

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

FILIAL PUERTO MALDONADO



Evaluación de aptitudes de las fibras de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento en el distrito las Piedras-Tambopata -Madre de Dios, 2019.

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL

Autores:

- Ronal Copara Tunqui
- Wilber Asin Loayza

Asesor:

Dr. David Gonzales Gamarra

MADRE DE DIOS, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: EVALUACIÓN DE APTITUDES DE LAS FIBRAS DE *APEIBA MEMBRANACEA SPRUCE EX BENTH* PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS FIBROCEMENTO EN EL DISTRITO LAS PIEDRAS-TAMBOPATA -MADRE DE DIOS, 2019.

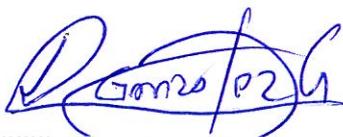
presentado por: Ronal Copara Tunqui identificado con DNI Nro. 70390192 Y Wilber Asin Loayza identificado con DNI Nro. 73350427 para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Forestal. Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por varias veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 5 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera hoja del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 21 de Julio de 2022



Asesor: David Gonzales Gamarra
DNI: 23872153

ORCID: 0000-0002-3985-261X

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS-ULTIMO- turnitin.docx

AUTOR

Ronald Copara

RECUENTO DE PALABRAS

17551 Words

RECUENTO DE CARACTERES

91389 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

92 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.2MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 25, 2021 4:09 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 25, 2021 4:11 PM GMT-5**● 5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- Base de datos de trabajos entregados
- Base de datos de Internet

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de Internet



DEDICATORIA

A Dios, por esta oportunidad de vivir, por llenarme de personas que me estiman y por todo lo bueno que tengo en esta vida.

A mis Padres: Roberto Copara Arqque y Elvira Tunqui Yupanqui, porque creyeron en mí, por la confianza que han puesto en mí ya que siempre estuvieron aconsejándome durante mis estudios universitarios. A mis Hermanos Jessica, Sheyla y Renzo, por estar conmigo impulsándome siempre, los quiero mucho. A todos aquellos familiares y amigos por su apoyo, por estar siempre conmigo en momentos buenos y malos.

DEDICATORIA

A mis queridos Padres: Francisco Asin y Nicolasa Loayza, por sus consejos, orientación y por el apoyo incondicional, gracias a ustedes, que me inculcaron y me fortalecieron para ser la persona que soy y cumplir mi sueño.

A todos mis hermanos, por apoyarme como amigos y mi impulsaron a alcanzar mi sueño.

A mis tíos, Armando Carpio y Graciela Valenzuela, por sus alientos y por el apoyo total durante mi formación profesional, gracias a ustedes que me ayudaron en los momentos que más necesitaba.

A mis primos, Percy, Yeny, Yessi y Yanet, ustedes son parte de mi familia, los considero como hermanos, siempre han estado presentes apoyándome durante mi formación profesional hasta culminación de trabajo de investigación.

A Ronal Copara, amigo, hermano del alma, terminamos el proyecto de investigación juntos, aunque el destino nos lleve por diferentes caminos, siempre estarás presente en mi mente.

A todas los familiares y amigos, por apoyarme de cerca o de lejos durante la realización de proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTO(S)

A Dios, por darnos las fuerzas necesarias en los momentos difíciles y por hacer la realidad este sueño.

A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), "Alma Mater" de mi formación profesional, por habernos recibido como estudiantes y por brindarnos todo lo necesario para concluir con la carrera de Ingeniería Forestal.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias - escuela profesional de ingeniería forestal filial Puerto Maldonado, por sus enseñanzas, orientaciones y contribuciones en nuestra formación profesional.

A nuestros padres, por su amor, bondad, consejos, paciencia y sacrificio para que culminamos la carrera, gracias por todo, todo lo que somos es por vuestro apoyo incondicional durante nuestro camino de crecimiento académico y profesional, sin el apoyo de ustedes no estaría donde estoy.

A mi asesor Dr. David Gonzales Gamarra por su valiosa colaboración y orientación en la redacción del presente trabajo de investigación.

Al Sr. Guillermo del Águila Zuñiga y a su familia, un agradecimiento profundo, por habernos permitido para realizar el proyecto en su empresa "G. y G. Negociaciones E.I.R.L" y por su apoyo incondicional y orientación durante la elaboración de tableros de fibrocemento.

Al Ing. Richard Valle Terrazas por su orientación y recomendación en el tema de trabajo de investigación.

A todas las familiares, amigos y compañeros que nos ayudaron de manera directa e indirecta en la realización de presente trabajo de investigación, gracias a ustedes.

WILBER Y RONAL

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en distrito las Piedras, provincia Tambopata y departamento Madre de Dios. El propósito planteado ha sido evaluar la aptitud de las fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de tableros fibrocemento. El tipo de investigación fue de carácter experimental; Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones para la elaboración de tableros fibrocemento. Los tratamientos fueron, T0 (Cemento 100%), T1 (Cemento 80% + fibra 20%), T2 (Cemento 70% + fibra 30%), T3 (Cemento 60% + fibra 40%), y T4 (Cemento 50% + fibra 50%). Se siguió las normas alemanas para determinar las propiedades.

Las propiedades químicas en fibras mineralizadas fue la concentración de holocelulosa, celulosa y hemicelulosa con 71.83 %, 46.65 % y 25.18 % respectivamente; seguido por lignina con 20.11%. En cuanto a las propiedades físicas en las fibras mineralizadas se registró: Absorción de agua (24 horas), humedad, hinchamiento (24 horas) y densidad con 129 %, 9.8 %, 7.7 %, 0.36 g/cm³ respectivamente.

Los datos obtenidos en propiedades químicas y físicas en fibras mineralizadas fueron óptimos para la elaboración de tableros.

En propiedades físicas de los tableros registró menor contenido de humedad en tratamiento T1, con promedio de 19.37 %; asimismo se registró menor densidad en tratamiento T4 con promedio de 0.50 g/cm³; El tratamiento que presento menor incremento en absorción de agua en 2 horas y en 24 horas fue T1 con promedio de 15.32 % y 17.02 % respectivamente; De la misma forma tratamiento T1 presento menor hinchamiento volumétrico en 2 horas y en 24 horas con promedio de 1.65 % y 2.56 %. En propiedades mecánicas se registró mayor resistencia a la compresión del espesor y mayor en resistencia a la flexión estática en el tratamiento T3 (Cemento 60% + Fibra 40%), con promedio de 5.48 % y 125.02 (kg/cm²). La mezcla apropiada para la elaboración de tableros de fibrocemento a base de fibras de especie *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* fue en tratamiento T3 (Cemento 60% + Fibra 40%) cumpliendo los estándares necesarios para el uso de este material.

Palabras claves: Fibras mineralizadas, tableros fibrocemento, hinchamiento volumétrico, densidad.

ABSTRACT

The research work was carried out in Las Piedras district, Tambopata province and Madre de Dios department. The proposed purpose has been to evaluate the suitability of *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth fibers for the production of fiber cement boards. The type of research was experimental; The completely randomized design (DCA) was used, with 5 treatments and 4 repetitions for the production of fiber cement boards. The treatments were, T0 (Cement 100%), T1 (Cement 80% + fiber 20%), T2 (Cement 70% + fiber 30%), T3 (Cement 60% + fiber 40%), and T4 (Cement 50% + fiber 50%). German standards were followed to determine the properties.

The chemical properties in mineralized fibers were the concentration of holocellulose, cellulose and hemicellulose with 71.83%, 46.65% and 25.18% respectively; followed by lignin with 20.11%. Regarding the physical properties in the mineralized fibers, the following were recorded: water absorption (24 hours), humidity, swelling (24 hours) and density with 129%, 9.8%, 7.7%, 0.36 g/cm³ respectively.

The data obtained on chemical and physical properties in mineralized fibers were optimal for the production of boards.

In physical properties of the boards, it registered lower moisture content in treatment T1, with an average of 19.37%; Likewise, lower density was recorded in T4 treatment with an average of 0.50 g/cm³; The treatment that presented the lowest increase in water absorption in 2 hours and in 24 hours was T1 with an average of 15.32% and 17.02% respectively; In the same way, treatment T1 presented less volumetric swelling in 2 hours and in 24 hours with an average of 1.65% and 2.56%. In mechanical properties, greater resistance to thickness compression and greater resistance to static bending were recorded in treatment T3 (Cement 60% + Fiber 40%), with an average of 5.48% and 125.02 (kg/cm²). The appropriate mixture for the production of fiber cement boards based on fibers of the species *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth was in treatment T3 (Cement 60% + Fiber 40%) meeting the necessary standards for the use of this material.

Keywords: Mineralized fibers, fiber cement boards, volumetric swelling, density.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO(S).....	III
RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	1
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2.- FORMULACION DEL PROBLEMA	4
1.2.1.- Problema general	4
1.2.2.- Problemas específicos.....	4
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. JUSTIFICACIÓN	5
II. MARCO TEORICO	6
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	6

2.2. BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. Generalidades de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.....	8
2.2.2. Clasificación de fibras vegetales.....	10
2.2.3. La madera.....	10
2.2.4. Cemento portland.....	12
2.2.5. Propiedades físicas y mecánicas de los morteros.....	15
2.2.6. Tableros fibrocemento	23
2.2.7. Material compuesto fibra vegetal y cemento portland.....	27
2.3. MARCO CONCEPTUAL	30
2.4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	32
2.4.1. Lugar de ejecución de trabajo de investigación	33
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	35
3.1. HIPOTESIS	35
3.1.1. Hipótesis general.....	35
3.1.2. Hipótesis Específicas	35
3.2. IDENTIFICACION DE VARIABLES E INDICADORES.....	36
3.2.1. Variable Independiente	36
3.2.2. Variable Dependiente.....	36
IV. METODOLOGIA.....	38
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	38

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	39
4.2.1. Diseño experimental	39
4.2.2. Análisis Estadístico.....	41
4.2.3. DISEÑO ESTADÍSTICO - DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS EN LOS TABLEROS	41
4.3. UNIVERSO Y MUESTRA POBLACIONAL	42
4.3.1. Universo	42
4.3.2. Muestra Poblacional.....	42
4.4. MATERIALES Y EQUIPOS	43
4.4.1. Materiales de estudio	43
4.4.2. Materiales para obtención de materia prima	43
4.4.3. Materiales para la elaboración de las probetas.....	43
4.4.4. Equipos.....	44
4.4.5. Materiales de laboratorio	44
4.4.6. Insumos	44
4.4.7. Materiales de gabinete	44
4.5. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACION	45
4.5.1. FASE DE PRE CAMPO	45
4.5.2. FASE DE CAMPO	47
4.5.3. Flujograma de la producción.....	52

4.6. FASE DE LABORATORIO.....	53
4.6.1. Evaluación de propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas.....	53
4.6.2. Evaluación de las propiedades físicas de los tableros.....	54
4.6.3. Evaluación de las propiedades mecánicas de los tableros.....	55
4.7. FASE DE GABINETE.....	55
4.7.1. Análisis Estadístico.....	55
V. RESULTADOS.....	56
5.1. Propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento.....	56
5.1.1. Propiedades químicas de fibras mineralizadas de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento.....	56
5.1.2. Propiedades físicas de fibras mineralizadas de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento.....	57
5.2. Propiedades físicas - mecánicas de tableros fibrocemento a base de fibras de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.....	58
5.2.1. Propiedades físicas de tableros fibrocemento a base de fibras de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.....	58
5.2.2. Propiedades mecánicas de tableros fibrocemento a base de fibras de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.....	82
5.3. Composición porcentual adecuada de fibra de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth para la elaboración de tableros de fibrocemento.....	92

5.3.1. Composición porcentual adecuada en propiedades físicas de fibra de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth para la elaboración de tableros de fibrocemento	92
5.3.2. Composición porcentual adecuada de fibra de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth para la elaboración de tableros de fibrocemento que registran una mayor resistencia a la compresión del espesor y resistencia a la flexión estática	93
VI. DISCUSIÓN.....	94
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS.....	100
ANEXOS	106

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de especie <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.....	8
Tabla 2 Composición química de la madera (%).....	11
Tabla 3 Composición química del cemento Portland	13
Tabla 4 Valores de humedad de paneles fibrocemento	16
Tabla 5 Valores de densidad de paneles fibrocemento.....	17
Tabla 6 Valores de absorción de agua de paneles fibrocemento	18
Tabla 7 Rango de hinchamiento volumétrico de paneles fibrocemento	19
Tabla 8 Rango de porosidad de paneles fibrocemento	20
Tabla 9 Valores de resistencia a la compresión de paneles fibrocemento	22

Tabla 10 Valores de resistencia a la flexión estática de paneles fibrocemento	23
Tabla 11 Clasificación de tableros fibrocemento según su densidad.....	24
Tabla 12 Usos recomendados de tableros fibrocemento según su espesor.....	25
Tabla 13 Propiedades físicas y mecánica de los tableros fibrocemento de 40 mm de espesor de acuerdo al uso recomendado.	26
Tabla 14 Aptitud de materiales vegetales para elaboración de fibrocemento de acuerdo a la cantidad de azúcares solubles	28
Tabla 15 Aptitud de fibras madereras para elaboración de fibrocemento de acuerdo a la cantidad de extractivos	29
Tabla 16 Ubicación política de la empresa G y G Negociaciones E.I.R.L.....	33
Tabla 17 Operacionalización de variables	37
Tabla 18 Diseño de tratamientos y porcentaje de mezcla cemento-fibra	39
Tabla 19 Número de probetas para evaluaciones de propiedades físicas y mecánicas.....	42
Tabla 20 Cantidad de materiales utilizados para la elaboración de las probetas	47
Tabla 21 Propiedades químicas de fibras mineralizadas de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.....	56
Tabla 22 Propiedades físicas de fibras mineralizadas de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.....	57
Tabla 23 Contenido de humedad de los tableros evaluados.	58
Tabla 24 Análisis de variancia del contenido de humedad de los tableros evaluados.....	60
Tabla 25 Prueba de Tukey para el contenido de humedad de los tableros evaluados.	61
Tabla 26 Densidad de los tableros evaluados.	62
Tabla 27 Análisis de variancia de densidad de los tableros evaluados.	63
Tabla 28 Prueba de Tukey para el contenido de densidad de los tableros evaluados.....	64

Tabla 29 Incremento en absorción de agua en 2 horas de los tableros evaluados	66
Tabla 30 Análisis de variancia en absorción de agua en 2 horas de los tableros evaluados.	67
Tabla 31 Prueba de Tukey para absorción de agua en 2 horas de los tableros evaluados.	68
Tabla 32 Absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.	70
Tabla 33 Análisis de variancia del absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.....	71
Tabla 34 Prueba de Tukey para el incremento en absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.....	72
Tabla 35 Hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados.	74
Tabla 36 Análisis de variancia de hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados.....	75
Tabla 37 Prueba Tukey para hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados....	76
Tabla 38 Hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros realizados.....	78
Tabla 39 Análisis de variancia del hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros evaluados.....	79
Tabla 40 Prueba de Tukey para hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros evaluados.	80
Tabla 41 Resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados	82
Tabla 42 Análisis de variancia de resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados.....	85
Tabla 43 Prueba de Tukey para resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados.	86
Tabla 44 Resistencia a la flexión estática de los tableros evaluados.	88
Tabla 45 Análisis de variancia de resistencia a la flexión estática de los tableros evaluados.	89

Tabla 46 Prueba de Tukey para resistencia a la flexión estática de los tableros evaluados.....	90
Tabla 47 Propiedades físicas y mezcla apropiada.....	92
Tabla 48 Propiedades mecánicas y mezcla apropiada	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación general de las fibras de acuerdo a su origen	10
Figura 2 Mapa de Ubicación de lugar de investigación.....	34
Figura 3 Distribución de probetas en los tableros elaborados para los ensayos físicos y mecánicos	41
Figura 4 Molde de metal para la elaboración de tableros	45
Figura 5 Proceso de obtención de viruta.....	49
Figura 6 Molde con mezcla de cemento-fibra	51
Figura 7 Esquema del Proceso de fabricación de tableros fibro – cemento	52
Figura 8 Contenido de humedad de los tableros.....	59
Figura 9 Prueba de Tukey para comparar medias del contenido de humedad de los tableros evaluados.....	61
Figura 10 Densidad de tableros.....	63
Figura 11 Tukey para comparar medias de densidad de los tableros evaluados.....	65
Figura 12 Absorción de agua de tableros en 2 horas	67
Figura 13 Prueba de Tukey para comparar medias en absorción de agua en 2 horas de los tableros.....	69

Figura 14 Absorción de agua de tableros en 24 horas	71
Figura 15 Prueba de Tukey para comparar medias del incremento en absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.....	73
Figura 16 Hinchamiento volumétrico de tableros en 2 horas	75
Figura 17 Prueba de Tukey para comparar medias del hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados.	77
Figura 18 Hinchamiento volumétrico de tableros en 24 horas	79
Figura 19 Prueba de Tukey para comparar medias del hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros evaluados.	81
Figura 20 Resistencia a la Compresión del espesor de tableros evaluados.....	84
Figura 21 Prueba de Tukey para comparar medias en la resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados	87
Figura 22 Resistencia a la Flexión estática de tableros.....	89
Figura 23 Prueba de Tukey para comparar medias en la flexión estática de los tableros evaluados.	91
Figura 24 Extracción de materia prima de campo	139
Figura 25 Obtención de láminas en torno laminador.....	139
Figura 26 Obtención tamaño ideal de fibras en guillotina.....	140
Figura 27 Mineralización de fibras con cloruro de calcio (CaCl ₂).....	140
Figura 28 Secado de fibras en secado solar	141
Figura 29 Recolección de fibras secos de secado solar	141
Figura 30 Pesado de insumos para la elaboración de tableros de fibrocemento.....	142
Figura 31 Mesclado de Cemento y fibra en trompo mezclador.....	142

Figura 32 Vaciado y aplanado de mezcla cemento y fibra en el molde.....	143
Figura 33 Prensado de Tablero con prensa hidráulica	143
Figura 34 Fraguado de tablero fresco en molde - 48 horas (Endurecimiento de tablero).....	144
Figura 35 Desmoldado de tableros con prensa Hidráulica	144
Figura 36 Diseño de distribución en tableros para muestras físico - mecánico	145
Figura 37 Corte en tableros de acuerdo de distribución de probetas para los ensayos físicos y mecánicos.....	145
Figura 38 Probetas de diferentes medidas para la evaluación de propiedades físicas en laboratorio	146
Figura 39 Toma de datos para determinación de propiedades físicas de las probetas	147
Figura 40 Determinación de Resistencia a la compresión del espesor de las probetas	148
Figura 41 Muestras después de someter a compresión del espesor	149
Figura 42 Determinación de Resistencia a la flexión estática de las probetas.....	150

INTRODUCCIÓN

Las particularidades de viviendas en zonas de desarrollo en nuestro país son: La falta de diseño en las viviendas, la incipiente supervisión especializada, la precaria instalaciones externa e interna y de servicios. En zonas urbanas de Madre de Dios, en ciertos puntos, las utilizations de hogares son de carácter rustico, es decir, grupos familiares por sala sin diseños ni división internas del hogar.

