente y dependiendo de la especie hasta 30 metros de altura

marcado por anillos que señalan la posición de las hojas que ha ido perdiendo. En el extremo superior se encuentran las hojas curvadas en forma de arco que llegan a tener de 3 a 4,5 metros de longitud. El fruto cuelga en racimos de 10 a 20 unidades y en cada árbol puede haber, dependiendo de la época unos 10 racimos (Rodríguez, 1969).

El coco es una fruta comestible obtenida del cocotero, es la palmera más cultivada a nivel mundial, tiene dos cáscaras: una fibrosa, exterior de color verde o amarilla y otra dura, vellosa y marrón que tiene adherida la pulpa, que es blanca y aromática (Núñez, 2010), la figura 1 muestra la palmera con fruto.



Figura 1. Planta de cocotero (Fuente: Núñez, 2010).

El coco es el fruto del cocotero y es catalogado como uno de los frutos más útiles del planeta por tener más de 360 usos domésticos. Es una drupa, compuesta por el exocarpio (cáscara), mesocarpio (estopa), endocarpio (hueso), endospermo celular sólido (carne de coco, también llamada copra) y endospermo nuclear líquido (agua de coco). El exocarpio (superficie) tiene 0.10 mm de espesor, la cáscara fibrosa (mesocarpio) puede variar de 1 a más de 5 cm de espesor, llegando en la base de la nuez a tener 10 cm (García Rodríguez & Guerrero 2003).

Para el pleno desarrollo del coco se necesitan de 10 a 12 meses según la variedad. Al principio, el exocarpio (cáscara) y el endocarpio (hueso de coco) crecen en tamaño, más no en espesor y la cavidad embriónica llena de líquido se alarga. A los 4 meses la cáscara y el hueso adquieren mayor espesor (durante dos meses). A los 6 meses después de su fructificación, se forma el endospermo o copra sólida contra la pared interior de la cavidad, esta primera capa es delgada y gelatinosa (Acosta & Figueroa, 2014).

La composición nutritiva del coco varía a medida que éste madura. Destaca su aporte de grasas, principalmente saturadas (88,6 % del total) que lo convierten en un fruto muy calórico. Aporta una baja cantidad de hidratos de carbono y proteínas. Muy rico en sales que participan en la mineralización de los huesos (magnesio, fósforo y calcio). (Rodríguez, 1969).

Ahora bien, en cuanto al peso y volumen final del fruto se deben de tomar en cuenta las anotaciones de García y Guerrero (2003), en donde aclara que los frutos van a diferir según la especie del cocotero y la edad del mismo. Además, el tamaño del fruto dependerá de recibir abundante agua de lluvias; y también, de las condiciones que tenga el cultivo durante la formación.

Tabla 1

Clasificación botánica del cocotero (Cocos nucifera)

Clasificación Botánica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Arecales
Familia	Arecaceae
Subfamilia	Arecoideae
Tribu	Cocoeae
Subtribu	Butiinae
Genero	Cocos
Especie	<i>Cocos nucifera</i>

Fuente: Fernández y Sánchez, 2016.

Según Acosta y Figueroa (2014) en el comercio del coco, no todos los productores esperan hasta la madurez del coco para hacer la cosecha de frutos. Los intervalos de cosecha son influenciados por el fin que se tiene planeado para la producción. En este sentido, si el consumo será para coco fresco, se cosecha en intervalos de 2 a 3 meses, especialmente cuando el fruto se encuentra entre el sexto y octavo mes después de la inflorescencia; dado que, en este periodo tiene más agua y mejor sabor. Ahora bien, si lo que se quiere es trabajar la copra, la cosecha debe realizarse cada 4 meses, cuando la copra es más sólida, y en el mismo sentido, si se recolecta el fruto deberá de hacerse cada mes.

Según estudios de Arguero (2011), se sabe que la práctica de dejar que los cocos se desprendan y caigan por sí mismos no reduce la cantidad de copra de buena calidad que se extrae del fruto, lo cual contradice la creencia popular, que tiende a pensar que la copra disminuye la calidad. Es claro que existe una diferencia entre un coco tierno y un coco maduro, por lo cual, a continuación, se explica de forma explícita las diferencias:

- ✓ **Coco tierno:** Se cosecha de los 8 a 6 meses cuando el agua casi llena la cavidad interna. Su uso principal es justamente el agua, como bebida refrescante e hidratante. De igual manera se consume su copra que tiene una textura gelatinosa y poco consistente.
- ✓ **Coco maduro:** Se cosecha de los 8 a los 11 meses. En esta etapa de vida del fruto la copra o endospermo se ha formado sólida y consistentemente. A pesar que posee tanto el agua como la copra, por lo general en este estado, el fruto es consumido de forma natural por su copra principalmente.

La copra del coco es la carne blanca o almendra seca extraída del coco maduro. Su contenido de humedad esta alrededor del 6 % y se clasifica en dos tipos, comestible y para molido. La copra preferida para comer es de calidad superior y es utilizada para diversas preparaciones alimenticias, así como para el consumo directo. En cambio, la segunda se utiliza para la extracción de aceite. La copra contiene aproximadamente 63 % de aceite, 31% de materia seca y 6 % de agua (Acosta & Figueroa, 2014).

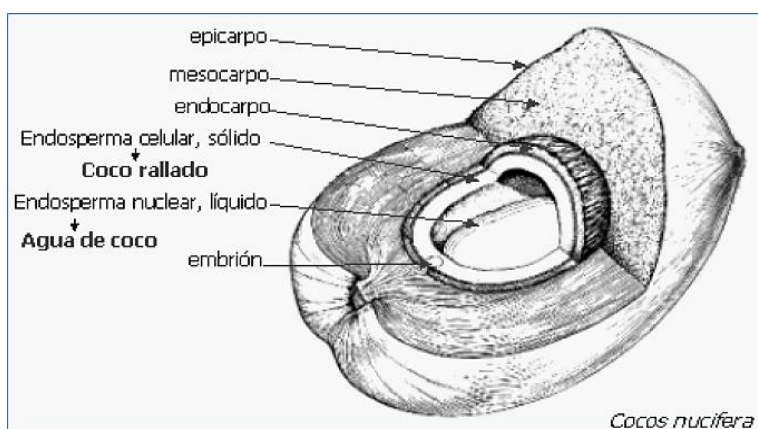


Figura 2. Estructura del coco (Fuente: Fernández y Sánchez, 2016).

1.2.2. Fibra de coco

La Fibra de coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño que posee baja conductividad al calor, resistencia al impacto al impacto, a las bacterias y al agua. Su resistencia y durabilidad lo hace un material adecuado para el mercado de la construcción para usarlo como material de aislamiento térmico y acústico. Son relativamente resistentes al daño por el agua salada y una vez seca se vuelve inodora, no es atacada por roedores ni terminas, es imputrescible y no produce hongos (Escudero & Aristazabal, 2017).

La fibra de coco (*Cocos nucifera*) es una importante fibra lignocelulósica con un alto contenido de lignina, es obtenida a partir del mesocarpio de la fruta de coco y representa aproximadamente el 25% de la nuez. Se encuentra dentro de la categoría de fibras fuertes igual que el henequén y el abacá. Algunas características de esta fibra es su baja conductividad térmica, no es tóxica, es resistente al impacto, a las bacterias y al agua, y puede ser modificada químicamente. Estas características hacen que sea un material versátil y pueda ser utilizada en cuerdas, cepillos, sogas, redes de pesca entre otros. También es usada en obras civiles y un ejemplo serían los geotextiles en la prevención de la erosión debido a que ayuda a contener el suelo y permite el crecimiento de cobertura vegetal (Dzul, 2015).

La fibra de coco es de color café claro tornándose más oscura a medida que avanza su maduración. Tienen una longitud de 10 a 30 cm, son ligeras, fuertes y duraderas. Poseen un alto contenido de lignina con respecto a otras fibras, lo que la vuelve áspera al tacto y un tanto rígida. Sus usos varían desde productos artesanales, cuerdas y cordeles, hasta productos no tejidos con los que es posible fabricar colchones, asientos de autos, aislantes, alfombras, etc. (Dzul, 2015).

Según Acosta y Figueroa (2014), la composición química de la fibra de estopa de coco es:

Tabla 2*Composición química de la fibra de estopa de coco*

Composición	(%)
Lignina	42,3%
Celulosa	32,3%
Pentanosa	14,7%
Grasas saponificables	5,1%
Grasas insaponificables	0,7%
MnO	0,195%
K ₂ O	0,059%
Na ₂ O	0,003%
SiO ₂	0,701%
Proteínas	1,2

Fuente: Acosta y Figueroa, 2014.

**Figura 3.** Fibra de estopa de coco (Fuente: Escudero y Aristazabal, 2017).

Según Núñez (2010) la fibra de coco es un material lignocelulósico, es totalmente biodegradable, muy resistente, tiene alta capacidad de retención del agua, es un buen aislante del calor y del sonido. Pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén; se trata de una fibra compuesta por celulosa y lignina. Se pueden distinguir tres tipos principales de fibra:

- Fibra corta y fina, se conoce como fibra de relleno.
- Fibra larga y fina, se conoce como fibra de hilo.
- Fibra tosca, que se conoce con el nombre de fibra de cerda.

La composición del coco es un 35% de cáscara con fibra, casco o hueso en un 12%, albumen o carne en un 28% y agua en un 25%. Los porcentajes varían muy poco debido a

que son dependientes del tamaño o estado de maduración del coco. La fibra de coco es un material con un aroma propio de su nombre, se caracteriza por tener un color café después de secarse, además de poseer variedad de longitudes, en promedio tiene una longitud comprendida entre 15 y 25 cm.

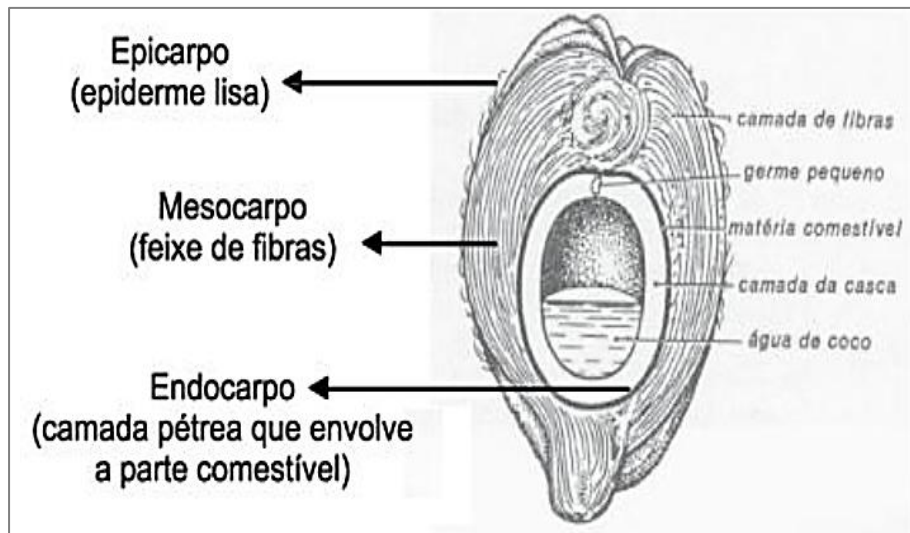


Figura 4. Corte longitudinal de coco (Fuente: Escudero y Aristazabal, 2017).

Los materiales compuestos de polímeros y fibra de coco presentan limitaciones de procesamiento debido a la baja temperatura de degradación de la celulosa de alrededor de 200 °C. Por lo tanto, los polímeros que pueden utilizarse para la fabricación de material compuesto deben tener temperatura de fusión por debajo de la temperatura de degradación de la celulosa. Uno de los polímeros más utilizados es el polipropileno, debido a sus propiedades intrínsecas y la baja temperatura de fusión (165 °C), que permite el procesamiento de material compuesto a temperaturas inferiores a 200 °C, para evitar la degradación de la celulosa (Espitia, 2010).

1.2.3. Obtención de la fibra de estopa de coco

Según Dantas, Lima, Santiago y Fernández (2005) para la obtención de la fibra de coco, se utiliza el proceso de enriado, que se entiende como el proceso de desintegración de las materias orgánicas (proteínas, azúcares, almidones, pectinas, hemicelulosa y a veces la celulosa) de las plantas en partículas más pequeñas y solubles, mediante la acción de enzimas o fermentos específicos de ciertos microorganismo.

Dantas et al. (2005), nos indica que hay tres métodos para la obtención de la fibra método convencional, mecánico y moderno.

- a. **Método convencional:** Enriado de rocío, consiste en enterrar la cascara de coco por un periodo de 2-3 meses remojando el terreno, hasta que se destruyan los tejidos blandos. Enriado en agua, la fibra se coloca en tanques de agua durante seis meses o en estanques de sal o depósitos que requieren de 10 a 12 meses de la digestión anaeróbica para aflojar las fibras.
- b. **Método mecánico:** Se usa un molino desfibrador, en el cual se procesa la cáscara que 5 días antes estuvo en un proceso de inmersión en agua, cortando la cáscara, ablandando y sacando las fibras. Haciendo uso de cilindros para separar la fibra larga de la corta. Las fibras más fuertes son lavadas, limpiadas, secadas y ablandadas.
- c. **Método moderno:** El cual hace uso de la biotecnología, a través de la aproximación específica de enzimas microbianas, reduciéndose el tiempo de cinco a tres días; mantiene una alta calidad de la fibra.

1.2.4. Características técnicas de la fibra

La cáscara del fruto del coco también llamada estopa o bonote da una fibra muy importante que puede ser utilizada tanto en la industria como en la construcción. Es una fibra multicelular con un alto grado de rigidez y dureza debido a sus dos componentes, la celulosa y el leño; entre sus principales características se pueden mencionar las siguientes: la baja conductividad al calor, la resistencia al impacto, a las bacterias y al agua, también la durabilidad y resiliencia hacen de la fibra de coco el material indicado para trabajos de aislamiento térmico y acústico. Cada coco puede generar 125 gramos de fibras y con la extracción de esas fibras de la cáscara, se producen además unos 250 gramos de polvo de coco (Nuñez, 2010).

- ❖ Ventajas
 - No es electrostática.
 - Inodora.
 - Resistente a la humedad - amplia difusión.
 - No es atacable por roedores o termitas.

- Imputrescible, no produce hongos.
- Difusión del vapor de agua (DIN).
- Tolerancia de los espesores: +10% / - 0%.
- Conductividad térmica: 0,043 a 0,045 W/mk.
- Reducción de los ruidos de percusión (de acuerdo con los espesores): 25 a 35 decibelios (en forjado).
- Reducción de ruidos aéreos: 47 Decibelio(db en media).

1.2.5. Usos de la fibra de coco

Aun no se ha llegado al aprovechamiento del 100% de todas las partes de la palmera de coco (*cocos nucifera*), sin embargo se dice que es la planta a la que se le conocen más aplicaciones y es una de las más aprovechadas por el hombre.

La copra es altamente aprovechada para la elaboración de aceites, jabones, champús, cosméticos, etc. La caneara del coco, o endocarpio, se puede usar para hacer varios utensilios tales como tazones, tazas, cucharas y cucharones, pipas para fumar, ceniceros, floreros, cajas, juguetes, carbón, carbón activado, botones. La parte más utilizada de la palmera de coco es sin duda alguna su madera, los usos dentro de la construcción son ilimitados, aunque esto genera un daño a las plantaciones y es una causa de la disminución de los plantíos (Álvarez, 2008).

1.2.6. Características físicas y propiedades mecánicas de la fibra de coco

Según Gómez (2009) las principales características físico-mecánicas de la fibra de coco son las siguientes:

Tabla 3*Principales características físico-mecánicas de la fibra de coco*

PARAMETRO	VALOR
Masa específica real (Kg/m ³)	1,177
Absorción máxima (%)	93.8
Ruptura por elongamiento (%)	23.9 a 51.4
Resistencia a la tracción (Mpa)	95 a 118
Módulo de elasticidad (Gpa)	2.8

Fuente: Gómez, 2009.

Entre otras características físicas se tienen:

- Longitud del bonote en centímetros 15 - 20
- Densidad (g/cc) 1.40
- Diámetro de la fibra en milímetro 0.1 - 1.5.

1.2.7. El Cemento

Es un material con propiedades adhesivas y cohesivas, las cuales dan la capacidad de aglutinar otros materiales para formar un todo, sólido y compacto. Su uso se remonta a la antigüedad, desde la época de los egipcios, griegos y romanos, ellos iniciaron por mezclar arena, agua y piedra triturada, por lo que se puede decir que este fue el primer concreto de la historia. El cemento se obtiene a partir de la mezcla de materiales calcáreos y arcillosos, así como de otros que contengan sílice, aluminio y óxido de hierro. Es un mineral finamente molido, usualmente de color grisáceo extraído de rocas calizas, que se tritura hasta convertirse en polvo y ser mezclado con agua, tiene la propiedad de endurecer (Novoa, 2005).

❖ Tipos de cemento:

- Cemento tipo I: Uso general, para concreto de uso normal.
- Cemento tipo II: Moderada resistencia a los sulfatos, como en suelos y aguas subterráneas, que tienen un bajo contenido de sulfatos.
- Cemento tipo III: Alta resistencia inicial, es usado cuando se requiere resistencia a edades tempranas y en lugares frío.

- Cemento tipo IV: Bajo calor de hidratación, se utiliza cuando el calor durante el proceso de hidratación debe ser mínimo, por ejemplo: las presas donde se colocan grandes volúmenes de concreto.
- Cemento tipo V: Alta resistencia a sulfatos, se usa en un concreto que estará expuesto a altas concentraciones de sulfatos, como tuberías de aguas residuales, obras expuestas al agua del mar, al ambiente marino o a suelos y aguas con alto contenido de sulfatos (Gómez, 2009).

❖ **Cemento Portland tipo I**

El cemento Tipo I es un cemento de uso general en la construcción, que se emplea en obras que no requieren propiedades especiales. El cemento portland Tipo I se fabrica mediante la molienda conjunta de Clinker Tipo I y yeso, que brindan mayor resistencia inicial y menores tiempos de fraguado. Su uso se aplica a obras de concreto y de concreto armado en general, estructuras que requieren un rápido desencofrado, concreto en clima frío, productos prefabricados, pavimentos y cimentaciones. (Pacasmayo, 2016).

Varios estudios se han realizado para la incorporación de fibras de coco en cemento. Paramasivam et al. (1984) citado por Assis (2005), investigaron las características de las placas corrugadas de fibrocemento usando fibras de coco y concluyeron que la eficiencia de las placas obtenidas era semejante a aquellas obtenidas con asbesto. Ghavami et al. (1999) citado por Assis (2005), estudiaron la posibilidad de la incorporación de fibra de sisal y fibra de coco para producir compuestos de bajo costo, con gran potencial de uso en construcción civil en países con una población de bajo poder adquisitivo.

1.2.8. Tableros aglomerados

Son materiales en forma plana el cual puede ser elaborado de pequeñas astillas de madera o algún otro materia lignocelulósico fibroso, aglutinado por medio de un adhesivo bajo la acción de presión y calor durante un tiempo determinado. Se denomina tablero al producto madera y posterior agregación en piezas estandarizadas, agregando en forma optativa elementos químicos que mejoran sus propiedades (Novoa, 2005).

Los tableros aglomerados son materiales elaborados a partir de partículas o fibras homogeneizadas, las cuales son aglomeradas con diferentes resinas que les brindan a éstos diferentes propiedades, dependiendo del tipo de aplicación al que vaya a ser sometidos (Badila et al., 2013). Estos materiales han sido utilizados desde hace tiempo como suplentes de los productos de madera pura en muchas aplicaciones debido a varias ventajas como su bajo costo debido a la cantidad de madera utilizada comparado con los tableros de madera sólida, son rígidos, suaves, de fácil procesado, buena estabilidad, tensión, entre otros. Una de las características más relevantes de los tableros es su resistencia a la humedad, los arañazos, golpes o suciedad, lo cual es debido a una capa de recubrimiento que confiere la resistencia requerida (Domínguez y Londoño, 2014).

A la luz de las normativas cada vez más severas impuestas por la legislación europea en cuanto a la reducción de compuestos orgánicos volátiles (COV), se ha ido implementando la utilización tanto de recubrimientos como resinas que disminuyan el contenido de éstos en su proceso productivo; por ello se ha dado un enfoque significativo en el uso de productos de origen natural que traten de suplir de igual manera las características dadas por los productos sintéticos (Domínguez y Londoño, 2014).

1.2.9. Diferentes tipos de tableros

A. Tableros de partículas

Son tableros fabricados con partículas de madera u otros materiales lignocelulosicos, aglomerados mediante aglutinantes, y uno o más agentes como el calor, presión, humedad, etc (Malqui, 2015).

B. Tableros de fibra

Según Malqui (2015) son tableros hechos a partir de fibras de madera, se fabrican en base a una amplia gama de materias primas por infiltrado de las fibras para después ser compactados mediante unos rodillos o una prensa de platos. Dentro de estos tableros se encuentran los Duros, MDF y Aislantes. En el proceso de fabricación puede agregarse aglutinantes u otros materiales que mejoren características como resistencia mecánica, resistencia al fuego, ataque de insectos, pudrición y comportamiento hidrófugo. De acuerdo a su densidad se clasifican en:

- Tableros de fibra duros: Se utilizan como revestimiento en distintas aplicaciones como puertas, pisos, zócalos, muros divisorios, revestimiento en muro, etc. Tienen una densidad que oscila entre 850 y 1200 kg/m³.
- Tableros de fibra densidad media (MDF): La madera esta reducida a fibras de gran homogeneidad. Por sus características es lo más parecido a madera maciza con las ventajas de ser un tablero. Tienen una densidad que oscila entre 720 a 800 kg/m³.

C. Tableros contrachapados

Son tableros formados a partir de varias láminas o chapas de madera prensadas entre sí, generalmente quedando la dirección de la fibra de cada capa en forma alternada con la siguiente, para que el tablero logre condiciones mecánicas en ambos sentidos. En comparación con los tableros de fibra y partículas, las condiciones que deben reunir las materias primas para la fabricación de chapa y tableros son mucho más rigurosas, presentado considerables variaciones según uso y calidad del panel (Malqui, 2015).

D. Tableros de cemento-material lignocelulósico

El cemento actúa como aglutinante, actualmente este tablero tiene mucha aceptación en el ramo de la construcción, en donde es utilizado como muro divisorio en zonas húmedas, además para la construcción de casas prefabricadas. En varios países las fibras vegetales han sido investigadas desde hace años como una alternativa destinada a la vivienda de interés social; principalmente por su bajo costo y por su utilización como desecho de otras actividades económicas (Malqui, 2015).

1.2.10. Clasificación de los tableros aglomerados de partículas

Entre las principales formas de clasificación de los tableros aglomerados de partículas con respecto a la diversidad de tipos se encuentran: el tamaño de las partículas, tamaño de las partículas en las superficies y en el centro y la densidad del tablero. Así, la FAO (1959) citado por Manzano (2000) presenta la clasificación en la siguiente tabla:

Tabla 4*Clasificación de los diferentes tipos de tableros y sus valores correspondientes*

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
TABLEROS DE MADERA (TIPO) AGLOMERADA		
TIPO AISLANTE		
Densidad	0.25 - 0.40	g/cm ³
Módulo de ruptura	15 – 55	kg/cm ²
Módulo de elasticidad en la flexión	1700 - 8800	kg/cm ²
Resistencia a la tracción paralela a la superficie	15 – 35	kg/cm ²
Absorción de agua (inmersión 24 h.)	15 – 60	% peso
Hinchamiento	5 – 15	% vol.
Expansión lineal (inmersión 24 h.)	0.50	%
TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA DE DENSIDAD MEDIA		
Densidad	0.40 - 0.80	g/cm ³
Módulo de ruptura	100 - 500	kg/cm ²
Módulo de elasticidad en la flexión	10000 - 50000	kg/cm ²
Resistencia a la tracción paralela a la superficie	50 – 250	kg/cm ²
Absorción de agua (inmersión 24 h.)	20 – 75	% peso
Hinchamiento	5 – 15	% vol.
Expansión lineal (inmersión 24 h.)	0.2 - 0.6	%
TABLEROS DE MADERA AGLOMERADA TIPO DURO		
Densidad	0.80 - 1.05	g/cm ³
Módulo de ruptura	200 - 530	kg/cm ²
Módulo de elasticidad en la flexión	28000 - 70000	kg/cm ²
Resistencia a la tracción paralela a la superficie	20 – 175	kg/cm ²
Absorción de agua (inmersión 24 h.)	15 – 40	% peso
Hinchamiento	15 – 40	% vol.
Expansión lineal (inmersión 24 h.)	0.85	%

Fuente: FAO (1959), tomado de Manzano (2000).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El estudio se realizó en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, y otras evaluaciones se complementaron en el Laboratorio de la empresa 2F&J INGENIERIA S.A.C que se encuentra ubicado en el Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, durante los meses de octubre del 2018 a Marzo del 2019.

2.2. Materia prima

La fibra y endocarpio de coco semi-seco (*cocos nucifera*) variedad gigante verde de Brasil fueron obtenidos de la Asociación de Productores Agropecuarios - PUCOOR, Distrito de Pucacaca - Provincia de Picota. Para la elaboración de los tableros aglomerados se emplearon diferentes proporciones de cemento con fibra y endocarpio que fueron evaluado según las propiedades físicas y mecánicas de un tablero de madera aglomerado de densidad media.

2.3. Equipos y materiales

2.3.1. Equipos

- Balanza digital de mesa 1g/5kg a pila.
- Regla metálica graduada de acero inoxidable 30cm.
- Comba de bronce cabeza 53 Onz mango hickory truper.
- Plancha de acero de 40x40cm.
- Tijera industrial para lámina de corte recto.
- Moldes de madera de 2.5 x 2.5 x 43cm.
- Toldos de secar (mantos, plásticos).
- Bandeja redonda de acero inoxidable - 15cm de diámetro.
- Tina de 40cm de diámetro con una capacidad de 22 litros.
- Vernier, Rango 0 a 8 pulgadas, Rango de Precisión $\pm 0.001''/0.03\text{mm}$.
- Prensa manual fabricado por mecánica BRUCE de 30kg.
- Molino marca corona con tolva alta adaptado a corriente.
- Tamizador de acero inoxidable con malla de acero cedazo y equipo de Flexo tracción con capacidad de 300KN marca UTC-0370 (flexión).

- Alicate universal 514 de 180 mm.

2.3.2. Equipos de campo

- Machete marca tramontina de 30cm de largo.
- Pala cuchara especial 70 cm marca tramontina.
- Sacos tejidos con rafia de polipropileno.
- Libreta de campo, lapicero.

2.4. Metodología

La metodología experimental del trabajo de investigación se realizó en 3 etapas: primera fase en la obtención de fibra y endocarpio de coco (*cocos nucifera*), segunda fase en la elaboración de tableros aglomerados y la tercera fase en la evaluación mecánica y física de los tableros.