El uso de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*, por la población es prácticamente inexistente y su aprovechamiento esta minimizado.

La elaboración de paneles de fibrocemento elaborados con esta especie puede tener buena acogida y contribuir en solucionar la necesidad que existe en la región respecto a contar con viviendas con división de espacios que hagan más ordenada la distribución interna del hogar, lo cual puede ser importante, tomando en cuenta que *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* crece y se adapta de manera óptima a las condiciones existentes en esta región. Por lo que nos planteamos realizar una evaluación de aptitudes de las fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de tableros fibrocemento.

El trabajo de investigación fue realizado en la empresa G y G Negociaciones E.I.R.L. en el cual se visualiza que este trabajo es de carácter experimental; Con la finalidad de evaluar las aptitudes de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* en diferentes proporciones (cemento- fibra), se consideró las normas alemanas DIN, para evaluar las propiedades físicas-mecánicas de los tableros, finalmente se determinó las proporciones más optimas de la mezcla para la construcción de viviendas eco amigables.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.- IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En departamento de Madre de Dios, los materiales utilizados para el diseño de la vivienda son bloques de concreto a base de cemento y hormigón. Las construcciones con condiciones satisfactorios ante los cambios climáticos son prácticamente inexistentes.

La totalidad de las estructuras siguen ejemplos netamente de Lima, Arequipa o Cusco (CIDI/OEA, 2017).

Las zonas periféricas de la comunidad metropolitana utilizan materiales propios de la zona como la madera, con una altura máxima de dos pisos; El 80% de las casas tienen un piso (Ministerio de Vivienda, 2018). Se trabaja con madera y gran parte del techado es cubierta por calamina, estas familias experimentan los efectos nocivos de los cambios de ambiente.

En la parte urbana, las viviendas siguen modelos directamente rurales, es decir, miembros de familias ocupan un ambiente para todos sin ninguna organización interna, lo cual es un peligro para el gran bienestar, entre otros.

En el Perú el uso de tableros de construcción del tipo fibrocemento están posicionándose como una alternativa en la construcción, en especial de mamparas interiores y divisiones, estos preferidas por fácil instalación, reducción de mano de obra, disminución en costos por uso de agregados, para divisiones internas, disminuyen pesos y cargas en las edificaciones. En Madre de Dios no son muy usadas las placas para construcción debido al desconocimiento de las propiedades y bondades de los tableros y escasos especialistas en producción y venta y soporte técnico e instalación de las mismas.

Si se toma en cuenta esta necesidad a nivel de Madre de Dios, el análisis de este material de construcción, empleando con fibra vegetal a base de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* sería una buena alternativa.

Ya que esta planta se adapta a suelos degradados como los que existen en muchas zonas de este departamento que han quedado en estas condiciones, por el uso de minería ilegal e informal. La especie *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*, representa una posibilidad de recuperación para estos suelos.

“Algo importante de destacar es que esta especie crece en bosques húmedos y muy húmedos a alturas no superiores a los 900 m.s.n.m, pero además tolera suelos arcillosos, ácidos, húmedos y de poca fertilidad” (UICN, 2013), lo cual en términos generales representa una gran posibilidad de cultivo con la finalidad de recuperación, pero además al ser insumo para la fabricación de fibrocemento, adquiere el valor comercial que hasta la fecha no tiene. Al respecto Escobar señala que el “Peine de mono (nombre común de la especie en estudio) es una especie presente y que no se aprovecha debido a la poca difusión de la especie en nuestro país,

esta necesidad de conocer sus beneficios económicos es justamente una de las razones por las cuales es necesario experimentar sus características.” (Escobar, 2012).

En el medio de Madre de Dios no existe una alternativa propia de fibrocemento, es decir pese a la variedad en la flora y la cantidad de especies maderables y no maderables, el uso que se viene dando a estos recursos es bastante limitado, no existiendo la posibilidad de tener un valor agregado que estimule su cultivo. Por lo que la explotación de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*, prácticamente es inexistente y su aprovechamiento esta minimizado. Como material de construcción, los paneles de fibrocemento pueden tener una acogida, pues abaratarían costos en mano de obra y construcción.

1.2.- FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1.- Problema general

¿Cuál es la aptitud de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de tableros fibrocemento en el distrito las Piedras-Tambopata -Madre de Dios, 2019?

1.2.2.- Problemas específicos

- ¿Cómo son las propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de paneles fibrocemento?
- ¿Cómo son las propiedades físicas-mecánicas de tableros fibrocementos a base de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*?
- ¿Cuál es la composición porcentual adecuada de fibra de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de tableros fibrocemento?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la aptitud de las fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de tableros fibrocemento en el distrito las Piedras-Tambopata -Madre de Dios, 2019.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de tableros fibrocemento.
- Evaluar las propiedades físicas - mecánicas de tableros fibrocemento a base de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*.
- Determinar la composición porcentual adecuada de fibra

de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* para la elaboración de tableros de fibrocemento.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Los paneles de fibrocemento elaborados con esta especie contribuirán en solucionar la necesidad que existe en la región respecto a contar con viviendas con división de espacios que hagan más ordenada la distribución interna del hogar, lo cual puede ser importante, tomando en cuenta que *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* crece y se adapta de manera óptima a las condiciones existentes en esta región. Es por ello concentrarse en la idoneidad de esta especie para la creación de tableros.

Por otra parte, esta tesis de investigación demostrará las aptitudes y bondades de especie *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* en mezcla con el cemento formando un nuevo material para construcción, aprovechando el estudio y la experiencia en el uso y el manejo de esta planta tropical ya que es de rápido crecimiento y adaptación en suelos degradados como nuestra región de Madre de Dios (suelos degradados por minería) dicho esto se estaría dando el gran valor de importancia de esta especie en el campo de la industria forestal para la elaboración de paneles fibrocemento. Además de producir un satisfactor que puede servir para obtener viviendas dignas, ambientales integrales y aun costo factible.

Si en caso esta especie sea compatible con el cemento se tendría que realizar plantaciones forestales en zonas degradados por minería ya que dicha especie se adapta fácilmente a estos suelos de esta manera se estaría recuperando el ecosistema y finalmente sea aprovechable para la elaboración de paneles fibrocemento.

De igual manera esta investigación será un manual de consulta para estudiantes, profesionales y población en general, dando un aporte para la ciencia y registro de información

referente a la producción de paneles fibrocementos, asimismo será una consulta para futuros proyectos forestales.

II. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

(Camac Gomez, 2012) Tomo datos del impacto de la combinación aserrín más cemento en las propiedades de absorción, hinchamiento y MOR de los paneles fibrocemento de *Virola* spp. El experimento fue probado en las instalaciones de investigación de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional Agraria la Molina - Lima y la Universidad Nacional del Centro del Perú – Huancayo, para lo cual se realizaron 4 tratamiento: A C/A (60/40), B C/A (70/30), C C/A (80/20) y T C/A (100/00), añadiendo CaCl_2 para la mineralización. La metodología utilizada para estas propiedades fue la norma alemana DIN 52.364 y 52.362; consiguiendo los siguientes datos: Absorción de humedad para el tratamiento 60/40 a 2 horas de inmersión fue 13.49% y a 24 horas de sumersión fue 16.64%; Para el tratamiento 70/30 a 2 horas fue 9.31% y a 24 horas fue 13.26%; Para el tratamiento 80/20 a 2 horas fue 3.07% y a 24 horas fue 4.57%. En hinchamiento del espesor, para el tratamiento 60/40 en 2 horas de inmersión fue 0.91% y a 24 horas de sumersión fue 1.20%; para la proporción 70/30 a 2 horas fue 0.45% y a 24 horas fue 0.78% y para la proporción 80/20 a 2 horas fue 0.22% y a 24 horas fue 0.44%.

Se encontró una relación en el incremento volumétrico y absorción de agua en cada uno de las mezclas. En cuanto a la flexión estática, para la mezcla 60/40, se adquirió un valor para el módulo de elasticidad con 18.38 kg/cm² y en el módulo de rotura de 32.32 kg/cm²; para la mezcla 70/30 el módulo de elasticidad fue de 28.10 kg/cm² y en el módulo de rotura de 40.68 kg/cm² y para la mezcla 80/20 el módulo de elasticidad fue de 41.61 kg/cm² y en el módulo de

rotura de 59.63 kg/cm². De esta forma se encontró una relación indirecta en la reducción de los valores de flexión estática en las distintas combinaciones. (Camac Gomez, 2012)

(Tello Cochachez, 2006) Trabajo con dos edades de madera (16 y 27 años) extraídos de bosque manejado “Jenaro Herrera” y bosque natural, para este trabajo tubo como objetivos determinar las propiedades fisicomecanico. Utilizando el método DIN.

Llegando a los resultados en densidad con madera de 16 años tomo datos de 0.48 a 0.65 g/cm³, obteniendo un media de 0.60 g/cm³; Para la madera de 27 años tomo valores de 0.47 a 0.54 g/cm³ tomando una media de 0.51 g/cm³, por otra parte para madera debosque natural oscila de 0.53 y 0.68 g/cm³, tomando una media de 0.62 g/cm³.

En cuanto a las calidades del MOR para madera de 16 años, va en rango de 31 y 65 Kg/cm² tomando valor de 45 Kg/cm²; Para madera de 27 años va en el rangode 45 y 60 Kg/cm² tomando valores de 51 Kg/cm² y para madera natural oscila de 25 y 67 Kg/cm² con un valor de 45 Kg/cm² introduciendo una alta variación.

Las estimaciones en cuanto a tracción de 16 años tomaron valores de 0.5 y 4.1 Kg/cm² con una media de 1.46 Kg/cm²; para madera de 27 años presento datos de 0.7 y 1.9 Kg/cm² con una media de 1.18 Kg/cm²; y madera natural presento datos de 0.6 y 3.9 Kg/cm² con una media de 1.39 Kg/cm² con buena compatibilidad.

Las mediciones en hinchamiento en 2 horas para madera de 16 años tomo datos de 37 y 81 % con una media de 57.3 %, en cuanto para la madera de 27 años fluctuó en el rango de 31 y 57 % con una media de 42.4 %, y para madera natural tomo rangos de 22 y 71 % con una media de 49.3 %; En cuanto a hinchamiento en 24 la madera de 16 años fluctuó entre 46 y 96 % con una media de 69.5 %, para madera de 27 años arrojaron datos de 41 y 69 % con una media de 52.8 %, y para madera de bosque natural fluctúa entre 25 y 82% con una media de 57.1 %. (Tello Cochachez, 2006).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Generalidades de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth.

2.2.1.1. Taxonomía de la especie *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de especie Apeiba membranacea Spruce ex Benth.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Genero	Apeiba
Especie	membranácea Spruce ex Benth
Nombre científico	<i>Apeiba membranácea</i> Spruce ex Benth.
Nombre común	“Peine de mono”

Fuente: (Araujo, 2018)

2.2.1.2. Descripción botánica

Árbol de 40 a 100 cm de DAP y de 15 a 30 m de estatura, con fuste redondo y que se expande a partir de 2/3 de altura, de vez en cuando con raíces tablares hasta 1.2 m de altura. Su corteza externa es de color marrón claro, con lenticelas normalmente negruzcas, redondas y salientes (4-8 mm de anchura). La corteza interna es blanquecina (oxidación rápida a marrón). (Matos, 2013).

Posee hojas simples alternas, de 11 a 23 cm longitud y de 4 a 9 cm de ancho, posee peciolo (de 2-3 cm de largo). Su inflorescencia se presenta en racimos subterminales con pocas flores, que son de tamaño medio. Las flores tienen 5 sépalos lanceolados (1.6-2.3 cm de largo) y 5 pétalos alabados blancos (1-1.5 cm de largo). Los estambres son variados (de 7 a 9 mm de longitud) y el pistilo (de 1-1.5 cm de longitud) tiene ovario y un estilo alargado. Los productos naturales son discoideas, de 3.5 a 6 cm de medida y de 0.8 a 1.4 cm de grosor, cuya superficie está cubierta de pequeñas espinas no dobladas de unos 3 a 6 mm de longitud. Contienen pequeñas y variadas semillas en su interior. (Matos, 2013).

2.2.1.3. Distribución y hábitat

La especie se encuentra desde México, norte de Bolivia, Costa Rica, Panamá (Croat, 1978). En el Perú se observa en toda la selva, hasta los 900 msnm. Es una planta heliófita resistente que se encuentra normalmente en los claros regulares de los bosques, en todos los alrededores de los suelos agotados y liberados de las inundaciones (Matos, 2013).

2.2.1.4. Uso e importancia

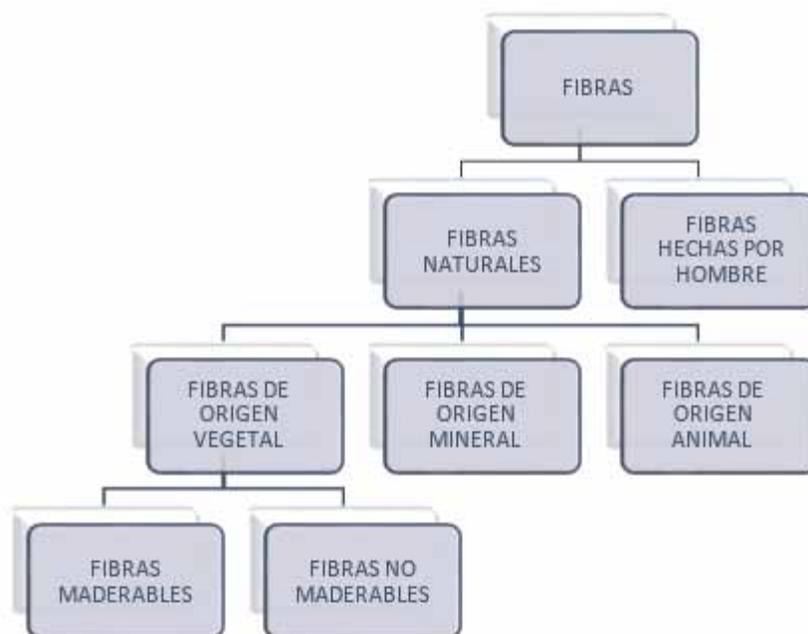
La madera cuenta con una densidad bajo, grano recto y parénquima en amplios grupos longitudinales. No es difícil de secar ni de trabajar, con poca resistencia. De alguna manera utiliza en cajones y trabajos manuales. Sus semillas se utilizan como brillantina y tónico capilar,

por su alto contenido en aceite. Las flores tienen propiedades terapéuticas y la corteza se utiliza para curar algunas enfermedades (Salazar & Soihet, 2001).

2.2.2. Clasificación de fibras vegetales

Figura 1

Clasificación general de las fibras de acuerdo a su origen



FUENTE: (Misra, 1990)

2.2.3. La madera

Materia prima de origen vegetal generalmente aprovechado por el hombre. Donde es encontrado en los árboles con tallos leñosos (que tienen un tronco) y su aspecto más fuerte se encuentra bajo la corteza del árbol (Perez & Salazar, 1998).

2.2.3.1. Partes de la madera

La corteza:

Parte externa del árbol conformada por células muertas, lenticelas y desprendimientos laminares (Terrazas & Chavez, 2003).

El cambium:

Manto externa después de la corteza, formado por dos capas una que es xilema y floema

(Pazos, Villa, Flores, & J., 2008).

La albura:

Es la madera recientemente formada a través de ella se transporta la savia, que sería como nuestra organización sanguínea. Es una parte blanca ya que transporta más savia que el resto de la madera.

(Pazos, Villa, Flores, & J., 2008).

El duramen:

Está hecha de células que no funcionan y se sitúa en el punto focal del árbol, es la madera sólida y predecible. La diferencia con la albura es porque es más brumosa y la savia no recorre, por lo que el tono es más oscuro. (Terrazas & Chavez, 2003).

2.2.3.2. La composición de la madera

(Pazos, Villa, Flores, & J., 2008) Está formado por C. (50%), H. (6%), O. (44%) y N. (0.1%).

Estos componentes varían de acuerdo a la especie y por el factor edafoclimáticos (Perez & Salazar, 1998).

Tabla 2***Composición química de la madera (%)***

Elementos	Coníferas	Latifoliadas
Cenizas	0.02-1.1	0.1-5.4
Extractivos	0.7-14.4	0.9-11
Lignina	21.7-37.0	14.0-34.6
Poliosas	12.5-29.1	18.0-41.2
Celulosa	30.1-60.7	31.1-64.4
Holocelulosa	59.8-80.9	71.0-89.1

(Guadalupe, y otros, 2008)

2.2.4. Cemento portland

Llamado también conglomerante hidráulico, es una combinación que unida al agua hace una mezcla uniforme, plástica que fragua y se solidifica hasta alcanzar una consistencia como la de piedra (Carneado, 2009).

2.2.4.1. Fabricación

Aproximadamente por el año 1845 se crea el curso moderno del actual cemento Portland, donde se dio a comprender la trituración de rocas calcáreas con rocas de barro en disposición específica luego poner a una temperatura de 1300 °C también llamado "Clinker", compuesto por fajos solidificados de diversas distancias a lo ancho y a lo tenue, posterior de enfriamiento, se muele hasta generar un material selecto. (Pasquel & E, 1998).

2.2.4.2. Tipos

Las clases de Conglomerante hidráulico según Comex Perú son las siguientes

Tipo I: Baja temperatura de hidratación, uso universal

Tipo II: Mayor obstrucción inicial, utilizado en ambientes fríos y en edades tempranas.

Tipo III: Obstrucción moderada por sulfatos, por ejemplo, en suelos y aguas subterráneas.

Tipo IV: Razón general, donde no se requieren propiedades excepcionales (CEMEX P. , 2019).