2.4.1. Flujograma para la obtención de fibra de coco/endocarpio.

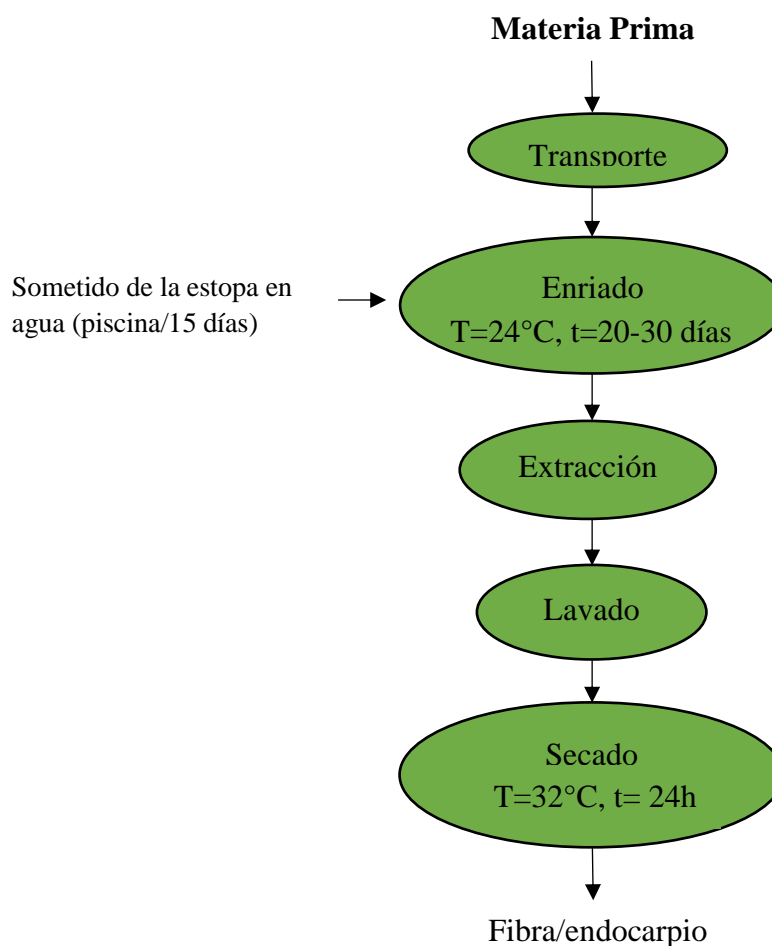


Figura 5. Extracción de la fibra de coco (Fuente: Adaptado de Novoa, 2005).

2.4.2. Descripción de la obtención de la fibra y endocarpio de coco

Una vez recolectado el coco (*Cocos nucifera*) se procedió al acondicionamiento del mismo, para luego someterlo al proceso de extracción de la fibra. Este proceso se realizó en las siguientes condiciones: temperatura ambiente 21- 35°C, en una piscina. Los frutos, se dividieron en mitades, para luego proceder a separar la parte carnosa de la cáscara y someterlo en agua (piscina), el proceso de enriado duró 15 días; una vez cumplido el tiempo se procedió a sacar del agua las cáscaras y separar el polvo de bonote de la fibra, clasificándolos en tres tipos (de relleno, de hilo y de cerda).

a) Materia prima (Estopa de coco - Endocarpio).

Consistió en recolectar la estopa y el endocarpio de coco en unos sacos para poder transportar la materia prima del Distrito de Pucacaca - Provincia de Picota.



Figura 6. Estopa de coco - Pucacaca - Provincia de Picota (Fuente: 2018).



Figura 7. Endocarpio de coco - Pucacaca - Provincia de Picota (Fuente: 2018).

b) Transporte

Dicha materia prima se transportó en un trimovil (motocar marca honda) del Distrito de Pucacaca a la ciudad de Tarapoto en 60 minutos para el respectivo tratamiento de la estopa y el endocarpio de coco.



Figura 8. Traslado de la estopa de coco (Fuente: 2018).

c) Enriado

Las muestras seleccionadas para el presente estudio, fueron sometidas en una poza de agua por un período de 20-30 días, lo que permitió que las fibras se aflojen producto de la descomposición bacteriana y los azúcares, gomas, pectinas, etc.



Figura 9. Proceso de enriado en la estopa de coco (Fuente: 2018).

d) Extracción

Esta operación se realizó con la ayuda de un alicate con la única finalidad de extraer la fibra para su respectivo tratamiento.



Figura 10. Proceso de extracción fibra en la estopa de coco (Fuente: 2018).

e) Lavado

Se realizó con abundante agua con el fin de eliminar los desechos que se encuentran en la fibra.



Figura 11. Proceso de lavado de la fibra de coco (Fuente: 2018).

f) Secado – endocarpio

Se realizó un secado al sol por un período de 24 horas/día aproximadamente. Y el secado del endocarpio consistió en someterlo al sol a temperatura ambiente para luego ser triturado.



Figura 12. Proceso de secado del endocarpio de coco (Fuente: 2018).

g) Fibra –endocarpio

Figura 13. Obtención de fibra-endocarpio de coco (Fuente: 2018).

2.4.3. Flujograma de elaboración de tableros aglomerados.

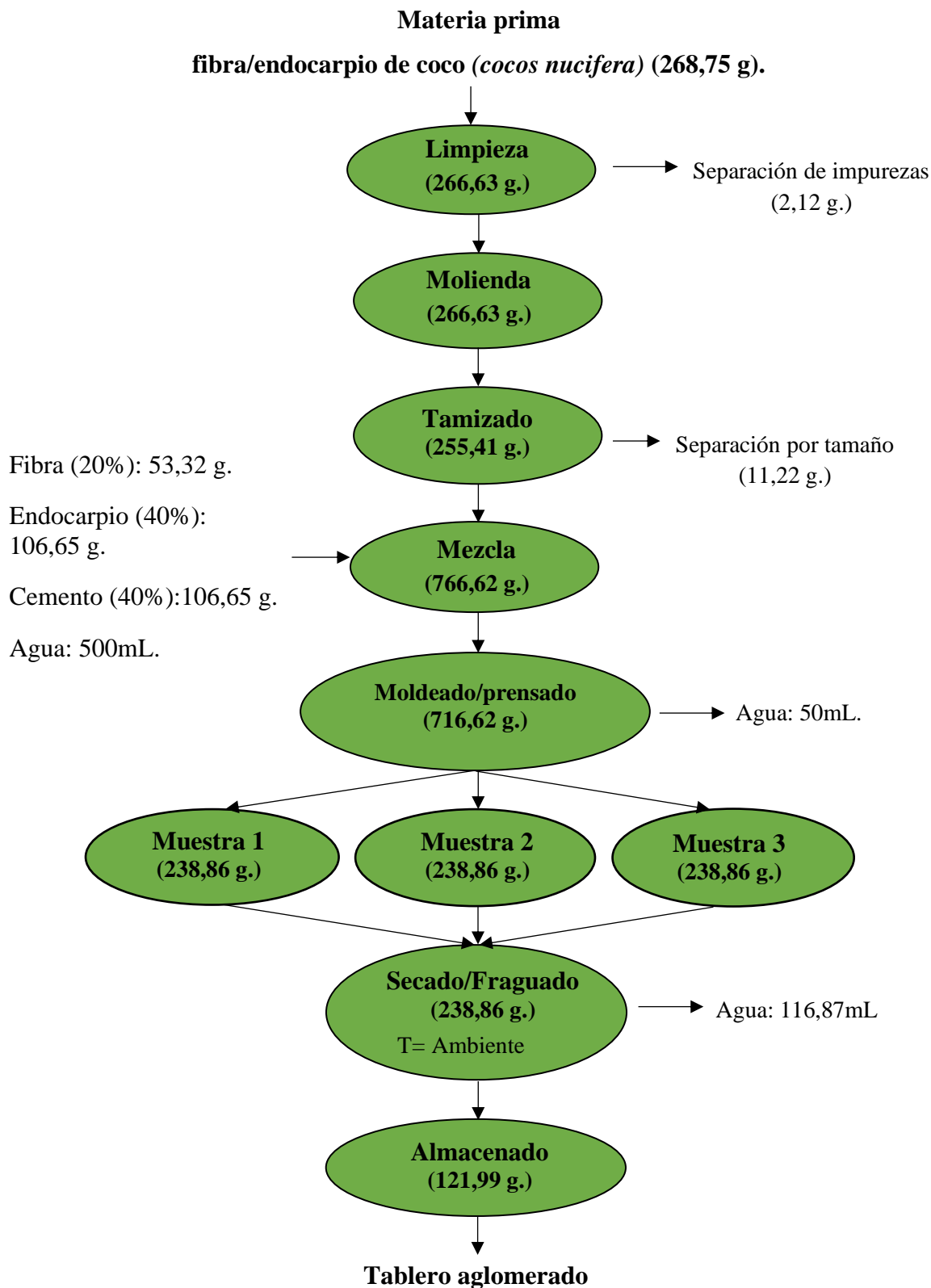


Figura 14. Elaboración de tablero aglomerado (Fuente: Adaptado de Novoa, 2005).

2.4.4. Proceso de elaboración de tableros aglomerados

a. Recepción de la materia prima

La fibra de coco se obtuvo después de un largo proceso de 20 a 30 días sometidos en una poza de tratamiento en la UNSM - Tarapoto y el endocarpo se obtuvo después de un proceso de secado a temperatura ambiente de 20 a 35 °C por un tiempo de 5-10 días.



Figura 15. Recepción de la materia prima (Fibra-endocarpio) (Fuente: 2018).

b. Limpieza

Aún después del proceso de obtención de la fibra y endocarpo quedaron impregnados algunos pequeños trozos de cáscara de coco, los cuales no son útiles para el experimento, de tal manera que fue conveniente realizar un desfibrado manual separando estos fragmentos.



Figura 16. Limpieza de la materia prima (Fibra-endocarpio) (Fuente: 2018).

c. Molienda

Para la molienda (triturado) se utilizó una tijera industrial, puesto que esta herramienta hizo posible que la fibra de coco sea en pequeñas partículas de 0.5cm-0.1cm para luego someterlo al proceso. Igualmente, el endocarpo fue sometido a una trituración manual a través de una comba antes de enviarlo a una máquina.



Figura 17. Trituración manual de la fibra y endocarpo de coco (Fuente: 2018).

Esta fase es muy importante, y aunque es una de las más sencillas es de igual manera la más larga, de cierta manera porque es un trabajo mecánico - manual. El molino que se utilizó fue adaptado a corriente del Instinto Superior Tecnológico Nor Oriental de la Selva, para lograr la longitud necesaria requerida en la elaboración de los tableros.



Figura 18. Molienda del endocarpo (Fuente: 2018).

d. Tamizado

El objetivo de este proceso es seleccionar la fibra y endocarpo de partículas pequeñas menores a 1 mm, este proceso requiere contenidos muy bajos de humedad para poder realizar sin ningún problema.



Figura 19. Proceso de tamizado a la fibra-endocarpo (Fuente: 2018).

e. Mezclado – formulación

Se elaboraron tableros de 43 cm x 2,5 cm y 2,5 cm de espesor, a la mezcla se le agregó cemento en proporciones de 40, 50 y 60% por cada 90 g de 250 ml de agua, para compensar el agua absorbida por la fibra y el endocarpo.



Figura 20. Mezclado de la fibra-endocarpo y cemento (Fuente: 2018)

f. Moldeado y prensado

Se utilizaron moldes artesanales con ciertas medidas de longitud y forma necesarias para la obtención de un tablero aglomerado rectangular, luego se prensó la materia prima para comprimirla en forma de tableros aglomerados rectangulares con un peso equivalente de 30 kg por un tiempo de 10 minutos aproximadamente. Se retiró el molde de asentamiento para que los tableros salieran libres.



Figura 21. Proceso de moldeado y prensado (Fuente: 2018).

g. Curado y fraguado

Luego del moldeado y prensado de los tableros, estos se sometieron al proceso de curado y fraguado, que consistió en depositar manualmente pequeñas cantidades de agua durante los 10 primeros días con la finalidad de que el tablero no se reseque y no aparezcan grietas. Las pruebas de laboratorio se realizaron a los 28 días cuando el concreto ya alcanzó su mejor resistencia y de esa manera lograr mejores resultados de calidad.



Figura 22. Proceso de curado y fraguado (Fuente: 2018).

El curado se realizó por la necesidad de que el cemento mantenga sus propiedades iniciales sin pérdida de agua durante el periodo de secado.

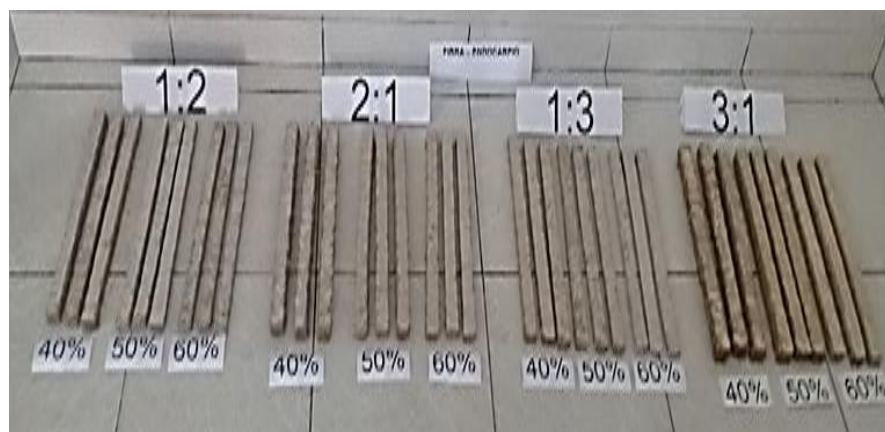


Figura 23. Tableros aglomerados en diferentes proporciones (Fuente: 2018).

2.4.5. Evaluación mecánica y física de los tableros

✓ Evaluación mecánica

Las pruebas mecánicas se realizaron en el laboratorio 2F&J Ingeniería S.A.C. con N° de RUC 20601724449 del Ing. Walter Vera Ybañez que se encuentra ubicado en el pasaje la Unión N° 155 - Sector Chontamuyo del Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Región San Martín.



Figura 24. Prensa de flexotracción (Fuente: 2018).

- **Resistencia a la flexión (kg/cm^2)**

Cada una de las pruebas se realizaron en una prensa de flexotracción con una capacidad de 300 KN marca UTC-0370 de origen alemán, que se realizó con una velocidad constante aplicando la norma técnica peruana NTP 251.017:2014.



Figura 25. Prueba de resistencia del tablero aglomerado (Fuente: 2018).