Tabla 3

Composición química del cemento Portland

Componente químico	Total	Procedencia usual	Porcentaje típico	Abreviatura
Oxido de Calcio (CaO) Cal		Rocas calizas	61%-67%	C
Oxido de Sílice (SiO ₂) Sílice	95%	Areniscas	20%-27%	S
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃) Alúmina		Arcillas	4%-7%	A
Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)		Arcillas, mineral de hierro, pirita	2%-4%	F
Oxido de Magnesio, Sodio			1%-3%	
Potasio, Titanio, Azufre	5%	Minerales varios	1%-5%	
Fósforo, Manganeso			0,25%-1,5%	

FUENTE: (Pasquel & E, 1998)

2.2.4.3. Hidratación

La dosis indicada como resto de masa de agua y conglomerante hidráulico se conoce como proporción agua/conglomerante hidráulico (indicada como A/C); para una proporción A/C de 0.2 el agua accesible es inadecuada para que se produzca la hidratación del conglomerante hidráulico; por otro lado, una proporción de 0.6 da como resultado un exceso de agua disponible, que al desvanecerse provoca poros en la sustancia y por tanto disminuye sus propiedades solidarias. El valor medio de 0.4 se considera ideal para que la hidratación se produzca sin problemas de porosidad y para que el tablero fibrocemento adquiera grandes propiedades mecánicas (Paucar, 2008).

Para la hidratación de conglomerante se requiere agua igual a $1/5$ de la masa de conglomerante, una cantidad comparativa es devorada por la capa externa de los huecos del gel, mientras que la abundancia de agua se mueve directamente en los poros como cabello (Saad A.,1969).

Diferentes investigaciones muestran que la medida de agua esperada para hidratar con el conglomerante convendría ser de 0.25 mL/g de conglomerante hidráulico y 2.7 mL/g.

(Paucar, 2008)

2.2.4.4. Reacciones del concreto

El conglomerante hidráulico cuando se hidrata, impacta en los ciclos fraccionados de desarrollo sustancial, estos ciclos son el fraguado y la solidificación.

a) El fraguado es el proceso de solidificación de líquido a sólido, esta respuesta se aborda en la condición adjunta:

Las mezclas conseguidas van sobre como hidratos disolubles en agua que entonces, en ese punto, animan, enmarcando piedras preciosas de superficie fibrosa que establecen un medio limitante con las diversas partículas de la combinación.

b) La solidificación es una peculiaridad que ocurre después del fraguado subyacente, debido a la lenta hidratación de los silicatos de diversas respuestas con los aluminatos de calcio.

(Espinosa, 2015).

2.2.3.5. Tiempo de mezclado

El periodo ideal para la disposición de masa afecta a la fuerza del mortero, se debe considerar que cada una de las partículas totales están totalmente cubiertas por la masa de conglomerante hidráulico. Un mezclado más de 4 minutos disminuirá en general los resultados de resistencia, mientras que un mezclado de 120 segundos es adecuado para un mayor incremento del 22 al 36 % en la resistencia (Saad A., 1969).

2.2.5. Propiedades físicas y mecánicas de los morteros

2.2.5.1. Propiedades físicas

La fabricación de estos incluye la combinación del conglomerante, agua y totales, cuando hablamos de totales, utilizamos en general totales finos o totales procedentes de la pulverización de rocas, aunque pueden ser sustituidos por madera vegetales. La expansión del agua da forma una masa plástica que fragua y se solidifica, como indica la similitud compuesta de las hebras vegetales con la red de conglomerante hidráulico (Castro, 2014). A partir de ahí, se retratan las propiedades físicas de morteros conglomerante hidráulico, el agua y los morteros de fibra vegetal en modelo de paneles de fibra con conglomerante.

a) Humedad: El mantenimiento del agua es el grado en que un tablero en etapa plástico retiene humedad, este mantenimiento se amplía con mayor sustancia de aire, expansión de los totales finos y totales naturales. Una medida específica de agua en la combinación es promulgar la hidratación del conglomerante hidráulico, y una suma más se mantiene por los totales naturales (Gonzales L., 2013). Los totales naturales asimilan el agua de masa de conglomerante

hidráulico, por lo que debería añadirse una medida más notable de agua para establecer la masa o con toda la probabilidad debería controlarse el contenido de humedad de los totales. El agua sobrante en la masa desaparece a una temperatura 110 °C. (Juárez, 2002).

Los filamentos vegetales cambian humedad con el tiempo de forma moderada, perdiendo o adquiriendo humedad en función de las condiciones de apertura (Castro, 2014). hasta que se logre un contenido de humedad de equilibrio que esté dentro del ámbito del 7 al 15 % en una premisa húmeda (Noriega, 1996). En tabla 4 muestra los datos de humedad de los morteros solidificados.

Tabla 4

Valores de humedad de paneles fibrocemento

Mortero	Descripción	Espesor	Contenido de Humedad
Fibrocemento	Se empleó haces fibrosos de bambú (Guadua angustifolia Kunth) mezclados con cemento Portland tipo I	15 mm	14,40 %
Fibrocemento	Se empleó pulpa química de eucalipto (Eucalyptus glóbulos Labill) mezclados con cemento Portland tipo I	12 mm	16,61 %
Fibrocemento	Se empleó fibras de lechuguilla (Agave lechuguilla) mezclados con cemento Portland tipo I	75 mm	18,00 %

FUENTE: (Espinoza & A, 2010) (Juarez, 2002)

b) Densidad: Esta propiedad varía de acuerdo a los elementos, es directamente proporcional a la masa (vacíos/porosidad). En otras palabras, a mayor componente vegetal menor es la densidad (Gonzales L., 2013).

Tabla 5

Valores de densidad de paneles fibrocemento

Mortero	Descripción	Espesor	Densidad
Fibrocemento	Se empleó haces fibrosos de madera mezclados con cemento Portland tipo I.	50 mm	0,43 g/cm ³
Fibrocemento	Se empleó pulpa química de eucalipto (Eucalyptus glóbulos Labill) mezclados con cemento Portland tipo I.	12 mm	0,73 g/cm ³
Fibrocemento	Se empleó partículas de aserrín de eucalipto (Eucalyptus glóbulos Labill) mezclados con cemento Portland tipo I.	20 mm	1,14 g/cm ³
Fibrocemento	Se empleó haces fibrosos de bambú (Guadua angustifolia Kunth) mezclados con cemento Portland tipo I.	15 mm	1,38 g/cm ³

FUENTE: (Espinoza & A, 2010) (Cerrón, 2009)

c) Absorción de agua: En los morteros con fibra vegetal hay un alto de retención de agua; a mayor cantidad de hebras vegetales construye la asimilación de agua del mortero (Jarabo, 2013).

Tabla 6

Valores de absorción de agua de paneles fibrocemento

Mortero	Descripción	Espesor	Absorción de agua 24 horas de inmersión
Fibrocemento	Se empleó haces fibrosos de bambú (Guadua angustifolia Kunth) mezclados con cemento Portland tipo I	15 mm	16,40%
Fibrocemento	Se empleó haces fibrosos de madera mezclados con cemento Portland tipo I	50 mm	42,60%
Fibrocemento	Se empleó pulpa química de eucalipto (Eucalyptus glóbulos Labill) mezclados con cemento Portland tipo I	20 mm	55,38%

FUENTE: (Espinoza & A, 2010) (Noriega, 1996)

d) Hinchamiento volumétrico: A mayor fibra aumenta la expansión volumétrica del mortero, como resultado de la expansión de las hebras, construye sus aspectos debido a sus diferentes propiedades físico-compositivas (Jarabo, 2013).

La disminución de volumen que sufre el mortero al cabo de un tiempo, debido al desgaste fraccionado de agua; las hebras ayudan a atenuar la presencia de roturas durante la peculiaridad de la retracción (Castro *et al.* 2014). La contracción depende de elementos como la configuración de la fibra, factor aire, la humedad de la fibra y la extensión de las partes del sólido (Castro, 2014).

En la Tabla 7. Categorías de hinchamiento volumétrico de morteros.

Tabla 7

Rango de hinchamiento volumétrico de paneles fibrocemento

Mortero	<i>Hinchamiento volumétrico (24 horas de inmersión)</i>	Espesor	<i>Característica del mortero</i>
Fibrocemento	<4%	10 mm	Buena calidad dimensional
Fibrocemento	4%-8%	10 mm	Moderada calidad dimensional
Fibrocemento	>8%	10 mm	Inadecuada calidad dimensional

FUENTE: (Torres J., 2006)

e) Porosidad: Se produce por la desaparición de la abundancia de agua de la mezcla y el aire atrapado, este aire atrapado puede ser entregado por los resultados mecánicos o por la utilización de los totales de aire- entrenamiento como filamentos vegetales. La porosidad abierta se identifica derechamente con la asimilación de agua del mortero por la actividad de los esbeltos (Torres J., 2006). Sea cual fuera, la resistencia mecánica y la impermeabilidad disminuyen. A medida que se amplía la porosidad, mejora la protección contra los ciclos de congelación y descongelación, que es una peculiaridad cíclica del agua contenida en los morteros solidificados (Castro, 2014).

En la Tabla 8 Categoría de porosidad de morteros solidificados.

Tabla 8

Rango de porosidad de paneles fibrocemento

Mortero	Porcentaje de vacíos	Espesor	Característica del mortero
Fibrocemento	<15%	10 mm	Buena calidad dimensional
Fibrocemento	15%-30%	10 mm	Moderada calidad dimensional
Fibrocemento	>30%	10 mm	Inadecuada calidad dimensional

FUENTE: (Torres J., 2006)

2.2.5.2. Propiedades mecánicas

En los morteros con hebras vegetales, se consideran los siguientes aspectos: el transporte de las fibras, la dirección de las fibras, la morfología de las fibras, la extensión de la fase de dispersión, la extensión de la fase de persistencia, la fijación de la fase de persistencia, el tiempo de fraguado, la medida de agua utilizada y el agarre entre las hebras y la estructura (Ramirez & Vergara, 2013).

La masa solidificada asume un papel importante en la conducta mecánica, y su solidaridad se debe a dos tipos de fijación, la fascinación firme y la fascinación compuesta. La fascinación firme es del tipo Vander Wall, que ocurre entre superficies fuertes aisladas simplemente por poros diminutos. (Ramirez & Vergara, 2013). A continuación, se describen dos propiedades mecánicas de fibra vegetal en modelo de paneles fibro conglomerante.

a) Resistencia a la compresión: Puede caracterizarse como la obstrucción más extrema a la que llega un ejemplo bajo carga. El método para evaluar esta oposición es a través de una prueba de presión mecánica ruinoso, que comprende la aplicación de una carga de presión al eje central de ejemplar hasta que ocurra la deformación y se denota por lo general en kg/cm².

La resistencia depende positivamente de la compactación, la medida de agua utilizada para establecer la mezcla, el tiempo de fraguado; en cuanto a las hebras, el transporte, la repartición en los moldes como etapa dispersa, la dirección en el entramado (Ramirez & Vergara, 2013).

Las pruebas de resistencia a la compresión demuestran que, con una medida específica de hebras como totales, se adquiere una estimación de resistencia más extrema en contraste con la resistencia del conglomerante hidráulico solo, y a partir de ahí es capaz de caer (Juárez, 2002).

En la Tabla 9 clasificación de resistencia a la compresión del espesor de tableros fibrocemento.

Tabla 9

Valores de resistencia a la compresión de paneles fibrocemento

Mortero	Descripción	Espesor	Resistencia
Fibrocemento	Se empleó haces fibrosos de madera mezclados con cemento Portland tipo I.	50 mm	4,08 kg/cm ²
Fibrocemento	Se empleó partículas de aserrín de eucalipto (<i>Eucalyptus glóbulos Labill</i>) mezclados con cemento Portland tipo I.	20 mm	14,44 kg/cm ²
Fibrocemento	Se empleó pulpa química de eucalipto (<i>Eucalyptus glóbulos Labill</i>) mezclados con cemento Portland tipo I.	12 mm	41,44 kg/cm ²

FUENTE:) (Cruz T., 1982) (Cerrón, 2009)

b) Resistencia a la torsión estática: Puede caracterizarse como la mayor oposición a la que llega una materia en forma de bloque, el método para evaluar la resistencia a la torsión es a través de una prueba mecánica ruinoso, que comprende la aplicación de una fuerza en medio de muestra hasta que falle, esta propiedad se denota en general en kg/cm² (Ramirez & Vergara, 2013).

En la Tabla 10 se presentan algunos valores de resistencia a la flexión estática de morteros en estado endurecido.

Tabla 10

Valores de resistencia a la flexión estática de paneles fibrocemento

Mortero	Descripción	Espesor	MOR
Fibrocemento	Se empleó partículas de aserrín de eucalipto (<i>Eucalyptus glóbulos Labill</i>) mezclados con cemento Portland tipo I.	20 mm	10,20 kg/cm ²
Fibrocemento	Se empleó haces fibrosos de madera mezclados con cemento Portland tipo I.	50 mm	11,15 kg/cm ²
Fibrocemento	Se empleó pulpa química de eucalipto (<i>Eucalyptus glóbulos Labill</i>) mezclados con cemento Portland tipo I.	12 mm	15,96 kg/cm ²
Fibrocemento	Se empleó fibrosos de bambú (<i>Guadua angustifolia</i> Kunth) mezclados con cemento Portland tipo I.	15 mm	20,82 kg/cm ²

FUENTE: (Cruz T., 1982) (Cerrón, 2009)

2.2.6. Tableros fibrocemento

Son mezclas de un entramado desconcertante compuesto por biomasa vegetal, viable con la red que es el cemento más la presencia de agua. (BeraldoA., 2012).

2.2.6. 1. Clasificación

La categorización de paneles fibro conglomerante puede basarse en factores como, por ejemplo, las diferentes especies que se aplica como materia básica, la estrategia de creación, la aplicación, por forma particularidad en su acabado. Las planchas de fibras y cemento se clasifican en tres grupos principales según su grosor y su densidad (Noriega, 1996).

Tabla 11

Clasificación de tableros fibrocemento según su densidad

TIPOS DE TABLERO	DENSIDAD (kg/m ³)
Tablero de baja densidad	250 a 400
Tablero de media densidad	400 a 800
Tablero de alta densidad	>800

FUENTE: (Noriega, 1996)

2.2.6.2. Componentes

- a) **Mineralizante:** Se utilizan sales, por ejemplo, sulfato de aluminio (AlSO₄), cloruro de magnesio (MgCl₂).
- b) **Fibras y/o haces fibrosos:** En la producción de estos tableros se utilizan hebras de madera procedentes de industrias forestales y agroindustria.
- c) **Aglomerante:** La cubierta mineral más utilizada es cemento Portland tipo I.
- d) **Agregados:** Concreto armado aumentado con fibras se realiza normalmente con tamaños totales inferiores a 4.75 mm.

d) Agua: Debe ser consumible y estar libre de sustancias que alteren el sistema de fraguado, el humus, los microorganismos, etc. Como pauta se podría decir que el agua es buena para el uso humano es igualmente apta para la hidratación.

2.2.6.2. Ventajas de los paneles fibrocemento

Las ventajas de utilizar tableros son su notable impermeabilidad al fuego, resistente a agentes patógenos, resistente a los posibles ataques de insectos, no emite sustancias nocivas, fácil de manipular al momento de su armado e instalación (Paucar, 2008).

2.2.6.3. Usos

El uso principal es formar parte de las edificaciones interiores mas no exteriores, para divisiones y acabados especiales que no implicar una carga sobre ella (Paucar, 2008) (Cruz T., 1982).

Tabla 12

Usos recomendados de tableros fibrocemento según su espesor

<i>Espesor (mm)</i>	<i>Usos recomendados</i>
10	Cielos rasos, revestimiento interior.
20	Cielos rasos, paredes económicas.
30	Paredes interior, aleros.
>40	Paredes interiores ,aleros, casetas sanitarias.

(Torres J., 2006) (Ossa, 1984)

En la tabla 13 se presenta el uso que se le da a los tableros de acuerdo a su espesor.

Tabla 13

Propiedades físicas y mecánica de los tableros fibrocemento de 40 mm de espesor de acuerdo al uso recomendado.

<i>Parámetros</i>	<i>valor</i>	<i>Unidades</i>
Espesor	40 +- 10%	mm
Humedad	16 a 21	%
Densidad	0.8 a 1.20	g/cm ³
Absorción, 24 horas de inmersión en agua	< 35	%
Hinchamiento, 24 horas de inmersión en agua	< 30	%
Resistencia a la flexión estática	> 80	Kg/cm ²
Resistencia a la compresión del espesor	≤ 20	%

Fuente: (Torres J., 2006) (Ossa, 1984)

2.2.6.4. Elaboración de tableros

Para la fabricación de plancha fibra con conglomerante, se prescribe la utilización de una sola especie arbórea, ya que la mezcla de varias especies no adquiere una respuesta uniforme al momento de fraguado lo que provoca resultados inesperados. Después de obtener las hebras estos deben ser recientemente mineralizados para lograr una compatibilidad (Cerrón, 2009).

Las planchas se fabrican de dos maneras: El moldeo, consiste en almacenar la combinación en hormas sin exponerla a tensión, y la compactación; radica en introducir la mezcla en moldes a los que se aplica una tensión específica. La aptitud de las sucesiones está intensamente relacionada con los atributos de las hebras vegetales (apropiación del tamaño y

morfología), la distribución de componentes debe ser realizada de manera muy eficiente y eficaz para proveer el secado rápido generando la pérdida de agua (Beraldo A., 2012).

El desmolde se realiza normalmente después de un tiempo significativamente más largo que el que se necesitaría para obtención de los elementos habituales a base de cemento; en cualquier caso, las utilizations de especies vegetales demoran en el curado ya que estos presentan algunas sustancias que evitan con el fraguado rápido.

El curado es trabajoso al principio, ya que la deficiencia de agua es más destacada, entonces, en ese punto, un tipo de restauración interior ocurre cuando las hebras vegetales descargan parte de su agua a la mezcla. Una restauración sustitutiva, que comprende ciclos de humidificación y secado, puede afectar a la solidez dimensional de los paneles. Por último, en la etapa se concluye dejando un promedio de tiempo de 20 días, para cerrar el proceso de solidificación del cemento; luego, en ese momento, se realizan los cortes de acuerdo a la demanda del mercado (Beraldo A., 2012).

2.2.7. Material compuesto fibra vegetal y cemento portland

2.2.7.1. Compatibilidad química

Prácticamente todas las hebras vegetales tienen estos intensificadores de sustancias como extractivos que causan respuestas para el fraguado con el cemento, la mínima ausencia de estas sustancias puede ser aceptables para la combinación, así formando un material sólido sin desprendimientos de hebras del material.

Estas sustancias tienen en común la mayoría de especies vegetales desde el tronco pasando por las ramas y hojas que causan reacciones no favorables en el avance del fraguado debilitando en la solidificación del material (Beraldo A., 2012).

Una de las principales variables para utilizar hebras vegetales como soporte es que sean viables con conglomerante hidráulico (material Portland); esta similitud se comunica en la sencillez de fraguado de la combinación.

La presencia de factores sintéticos como la celulosa, la hemicelulosa, como fibra, es un beneficio debido a la estructura que da solidez y la fuerza adecuada durante la utilización del material concluido. Simultáneamente la proporción de fijación de la holocelulosa en la fibra de madera no impacta en el fraguado subyacente con el material Portland (Cruz V., 1982) además, especifica que no existe ninguna relación entre el enfoque de la lignina y la razonabilidad para la creación de morteros, estos no influye al momento de fraguado (Cruz V., 1982).

La tabla 14 muestran las cantidades suficientes para la elaboración de fibrocemento según el contenido de azúcar.

Tabla 147

Aptitud de materiales vegetales para elaboración de fibrocemento de acuerdo a la cantidad de azúcares solubles

Aptitud	Cantidad de azúcares solubles (%)
Apta	0-0,03
Medianamente apta	0,03-0,10
No apta	>0,10

FUENTE: (Beraldo A., 2012) (Alarcón, 1972)

La caracterización para anticipar la razonabilidad de las hebras de madera para la producción de materiales compuestos de material Portland, se muestra en la Tabla 15; esta caracterización muestra las cantidades de extractivos para la elaboración de paneles fibrocemento.

Tabla 15

Aptitud de fibras madereras para elaboración de fibrocemento de acuerdo a la cantidad de extractivos

APTITUD	Contenido de extractivos (%)	
	Agua caliente	Alcohol-benceno
Apta	0-3.25	0-2,25
Medianamente apta	3,26-4,25	2,26-3,50
No apta	>4,25	>3.50

Fuente: (Cruz T., 1982)

2.2.7.2. Mejoramiento de la compatibilidad química

Los trabajos preliminares ante las hebras vegetales reducen enormemente el detalle de su incompatibilidad con el material Portland de esta forma se puede contar con una estructura capaz de resistir cargas externas. Estos tratamientos preliminares se pueden catalogar de dos formas: Eliminar sustancias inhibidoras y reducir el efecto de estas sustancias. Dentro de estos tratamientos mencionados se puede hacer trabajos específicos, una de los usados es el envejecimiento de hebras para poder eliminar los extractivos y otras es la mineralización que es más práctico y en menor tiempo se puede extraer los extractivos como aceites, resinas, azúcares entre otros de esta forma hacer que la materia prima sea compatible con el cemento (Beraldo A., 2012).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

Fibra vegetal

La fibra se percibe como la disposición de las células organizadas hacia el centro del árbol, excluyendo los componentes vasculares y las células del parénquima. Las distintas variedades dan lugar a los tipos de fibra: recta, ondulada, curvada, entrelazada (Libby, 1974).

Se encuentran como componentes subyacentes en cada una de las plantas superiores, y comprenden predominantemente fibrillas de celulosa insertadas en un entramado de lignina. Las fibrillas se ajustan a lo largo de la longitud de la fibra, lo que proporciona la mayor resistencia dúctil y a la flexión y solidez. La productividad de la fibra regular se identifica con la idea de la celulosa y su cristalinidad (JOHN, J, & THOMAS, 2008).

Tableros fibrocemento

Se trata de compuestos de entramado alucinantes hechos de biomasa vegetal, viables con base de cemento y con presencia de agua (Beraldo A., 2012).

Cemento Portland

Material adquirido de la trituración del clinker portland con la expansión del sulfato de calcio (Corral, 2008).

Propiedades físicas

Se notan o se estiman sin requerir ninguna información sobre la reactividad o la conducta del compuesto de la sustancia, sin modificar su disposición o naturaleza sintética (Enciclopedia & E, 2019).

Propiedades químicas

Las propiedades de la sustancia de la cuestión son las que despliegan la mejora en la disposición de la cuestión. La apertura de cualquier diferencia a una disposición específica de

reactivos o condiciones puede crear una respuesta de la sustancia con respecto a esa situación y cambiar su diseño y propiedades (Enciclopedia & E, 2019).

Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas son las que retratan el comportamiento de un material bajo la fuerza que se le aplican (Torres & M., 2019).

Contenido de humedad

Es el contenido de humedad de un ejemplo dado como nivel del primer peso (con humedad) del ejemplo, igualmente el contenido de humedad del material aborda la proporción entre la masa de agua que contiene y la masa del material sin agua (Woodproducts.FI, 2019).

Densidad

La densidad es una cantidad escalar que actúa la medida de la masa en un volumen determinado de una sustancia. Podemos concluir que la densidad es inversamente relativo al volumen: cuanto más modesto es el volumen implicado por una masa dada, más notable su densidad (Coelho & Zita, 2019).

Absorción de agua

Es una interacción real en la que las partículas, los átomos o las partículas pasan, empezando por una primera etapa, a la siguiente, fundiéndose en el volumen de la etapa siguiente (Carbotecnia, 2017).

Hinchamiento volumétrico

Es la variedad del contenido de humedad lo que produce en el material una variedad en sus aspectos (volumen). Cuando el contenido de humedad se expande, el peso aumenta, mientras que cuando disminuye, el peso disminuye o se contrae (Coelho & Zita, 2019).

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión es el atributo vitalmente mecánico del material. Se caracteriza como la capacidad de soportar un montón para cada región de la unidad, y se comunica en cuanto a la presión, en su mayor parte en kg/cm², MPa (CEMEX, 2019).

Resistencia a la flexión estática

Protección contra la torsión estática (MOR). Se trata de precisar el soporte de un material a la torsión estática mediante la aplicación de carga, a velocidad constante, hasta llegar a la rotura del ejemplo (Lleida, 2011).

Análisis de variancia

Es el análisis estadístico para determinar hay una gran diferencia o no entre los experimentos evaluados (Vanderlei, 1991).

Prueba de Tukey

Es el examen que se determina entre que experimentos existe una diferencia altamente significativa (Vanderlei, 1991).

2.4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Nombre de la empresa: G. y G. Negociaciones E.I.R.L

Rubro a que se dedica: Transformación de productos maderables

Ruc Activo N°: 20450677774

Ubicación: Distrito las Piedras (Planchón) -Jr. José Reaño

Tabla 16

Ubicación política de la empresa G y G Negociaciones E.I.R.L

Departamento:	Madre de Dios
Provincia:	Tambopata
Distrito:	Las piedras
Sector:	Planchón
Dirección:	Jr. José Reaño

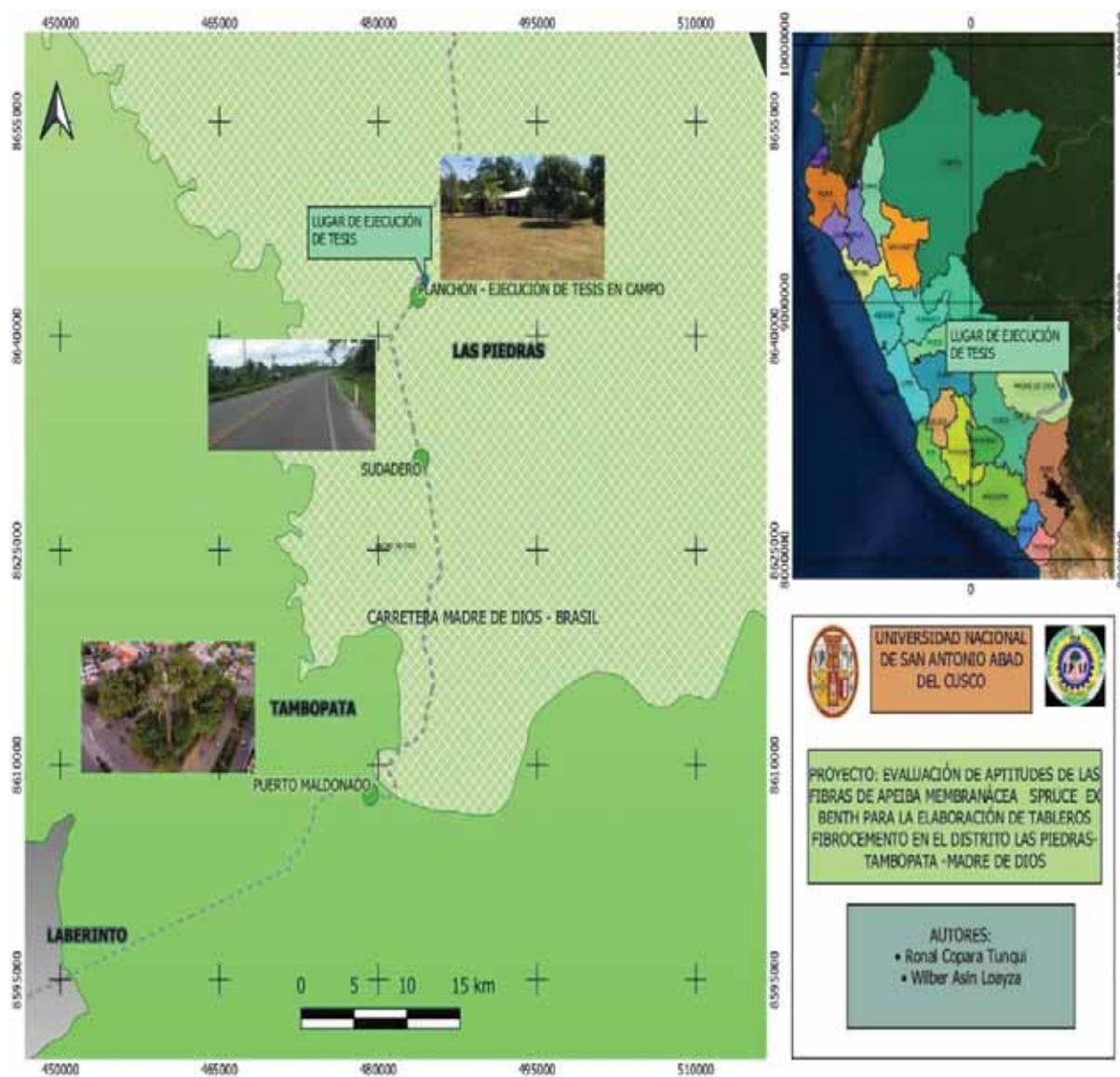
Fuente: G y G Negociaciones

2.4.1. Lugar de ejecución de trabajo de investigación

El presente proyecto de investigación se ejecutó en las instalaciones de la empresa G y G Negociaciones donde se desarrolló las muestras para las evaluaciones correspondientes. Ubicada con coordenadas UTM, E-483577, N-8642645.

Figura 2

Mapa de Ubicación de lugar de investigación



Fuente: Elaboración propia

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. HIPOTESIS

3.1.1. *Hipótesis general*

H₀.- La aptitud de las fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* no es susceptible para la elaboración de tableros fibrocemento en el distrito las Piedras-Tambopata -Madre de Dios, 2019.

H₁.- La aptitud de las fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* es susceptible para la elaboración de tableros fibrocemento en el distrito las Piedras-Tambopata -Madre de Dios, 2019.

3.1.2. *Hipótesis Específicas*

H_{0.1}.- Las propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* no es susceptible para la elaboración de tableros fibrocemento.

H_{1.1}.- Las propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* es susceptible para la elaboración de tableros fibrocemento.

H_{0.2}.- Las propiedades físicas - mecánicas de tableros fibrocemento no es susceptible a base de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*.

H_{1.2}.- Las propiedades físicas - mecánicas de tableros fibrocemento es susceptible a base de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*.

H_{0.3}.- Ninguna composición porcentual es apropiada para la elaboración de tableros fibrocemento de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*.

H_{1.3}.- Al menos una composición porcentual es apropiada para la elaboración de tableros fibrocemento de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth.

3.2. IDENTIFICACION DE VARIABLES E INDICADORES

3.2.1. Variable Independiente

- Fibras de especie *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth
- Cemento Portland tipo I
- Cacl₂.

3.2.2. Variable Dependiente

- **Propiedades químicas de fibras mineralizadas:** (Contenido de holocelulosa, lignina, celulosa, hemicelulosa, extractivos y cenizas).
- **Propiedades físicas de fibras mineralizadas:** (Contenido de humedad, densidad, absorción de agua e hinchamiento volumétrico).
- **Propiedades físicas de tableros fibrocemento:** Contenido de humedad, densidad, absorción de agua e hinchamiento volumétrico.
- **Propiedad mecánica de tableros fibrocemento:** Resistencia a la compresión del espesor y resistencia a la flexión estática.

3.3. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Tabla 17

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Indicadores	Sub Indicadores	Índices
Fibra, Cemento Portland tipo I, CaCL2.	T0 (Cemento 100%).	Peso (g)	Propiedades de cada uno de las proporciones de mezclas
	T1 (Cemento 80% + fibra 20 %).		
	T2 (Cemento 70% + fibra 30%).		
	T3 (Cemento 60% + fibra 40%).		
	T4 (Cemento 50% + fibra 50 %).		
Variable Dependiente	Indicadores	Sub Indicadores	Índices
Aptitudes de fibras de <i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth	Propiedades químicas de fibras mineralizadas	Holocelulosa	Jayme-Wise (%)
		Lignina	TAPPI T222 (%)
		Celulosa	Kurschner-Hoffner (%)
		Cenizas	TAPPI T413-om93 (%)
		Hemicelulosas	Jayme-Wise (%)
		Extractivos	TAPPI T204 cm-17 (%)
		Humedad	NTP 251.010 (%)
		Densidad	NTP 251.011 (g/cm ³)

	Propiedades físicas de fibras mineralizadas	Absorción de agua (24)	NTP 251.012 (%)
		Hinchamiento volumétrico (24)	NTP 251.012 (%)
	Propiedades físicas de tablero	Contenido de humedad	Método gravimétrico (%)
		Densidad	DIN 52361 (g/cm ³)
		Absorción de agua	DIN 52364 (%)
		Hinchamiento volumétrico	DIN 52364 (%)
	Propiedades Mecánicas de tableros	Espesor Resistencia a la compresión	DIN 53291 (%)
		Resistencia a la flexión estática	DIN-52362 (kg/cm ²)
	• Composición porcentual adecuada	Propiedades físicas	%
		Propiedades mecánicas	%

Fuente: Asin, W.

IV. METODOLOGIA

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Experimental, ya que se manipulo intencionalmente las variables independientes (fibra, cemento) y se cuantifico el efecto de las variables dependientes(propiedades químico-físico de las fibras mineralizadas y propiedades fisico-mecánico del tablero fibrocemento).

4.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.2.1. Diseño experimental

Para este experimento se aplicó el diseño completamente al azar (DCA), con 5 tratamientos y 4 repeticiones por tratamiento; se utilizó en total 20 unidades experimentales para especie *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth. “Peine de mono”. Los tratamientos (Cemento-fibra) en diferentes proporciones para la especie en estudio fueron:

Tabla 18

Diseño de tratamientos y porcentaje de mezcla cemento-fibra

TRATAMIENTO	T0	T1	T2	T3	T4
PROPORCIONES DE LA MEZCLA CEMENTO – FIBRA	Cemento 100%	Cemento 80% + fibra 20 %	Cemento 70% + fibra 30%	Cemento 60% + fibra 40%	Cemento 50% + fibra 50 %
CANTIDAD DE MEZCLA (kg)	38.12	30.49 + 1.98 32.47	26.68 + 2.98 29.66	22.87 + 3.97 26.84	19.06 + 4.96 24.02
Nº PROBETAS/TRATAMIENTO	18	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.1. Cemento 100% (T0)

El tratamiento T0, es conformado por cemento con un porcentaje de 100%.

4.2.1.2. Cemento 80% + fibra 20% (T1)

Para el tratamiento T1, se pesó cemento con un porcentaje de **80%** + fibra con un porcentaje de **20%**, posteriormente se procedió a mezclar cemento y fibra según a sus porcentajes.

4.2.1.3. Cemento 70% + fibra 30% (T2)

En el tratamiento T2, se pesó mezcla cemento con un porcentaje de **70%** + fibra con un porcentaje de **30%**, posteriormente se procedió a mezclar cemento y fibra según a sus porcentajes.

4.2.1.4. Cemento 60% + fibra 40% (T3)

En el tratamiento T3, se pesó cemento con un porcentaje de **60%** + fibra con un porcentaje de **40%**, posteriormente se procedió a mezclar cemento y fibra según a sus porcentajes.

4.2.1.5. Cemento 50% + fibra 50% (T4)

En el tratamiento T4, se pesó cemento con un porcentaje de **50%** + fibra con un porcentaje de **50%**, posteriormente se procedió a mezclar cemento y fibra según a sus porcentajes.

4.2.1.6. Características del experimento

-	Número total de probetas	90
-	Número de unidades experimentales	20
-	Numero de repeticiones	4
-	Numero de tratamiento	5
-	Numero de probetas/ tratamiento	18

Normas empleadas

Se utilizó la norma DIN (Deutsche International en Normen 1994) para decidir las propiedades físicas y mecánicas de los ejemplares.

- Para determinar la densidad se trabajó con la norma 52361
- Para evaluación de hinchamiento y absorción se aplicó la norma 52364.
- Para evaluar la Resistencia a la Compresión del espesor se aplicó la norma 53291
- Ensayo de flexión se realizó de acuerdo a la norma 52362.

4.2.2. Análisis Estadístico.

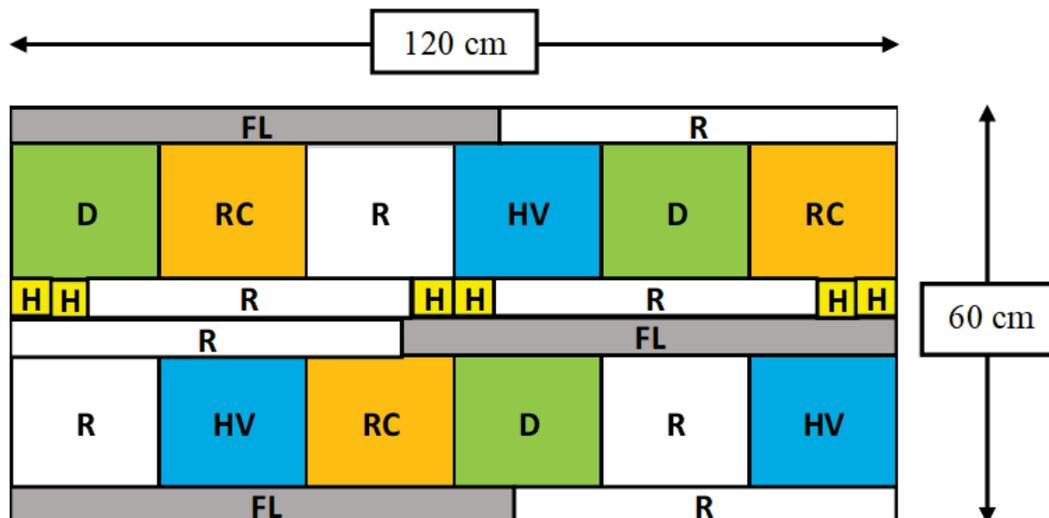
- Análisis de varianza (ANOVA).
- Prueba de Tukey

4.2.3. DISEÑO ESTADÍSTICO - DISTRIBUCIÓN DE PROBETAS EN LOS TABLEROS

Para distribución de probetas en los tableros elaborados se aplicó el diseño completamente al azar (DCA) para las evaluaciones de propiedades físicas y mecánicas.