- ✓ **Evaluación física**

Esta evaluación se realizó en el Laboratorio de Química de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

- **Absorción de agua (% peso)**

Se determinó el porcentaje de absorción de agua dentro de 2 y 24 horas de inmersión aplicando la norma técnica peruana NTP 251.010:2014.

Peso: Se realizó la toma de peso inicial y final en una balanza electrónica.



Figura 26. Peso inicial de la muestra estudiada (Fuente: 2018).

Inmersión: Se realizó esta prueba en una poza de caño de agua a una temperatura ambiente en un lapso entre 2 horas y 24 horas.



Figura 27. Proceso de inmersión de la muestra (Fuente: 2018).

Peso final: El peso final es obtenido con la finalidad de saber cuánto de agua fue absorbido durante los tiempos ya mencionados.



Figura 28. Peso final de la muestra estudiada (Fuente: 2018).

- **Porcentaje de hinchamiento (%vol.)**

Se determinó el porcentaje de variación volumétrica entre 2 horas y 24 horas de inmersión y se empleó la norma técnica peruana NTP 251.012:2015.

Toma de medida: Se realizó el uso de una wincha y un vernier con la única finalidad de obtener las medidas exactas.

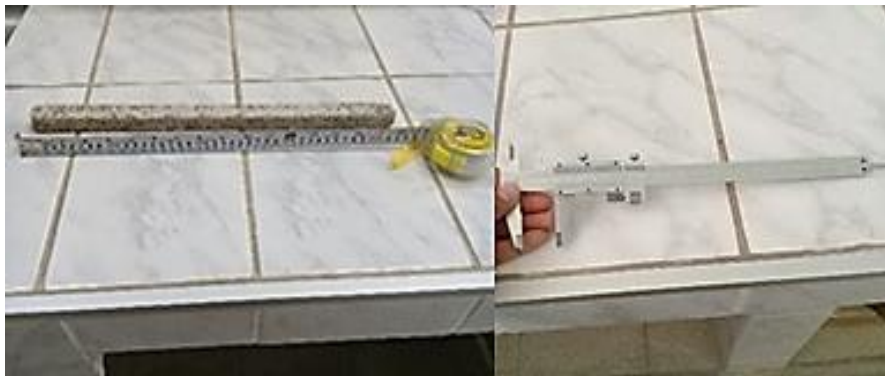


Figura 29. Medidas de la muestra estudiada (Fuente: 2018).

Inmersión: Fue sometido en una poza de caño de agua en un tiempo de 2 y 24 horas con la finalidad de conocer la variación volumétrica.



Figura 30. Variación volumétrica de la muestra estudiada (Fuente: 2018).

Medidas finales: Con el uso de un vernier se registraron los datos de variación volumétrica de los tableros aglomerados.



Figura 31. Medidas finales de la muestra estudiada (Fuente: 2018).

2.5. Diseño de investigación

Para el presente trabajo de investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 12 tratamientos y 3 repeticiones para dar respuesta al objetivo general de la investigación. La información generada de la formulación de los tableros aglomerados fue procesada utilizando el Software estadístico SPSS 24 para el análisis de varianza (ANVA) y prueba de Tukey a una probabilidad de $\alpha=0,05$ para elegir el mejor tratamiento de los tableros a evaluar según resistencia a la flexión (kg/cm^2), absorción de agua (% peso) e hinchamiento (% vol.).

Tabla 5

Formulación de los tableros aglomerados

Relación	Tablero	Fibra (%)	Endocarpio (%)	Cemento (%)
R.1:2	1	20,00	40,00	40,00
	2	16,70	33,30	50,00
	3	13,30	26,70	60,00
R.2:1	4	40,00	20,00	40,00
	5	33,30	16,70	50,00
	6	26,70	13,30	60,00
R.1:3	7	15,00	45,00	40,00
	8	12,50	37,50	50,00
	9	10,00	30,00	60,00
R.3:1	10	45,00	15,00	40,00
	11	37,50	12,50	50,00
	12	30,00	10,00	60,00

Fuente: Elaboración propia.

La descripción de los tratamientos a evaluar fue bajo 4 tipos de relaciones de mezcla (1:2, 2:1, 1:3, 3:1) entre la fibra-endocarpio de coco y cemento fue el siguiente:

T1: Elaborado con fibra (20%), endocarpio (40%) y cemento (40%) - Relación 1:2

T2: Elaborado con fibra (16,7%), endocarpio (33,3%) y cemento (50%) - Relación 1:2

T3: Elaborado con fibra (13,3%), endocarpio (26,7%) y cemento (60%) - Relación 1:2

T4: Elaborado con fibra (40%), endocarpio (20%) y cemento (40%) - Relación 2:1

T5: Elaborado con fibra (33,3%), endocarpio (16,7%) y cemento (50%) - Relación 2:1

T6: Elaborado con fibra (26,7%), endocarpo (13,3%) y cemento (60%) - Relación 2:1

T7: Elaborado con fibra (15%), endocarpo (45%) y cemento (40%) - Relación 1:3

T8: Elaborado con fibra (12,5%), endocarpo (37,5%) y cemento (50%) - Relación 1:3

T9: Elaborado con fibra (10%), endocarpo (30%) y cemento (60%) - Relación 1:3

T10: Elaborado con fibra (45%), endocarpo (15%) y cemento (40%) - Relación 3:1

T11: Elaborado con fibra (37,5%), endocarpo (12,5%) y cemento (50%) - Relación 3:1

T12: Elaborado con fibra (30%), endocarpo (10%) y cemento (60%) - Relación 3:1

La representatividad de la muestra estuvo conformada por 12 tratamientos, 3 repeticiones, haciendo un total de 36 unidades experimentales de 2,5 cm ancho x 43 cm largo y 2,5 cm de espesor. A continuación, se presenta la representación simbólica del diseño estadístico a utilizar para evaluar la resistencia a la flexión (kg/cm^2), absorción de agua (% peso) e hinchamiento (% vol.) de los tableros aglomerados obtenidos.

Tabla 6

Representación simbólica de los datos del diseño estadístico utilizado

Repetición	Tableros Aglomerados											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	Y ₁₁	Y ₂₁	Y ₃₁	Y ₄₁	Y ₅₁	Y ₆₁	Y ₇₁	Y ₈₁	Y ₉₁	Y ₁₀₁	Y ₁₁₁	Y ₁₂₁
2	Y ₁₂	Y ₂₂	Y ₃₂	Y ₄₂	Y ₅₂	Y ₆₂	Y ₇₂	Y ₈₂	Y ₉₂	Y ₁₀₂	Y ₁₁₂	Y ₁₂₂
3	Y ₁₃	Y ₂₃	Y ₃₃	Y ₄₃	Y ₅₃	Y ₆₃	Y ₇₃	Y ₈₃	Y ₉₃	Y ₁₀₃	Y ₁₁₃	Y ₁₂₃

Fuente: Elaboración propia.

2.5.1. Control de calidad del tablero aglomerado

✓ Densidad (g/cm^3)

La determinación de la densidad estuvo en función al contenido de humedad de las probetas, pudiéndose calcular la densidad seca al aire, cuyo proceso consistió en determinar el peso y el volumen de la probeta según lo establecido en la norma técnica peruana NTP 251.011:2014:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde: $m = \text{masa}; v = L \times A \times E$

$V = \text{Volumen}$

✓ **Resistencia a la flexión (kg/cm²)**

La flexión estática se determinó de acuerdo a lo establecido en la norma técnica peruana NTP 251.017:2014 (Método para determinar la flexión estática); para este ensayo se usaron probetas de 2.5 x 2.5 x 43 cm y, consistió en aplicar una carga central en la cara tangencial de la probeta, con una luz entre apoyos de 20.5 cm y una velocidad de avance constante de 1,3 mm/min hasta que se produjo la ruptura de dicha probeta. Con los datos obtenidos se calculó lo siguiente: el esfuerzo máximo en flexión o módulo de ruptura (MOR), para cada probeta.

$$RF = \frac{1.5(\text{carga maxima})(\text{luz entre apoyos})}{\text{Ancho de la probeta}(\text{altura de la probeta})^2} (\text{Kg/cm}^2)$$

Donde:

R= Resistencia de la probeta cuando se rompe en la prensa universal al momento de ser flexionada.

✓ **Absorción de agua (% peso)**

La determinación del porcentaje de absorción de agua se consideró un tiempo entre 2 y 24 horas de inmersión y se empleó la norma técnica peruana NTP 251.010:2014 (Métodos para determinar el contenido de humedad). La fórmula usada para determinar el contenido de humedad es la siguiente:

$$\%AA = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$$

Donde:

P₁=Peso inicial de la muestra.

P₂=Peso final de la probeta pesada después de ser sometida bajo el agua “n” tiempo.

✓ **Porcentaje de hinchamiento (%vol.)**

Para determinar el porcentaje de variación volumétrica se usó un intervalo entre 2 y 24 horas de inmersión y se empleó la norma técnica peruana NTP 251.012:2015 (Método de determinación de la contracción).

$$\%PI = \frac{E_2 - E_1}{E_1} \times 100$$

Donde:

E_1 = Espesor inicial de la probeta.

E_2 = Espesor final después de ser sometida bajo el agua por un tiempo “n”.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Comparación de las propiedades físico-mecánicas de los tableros aglomerados obtenidos, con los estándares establecidos por la FAO para su comercialización.

En la tabla 7, se visualiza los componentes utilizados (fibra-endocarpo de coco y cemento) en diferentes proporciones para la elaboración de tableros aglomerados, donde a través de muestras evaluadas se registraron los datos de sus características físicas y mecánicas; las cuales se compararon si los valores obtenidos están dentro de la tolerancia especificada para su comercialización como tablero de madera aglomerada de densidad media (Ver tabla 4), es decir evaluar si cumple con las medidas estandarizadas que según por la FAO (1959) en la actualidad se siguen utilizando para la elaboración de tableros.

Los resultados obtenidos de las probetas evaluadas (Ver tabla 17 al 28), determinaron que en promedio los tableros mostraron ligeras diferencias en la densidad (T1= 0,51 g/cm³, T2= 0,56 g/cm³, T3= 0,67 g/cm³, T4= 0,32 g/cm³, T5= 0,44 g/cm³, T6= 0,46 g/cm³, T7=0,57 g/cm³, T8= 0,65 g/cm³, T9= 0,84 g/cm³, T10= 0,32 g/cm³, T11= 0,38 g/cm³, T12=0,47 g/cm³). En los valores promedios obtenidos de densidad media (g/cm³) para tableros aglomerados, algunos tratamientos superaron las tolerancias mínimas y máximas aceptadas por las empresas que según la FAO son de 0.40 a 0.80 g/cm³ (Ver tabla 4). En este caso comparando estas medidas estandarizadas con los valores obtenidos en la prueba de densidad de los tableros evaluados, solo las muestras T4= 0,32 g/cm³, T9= 0,84 g/cm³, T10= 0,32 g/cm³ y T11= 0,38 g/cm³ no cumplieron con las tolerancias establecidas, a diferencia de las demás muestras que sí cumplieron.

Esta variación de la densidad se estima que fue por las pérdidas de peso y los cambios en las proporciones de fibra-endocarpo de coco y cemento. No obstante, Novoa (2005) reporta que la fibra de la palma de coco permite la fabricación de tableros aglomerados, cuyas propiedades cumplen satisfactoriamente con las exigencias de calidad para un tablero de uso general y densidad media. REXCEL (1999) sostuvo que conforme se incrementa la densidad de la madera se disminuye la resistencia del tablero, por consiguiente, para compensar tal reducción es necesario incrementar la densidad de este, cumpliendo así con

la especificación que nos indica la norma. En el estudio realizado por Cervantes et al. (2015) titulado “Durabilidad natural de tableros aglomerados de cocotero” sostuvieron que la humedad es un factor determinante, ya que por las condiciones del proceso se apreció que afecta las propiedades del material, como estabilidad dimensional, espesor y, en consecuencia, el cambio de la densidad. Las condiciones experimentales producen variación del material y afectan las propiedades físicas y mecánicas del tablero.

Tabla 7

Composición proximal (%) utilizada en la muestra de tableros aglomerados a base de fibra-endocarpo de coco y cemento

Nº Tablero	Componente
T1	Fibra (20%), Endocarpo (40%) y Cemento (40%) - Relación 1:2
T2	Fibra (16,7%), Endocarpo (33,3%) y Cemento (50%) - Relación 1:2
T3	Fibra (13,3%), Endocarpo (26,7%) y Cemento (60%) - Relación 1:2
T4	Fibra (40%), Endocarpo (20%) y Cemento (40%) - Relación 2:1
T5	Fibra (33,3%), Endocarpo (16,7%) y Cemento (50%) - Relación 2:1
T6	Fibra (26,7%), Endocarpo (13,3%) y Cemento (60%) - Relación 2:1
T7	Fibra (15%), Endocarpo (45%) y Cemento (40%) - Relación 1:3
T8	Fibra (12,5%), Endocarpo (37,5%) y Cemento (50%) - Relación 1:3
T9	Fibra (10%), Endocarpo (30%) y Cemento (60%) - Relación 1:3
T10	Fibra (45%), Endocarpo (15%) y Cemento (40%) - Relación 3:1
T11	Fibra (37,5%), Endocarpo (12,5%) y Cemento (50%) - Relación 3:1
T12	Fibra (30%), Endocarpo (10%) y Cemento (60%) - Relación 3:1

Fuente: Base de datos elaborado por el autor.