Figura 3

Distribución de probetas en los tableros elaborados para los ensayos físicos y mecánicos



Fuente: Elaboración propia

Donde:

H: Probetas para el ensayo de Humedad (4 x 4 x 4 cm)

D: Probetas para el ensayo de Densidad (4 x 20 x 20 cm)

HV: Probetas para el ensayo de Hinchamiento Volumétrico y Absorción de Agua (4 x 20 x 20 cm)

RC: Probetas para el ensayo de Resistencia a la compresión del espesor (4 x 20 x 20 cm)

FL: Probetas para el ensayo de Resistencia a la Flexión Estática (3 x 5 x 65 cm)

R: Restantes del tablero

Tabla 19

Número de probetas para evaluaciones de propiedades físicas y mecánicas

Tipo de evaluación	Humedad	Densidad	Absorción de agua y Hinchamiento volumétrico	Resistencia a la compresión	Resistencia a la flexión
	(%)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(kg/cm ²)
Dimensiones (cm)	4 x 4 x 4	4 x 20 x 20	4 x 20 x 20	4 x 20 x 20	3 x 5 x 65
Cantidad de probetas	6	3	3	3	3
Total de probetas/ 5 tratamientos con 4 repeticiones	120	60	60	60	60

Fuente: Elaboración propia

Nota: Las probetas usadas para las evaluaciones de Absorción de Agua son las mismas usadas para la evaluación de Hinchamiento Volumétrico.

4.3. UNIVERSO Y MUESTRA POBLACIONAL

4.3.1. Universo

El universo para el presente trabajo de investigación fue dado por **520 muestras (probetas de diferentes tamaños)** que fueron elaborados en 20 unidades de estudio.

4.3.2. Muestra Poblacional

Está compuesto por cinco tratamientos con cuatro repeticiones en cada repetición hubo 18 unidades de probetas de diferentes tamaños por repetición de lo cual $5 \times 4 = 20$ y $20 \times 18 = 360$ probetas.

360 probetas fueron evaluadas en dicho trabajo de investigación.

4.4. MATERIALES Y EQUIPOS

4.4.1. Materiales de estudio

A. Fibra de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* (Peine de mono).

B. Cemento Portland tipo I

4.4.2. Materiales para obtención de materia prima

- Formatos para recolección de datos
- Machete
- Limatón
- Aceite de dos tiempos
- Combustible
- Wincha 5m
- Motosierra
- Pico
- Pala

4.4.3. Materiales para la elaboración de las probetas

- Moldes de metal
- Varilla de metal
- Plumón de tinta indeleble
- Badilejo
- Martillo
- Recipientes de plástico de capacidad 4 litros

- Costales de 6 kg

4.4.4. Equipos

- Máquina virutera
- Trompo mezclador
- Motosierra
- Prensa mecánica
- Amoladora radial

4.4.5. Materiales de laboratorio

- Vernier digital
- Balanza eléctrica de precisión.
- Balanza analítica
- Horno MEMMERT
- Máquina Universal de Ensayos. Tinius olsen con sus accesorios.
- Equipo de protección personal
- Reloj digital
- Cámara fotográfica digital.

4.4.6. Insumos

- Mineralizante: Cloruro de calcio (CaCl_2).

4.4.7. Materiales de gabinete

- Impresora
- Laptop
- Formatos de recolección de datos

- Software estadístico.
- Herramientas de escritorio

4.5. PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACION

4.5.1. FASE DE PRE CAMPO

A. Preparación de materiales a utilizar

❖ Elaboración de moldes

Se elaboraron los moldes de metal de dimensiones: 120 cm. de largo x 60 cm. de ancho y 4 cm de espesor; para la fabricación de tableros de fibrocemento.

Figura 4

Molde de metal para la elaboración de tableros



Fuente: Elaboración propia

❖ Determinación de la cantidad de materiales a utilizar en la elaboración de las probetas

Para determinar la cantidad de material a ser utilizado en cada panel, se tuvo que tener en cuenta la medida final del tablero acabado el cual debe ser de 4 cm. de espesor, 60 cm. de ancho y 120 cm. de largo (28,800 cm³). Tomando en cuenta por experiencias previas, las mezclas cemento – fibra suelen contraerse y por consiguiente se reduce el volumen, motivo por el cual se incrementó los materiales en un volumen

de 9,600 cm³ adicionales, obteniendo volumen total más excedente en 38,400 cm³. Este volumen nos permite obtener el tablero final cuyas medidas son las descritas líneas arriba, luego de su posterior prensado y secado.

Para proceder a determinar la cantidad de cemento y fibra para cada una de las proporciones, fue necesario determinar la densidad del cemento y de la fibra a un 30% de contenido de humedad. Sus valores fueron de 0.993gr/ cm³ y 0.258 gr/ cm³, respectivamente.

El peso de materiales utilizados (cemento y fibra) para cada tratamiento se determinó en gramos a partir del volumen del molde + el incremento (38400 cm³), y teniendo la densidad del cemento y de la fibra antes mencionada.

El cálculo se realizó con la siguiente formula:

$$A = [\text{volumen del molde}] \times [\%] \times [\text{densidad del cemento}] = \text{gr de cemento.}$$

$$B = [\text{volumen del molde}] \times [\%] \times [\text{densidad de la fibra}] = \text{gr de fibra.}$$

$$A + B = \text{Cantidad total cemento + fibra en gr.}$$

La cantidad de agua utilizada se determinó en función de la cantidad de cemento empleada en cada tratamiento.

Para este estudio se seleccionó la relación agua/cemento (A/C) = 0.4, considerada adecuada por autores como (Simatupang & H. Geimer, 1990).

Se añadió un 3% de CaCl₂ con respecto a la proporción del cemento, con el objeto de aprovechar el efecto de esta sal sobre la velocidad de fraguado del cemento al mezclar con fibra y agua, ya que CaCl₂ acelera endurecimiento de cemento y disminuye su plasticidad.

Tabla 20

Cantidad de materiales utilizados para la elaboración de las probetas

Tratamientos	Proporción Cemento/Fibra (%)	Cemento (kg)	Fibra (kg)	Agua (L)	Cacl 2 (kg)
T0	100/0	38.12	0.00	15.25	1.14
T1	80/20	30.49	1.98	12.20	0.92
T2	70/30	26.68	2.98	10.67	0.80
T2	60/40	22.87	3.97	9.15	0.69
T4	50/50	19.06	4.96	7.62	0.57
TOTAL		137.22	13.89	54.89	4.12

Fuente: Elaboración propia

4.5.2. FASE DE CAMPO

A. ACONDICIONAMIENTOS DE MATERIA PRIMA

❖ EXTRACCIÓN DE MATERIA PRIMA Y TRASLADO

La actividad comprende la ubicación de los individuos de un tipo de bosque secundario del sector castañal km 14, carretera interoceánica Puerto Maldonado a Cusco.

La materia prima son bolillos de 50 cm de longitud, 30 cm a más de diámetro, estos fueron clasificados en función a sus defectos físicos y mecánicos. Para esta actividad se utilizó una motosierra Stihl 070.

❖ DESCORTEZADO

Esta operación se realizó con machete y pico, teniendo en cuenta el contenido de humedad de bolillos, se le descortezo porque este material no forma parte de las fibras de la madera.

❖ OBTENCIÓN DE FIBRAS

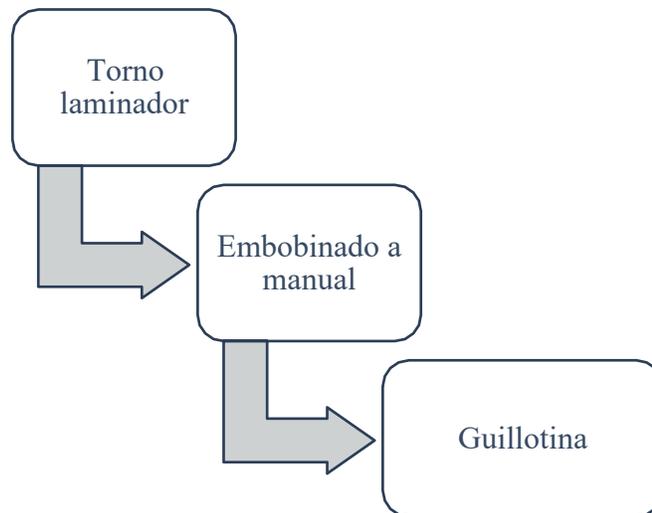
Los bolillos obtenidos de especie *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* se sometieron a los siguientes pasos para obtener las fibras.

Paso 1.- Los bolillos de madera se colocaron en el torno laminador para obtener láminas de espesor uniforme que oscilan entre 0.7 a 1 mm, con anchos 0.50 m y largos variables que oscilan entre 0.50 m a 1.50 metros.

Paso 2.- En seguida se realizó el embobinado manual, clasificándolo por su forma y tamaño de las láminas.

Paso 3.- Por ultimo las bobinas son colocadas en la guillotina para la obtención del tamaño ideal de las fibras (0.7 a 1 mm de espesor, 8 – 10 mm de ancho y 50 mm a 100 mm de largo) para su posterior mineralizado.

En la figura 5 se muestra la línea de producción de las fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*.

Figura 5***Proceso de obtención de viruta***

Fuente: G y G Negociaciones

B. MINERALIZACION DE MATERIA PRIMA

➤ **MINERALIZACION**

Las fibras obtenidas fueron remojadas con 600 litros de agua, en pozo de concreto cuyas dimensiones son 30 cm x 150 cm x 200 cm, agregándole luego 2 Kg de cloruro de calcio (CaCl₂) comercial en estado sólido, esta mezcla representa 3,333 ppm (Partes por Millón); La duración de remojo duro 24 horas.

➤ **SECADO**

Las fibras mineralizadas se sometieron a un micro clima generado por un secador solar donde la temperatura oscila entre 40 a 45 grados Celsius en días calurosos, y entre 25 a 30 grados en días nublados, el secado de las fibras dependía de los días de calor, del constante movimiento y de cambio de lugar a manual con tal de obtener un secado uniforme.

C. ELABORACION DE TABLEROS FIBRO-CEMENTO

❖ PESADO DE FIBRA-CEMENTO-AGUA-MINERALIZANTE

Los materiales fueron pesados en balanza digital electrónica para cada tratamiento de acuerdo de diseño experimental planteado.

Una vez pesado los materiales para cada tratamiento de acuerdo de porcentajes, los componentes del tablero fueron sometidos al trompo mezclador por un tiempo de 20 minutos de mezcla para que el cemento interactúe en los poros de las fibras.

❖ MEZCLA CEMENTO-AGUA-MINERALIZANTE

La mezcla se hizo con (cemento + agua + CaCl_2) para el primer tratamiento que es testigo T0, sin agregar ningún porcentaje de fibras.

❖ MEZCLA FIBRA-CEMENTO-AGUA-MINERALIZANTE

La mezcla se hizo con (cemento+ fibra + agua+ CaCl_2) para los cuatro tratamientos (T1, T2, T3, y T4), constan en diferentes proporciones de acuerdo de diseño experimental.

❖ VACIADO AL MOLDE

Una vez realizado la mezcla en trompo y consiga que el cemento cubra homogéneamente a todas las fibras, se procede al vaciado de las mismas en un molde confeccionado para tal fin debe estar limpio y previamente aceitado para evitar que las fibras se peguen a las paredes durante el fraguado, la mezcla es acomodado y distribuida dentro del molde que no se dejen espacios vacíos que influyan en las posteriores evaluaciones.

Figura 6***Molde con mezcla de cemento-fibra***

Fuente: Elaboración propia

❖ PRENSADO

Se realizó mediante medios manuales con la ayuda de la tapa de los moldes para luego aplicar la prensa hidráulica, el compacto se ejerce hasta que se obtenga las dimensiones requeridas y asegure la eliminación de los espacios vacíos dentro del molde.

❖ DESMOLDADO

Luego de permanecer 48 horas en el molde se descubre los tableros y se dejan secar para que continúe con el fraguado, es necesario hacerle un curado con agua (humedecerlos) a los paneles.

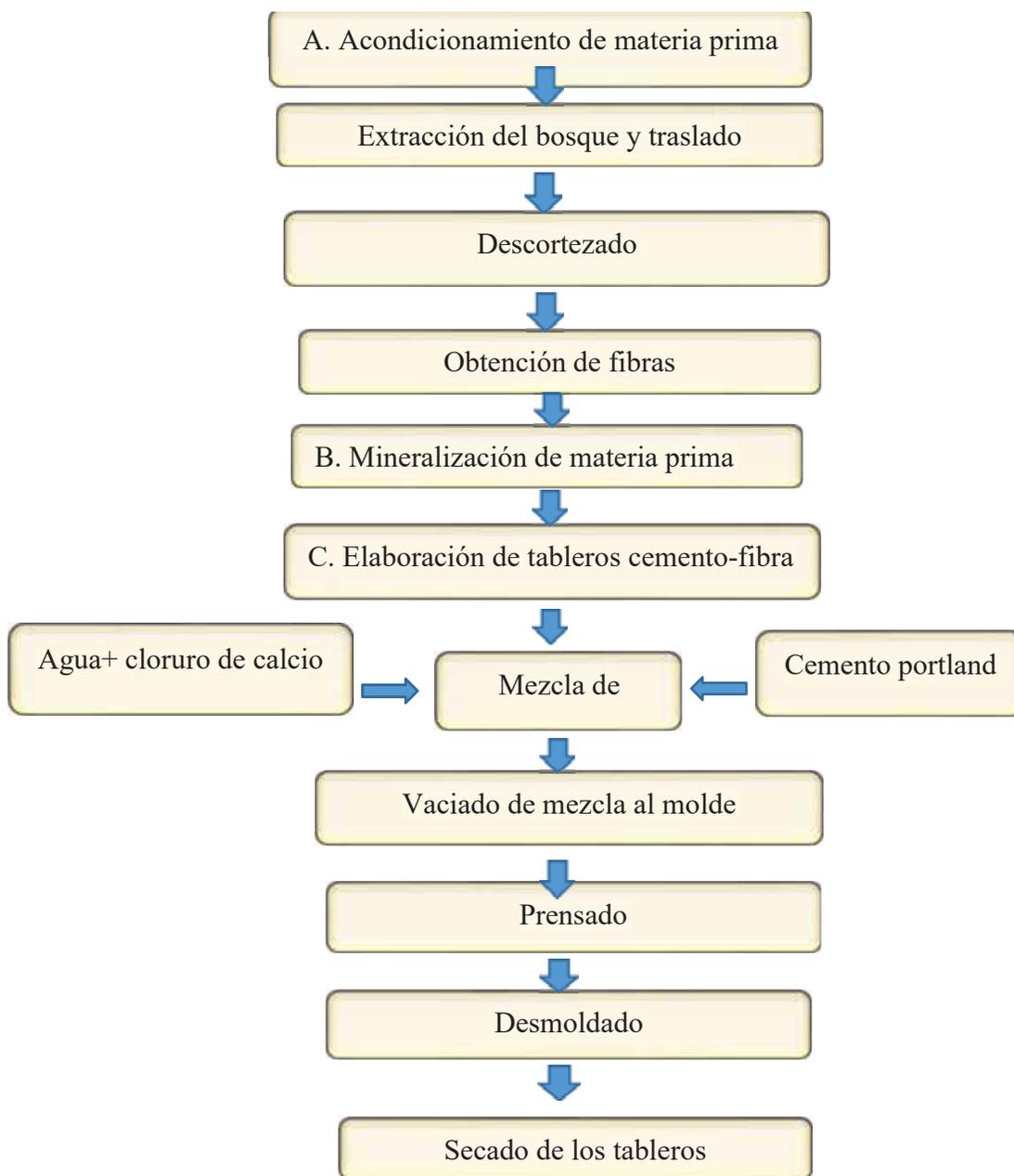
❖ SECADO DEL LOS TABLEROS

Los paneles fueron puestos a secar al aire libre, fase en el cual se hace el curado hasta observar un cambio de coloración más claro.

4.5.3. Flujograma de la producción

Figura 7

Esquema del Proceso de fabricación de tableros fibro – cemento



Fuente: Elaboración propia

4.6. FASE DE LABORATORIO

La evaluación se realizó en laboratorio de acuerdo a los objetivos trazados en la investigación, donde se tuvo en cuenta los siguientes parámetros como: Propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas, propiedades físicas - mecánicas de tableros fibrocemento.

4.6.1. Evaluación de propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas

Se realizó en el Departamento Académico de Industrias Forestales, Área de Transformación Química-Laboratorio de Pulpa y Papel de la Universidad Nacional Agraria la Molina, siguiendo las siguientes normas.

4.6.1.1. Evaluación de propiedades químicas de fibras mineralizadas

Se siguió las siguientes normas.

- El contenido de holocelulosa se determinó mediante la norma Jayme-Wise (Anexo 1).
- El contenido de Hemicelulosa se determinó mediante la norma de Jayme-Wise Anexo 1).
- El contenido de lignina se determinó mediante la norma de TAPPI T222 (Anexo 2).
- El contenido de celulosa se determinó mediante la norma de Kurschner Hoffner. (Anexo 3).
- El contenido de Extractivos se determinó mediante la norma de TAPPI T204 cm-17 (Anexo 4).
- El contenido de Cenizas se determinó mediante la norma de TAPPI T413-om93 (Anexo 5).

4.6.1.2. Evaluación de Propiedades físicas de fibras mineralizadas

Se siguió las siguientes normas.

- El contenido de humedad se determinó mediante la norma NTP 251.010

- La densidad se trabajó mediante la norma NTP 251.011
- El contenido de absorción de agua consiguió mediante la norma (24h) NTP 251.012
- El contenido de hinchamiento volumétrico se consiguió mediante la norma (24h) NTP 251.012

Informe técnico de análisis de muestras de fibras mineralizadas (determinación de propiedades físicas) muestra en Anexo 19.

4.6.2. Evaluación de las propiedades físicas de los tableros

Para esta evaluación se realizó en el laboratorio de anatomía de la madera de la escuela profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco siguiendo a detalle las siguientes normas:

4.6.2.1. Contenido de humedad

Para evaluar el contenido de humedad se empleó el método gravimétrico (Anexo 6).

4.6.2.2. Densidad

Para determinar la densidad se empleó la norma alemana DIN-52361 (Anexo 7).

4.6.2.3. Absorción de agua

Para evaluar el porcentaje de absorción de agua se empleó la norma alemana DIN-52364 (Anexo 8).

4.6.2.4. Hinchamiento volumétrico

Para evaluar el porcentaje de variación volumétrica se trabajó con la norma alemana DIN-52364 (Anexo 8).

4.6.3. Evaluación de las propiedades mecánicas de los tableros

Para esta evaluación se realizó en el laboratorio Geotecnia e Ingenieros E.I.R.L tomando en cuenta las siguientes normas:

4.6.3.1. Resistencia a la compresión del espesor

Para evaluar la resistencia a la compresión del espesor, representada en porcentaje la reducción de dicho espesor al aplicar la carga, se usó la norma DIN-53291 (Anexo 9).

4.6.3.2. Resistencia a la flexión estática

Para evaluar la resistencia a la flexión estática, representada por el módulo de ruptura (MOR), se usó la norma DIN-52362 (Anexo 10).

4.7. FASE DE GABINETE

En esta fase se procedido a sistematizar los datos obtenidos

4.7.1. Análisis Estadístico.

Se usó ANOVA para determinar si existe o no la diferencia entre los tratamientos; Para complementar el análisis estadístico se empleó Prueba de Tukey con una confianza de 95% de probabilidad para determinar entre que tratamientos hay diferencia.

Seguidamente se tabularon con la finalidad tener resultados esperados, para su respectivo análisis y realización de informe. Se desarrolló mediante el software estadístico R.

V. RESULTADOS

5.1. Propiedades químicas y físicas de fibras mineralizadas de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento.

5.1.1. Propiedades químicas de fibras mineralizadas de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento.

Informe técnico de análisis de muestras de fibras mineralizadas (determinación de propiedades químicas), muestra en Anexo 18.

Tabla 21

Propiedades químicas de fibras mineralizadas de Apeiba membranacea Spruce ex Benth

ENSAYO	MÉTODO	%
Lignina	TAPPI T222	20,11
Holocelulosa	Jayme-Wise	71,83
Celulosa	Kurschner-Hoffner	46,65
Hemicelulosa	Jayme-Wise	25,18
Extractivos	TAPPI T204 cm-17	1,47
Cenizas	TAPPI T413-om93	2,74

Fuente: Información recabada por Rocío Guzmán Loayza responsable de laboratorio de pulpa y papel de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El contenido de holocelulosa, celulosa y hemicelulosa, se obtuvo altos porcentajes, estos valores no intervienen para la elaboración de tableros, ya que no influye en el fraguado inicial con el cemento Portland.

El contenido de lignina, resulto en un 20.11%. El porcentaje de lignina obtenida otorga a las fibras rigidez, fuerte cohesión entre ellas, asimismo la concentración de lignina no influye durante fraguado inicial del cemento Portland, pero si aporta la rigidez al momento del curado en los tableros.

El contenido de extractivos tomo valor como resultado en 1.47 %, esta mínima porcentaje favorece a la compatibilidad de fibras con el cemento sin problemas al momento de fraguado, el desmoldado se realizó con mucha facilidad debido a poca presencia de extractivos.

El contenido de cenizas, se obtuvo 2.47 % este valor no influye en el fraguado inicial, por lo tanto, se demuestra que son compatibles entre ellos, asimismo el bajo porcentajes de extractivos no altera durante fraguado inicial del cemento.

5.1.2. Propiedades físicas de fibras mineralizadas de Apeiba membranacea Spruce ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento

Informe técnico de análisis de muestras de fibras mineralizadas (determinación de propiedades físicas), muestra en Anexo 19.

Tabla 22

Propiedades físicas de fibras mineralizadas de Apeiba membranacea Spruce ex Benth

	Método	Unidad	Valor
Humedad	NTP 251.010	%	9.8
Densidad	NTP 251.011	g/cm ³	0.36
Absorción (24h)	NTP 251.012	%	129
Hinchamiento vol. (24h)	NTP 251.012	%	7.7

Fuente: Información recabada por Aldo Joao Cárdenas Oscanoa responsable de laboratorio de pulpa y papel de la Universidad Nacional agraria La Molina.

Luego de mineralizar las fibras durante 24 horas, se obtuvo un valor de 129% en absorción asimismo una variabilidad volumétrica de 7.7%. Esto indica, que las fibras presentan porosidad en su estructura, la cual favorece la afinidad con el cemento, puesto que, el cemento satura en los vasos tubulares al momento del mezclado para darle un fraguado inicial exitoso.

5.2. Propiedades físicas - mecánicas de tableros fibrocemento a base de fibras de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth.

5.2.1. Propiedades físicas de tableros fibrocemento a base de fibras de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth.

5.2.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Se presenta el total y promedios de contenido de humedad de los tableros para cada tratamiento.

Tabla 23

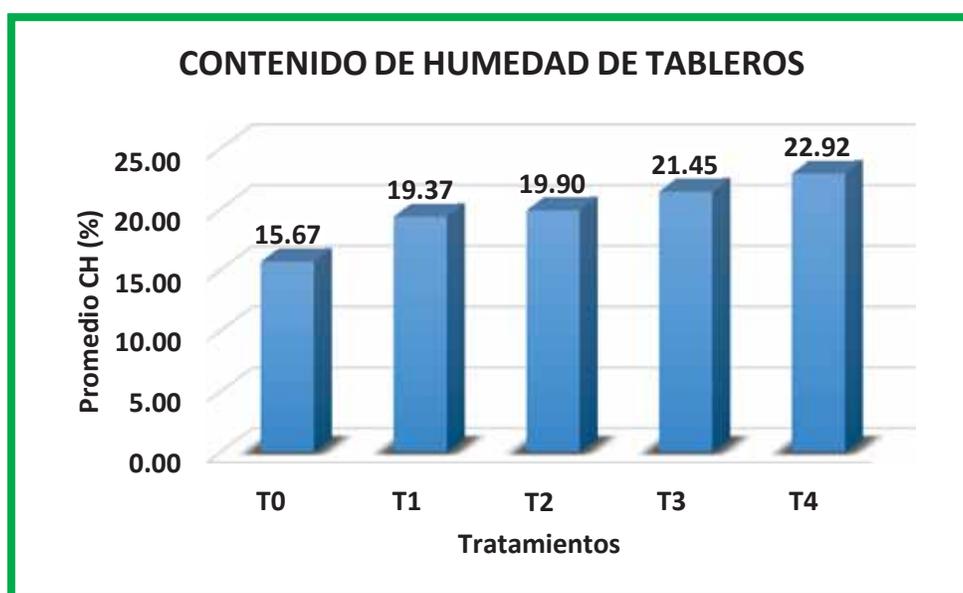
Contenido de humedad de los tableros evaluados.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio CH (%)
	I	II	III	IV		
T0	15.72	15.61	15.64	15.70	62.67	15.67
T1	19.66	19.47	19.21	19.13	77.47	19.37
T2	19.15	19.59	20.74	20.12	79.60	19.90
T3	21.45	21.34	21.56	21.44	85.79	21.45
T4	21.42	23.35	23.78	23.12	91.68	22.92

Fuente: Elaboración propia

Se observa, que el contenido de humedad incrementa a medida que incrementa la cantidad de fibras y disminuyendo la cantidad de cemento; por tanto, El tratamiento que presento menor incremento en contenido de humedad se registró en el tratamiento T1 (Cemento 80% + Fibra 20%), con promedio de 19.37 %; a diferencia de los tratamientos T3 (Cemento 60% + Fibra 40%), y T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), presentan mayores valores con 21.45 y 22.92 % respectivamente. **Figura 8**

Contenido de humedad de los tableros.



Fuente: Elaboración propia

Se afirma que los tratamientos presentaron diferencias significativas en el contenido de humedad, cuantas más fibras tenga la muestra mayor será el contenido de humedad.

Tabla 24

Análisis de variancia del contenido de humedad de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}
Tratamientos	4	118.801	29.7003	92.530	2.203E-10***	3.056
Error	15	4.815	0.3210	-	-	-
Total	19	123.616	-	-	-	-
Nivel significancia	0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Fuente: Elaboración propia

En análisis de variancia con p-valor de 2.203E-10 inferior a 0.05 nivel de significancia, se afirma que existe diferencia significativa estadísticamente entre los tableros evaluados.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que fue de 2.85 %, el cual indica óptima precisión experimental en el presente estudio, por tanto, en este experimento se presentó poca variabilidad en los datos experimentales en cada una de los tratamientos evaluados.

La tercera etapa del análisis estadístico para la variable de contenido de humedad fue la aplicación de la prueba de “Tukey con 95% de probabilidad de confianza; A continuación, se muestran los resultados en la tabla 25.

Tabla 25

Prueba de Tukey para el contenido de humedad de los tableros evaluados.

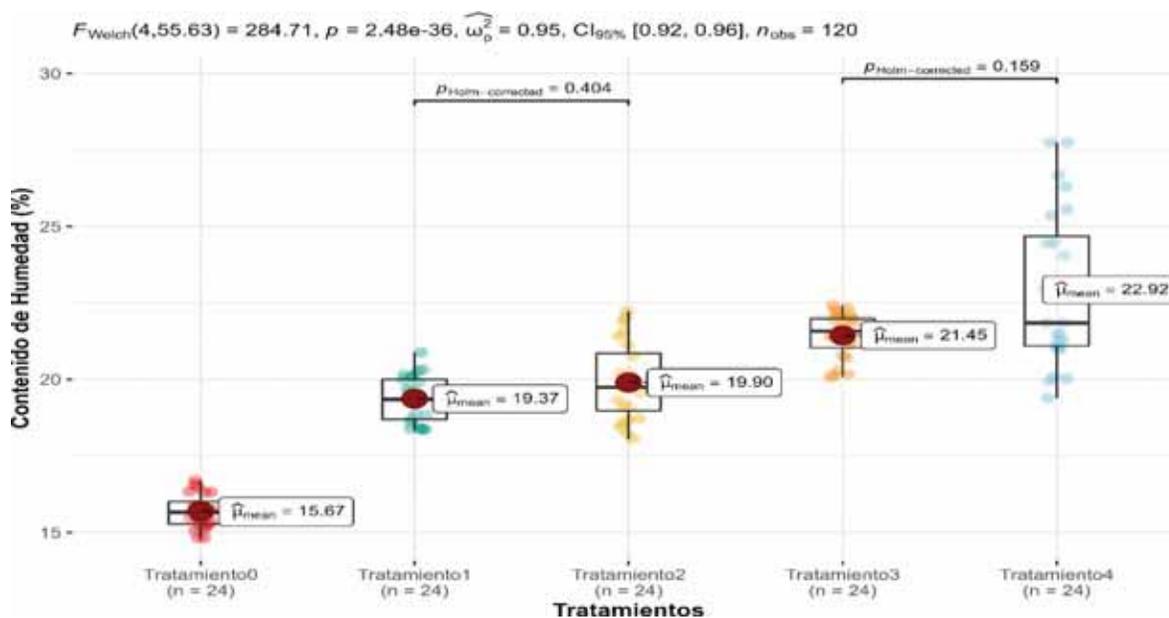
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	3.70	2.46	4.94	1.240E-06	Si hay diferencia
T0	T2	4.23	3.00	5.47	2.135E-07	Si hay diferencia
T0	T3	5.78	4.54	7.02	3.009E-09	Si hay diferencia
T0	T4	7.25	6.01	8.49	1.195E-10	Si hay diferencia
T1	T2	0.53	-0.70	1.77	0.677	No hay diferencia
T1	T3	2.08	0.84	3.32	0.001	Si hay diferencia
T1	T4	3.55	2.32	4.79	2.068E-06	Si hay diferencia
T2	T3	1.55	0.31	2.78	0.011	Si hay diferencia
T2	T4	3.02	1.78	4.26	1.534E-05	Si hay diferencia
T3	T4	1.47	0.23	2.71	0.016	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Demuestran que existe diferencia significativa en los promedios en cuanto a contenido de humedad.

Figura 9

Prueba de Tukey para comparar medias del contenido de humedad de los tableros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que no existe diferencia significativa entre tratamiento T1 y T2 con un p valor de 0.404, y entre tratamiento T3 y T4 con un p valor de 0.159; si existe diferencia significativa entre los demás tratamientos, evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.2.1.2. DENSIDAD

Se presenta el total y promedios de densidad de los tableros para cada tratamiento, datos iniciales anexo 12.

Tabla 26

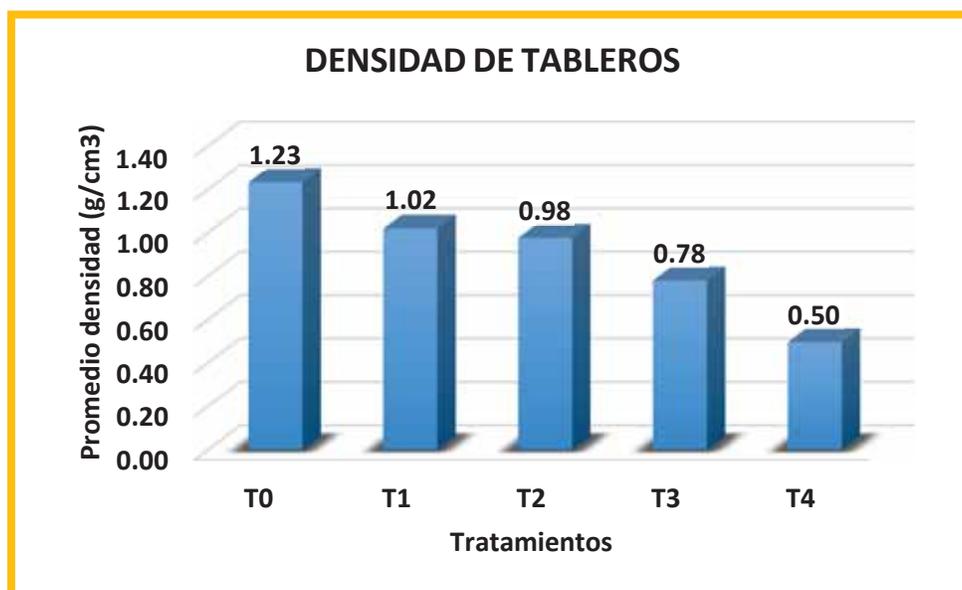
Densidad de los tableros evaluados.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio Densidad (g/cm ³)
	I	II	III	IV		
T0	1.24	1.25	1.23	1.21	4.93	1.23
T1	1.00	1.05	1.03	1.00	4.07	1.02
T2	0.95	0.95	1.01	0.99	3.90	0.98
T3	0.75	0.80	0.80	0.77	3.12	0.78
T4	0.50	0.49	0.48	0.51	1.98	0.50

Fuente: Elaboración propia

Se afirma, a medida que aumenta el porcentaje de fibra y disminuye el porcentaje de cemento en la mezcla, la densidad de los tableros disminuye, debido a la menor densidad de la fibra; Por lo tanto, los tratamientos que registraron una densidad menor fueron T4 (Cemento 50% + Fibra 50%) y T3 (Cemento 60% + Fibra 40%) con promedio de 0.50 g/cm³ y 0.78 g/cm³; Se registró mayor densidad en tratamiento T1 (Cemento 80% + Fibra 20%) con 1.02 g/cm³.

Figura 10

Densidad de tableros

Fuente: Elaboración propia

Se afirma que los tratamientos demostraron diferencias significativas en cuanto a densidad, cuantas más fibras tenga la muestra la densidad será menor.

Tabla 27

Análisis de variancia de densidad de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}
Tratamientos	4	1.237	0.30915	595.121	2.525E-16***	3.06
Error	15	0.008	0.00052	-	-	-
Total	19	1.244	-	-	-	-
Nivel significancia	0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza con p-valor de 2.525E-16 inferior a 0.05 nivel de nivel de significancia, se afirma que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que tuvo como resultado 2.53 %, el cual indica buena precisión experimental, con poca variabilidad en los datos experimentales para cada una de los tratamientos, en los tableros evaluados.

Para verificar el resultado del análisis de variancia y determinar la diferencia estadística entre los tratamientos, se efectuó la prueba de “Tukey” (T). A continuación, se muestran los resultados en la tabla 28.

Tabla 28

Prueba de Tukey para el contenido de densidad de los tableros evaluados.

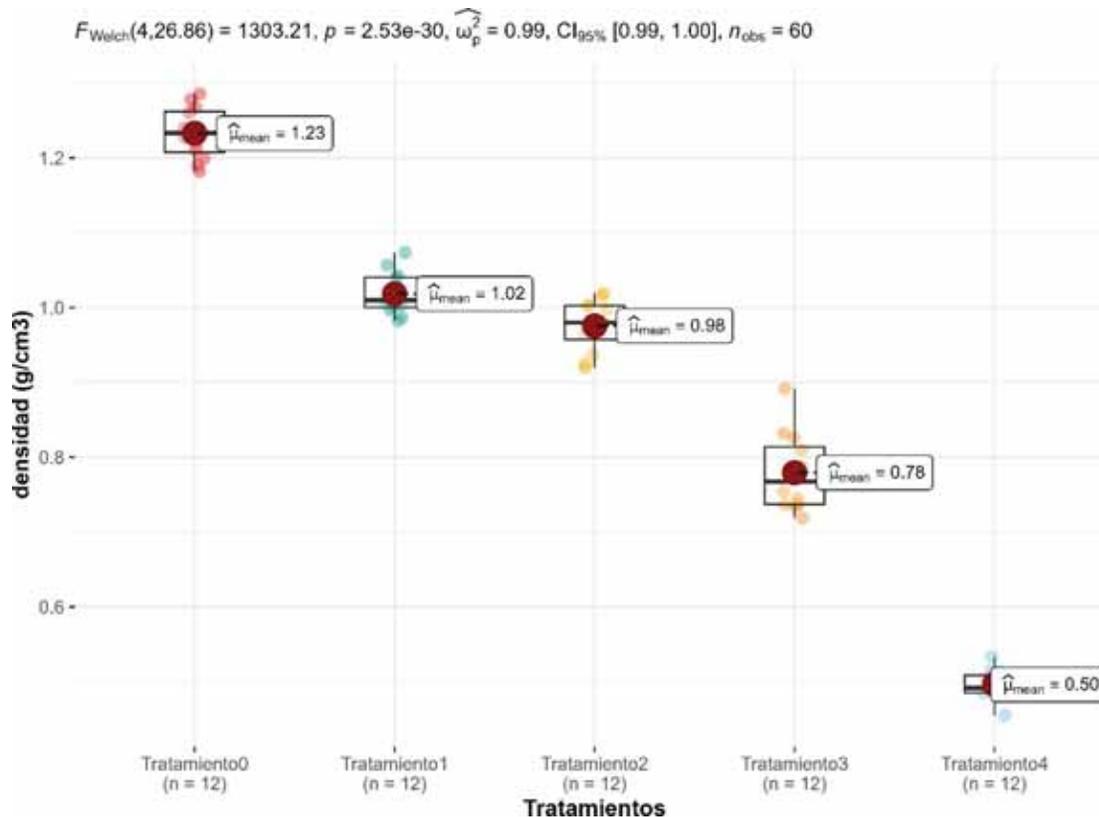
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	0.215	0.165	0.264	9.254E-09	Si hay diferencia
T0	T2	0.257	0.208	0.307	7.219E-10	Si hay diferencia
T0	T3	0.454	0.404	0.503	2.289E-13	Si hay diferencia
T0	T4	0.738	0.688	0.788	-1.088E-14	Si hay diferencia
T1	T2	0.043	-0.007	0.093	0.109	No hay diferencia
T1	T3	0.239	0.189	0.289	2.038E-09	Si hay diferencia
T1	T4	0.523	0.474	0.573	9.770E-15	Si hay diferencia
T2	T3	0.196	0.146	0.246	3.157E-08	Si hay diferencia
T2	T4	0.481	0.431	0.530	8.549E-14	Si hay diferencia
T3	T4	0.284	0.235	0.334	1.737E-10	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

La prueba de “Tukey” con nivel de confianza de 95% de probabilidad, indica que existe diferencia significativa en la mayoría en los promedios de densidad de los tableros.