En la tabla 8, se muestra el análisis descriptivo de las medias marginales estimadas de resistencia a la flexión (kg/cm^2) de los 12 tratamientos de tableros aglomerados a base de fibra-endocarpo de coco y cemento (Ver tabla 7), donde se obtuvo en promedio los siguientes resultados de resistencia (T1= 100,751 kg/cm^2 , T2= 134,990 kg/cm^2 , T3=190,880 kg/cm^2 , T4= 28,610 kg/cm^2 , T5= 69,680 kg/cm^2 , T6= 87,860 kg/cm^2 , T7=107,767 kg/cm^2 , T8= 141,387 kg/cm^2 , T9= 266,693 kg/cm^2 , T10= 19,173 kg/cm^2 , T11= 35,300 kg/cm^2 , T12= 65,703 kg/cm^2). En los valores obtenidos, se observa una diferencia promedio en resistencia a la flexión (kg/cm^2) de las 3 repeticiones de muestras evaluadas a 28 días de su elaboración como se visualizan también en la tabla 17 al 28 (Ver

Anexo 1). En las muestras evaluadas se encontró una variación en sus frecuencias de respuesta que superan las tolerancias mínimas y máximas aceptadas por las empresas para tableros aglomerados de densidad media que según la FAO son de 50 a 250 kg/cm² (Ver tabla 4). En este caso comparando estas medidas estandarizadas con los valores, solo las muestras T4=28,610 kg/cm², T9=266,693 kg/cm², T10= 19,173 kg/cm² y T11= 35,300 kg/cm² no cumplieron con las tolerancias establecidas, a diferencia de las demás muestras que sí cumplieron. La figura 32, muestra la influencia de los materiales interactuando entre sí, en donde las tendencias manifiestan que a mayor cantidad de cemento y menor fibra produce una resistencia a la flexión más elevada. De acuerdo a la figura, la muestra T10=19,173 kg/cm² de proporción 45% fibra- 15% endocarpio y 40% cemento presentó el porcentaje más bajo en resistencia, a diferencia del T9= 266,693 kg/cm² de proporción 10% fibra- 30% endocarpio y 60% cemento que presentó el porcentaje más alto en resistencia, sin embargo, está sobrepasa los límites permitidos para un tablero aglomerado de densidad media.

Entonces se puede constatar que con la adición de fibra-endocarpio de coco en porcentajes mínimos se obtendrá una mejor resistencia. En el estudio realizado por Acosta y Figueroa (2014) titulada “Estudio demostrativo del proceso artesanal de aglomerado a base de fibra de estopa de coco como materia prima” sostuvieron que al mezclar estopas de coco enano de Malasia y de Alto del Pacífico en un porcentaje equivalente con la fécula de maíz y bajo de agua, mejoran las propiedades físicas del aglomerado, donde esta conserva más la forma, posee resistencia a los hongos, tiene mayor dureza y la fécula refuerza las propiedades adhesivas de la estopa. Además, de que la temperatura juega un papel muy importante, donde al exponer la estopa al calor se activa su lignina, permitiendo la unión de las fibras entre sí. Para Kollmann (1968), entre las propiedades más importantes de los tableros de madera esta su densidad, ya que con base en esta se puede determinar en gran medida la aptitud de los tableros, toda vez que la densidad está íntimamente relacionada con la resistencia mecánica de los tableros.

Tabla 8

Medias marginales estimadas de resistencia a la flexión (kg/cm²) de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento

Tableros aglomerados	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
T1	100,751	2,918	94,729	106,774
T2	134,990	2,918	128,967	141,013
T3	190,880	2,918	184,857	196,903
T4	28,610	2,918	22,587	34,633
T5	69,680	2,918	63,657	75,703
T6	87,860	2,918	81,837	93,883
T7	107,767	2,918	101,744	113,789
T8	141,387	2,918	135,364	147,409
T9	266,693	2,918	260,671	272,716
T10	19,173	2,918	13,151	25,196
T11	35,300	2,918	29,277	41,323
T12	65,703	2,918	59,681	71,726

*. La diferencia de medias es significativa. Variable dependiente: Resistencia a la flexión (kg/cm²)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

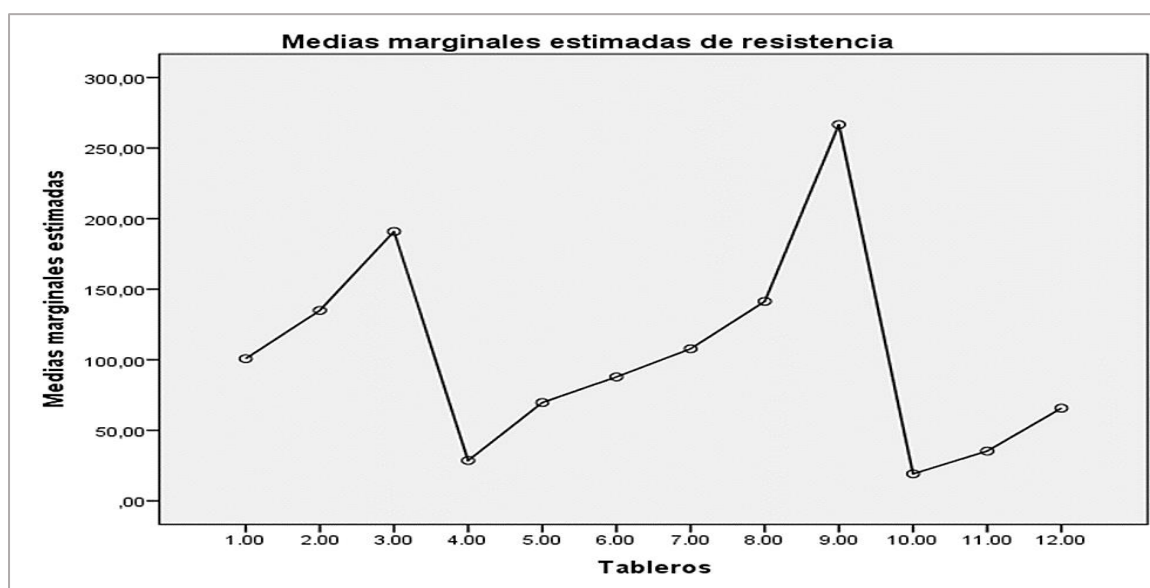


Figura 32. Medias marginales estimadas de resistencia a la flexión (kg/cm²)

(Fuente: Tabla 8).

En la tabla 9, se muestra el análisis descriptivo de las medias marginales estimadas de porcentaje de hinchamiento (% vol.) a 24 h de inmersión en agua de los 12 tableros aglomerados a base de fibra-endocarpo de coco y cemento (Ver tabla 7), donde se obtuvo en promedio los siguientes resultados de hinchamiento en espesor (T1= 13,877%, T2=11,960%, T3=7,749%, T4= 17,055%, T5= 12,618%, T6= 9,613%, T7= 11,694%, T8=9,243%, T9=6,355%, T10= 17,268%, T11= 14,129%, T12= 8,898%). En los valores obtenidos, se observa una diferencia en los promedios de porcentaje de hinchamiento (% vol.) en espesor de las 3 repeticiones de muestras evaluadas a 28 días de su elaboración como se visualiza en la tabla 17 al 28 (Ver Anexo 1).

En las muestras evaluadas se encontró una variación en sus frecuencias de respuesta que superan las tolerancias mínimas y máximas aceptadas por las empresas para tableros aglomerados de densidad media que según la FAO son de 5 a 15 % vol. (Ver tabla 4). En este caso comparando estas medidas estandarizadas con los valores obtenidos, solo las muestras T4= 17,055% y T10= 17,268% no cumplieron con las tolerancias establecidas, a diferencia de las demás muestras que sí cumplieron. La figura 33, muestra la influencia de los materiales interactuando entre sí, en donde la determinación del hinchamiento en espesor manifiesta el comportamiento de los módulos estructurales frente a influencias de humedad. De acuerdo a esta figura, el porcentaje más alto de hinchamiento al espesor en 24 horas de inmersión fue de 17,268% que pertenece a la muestra T10 de proporción 45% fibra- 15% endocarpio y 40% cemento; mientras que el más bajo (6,355%) de hinchamiento se encontró en la muestra T9 de proporción 10% fibra- 30% endocarpio y 60% cemento. Estos resultados nos demuestran una influencia directa de la fibra- endocarpio de coco, que al aumentar o disminuir su proporción porcentual también se elevará o disminuirá respectivamente el valor (%) de hinchamiento al espesor del tablero aglomerado.

Tabla 9

Medias marginales estimadas de porcentaje de hinchamiento (%vol.) a 24 h de inmersión de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento

Tableros aglomerados	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
T1	13,877	,217	13,430	14,325
T2	11,960	,217	11,512	12,408
T3	7,749	,217	7,302	8,197
T4	17,055	,217	16,607	17,503
T5	12,618	,217	12,170	13,065
T6	9,613	,217	9,165	10,061
T7	11,694	,217	11,246	12,141
T8	9,243	,217	8,795	9,690
T9	6,355	,217	5,907	6,802
T10	17,268	,217	16,820	17,715
T11	14,129	,217	13,681	14,577
T12	8,898	,217	8,451	9,346

*. La diferencia de medias es significativa. Variable dependiente: Hinchamiento (%vol.)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

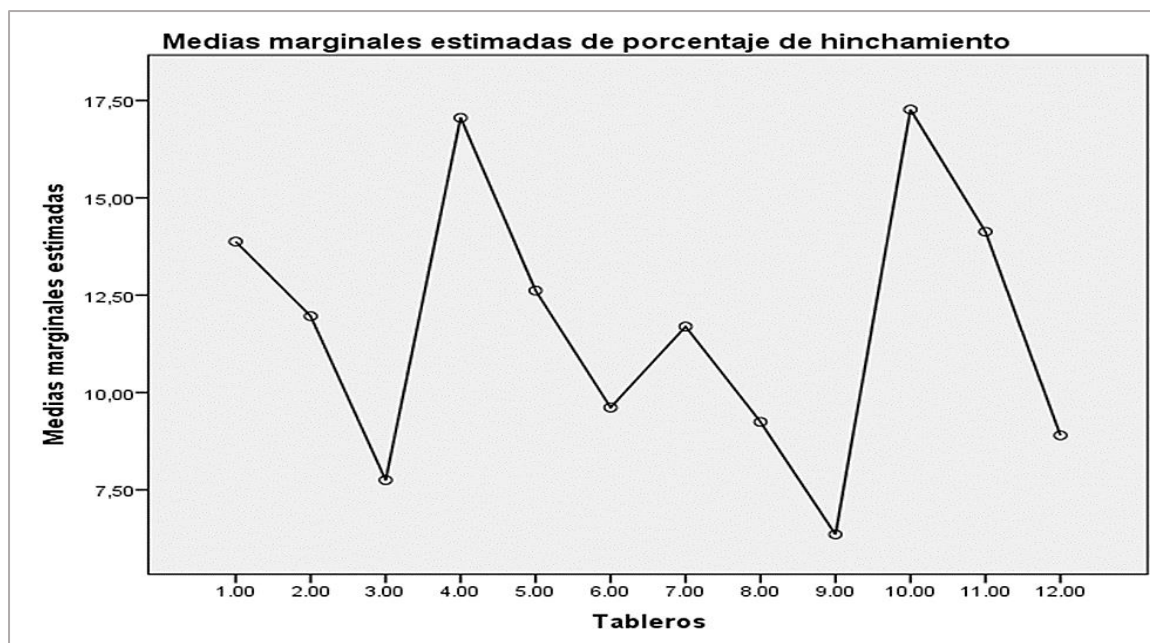


Figura 33. Medias marginales estimadas de porcentaje de hinchamiento (%vol.)

(Fuente: Tabla 9).

En la tabla 10, se muestra el análisis descriptivo de las medias marginales estimadas de absorción de agua (% peso) a 24 h de inmersión en agua de los 12 tableros aglomerados a

base de fibra-endocarpo de coco y cemento (Ver tabla 7), donde se obtuvo en promedio los siguientes resultados de absorción de agua (T1= 125,481%, T2= 85,575%, T3=69,283%, T4= 223,241%, T5= 181,886%, T6= 130,815%, T7= 122,795%, T8=73,806%, T9=49,084%, T10= 245,442%, T11= 212,651%, T12= 150,396%). En los valores obtenidos, se observa una diferencia de los promedios de porcentaje de absorción de agua (% peso) de las 3 repeticiones de muestras evaluadas a 28 días de su elaboración como se visualiza en la tabla 17 al 28 (Ver Anexo 1).

En las muestras evaluadas se encontró una variación en sus frecuencias de respuesta que superan las tolerancias mínimas y máximas aceptadas por las empresas para tableros aglomerados de densidad media que según la FAO son de 20 a 75 % peso. (Ver tabla 4). En este caso comparando estas medidas estandarizadas con los valores obtenidos, solo las muestras T3= 69,283%, T8=73,806% y T9= 49,084% sí cumplieron con las tolerancias establecidas, a diferencia de las demás muestras que no cumplieron. La figura 34, muestra la influencia de los materiales interactuando entre sí, que conforme aumenta el (%) fibra-endocarpo de coco en la mezcla para la obtención, la absorción de agua de los tableros aumenta a medida que pasa el tiempo (24 horas), siendo la densidad del material que más influye en la absorción de la humedad. De acuerdo a esta figura, el porcentaje más alto de absorción de agua en 24 horas de inmersión fue de 150,396% que pertenece a la muestra T12 de proporción 30% fibra- 10% endocarpo y 60% cemento; mientras que el más bajo (49,084%) de absorción se encontró en la muestra T9 de proporción 10% fibra- 30% endocarpo y 60% cemento.

Es por ello que cuanto mayor agua absorba el tablero aglomerado mayor será la variación en su espesor. Para Matoski y Iwakiri (2007), los parámetros que más influyen en la absorción de agua es la densidad del tablero y la cantidad de partículas de aserrín dentro del tablero, por lo que hay una disminución de la absorción de agua con el aumento de la densidad del tablero. Para Quintero (2003), el humedecimiento conduce a un aumento hacia la tendencia a la falla por estiramiento, antes que a la falla por fractura de la fibra. Esta es la causa por la que con un incremento en el porcentaje de fibra se reduce la gravedad específica y crecen la absorción de agua y los movimientos de humedad. El contenido de fibra tiene un efecto importante en la gravedad específica, absorción de agua y movimientos de humedad, y se observa que con un incremento en el porcentaje de fibra se reduce la gravedad específica y crecen la absorción de agua y los movimientos de humedad.