Figura 11

Tukey para comparar medias de densidad de los tableros evaluados



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos (T0, T1, T2, T3 y T4). Evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.2.1.3. ABSORCIÓN DE AGUA EN 2 HORAS

En la tabla 29 se presenta el total y los promedios de los incrementos en absorción de agua en 2 horas de los tableros para cada tratamiento; datos iniciales Anexo 13.

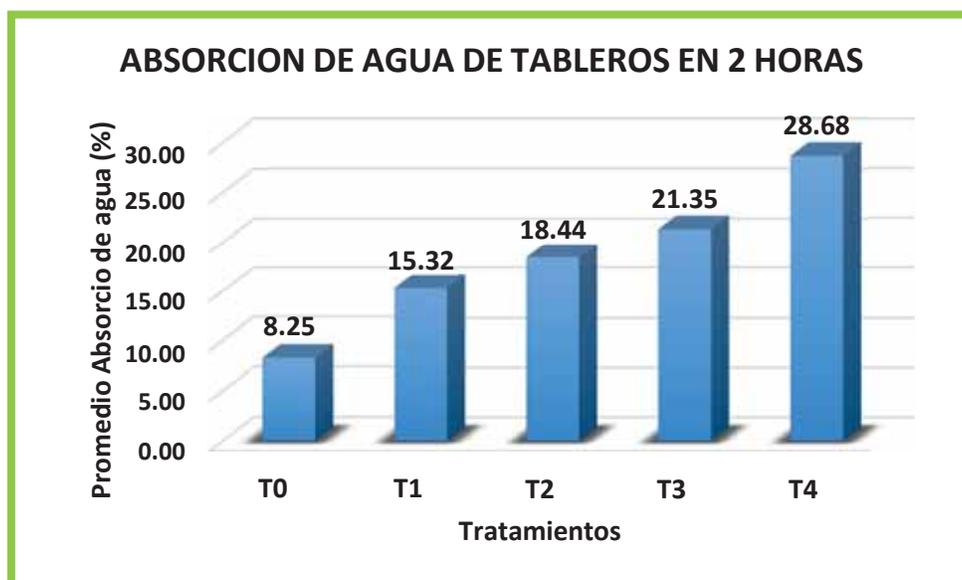
Tabla 29*Incremento en absorción de agua en 2 horas de los tableros evaluados*

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio Absorción 2 horas (%)
	I	II	III	IV		
T0	8.09	8.20	8.47	8.23	32.99	8.25
T1	14.86	15.32	15.56	15.55	61.28	15.32
T2	18.92	18.03	18.45	18.38	73.77	18.44
T3	22.04	20.15	20.87	22.34	85.40	21.35
T4	29.13	30.20	27.37	28.01	114.71	28.68

Fuente: Elaboración propia

Se detalla, que la absorción de agua aumenta proporcionalmente al incremento del porcentaje de fibras y disminuye cuando aumenta proporcionalmente el porcentaje de cemento; por tanto, El tratamiento que presento menor incremento, se registró en el tratamiento T1 (Cemento 80% + Fibra 20%) con promedio de 15.32 %; a diferencia del tratamiento T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), que reporta mayor absorción con 28.68 %.

Figura 12

Absorción de agua de tableros en 2 horas

Fuente: Elaboración propia

Se reafirma que conforme incrementa la cantidad de fibras y reducción en la cantidad de cemento, la absorción de agua en las probetas incrementa a medida que avanza el tiempo.

Entonces los tableros con mayor porcentaje de fibras presentan mayor higroscopicidad en su estructura.

Tabla 30

Análisis de variancia en absorción de agua en 2 horas de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}
Tratamientos	4	907.543	226.886	395.852	5.234E-15***	3.056
Error	15	8.597	0.573	-	-	-
Total	19	916.140	-	-	-	-
Nivel significancia	0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Fuente: Elaboración propia

En análisis de varianza con p-valor de 5.234E-15 inferior a 0.05 nivel de nivel de significancia, se afirma que existe diferencia significativa estadísticamente entre los tableros evaluados.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que fue de 4.11 %, el cual indica óptima precisión experimental en el presente estudio, por tanto, en este experimento se presentó poca variabilidad en los datos experimentales en cada una de los tratamientos evaluadas.

La tercera etapa del análisis estadístico se aplicó la prueba de “Tukey, con 95% de probabilidad de confianza; A continuación, se muestran los resultados en la tabla 31.

Tabla 31

Prueba de Tukey para absorción de agua en 2 horas de los tableros evaluados.

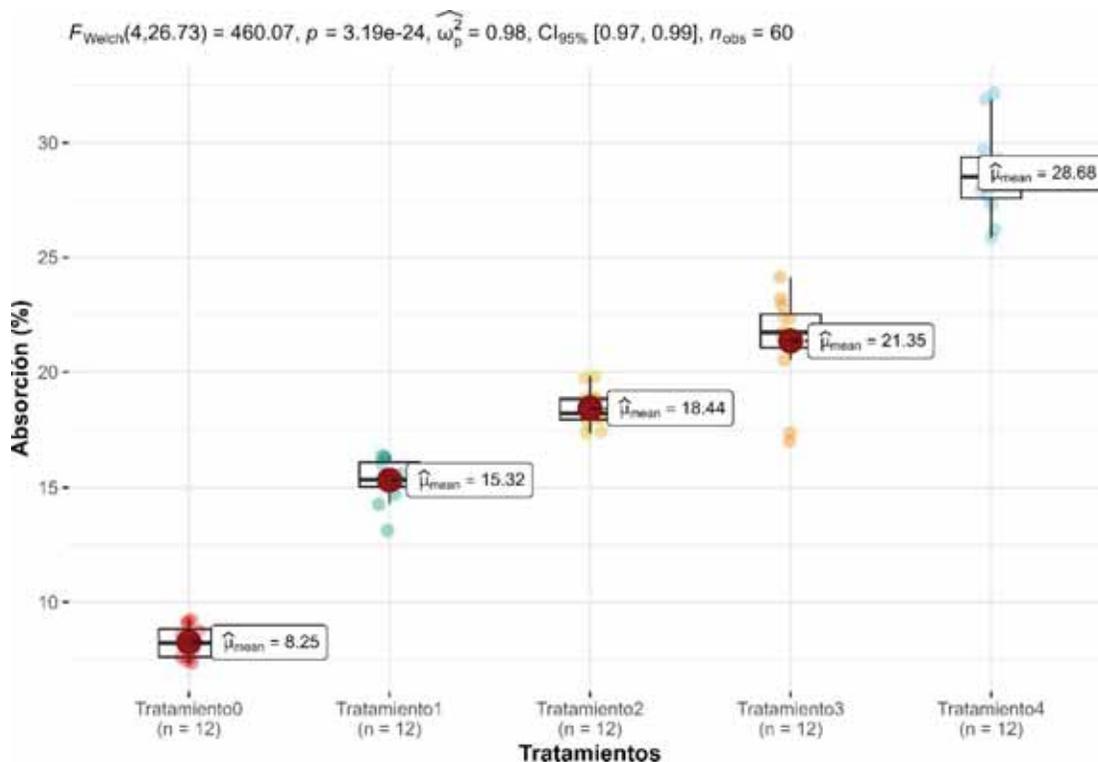
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	7.074	5.421	8.727	1.023E-08	Si hay diferencia
T0	T2	10.196	8.543	11.849	5.640E-11	Si hay diferencia
T0	T3	13.103	11.450	14.756	1.62E-12	Si hay diferencia
T0	T4	20.430	18.777	22.083	-1.021E-14	Si hay diferencia
T1	T2	3.122	1.469	4.775	0.0003	Si hay diferencia
T1	T3	6.029	4.376	7.682	9.078E-08	Si hay diferencia
T1	T4	13.356	11.703	15.009	1.257E-12	Si hay diferencia
T2	T3	2.907	1.254	4.560	0.0006	Si hay diferencia
T2	T4	10.234	8.581	11.887	5.334E-11	Si hay diferencia
T3	T4	7.327	5.674	8.980	6.280E-09	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

La prueba de “Tukey”, indica que existe diferencia significativa entre el testigo T0, y los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) en los promedios de absorción de agua en 2 horas en los tableros evaluados.

Figura 13

Prueba de Tukey para comparar medias en absorción de agua en 2 horas de los tableros.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos (T0, T1, T2, T3 y T4). Evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.2.1.4. ABSORCIÓN DE AGUA EN 24 HORAS

En la tabla 32 se presenta el total y los promedios de absorción de agua en 24 horas, datos iniciales en Anexo 13.

Tabla 32*Absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.*

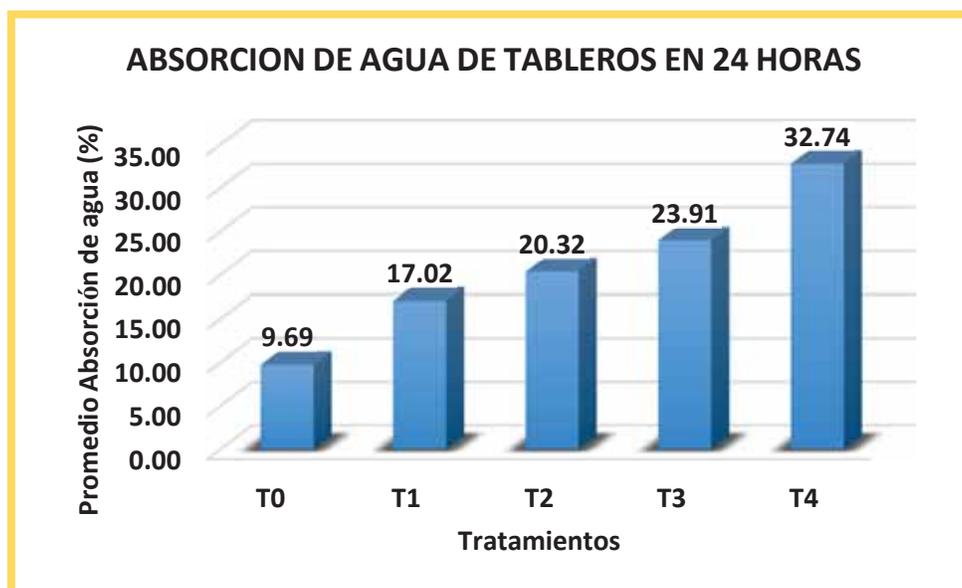
Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio Absorción A. 24 horas (%)
	I	II	III	IV		
T0	9.49	9.30	9.84	10.12	38.75	9.69
T1	17.88	16.90	16.84	16.46	68.08	17.02
T2	21.68	19.63	20.01	19.95	81.27	20.32
T3	25.05	22.32	22.83	25.46	95.66	23.91
T4	32.53	32.93	33.12	32.39	130.97	32.74

Fuente: Elaboración propia

Se afirma que la absorción de agua aumenta proporcionalmente al incremento del porcentaje de fibras y al incremento del tiempo, El tratamiento que presento menor incremento se registró en el tratamiento T1 (Cemento 80% + Fibra 20%) con promedio de 17.02 %; a diferencia del tratamiento T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), que reporta mayor absorción de agua en 24 horas con 32.74 %.

Figura 14

Absorción de agua de tableros en 24 horas



Fuente: Elaboración propia

Se observa que los tratamientos presentaron diferencias significativas en la capacidad de absorción de agua en 24 horas.

Tabla 33

Análisis de variancia del absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}
Tratamientos	4	1161.381	290.345	368.984	8.816E-15***	3.056
Error	15	11.803	0.787			
Total	19	1173.184				
Nivel significancia		0 ****	0.001 **	0.01 *	0.05 ‘.	0.1 ‘ ’ 1

Fuente: Elaboración propia

En análisis de varianza con p-valor de 8.816E-15 inferior a 0.05 nivel de significancia, se afirma que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que tuvo como resultado 4.28 %, el cual indica buena precisión experimental, con poca variabilidad en los datos experimentales para cada una de los tratamientos, en los tableros evaluados.

Para verificar el resultado del análisis de varianza y determinar la diferencia estadística entre los tratamientos, se efectuó la prueba de “Tukey” (T). A continuación, se muestran los resultados en la tabla 34.

Tabla 34

Prueba de Tukey para el incremento en absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.

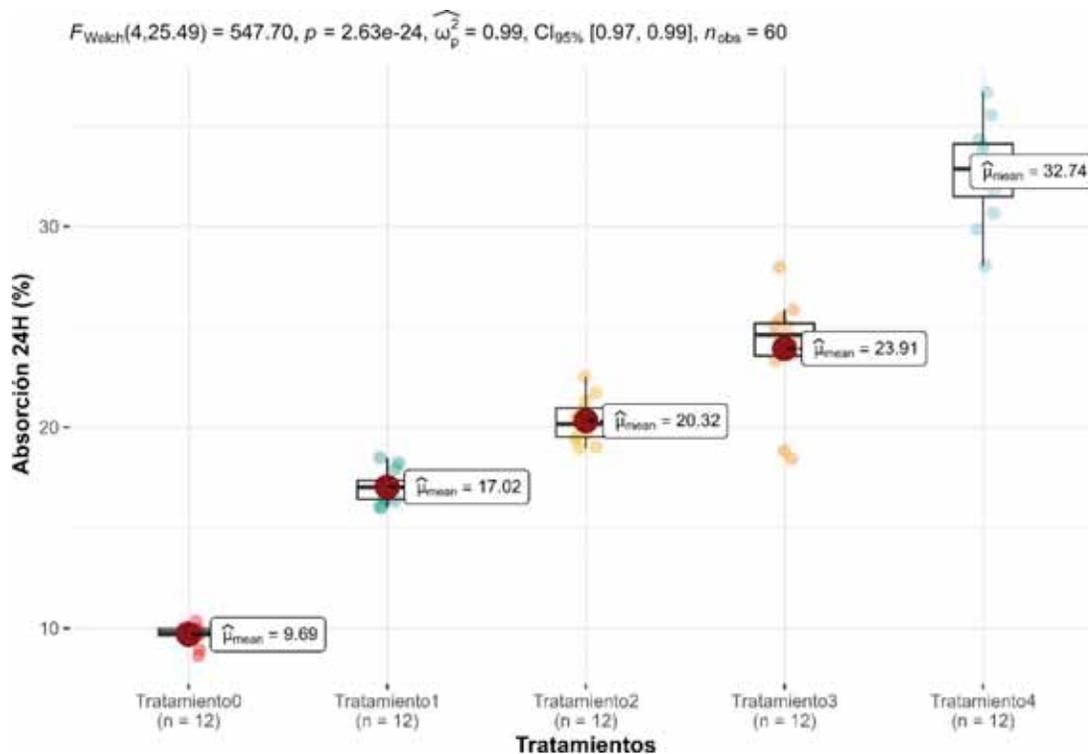
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	7.337	5.400	9.274	5.442E-08	Si hay diferencia
T0	T2	10.632	8.695	12.569	3.092E-10	Si hay diferencia
T0	T3	14.228	12.291	16.165	4.444E-12	Si hay diferencia
T0	T4	23.058	21.121	24.995	-9.326E-15	Si hay diferencia
T1	T2	3.295	1.358	5.232	0.0008	Si hay diferencia
T1	T3	6.891	4.954	8.828	1.268E-07	Si hay diferencia
T1	T4	15.720	13.784	17.657	1.184E-12	Si hay diferencia
T2	T3	3.596	1.659	5.533	0.0003	Si hay diferencia
T2	T4	12.425	10.489	14.362	3.140E-11	Si hay diferencia
T3	T4	8.830	6.893	10.767	4.243E-09	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que existe diferencia significativa entre el testigo T0 y los tratamientos (T1, T2, T3 y T4). Evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

Figura 15

Prueba de Tukey para comparar medias del incremento en absorción de agua en 24 horas de los tableros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos (T0, T1, T2, T3 y T4), evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.2.1.5. HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO EN 2 HORAS

En la tabla 35 se presenta el total y los promedios de hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros para cada tratamiento; los valores iniciales se encuentran en el Anexo 14.

Tabla 35

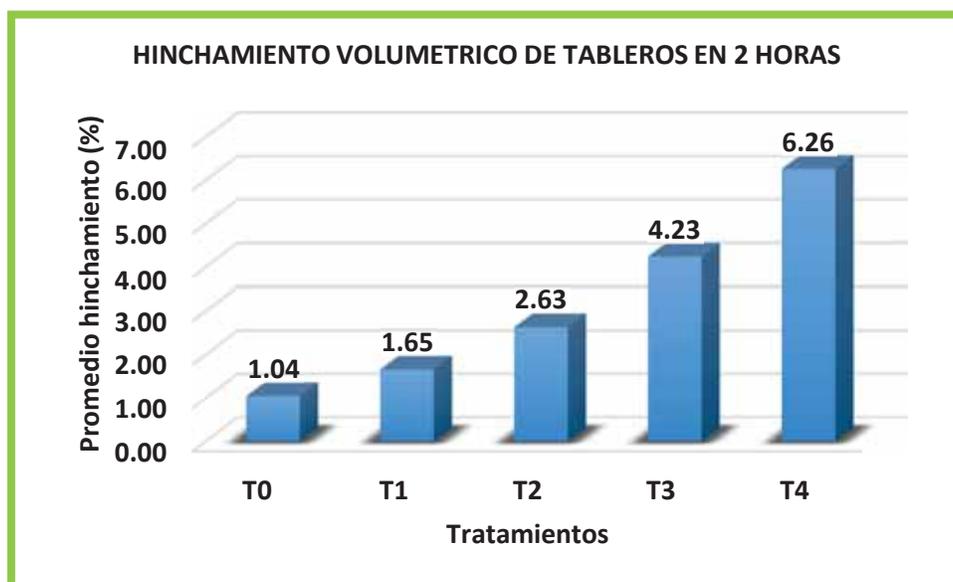
Hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados.