Tabla 10

Medias marginales estimadas de porcentaje de absorción de agua (% peso) de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento

Tableros aglomerados	Media	Error típ.	Intervalo de confianza 95%	
			Límite inferior	Límite superior
T1	125,481	,748	123,938	127,025
T2	85,575	,748	84,031	87,118
T3	69,283	,748	67,740	70,826
T4	223,241	,748	221,697	224,784
T5	181,886	,748	180,343	183,430
T6	130,815	,748	129,272	132,358
T7	122,795	,748	121,252	124,339
T8	73,806	,748	72,263	75,349
T9	49,084	,748	47,541	50,628
T10	245,442	,748	243,899	246,986
T11	212,651	,748	211,108	214,195
T12	150,396	,748	148,852	151,939

*. La diferencia de medias es significativa. Variable dependiente: Absorción de agua (% peso)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

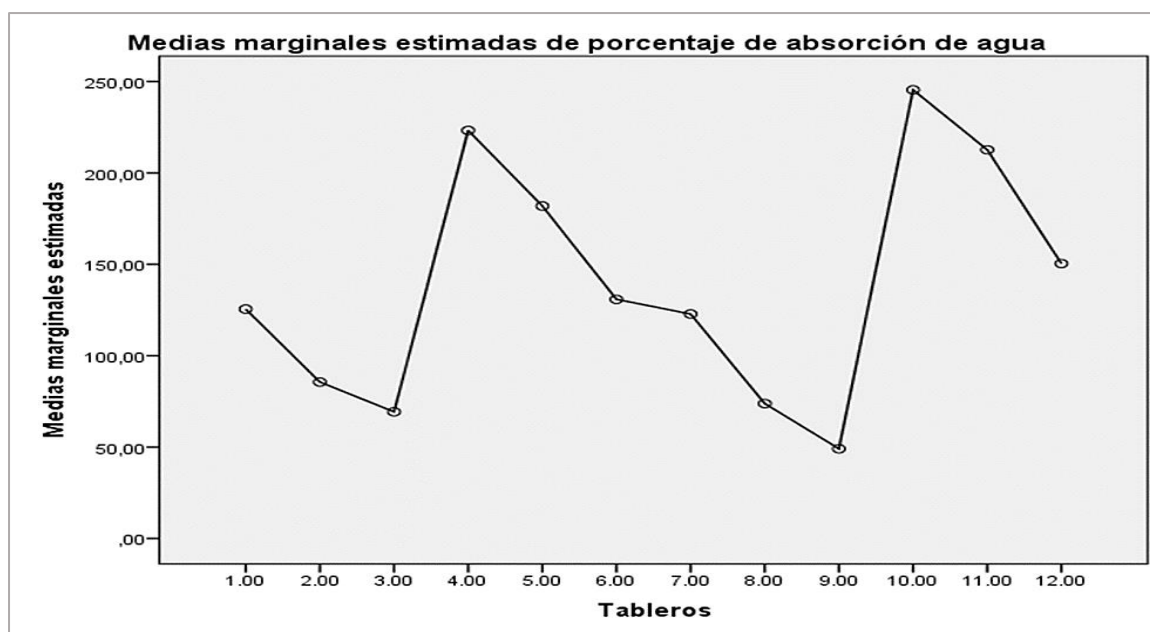


Figura 34. Medias marginales estimadas de absorción de agua (% peso)

(Fuente: Tabla 10).

3.2. Análisis de resistencia a la flexión (kg/cm^2) de los tableros aglomerados según la proporción de fibra - endocarpo de coco y cemento.

Con los valores de resistencia a la flexión (MOR) obtenidos de los tableros evaluados (Ver Anexo 1) se realizó un análisis de varianza – ANVA (Ver tabla 11), para inferir si los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento respecto a la resistencia (kg/cm^2) son estadísticamente significativa, el diseño estadístico utilizado se encuentra en la Tabla 29. Se hallaron diferencias significativas entre la resistencia a la flexión (kg/cm^2) de los tableros aglomerados evaluados ($\text{Sig.} = 0,000 < 0,05$). Además, se obtuvo un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,996$) de tendencia lineal que indica el grado de influencia de la variable independiente (fibra-endocarpo de coco, cemento) sobre la variable dependiente resistencia a la flexión (99,6%).

Según Trujillo y Arias (2013) el endocarpo de coco es el más duro seguido de la cáscara de la cebada y, por último, la madera blanda, se puede inferir que, al disminuir el contenido de celulosa, aumenta la dureza, es decir que obtendrá una mayor resistencia a la tracción. La composición química del endocarpo de coco, como en cualquier otra fibra o corteza, depende de diferentes factores como la edad de la planta, las condiciones climáticas específicas de la zona donde se cultivó la planta y el proceso de degradación que se haya presentado hasta su recolección o análisis. Materiales reforzados con fibras son los más usados puesto que al adicionar las fibras a los materiales que sirven como matriz (sea de carácter polimérico, metálico o mineral) se mejoran considerablemente la resistencia, rigidez y/o tenacidad, según la naturaleza de los constituyentes, aunque presentan baja densidad. En estos materiales reforzados con fibras, la matriz une y soporta las fibras protegiéndolas contra agentes externos (Trejos, 2014). Para Carneado (2009), el cemento Portland es el tipo de cemento más utilizado como aglomerante para la preparación del concreto, posee propiedades adherentes que solidifica en algunas horas y endurece progresivamente durante un periodo de varias semanas hasta adquirir su resistencia característica. El efecto combinado de la temperatura y la humedad reduce la resistencia a la compresión de las partículas y debido a que durante la fabricación no se distribuyen homogéneamente, provocan un gradiente de densidad. Por este motivo, si se logra una distribución homogénea de la humedad y una aplicación homogénea de la temperatura, el perfil de densidad sería parejo y no existirían diferencias entre las capas del tablero (Poblete, 1979).

Tabla 11

Análisis de varianza (ANVA) de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento respecto a su resistencia a la flexión (kg/cm²)

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	170712,096 ^a	11	15519,281	607,535	,000
Intersección	389872,155	1	389872,155	15262,368	,000
Tablero aglomerado	170712,096	11	15519,281	607,535	,000
Error	613,072	24	25,545		
Total	561197,323	36			
Total corregida	171325,168	35			

a. $R^2 = 0,996$ (R^2 corregida = 0,995). Variable dependiente: Resistencia a la flexión (kg/cm²)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

Como se pudo observar en la Tabla 11, del Análisis de varianza de resistencia a la flexión (MOR) se estableció que existen diferencias significativas entre los tableros aglomerados evaluados con una certeza del 95%. La prueba de significancia de Tukey (Ver tabla 12) confirma los resultados obtenidos en el ANVA, siendo la muestra T3 de tablero aglomerante que estadísticamente presentó una diferencia altamente significativa ($\text{Sig.} = 0,000 < 0,05$) de resistencia a comparación de las demás. Asimismo, descriptivamente las medias son diferentes entre ellas (Ver tabla 8). En virtud de ello se estableció que el óptimo tablero aglomerado según la prueba de resistencia a la flexión (kg/cm²) con 266,693 kg/cm² fue la muestra T9 de proporción 10% fibra - 30% endocarpo y 60% cemento (Ver figura 32).

En el estudio realizado por Novoa (2005) titulada “Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento” obtuvieron resultados favorables en mezclas donde la proporción optima fue 5% fibra-60% cemento, en este caso para un material ligero y tenga menos resistencia a la flexión, o viceversa. Sin embargo, el incremento de la proporción de fibra, disminuyo la resistencia a la flexión, pero la adición de fibra al cemento, genero un tablero si bien no más resistente, si más flexible y menos quebradizo, siendo la mejor resistencia a flexión de los tableros se encontró en fibra de coco-cemento entre 5 y 6 N/mm². Villanueva y Mosqueira (2016) en su estudio titulada

“Influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto” obtuvieron una resistencia promedio a flexión en concreto de 32.09 kg/cm² sin adición de fibra de coco a los 28 días de elaboración, los especímenes de concreto simple con adición de fibra de coco de 0.50%, 1.00%, 1.50% y 2.00% presentaron una resistencia promedio de 36.78 kg/cm², 37.45 kg/cm², 38.31 kg/cm² y 40.63 kg/cm² respectivamente; y de los valores obtenidos se puede decir que con la adición de fibra de coco en los diferentes porcentajes tiene una mayor resistencia a flexión en comparación a la sin adición de fibra de coco. Según Contreras et al. (1999) en la medida que las partículas sean irregulares en formas y tamaños se deben esperar que los tableros aglomerados elaborados a partir de ella resulten con baja resistencia a la flexión.

Tabla 12

Prueba de significancia de Tukey para conocer el mejor tablero aglomerado según resistencia a la flexión (kg/cm²)

Tableros aglomerados	Diferencia de medias	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
T3	T1	90,1286*	4,12672	,000	75,2492	105,0080
	T2	55,8900*	4,12672	,000	41,0106	70,7694
	T4	162,2700*	4,12672	,000	147,3906	177,1494
	T5	121,2000*	4,12672	,000	106,3206	136,0794
	T6	103,0200*	4,12672	,000	88,1406	117,8994
	T7	83,1133*	4,12672	,000	68,2339	97,9927
	T8	49,4933*	4,12672	,000	34,6139	64,3727
	T9	-75,8135*	4,12672	,000	-90,6929	-60,9341
	T10	171,7067*	4,12672	,000	156,8273	186,5861
	T11	155,5800*	4,12672	,000	140,7006	170,4594
	T12	125,1767*	4,12672	,000	110,2973	140,0561

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05. Variable dependiente: Resistencia (kg/cm²)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

3.3. Análisis del porcentaje de hinchamiento (24 horas) de los tableros aglomerados según la proporción de fibra - endocarpo de coco y cemento.

Con los valores de porcentaje de hinchamiento (24 horas) obtenidos de los tableros evaluados (Ver Anexo 1) se realizó un análisis de varianza – ANVA (Ver tabla 13), para inferir si los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento respecto

al hinchamiento (% vol.) son estadísticamente significativa, el diseño estadístico utilizado se encuentra en la Tabla 30. Se hallaron diferencias significativas entre el porcentaje de hinchamiento (% vol.) de los tableros aglomerados evaluados ($\text{Sig.} = 0,000 < 0,05$). Además, se obtuvo un coeficiente de determinación ($R^2 = 0,992$) de tendencia lineal que indica el grado de influencia de la variable independiente (fibra-endocarpio de coco, cemento) sobre la variable dependiente porcentaje de hinchamiento (99,2%).

Según Lucana (2008), la aplicación de fibras no maderables como refuerzo presenta ventajas comparativas con otros materiales (fibras de vidrio, acero, etc.) debido a su bajo costo, baja densidad, altos valores de resistencia a la tracción, buenas propiedades térmicas, fácil separación, fácil reciclaje, no presentan fracturas en su procesamiento, no son abrasivas, son de gran variedad y su utilización implica un bajo costo consumo de energía. El uso de estas fibras presenta algunas desventajas en su aplicación estructural como la capacidad de absorción de agua que provocan el hinchamiento de las fibras. El hinchamiento es la capacidad que tienen las celulosas y por ende de las fibras, de aumentar sus dimensiones (ancho y longitud) por diversas reacciones o propiedades físico-químicas de las fibras; puede manifestarse de dos formas: intercrystalino e intracrystalino. El hinchamiento intercrystalino se relaciona con la capacidad de tomar agua dentro de su estructura, relacionado con las propiedades físicas de adsorción y desorción (Gonzales, 2003). El hinchamiento de los aglomerados, es dependiente de las condiciones ambientales y de su propia historia. Este último aspecto comprende la influencia de sus componentes (material aglutinado y aglutinante), y de las condiciones durante la compactación (temperatura, tiempo y presión de prensado) (Medina y Ambrogi, 1994).

Tabla 13

Análisis de varianza (ANVA) de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento respecto al porcentaje de hinchamiento (24 horas)

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	400,947 ^a	11	36,450	258,379	,000
Intersección	4932,136	1	4932,136	34962,192	,000
Tablero aglomerado	400,947	11	36,450	258,379	,000
Error	3,386	24	,141		
Total	5336,468	36			
Total corregida	404,333	35			

a. $R^2 = 0,992$ (R^2 corregida = 0,988). Variable dependiente: Hinchamiento (% vol.)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

Como se pudo observar en la Tabla 13, del Análisis de varianza del porcentaje de hinchamiento (% vol.) se estableció que existen diferencias significativas entre los tableros aglomerados evaluados con una certeza del 95%. La prueba de significancia de Tukey (Ver tabla 14) confirma los resultados obtenidos en el ANVA, siendo la muestra T3 de tablero aglomerante que presentó una diferencia significativa (Sig.= 0,003) con la muestra T8, con la muestra T9 (Sig.= 0,006) y (Sig.= 0,037) para T12, no obstante, con las demás muestras hubo una diferencia altamente significativa (Sig.= 0,000). Asimismo, descriptivamente las medias de las muestras fueron diferentes entre ellas (Ver tabla 9). En virtud de ello se estableció que el óptimo tablero aglomerado según la prueba de hinchamiento (% vol.) con 6,355% es la muestra T9 de proporción 10% fibra - 30% endocarpio y 60% cemento.

En el estudio realizado por Villegas y Vélez (2007) titulada “Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo” obtuvieron resultados favorables de porcentaje hinchamiento después de 24 horas de inmersión el más alto fue de 0,35 % de proporción 5% fibra y 60% cemento, siendo el más bajo de porcentaje hinchamiento 0,20% de proporción 5% fibra y 60% cemento, a pesar de que el incremento de espesor es casi despreciable lo que si gana es peso. Según Jiménez (2013) el ensayo de hinchamiento permite tener una idea del comportamiento del tablero al agua (humedad) y el efecto hidrófobo agregado. El hinchamiento de los aglomerados es dependiente de las

condiciones ambientales, cabe destacar que los valores de hinchamiento pueden reducirse por el agregado de un hidrófugo en la formulación adhesiva. Por otro lado, se encuentra una tendencia a disminuir el hinchamiento con aumento de la cantidad de haces fibrosos en los tableros, esto se puede explicar por la disminución de la cantidad de cemento en la mezcla de los tableros, por tanto, la mezcla se vuelve menos higroscópica, con lo cual el hinchamiento disminuye.

Tabla 14

Prueba de significancia de Tukey para conocer el mejor tablero aglomerado según el porcentaje de hinchamiento (24 horas)

Tableros aglomerados	Diferencia de medias	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
T3	T1	-6,1280*	,30667	,000	-7,2337	-5,0223
	T2	-4,2107*	,30667	,000	-5,3164	-3,1049
	T4	-9,3057*	,30667	,000	-10,4114	-8,1999
	T5	-4,8683*	,30667	,000	-5,9741	-3,7626
	T6	-1,8637*	,30667	,000	-2,9694	-,7579
	T7	-3,9443*	,30667	,000	-5,0501	-2,8386
	T8	-1,4933*	,30667	,003	-2,5991	-,3876
	T9	1,3947*	,30667	,006	,2889	2,5004
	T10	-9,5183*	,30667	,000	-10,6241	-8,4126
	T11	-6,3797*	,30667	,000	-7,4854	-5,2739
	T12	-1,1490*	,30667	,037	-2,2547	-,0433

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05. Variable dependiente: Hinchamiento (% vol.)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

3.4. Análisis del porcentaje de absorción de agua (24 horas) de los tableros aglomerados según la proporción de fibra - endocarpo de coco y cemento.

Con los valores de porcentaje de absorción de agua (24 horas) obtenidos de los tableros evaluados (Ver Anexo 1) se realizó un análisis de varianza – ANVA (Ver tabla 15), para inferir si los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento respecto a la absorción de agua (% peso) son estadísticamente significativa, el diseño estadístico utilizado se encuentra en la Tabla 31. Se hallaron diferencias significativas entre el

porcentaje de absorción de agua (% peso) de los tableros aglomerados evaluados (Sig.=0,000< 0,05). Además, se obtuvo un coeficiente de determinación ($R^2=1,000$) de tendencia lineal que indica el grado de influencia de la variable independiente (fibra-endocarpio de coco, cemento) sobre la variable dependiente porcentaje de absorción (100,0%). En el estudio realizado por Espinoza (2010), sostuvo que el porcentaje de haces fibrosos tiene una influencia significativa sobre la absorción de agua, donde los tableros con mayor porcentaje de haces fibrosos presentan mayor higroscopicidad en su estructura, lo que permite la entrada de una mayor cantidad de agua. Un ejemplo claro es cuando se intenta mejorar la resistencia a la absorción de agua, pasado cierto porcentaje de mezcla, los enlaces de adhesión se deterioran.

Tabla 15

Análisis de varianza (ANVA) de los tableros aglomerados a base de fibra - endocarpo de coco y cemento respecto al porcentaje de absorción de agua (24 horas)

Origen	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	139145,320 ^a	11	12649,575	7539,519	,000
Intersección	697605,719	1	697605,719	415793,546	,000
Tablero aglomerado	139145,320	11	12649,575	7539,519	,000
Error	40,266	24	1,678		
Total	836791,305	36			
Total corregida	139185,586	35			

a. $R^2= 1,000$ (R^2 corregida = 1,000). Variable dependiente: Absorción de agua (% peso)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

Como se pudo observar en la Tabla 15, del Análisis de varianza del porcentaje de absorción de agua (% peso) se estableció que existen diferencias significativas entre los tableros aglomerados evaluados con una certeza del 95%. La prueba de significancia de Tukey (Ver tabla 16) confirma los resultados obtenidos en el ANVA, siendo la muestra T3 de tablero aglomerante que presenta una diferencia estadística (Sig.= 0,011) con la muestra T8, no obstante, con las demás muestras hubo una diferencia altamente significativa (Sig.=0,000). Asimismo, descriptivamente las medias de las muestras fueron diferentes entre ellas (Ver tabla 9). En virtud de ello se estableció que el óptimo tablero aglomerado

según absorción de agua (% peso) con 49,084% es la muestra T9 de proporción 10% fibra-30% endocarpio y 60% cemento.

En el estudio realizado por Becerra (1976) titulada “Algunas características físicas y mecánicas de tableros de partículas producidos en México y sus posibles usos en la construcción” obtuvo en dos muestras de tableros aglomerados de 50x50 cm con un espesor aproximado de 1.79 cm, una absorción de agua a 24 horas de inmersión de 10.80% siendo este un resultado favorable, dado que el hinchamiento guarda correlación con el grado de absorción de agua y, a su vez con el espesor, es decir, a mayor espesor mayor absorción y como resultado mayor hinchamiento en espesor. Por su parte, Husseinsyah y Mostapha (2011) sostiene que una disminución del porcentaje de elongación de los haces de fibra, aumenta el módulo de elasticidad y absorción del agua, por ejemplo, la fibra de coco en estado seco tiene una absorción muy alta.

Tabla 16

Prueba de significancia de Tukey para conocer el mejor tablero aglomerado según el porcentaje de absorción de agua (24 horas)

Tableros aglomerados	Diferencia de medias	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
T1	-56,1981*	1,05760	,000	-60,0114	-52,3848	
T2	-16,2917*	1,05760	,000	-20,1050	-12,4784	
T4	-153,9579*	1,05760	,000	-157,7712	-150,1446	
T5	-112,6032*	1,05760	,000	-116,4165	-108,7899	
T6	-61,5320*	1,05760	,000	-65,3453	-57,7187	
T3	T7	-53,5125*	1,05760	,000	-57,3258	-49,6992
	T8	-4,5230*	1,05760	,011	-8,3363	-,7097
	T9	20,1989*	1,05760	,000	16,3856	24,0122
	T10	-176,1594*	1,05760	,000	-179,9727	-172,3461
	T11	-143,3680*	1,05760	,000	-147,1813	-139,5547
	T12	-81,1128*	1,05760	,000	-84,9261	-77,2995

*. La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05. Variable dependiente: Absorción de agua (% peso)

Fuente: Base de datos elaborado por el autor. SPSS VER. 24.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos generales, específicos y las condiciones del presente trabajo, se concluyó que:

- El óptimo tablero aglomerado de densidad media que tuvo mejor respuesta según la elaboración y evaluación fue la muestra T3 (13,3% fibra - 26,7% endocarpio y 60% cemento), y que estadísticamente presentó una diferencia altamente significativa ($\text{Sig.}=0,000<0,05$) de los tableros aglomerados estudiados. Se constató que el incremento en el porcentaje de fibra al cemento genera una disminución de la resistencia y aumento en la absorción de agua y los movimientos de humedad.
- En los valores promedios obtenidos según las propiedades físico-mecánicas para tableros aglomerados de partículas clasificados de densidad media, solo las muestras T3 (190.880 kg/cm², 0.67 g/cm³, 7.749% vol., 69.283% peso); y T8 (141.387 kg/cm², 0.65g/cm³, 9.243% vol., 73.806% peso) cumplieron con los estándares establecidos por la FAO para su comercialización en este caso el T8 es menos resistente al comparar el T3 que es más resistente, pero cumplen con las normas establecidas.
- El presente trabajo sirve como base para las futuras investigaciones en relación al aprovechamiento de la fibra y endocarpio de coco (*cocos nucifera*) ya que los resultados obtenidos denotaron propiedades tecnológicas adecuadas para la transformación hacia un producto de ingeniería como lo es el tablero aglomerado de densidad media; así mismo se estará contribuyendo con la reducción de la contaminación ambiental al usar los residuos del cocos(*cocos nucifera*).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar el potencial efecto de tiempo de prensado de los tableros con presión (N/cm^3).
- Se recomienda implementar el Laboratorio de Control de Calidad de la Madera, dado que la Universidad Nacional de San Martín no cuenta con equipos de evaluación mecánica tales como flexión, compresión que estén en buenas condiciones para el desarrollo de futuras investigaciones.
- Se recomienda realizar estudios de factibilidad económica con la finalidad que se pueda identificar los costos de fabricación y producción de los tableros aglomerados a base de fibra-endocarpo de coco y cemento. Esto servirá como un plus para incrementar las posibilidades de generar desarrollo en nuestra región, a través del valor agregado de otros sub productos agroindustriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C., & Figueroa, Y. (2014). *Estudio demostrativo del proceso artesanal de aglomerado a base de fibra de estopa de coco como materia prima* (Tesis de pregrado). Universidad Dr. José Matías Delgado, El Salvador.
- Altamirano, G., Sánchez, S., & Cuevas, A. (2015). *Utilización de fibra de coco en la elaboración de piezas ecosustentables de mampostería*. Perspectiva en México y avance de estudio (Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica A. C.). Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/288991375>
- Álvarez, D. (2008). *Caracterización físico – mecánica de morteros fibrorreforzados de matriz cementicia y fibra de coco*. Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Arguero, D. (2011). *Diseño de un triturador pulverizador de estopa de coco para la producción de sustrato granulado*. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4127/1/CD-3862.pdf>
- Assis, P. (2005). *Destinação sustentável de cascas de coco (Cocos nucifera) verde: Obtenção de telhas e chapas de partículas*. Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil.
- Badila, M., Jocham, C., Zhang, W., Schmidt, T., Wuzella, G., Müller, U. (2013). *Powder coating of veneered particle board surfaces by hot pressing*. Progress in Organic Coatings.
- Becerra, M. (1976). *Algunas características físicas y mecánicas de tableros de partículas producidos en México y sus posibles usos en la construcción*. Ciencia Forestal, 1(2), 33-40.
- Carrillo, M. (2005). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento*. Coquimatlán, Colima, México.
- Cervantes, X., Andrade, J., Ramírez, C., & Bravo, L. (2015). *Durabilidad natural de tableros aglomerados de cocotero*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6(28), 188–201.

- Contreras, W., Owen, M., Garay, J., & Contreras, Y. (1999). *Elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava (Gynerium sagittatum) y adhesivo de urea-formaldehído*. *Bosque*, 43(2), 129–135.
- Dantas, B., Lima, F., Santiago, B., & Fernández, M. (2005). *Desenvolvimiento de projeto para produção de fibra de coco com inovação de tecnologia limpa e geração de energia*. *Revista Analytica*, 56–62.
- Domínguez, M., & Londoño, C. (2014). *Elaboración de tableros aglomerados empleando diferentes formulaciones adhesivas a partir de proteínas de soya*. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- Dzul, A. (2015). *Efecto de un agente de acoplamiento natural sobre las propiedades mecánicas de un material compuesto polipropileno/henequén*. Centro de Investigación Científica de Yucatán, México.
- Escudero, A., & Aristazabal, J. (2017). *Caracterización mecánica de fibras de coco como refuerzo de materiales compuestos poliméricos*. Universidad Libre, Colombia.
- Espinoza, A. (2010). *Aptitud de guadua angustifolia kunth en la elaboración de tableros aglomerados con cemento* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú.
- Espitia, H. (2010). *Aislamiento de nanofibras de celulosa a partir de residuos agroindustriales de fique y caña de azúcar, con potencial aplicación en reforzamiento de polímeros termoplásticos* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia.
- Fernández, E., & Sánchez, K. (2016). *Evaluación de un lecho filtrante, utilizando mesocarpio de coco (cocos nucifera), para el tratamiento de aguas residuales de la empacadora de banano algarrobo 1, Sullana 2015*. Universidad Señor de Sipan, Chiclayo, Perú.
- Fuentes, T., Montes, R., Samano, S., & García, E. (1988). *La fibra de la estopa de coco usos actuales y posibilidades de utilización en aglomerados*. AMATL Boletín de difusión del instituto de Madera, Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, México, 2(4), 2–7.

- García, J., & Guerrero, M. (2003). *Guía Técnica Cultivo del Cocotero*. Recuperado de <http://centa.gob.sv/docs/guias/frutales/Guia%20cocotero%202003.pdf>
- Gómez, S. (2009). *Diseño, experimentación y evaluación del sistema constructivo sam (sistema de bloques fibrorreforzados con fibra del desecho del fruto del coco, para la construcción de vivienda)*. Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Gonzales, E. (2003). *Recursos fibrosos de plantas no maderables para la industria papelera* (Ed. rev.). Lima, Perú: La Molina.
- Husseinsyah, S. & Mostapha, M. (2011). *The Effect of Filler Content on Properties of Coconut Shell Filled Polyester Composites*. *Primalaysian, Polymer journal*. 6 (1), 87-97.
- Jiménez, P. (2013). *Uso de residuos de garlopa y cepilladora de las especies Prosopis alba y Pinus sp. en aglomerados* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- Kollmann, F. (1968). *Principles of Wood Science and Technology*. Tomo II. New York, 591 p.
- Lucana, D. (2008). *Diseño de un molde para la fabricación de probetas de materiales compuestos de matriz plástica y refuerzos de fibras naturales mediante compresión térmica* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Malqui, F. (2015). *Elaboración de tableros aglomerados en base a fibra de coco y cemento puzolanico en la ciudad de Tingo Maria - Huanuco*. Universidad de Huánuco, Perú.
- Manzano, A. (2000). *Propiedades físico-mecánicas de tableros aglomerados de partículas de 12, 16 y 19 mm de una empresa del estado de Durango*. Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Matoski, A., & Iwakiri, S. (2007). *Avaliação das propriedades físicas - mecânicas de painéis de cimento-madeira utilizando farinha de madeira com granulométrica controlada*. *Curitiba*, 37(2), 149–158.
- Medina, J., & Ambrogi, A. (1994). *Cáscara de maní en la elaboración de aglomerados*. *Quebracho*, (2), 47–53.

- Mongabay Latam. (2017). *Reportaje / El negocio de vivir de la selva sin destruirla*. Recuperado 12 octubre, 2019, de <https://rpp.pe/blog/mongabay/reportaje-el-negocio-de-vivir-de-la-selva-sin-destruirlo-noticia-1025259>
- Novoa, M. (2005). *Elaboración y evaluación de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento*. Universidad de Colima, Coquimatlán, México.
- Núñez, R. K. (2010). *Estudio tecnológico del componente fibra de dos variedades de Coco Enano (Cocos nucifera) de los distritos de Lamas, Tarapoto y Pucacaca en la Región San Martín* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.
- Poblete, H. (1979). *Inclusión de aserrín en tableros de partículas*. Bosque (Valdivia), 3(1), 39–46.
- Quintero, S. (2003). *Evaluación del uso de la estopa de coco (Cocos nucifera) obtenida como residuo de la industria alimenticia en el Valle del Cauca para la elaboración de elementos prefabricados de concreto aligerado* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Colombia: Palmira, Colombia.
- Quintero, S., & González, L. (2006). *Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*. Revista Ingeniería & Desarrollo, (20), 134–150.
- REXCEL. (1999). *Especificaciones para tableros de partículas tipos A y B*. Hoja de referencia interna. s/e. Zitácuaro.
- Robles, R. (1989). *Producción de Oleaginosas y Textiles*. Ciudad de México: Limusa.
- Rodríguez, M. (1969). *Metabolismo de las plantas*. Madrid, España: Alambra.
- Rojas, A. (2015). *Adición de la fibra de coco en el hormigón y su incidencia en la resistencia a compresión* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato: Ambato, Ecuador.
- Sangama, J. (2018). *Producción de hojuela rallado a partir de coco (cocos nucifera.) variedad gigante en la Asociación de Productores PUCOOR - Distrito de Pucacaca - Provincia de San Martín* (Informe de Prácticas Pre - Profesionales). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

- Trejos, J. (2014). *Propiedades mecánicas de una matriz de poliéster reforzada con fibra de coco comparadas con la misma matriz reforzada con fibra de vidrio* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Trujillo, A., & Arias, L. (2013). *El coco, recurso renovable para el diseño de materiales verdes* (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2012). *Elaboración de material para la construcción de paredes falsas en interiores con una base de bagazo de caña Saccharum officinarum L y estopa de coco Cocos nucifera L*. Recuperado de https://feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria20/feria049_01_elaboracion_de_material_para_la_construccion_de_pa.pdf
- Villanueva, N., & Mosqueira, M. (2016). *Influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto* (Tesis de pregrado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú.
- Villegas, N., & Vélez, R. (2007). *Elaboración de módulos estructurales a base de fibra de estopa de coco para viviendas de bajo costo* (Tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Zepeda, P., & Ibarra, V. (1993). *Anteproyecto para la fabricación de aglomerado a partir de la fibra de coco*. Universidad de Guadalajara, México.

ANEXOS

Anexo 1. Evaluaciones mecánica y física de los tableros aglomerados a base de fibra y endocarpo de coco (Cocos nucífera) y cemento.

Tabla 17

Tablero aglomerado T1 - fibra (20%), endocarpio (40%) y cemento (40%) - Relación 1:2

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
N°	KN	kg/cm²	gr/cm³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T1-A	0,38	98,47	0,51	2,50	43,00	2,20	120,27	12,67	14,03	99,73	126,17
T1-B	0,40	102,72	0,50	2,50	43,00	2,21	119,01	12,73	14,09	101,50	127,80
T1-C	0,39	101,06	0,51	2,50	43,00	2,20	120,50	11,71	13,51	99,90	122,47
Promedio	0,39	100,75	0,51	2,50	43,00	2,20	119,93	12,37	13,88	100,38	125,48

Tabla 18

Tablero aglomerado T2 - fibra (16,7%), endocarpio (33,3%) y cemento (50%) - Relación 1:2

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
N°	KN	Kg/cm²	gr/cm³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T2-A	0,43	133,49	0,56	2,50	43,00	2,01	120,82	9,45	11,94	73,99	84,99
T2-B	0,45	141,1	0,56	2,50	43,00	2,00	121,07	10,50	12,00	74,51	84,11
T2-C	0,42	130,38	0,55	2,50	43,00	2,01	119,32	9,45	11,94	76,08	87,63
Promedio	0,43	134,99	0,56	2,50	43,00	2,01	120,40	9,80	11,96	74,86	85,57

Tabla 19

Tablero aglomerado T3 - fibra (13,3%), endocarpio (26,7%) y cemento (60%) - Relación 1:2

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas (gr)	24 horas	2 horas	24 horas
T3-A	0,49	187,59	0,67	2,50	43,00	1,81	130,17	6,08	7,73	65,55	69,52
T3-B	0,51	193,63	0,67	2,50	43,00	1,80	129,52	6,11	7,78	65,92	69,81
T3-C	0,50	191,42	0,67	2,50	43,00	1,81	131,07	6,08	7,73	64,81	68,52
Promedio	0,50	190,88	0,67	2,50	43,00	1,81	130,25	6,09	7,75	65,43	69,28

Tabla 20

Tablero aglomerado T4 - fibra (40%), endocarpio (20%) y cemento (40%) - Relación 2:1

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T4-A	0,28	29,67	0,32	2,50	43,00	3,44	117,50	15,12	16,86	209,97	225,19
T4-B	0,26	27,71	0,32	2,50	43,00	3,43	118,52	15,74	17,49	207,97	222,22
T4-C	0,27	28,45	0,32	2,50	43,00	3,45	117,90	15,07	16,81	209,49	222,31
Promedio	0,27	28,61	0,32	2,50	43,00	3,44	117,97	15,31	17,05	209,15	223,24

Tabla 21

Tablero aglomerado T5 - fibra (33,3%), endocarpio (16,7%) y cemento (50%) - Relación 2:1

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T5-A	0,34	67,68	0,44	2,5	43,00	2,51	118,66	11,16	12,35	166,86	182,40
T5-B	0,36	72,24	0,44	2,5	43,00	2,50	119,01	11,20	13,20	165,42	181,40
T5-C	0,35	69,12	0,44	2,5	43,00	2,52	118,90	10,71	12,30	166,53	181,85
Promedio	0,35	69,68	0,44	2,50	43,00	2,51	118,86	11,02	12,62	166,27	181,89

Tabla 22

Tablero aglomerado T6 - fibra (26,7%), endocarpio (13,3%) y cemento (60%) - Relación 2:1

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T6-A	0,44	89,00	0,46	2,5	43,00	2,49	124,33	8,43	9,64	106,13	130,44
T6-B	0,42	84,28	0,46	2,5	43,00	2,50	123,95	8,40	9,60	106,44	130,65
T6-C	0,45	90,30	0,46	2,5	43,00	2,50	124,01	8,42	9,60	106,52	131,35
Promedio	0,44	87,86	0,46	2,50	43,00	2,50	124,10	8,42	9,61	106,36	130,81

Tabla 23

Tablero aglomerado T7 - fibra (15%), endocarpio (45%) y cemento (40%) - Relación 1:3

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T7-A	0,31	106,58	0,57	2,5	43,00	1,91	117,24	10,99	11,52	97,50	123,11
T7-B	0,30	102,07	0,57	2,5	43,00	1,92	116,98	10,94	11,46	98,32	122,30
T7-C	0,33	114,65	0,57	2,5	43,00	1,90	117,03	11,58	12,11	98,25	122,97
Promedio	0,31	107,77	0,57	2,50	43,00	1,91	117,08	11,17	11,69	98,02	122,80

Tabla 24

Tablero aglomerado T8 - fibra (12,5%), endocarpio (37,5%) y cemento (50%) - Relación 1:3

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T8-A	0,36	139,36	0,65	2,5	43,00	1,80	125,18	8,33	9,44	68,89	73,55
T8-B	0,39	149,31	0,64	2,5	43,00	1,81	124,92	8,29	8,84	69,73	74,44
T8-C	0,35	135,49	0,65	2,5	43,00	1,80	125,66	8,89	9,44	68,69	73,43
Promedio	0,37	141,39	0,65	2,50	43,00	1,80	125,25	8,50	9,24	69,11	73,81

Tabla 25

Tablero aglomerado T9 - fibra (10%), endocarpio (30%) y cemento (60%) - Relación 1:3

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
N°	KN	Kg/cm²	gr/cm³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T9-A	0,43	267,47	0,84	2,5	43,00	1,42	128,25	4,93	5,63	45,29	48,54
T9-B	0,44	277,58	0,84	2,5	43,00	1,41	127,75	5,67	7,09	45,48	49,43
T9-C	0,41	255,03	0,84	2,5	43,00	1,42	128,10	5,63	6,34	45,78	49,28
Promedio	0,43	266,69	0,84	2,50	43,00	1,42	128,03	5,41	6,35	45,52	49,08

Tabla 26

Tablero aglomerado T10 - fibra (45%), endocarpio (15%) y cemento (40%) - Relación 3:1

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
N°	KN	Kg/cm²	gr/cm³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T10-A	0,19	19,34	0,32	2,5	43,00	3,51	120,20	16,24	17,38	226,86	246,51
T10-B	0,17	17,2	0,32	2,5	43,00	3,52	121,22	15,91	17,05	222,74	243,24
T10-C	0,21	20,98	0,32	2,5	43,00	3,51	120,10	16,24	17,38	226,41	246,57
Promedio	0,19	19,17	0,32	2,50	43,00	3,51	120,51	16,13	17,27	225,33	245,44

Tabla 27

Tablero aglomerado T11 - fibra (37,5%), endocarpio (12,5%) y cemento (50%) - Relación 3:1

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T11-A	0,26	35,99	0,38	2,50	43,00	3,01	122,66	12,96	14,62	188,24	211,60
T11-B	0,24	32,78	0,37	2,50	43,00	3,03	121,99	12,54	13,53	189,36	213,14
T11-C	0,27	37,13	0,38	2,50	43,00	3,02	122,09	12,58	14,24	189,28	213,21
Promedio	0,26	35,30	0,38	2,50	43,00	3,02	122,25	12,69	14,13	188,96	212,65

Tabla 28

Tablero aglomerado T12 - fibra (30%), endocarpio (10%) y cemento (60%) - Relación 3:1

Probeta	R. Flexión	R.F(MOR)	Densidad	Ancho	Largo	Espesor	Peso	%Hinchamiento	%Hinchamiento	% Ab. agua	% Ab. agua
	KN	Kg/cm ²	gr/cm ³	Cm	cm	cm	gr	2 horas	24 horas	2 horas	24 horas
T12-A	0,33	66,22	0,47	2,5	43,00	2,50	126,63	8,00	9,20	135,15	149,72
T12-B	0,31	61,22	0,46	2,50	43,00	2,52	125,92	7,54	8,73	135,77	150,87
T12-C	0,35	69,67	0,47	2,50	43,00	2,51	126,22	7,57	8,76	135,31	150,59
Promedio	0,33	65,70	0,47	2,50	43,00	2,51	126,26	7,70	8,90	135,41	150,40

Anexo 2. Datos del diseño estadístico utilizado para evaluar la resistencia (kg/cm^2), absorción de agua (% peso) e hinchamiento (%vol.) del tablero aglomerado obtenido.

Tabla 29

DCA para evaluar la resistencia a la flexión (kg/cm^2) en la muestra de tableros aglomerados obtenidos

Repetición	Tableros Aglomerados											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	98,47	133,49	187,59	29,67	67,68	89,00	106,58	139,36	267,47	19,34	35,99	66,22
2	102,72	141,10	193,63	27,71	72,24	84,28	102,07	149,31	277,58	17,20	32,78	61,22
3	101,06	130,38	191,42	28,45	69,12	90,30	114,65	135,49	255,03	20,98	37,13	69,67

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30

DCA para evaluar el porcentaje de hinchamiento (%vol.) en la muestra de tableros aglomerados obtenidos

Repetición	Tableros Aglomerados											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	14,03	11,94	7,73	16,86	12,35	9,64	11,52	9,44	5,63	17,38	14,62	9,20
2	14,09	12,00	7,78	17,49	13,20	9,60	11,46	8,84	7,09	17,05	13,53	8,73
3	13,51	11,94	7,73	16,81	12,30	9,60	12,11	9,44	6,34	17,38	14,24	8,76

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31

DCA para evaluar la absorción de agua (% peso) en la muestra de tableros aglomerados obtenidos

Repetición	Tableros Aglomerados											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1	126,17	84,99	69,52	225,19	182,40	130,44	123,11	73,55	48,54	246,51	211,60	149,72
2	127,80	84,11	69,81	222,22	181,40	130,65	122,30	74,44	49,43	243,24	213,14	150,87
3	122,47	87,63	68,52	222,31	181,85	131,35	122,97	73,43	49,28	246,57	213,21	150,59

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Fotos de la parte experimental del trabajo de investigación.



Fibra - endocarpio según formulación



Secado y fraguado de las probetas



Medición del espesor con un vernier



Aplicación de la prensa de flexión



Prueba de adsorción de agua



Prueba de hinchamiento



Relación fibra-endocarpio/cemento (1/2)



Relación fibra-endocarpio/cemento (2/1)



Relación fibra-endocarpio/cemento (1/3)



Relación fibra-endocarpio/cemento (3/1)

Anexo 4. Normas de madera.

Tabla 32. Normas técnicas peruanas de madera.

CÓDIGO	TÍTULO	RESUMEN
NTP 251.010:2014	MADERA. Método para determinar el contenido de humedad.	Establece los métodos de ensayo para la determinación del contenido de humedad(CH) de la madera.
NTP 251.011:2014	MADERA. Método para determinar la densidad.	Establece los métodos a seguir para determinar la densidad de la madera bajo diferentes condiciones de contenido de humedad.
NTP 251.012:2015	MADERA. Método de determinación de la contracción. 3era edición.	Esta Norma Técnica Peruana establece los procedimientos a seguir en la ejecución de ensayos para la determinar la contracción radial, tangencial, longitudinal y volumen de la madera.
NTP 251.017:2014	MADERA. Método para determinar la flexión estática.	Establece los procedimientos a seguir para la ejecución del ensayo de flexión estática en maderas.

Fuente: Centro de Información y Documentación del INACAL (INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD-PERU).