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio Hinchamiento V. 2 horas (%)
	I	II	III	IV		
T0	1.40	0.76	1.03	0.96	4.15	1.04
T1	1.21	1.36	1.97	2.07	6.60	1.65
T2	2.40	2.40	3.50	2.21	10.51	2.63
T3	4.35	2.74	4.66	5.18	16.94	4.23
T4	6.31	5.22	6.96	6.53	25.03	6.26

Fuente: Elaboración propia

Conforme incrementa la cantidad de fibras y disminuye el porcentaje de cemento, la variación volumétrica aumenta a medida que transcurre el tiempo, durante la permanencia de tableros sumergidos en agua. El tratamiento que presentó menor hinchamiento volumétrico en 2 horas fue T1 (Cemento 80% + Fibra 20%) con promedio de 1.65 %; El tratamiento que presentó mayor hinchamiento volumétrico en 2 horas fue T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), con promedio 6.26 %.

Figura 16

Hinchamiento volumétrico de tableros en 2 horas

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas

Tabla 36

Análisis de variancia de hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}
Tratamientos	4	71.247	17.812	39.491	8.528E-08***	3.056
Error	15	6.765	0.451	-	-	-
Total	19	78.012	-	-	-	-
Nivel significancia	0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Fuente: Elaboración propia

En análisis de varianza con p-valor de 8.528E-08 inferior a 0.05 nivel de significancia, se afirma que existe diferencia significativa estadísticamente entre los tableros evaluados en cuanto al hinchamiento volumétrico en 2 horas.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que fue de 21.25 %, el cual indica óptima precisión experimental en el presente estudio, por tanto, en este experimento se presentó poca variabilidad en los datos experimentales en cada una de los tratamientos evaluadas.

La tercera etapa del análisis estadístico para la variable hinchamiento volumétrico en 2 horas fue la aplicación de la prueba de “Tukey” con 95% de probabilidad de confianza; A continuación, se muestran los resultados en la tabla 37.

Tabla 37

Prueba Tukey para hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados

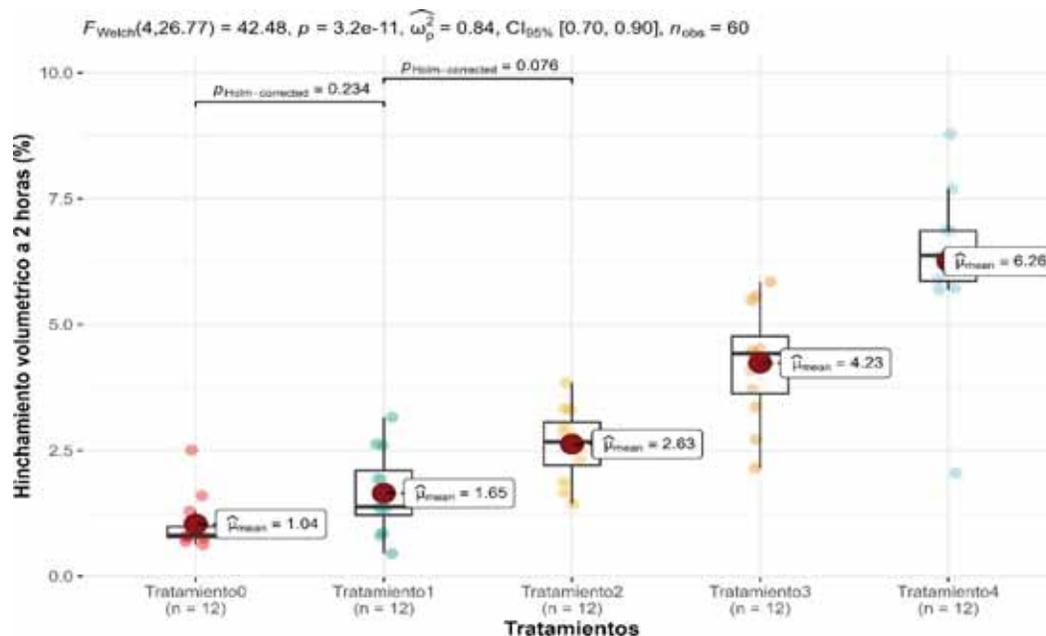
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	0.614	-0.853	2.080	0.700	No hay diferencia
T0	T2	1.590	0.123	3.056	0.031	Si hay diferencia
T0	T3	3.198	1.731	4.664	5.703E-05	Si hay diferencia
T0	T4	5.219	3.753	6.686	1.260E-07	Si hay diferencia
T1	T2	0.976	-0.490	2.442	0.288	No hay diferencia
T1	T3	2.584	1.118	4.050	0.0006	Si hay diferencia
T1	T4	4.606	3.139	6.072	6.566E-07	Si hay diferencia
T2	T3	1.608	0.142	3.074	0.028	Si hay diferencia
T2	T4	3.630	2.163	5.096	1.296E-05	Si hay diferencia
T3	T4	2.022	0.555	3.488	0.005	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba de “Tukey” demuestran que existe diferencia significativa en la mayoría en los promedios en hinchamiento volumétrico en 2 horas en los tableros, evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

Figura 17

Prueba de Tukey para comparar medias del hinchamiento volumétrico en 2 horas de los tableros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que no existe diferencia significativa entre testigo T0 y el tratamiento T1 con un p valor de 0.234, y entre tratamiento T1 y T2 con un p valor de 0.076; Si existe diferencia significativa entre los demás tratamientos, evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.2.1.6. HINCHAMIENTO VOLUMETRICO EN 24 HORAS

En la tabla 38, se presenta el total y los promedios de hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros para cada tratamiento; los valores iniciales se encuentran en el Anexo 14.

Tabla 38

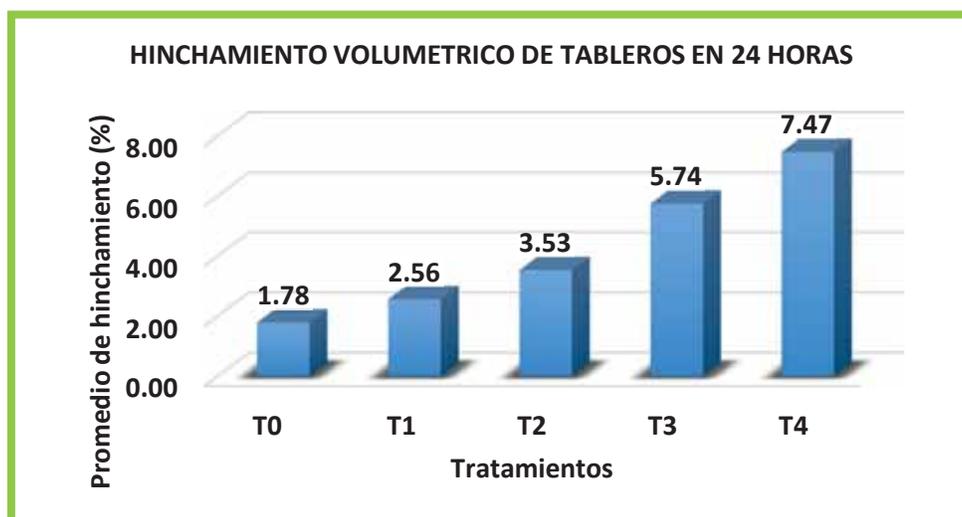
Hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros realizados

Tratamientos	Repeticiones				Total	Promedio Hinchamiento V. 24 horas (%)
	I	II	III	IV		
T0	2.36	1.46	1.69	1.63	7.14	1.78
T1	1.81	2.11	3.06	3.26	10.23	2.56
T2	3.20	3.73	4.29	2.89	14.12	3.53
T3	5.36	4.41	6.78	6.43	22.98	5.74
T4	6.67	6.90	8.44	7.87	29.88	7.47

Fuente: Elaboración propia

Se constata, conforme se aumenta la cantidad de fibras en los tratamientos la variación volumétrica incrementa. El tratamiento que presentó menor hinchamiento volumétrico en 24 horas es T1 (Cemento 80% + Fibra 20%) con promedio de 2.56 %; Por otro lado, el tratamiento que presentó mayor hinchamiento volumétrico en 24 horas corresponde al tratamiento T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), con promedio 7.47 %.

Figura 18

Hinchamiento volumétrico de tableros en 24 horas

Fuente: Elaboración propia

Se afirma que los tratamientos presentaron diferencias significativas en la variación volumétrica de los tableros, a medida que se aumenta la cantidad de fibras y disminuyendo la cantidad de cemento, la variación volumétrica aumenta en los tableros.

Tabla 39

Análisis de variancia del hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}
Tratamientos	4	88.216	22.054	38.155	1.076E-07***	3.056
Error	15	8.670	0.578	-	-	-
Total	19	96.886	-	-	-	-
Nivel significancia) '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					

Fuente: Elaboración propia

En análisis de varianza con p-valor de 1.076E-07 inferior a 0.05 nivel de significancia, se afirma que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados en cuanto al hinchamiento volumétrico en 24 horas de tableros.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que tuvo como resultado 18.03 %, el cual indica buena precisión experimental, con poca variabilidad en los datos experimentales para cada una de los tratamientos, en los tableros evaluados.

Para verificar el resultado del análisis de variancia y determinar la diferencia estadística entre los tratamientos, se efectuó la prueba de “Tukey” (T), con respecto a hinchamiento volumétrico en 24 horas de tableros evaluados en cinco tratamientos en este estudio; A continuación, se muestran los resultados en la tabla 40.

Tabla 40

Prueba de Tukey para hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros evaluados.

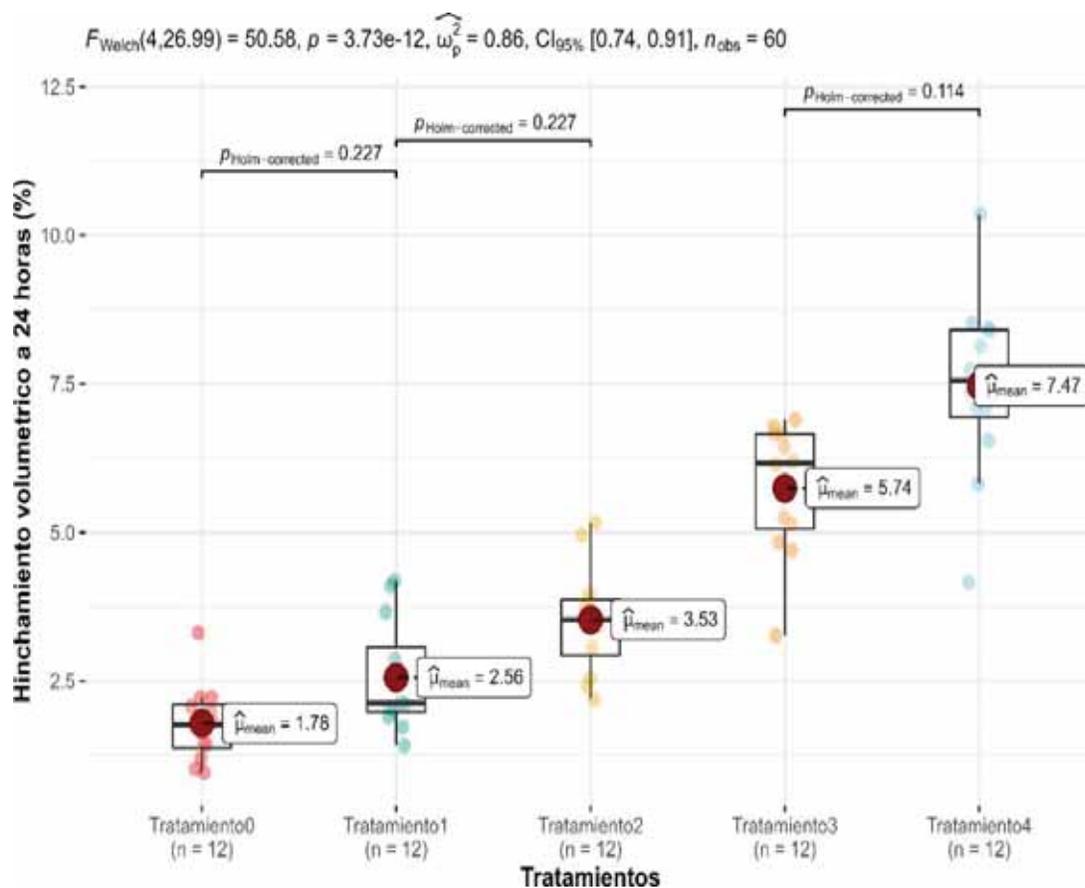
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	0.773	-0.887	2.433	0.614	No hay diferencia
T0	T2	1.744	0.084	3.404	0.037	Si hay diferencia
T0	T3	3.960	2.300	5.620	2.013E-05	Si hay diferencia
T0	T4	5.685	4.025	7.345	2.109E-07	Si hay diferencia
T1	T2	0.971	-0.689	2.631	0.406	No hay diferencia
T1	T3	3.187	1.527	4.847	0.0002	Si hay diferencia
T1	T4	4.911	3.251	6.571	1.419E-06	Si hay diferencia
T2	T3	2.216	0.556	3.876	0.007	Si hay diferencia
T2	T4	3.941	2.281	5.601	2.133E-05	Si hay diferencia
T3	T4	1.725	0.065	3.385	0.040	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

La prueba de “Tukey” con nivel de confianza de 95% de probabilidad, indica que existe diferencia significativa en la mayoría en los promedios de hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros.

Figura 19

Prueba de Tukey para comparar medias del hinchamiento volumétrico en 24 horas de los tableros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que no existe diferencia significativa entre testigo T0 y el tratamiento T1 con un p valor de 0.227, y entre tratamiento T1 y T2 con un p valor de 0.227; asimismo no existe diferencia significativa entre tratamiento T3 y T4 con un p valor de 0.114; si existe diferencia significativa entre los demás tratamientos, evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.2.2. Propiedades mecánicas de tableros fibrocemento a base de fibras de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth.

5.2.2.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPESOR

En la tabla 41 se presenta el total y los promedios de resistencia a la compresión del espesor para cada experimento; Los datos de originalidad están en el Anexo 15.

Tabla 41

Resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados.

Tratamientos	Repeticiones				Total	CARGA (kg)	Promedio R. Compresión (%)
	I	II	III	IV			
T0	0.52	0.51	0.51	0.51	2.04	70069.16	0.51
T1	11.53	13.23	12.26	10.76	47.78	45355.36	11.95
T2	20.33	19.82	21.09	19.88	81.12	60347.91	20.28
T3	5.00	5.64	5.52	5.77	21.93	77147.56	5.48
T4	29.46	29.52	29.46	29.78	118.22	39125.10	29.56

Fuente: Elaboración propia

Se afirma que, a un nivel bajo de adición de fibras y mayor porcentaje de cemento estos aumentan la resistencia a la compresión del espesor, pero presentan grietas y fisuras.

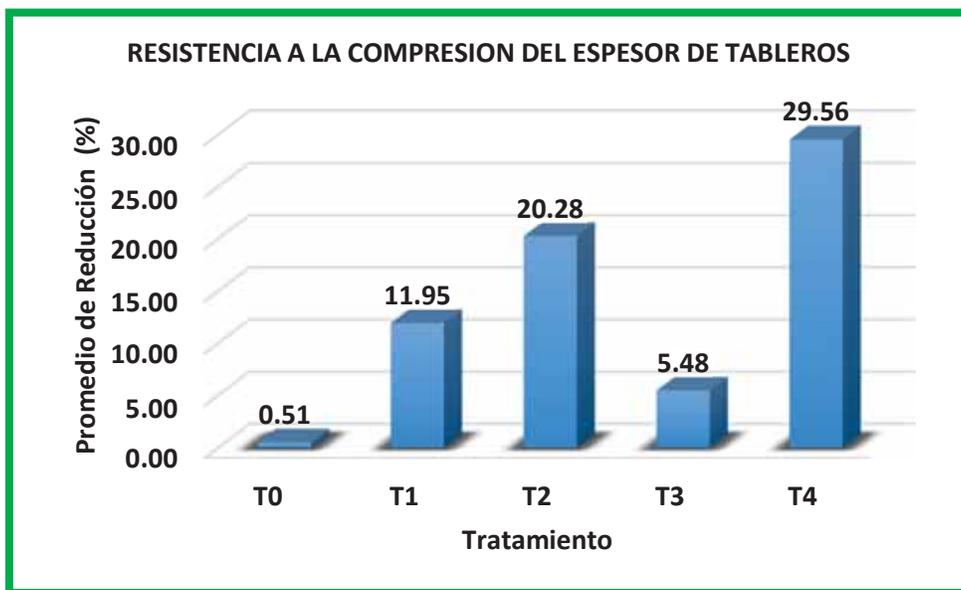
Por lo tanto, el testigo T0 resiste a la compresión del espesor con una reducción de 0.51% pero presentan fisuras a una carga menor de 70069.16 kg lo cual hace un material inservible para trabajos de albañilería. Asimismo, el tratamiento T1 resiste a la compresión del espesor con una reducción de 11.95% de la misma forma presentan fisuras menores que de testigo al aplicar una carga de 45355.36 kg debido a mayor cantidad de cemento en el tablero.

Por otra parte, mientras más sea la composición de fibra mayor será el promedio de reducción a la compresión del espesor, pero no presentaran grietas en su estructura debido a alto porcentaje de fibra (T4) registrando con un promedio de 29.56% de reducción a una carga menor de 39125.10 kg.

El tratamiento que presento mayor resistencia a la compresión del espesor (mayor soporte de carga) sin presentar grietas y menor reducción en espesor fue tratamiento T3 (Cemento 60% + Fibra 40%), con un promedio de 5.48 % en reducción a una carga mayor de 77147.56 kg; el tratamiento resistió mayor carga y se redujo en mínima porcentaje en espesor es debido a mayor compacto entre cemento y fibra, ya que dicho porcentaje de fibra actúa como malla electrosoldada en el cual aumenta la tenacidad del tablero.

Figura 20

Resistencia a la Compresión del espesor de tableros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Se afirma que los tratamientos presentaron diferencias significativas en resistencia a la compresión del espesor, conforme que aumenta la cantidad de fibras y reduciendo el porcentaje de cemento la resistencia a la compresión disminuye (disminución de espesor de tableros) sin fisuras o rajaduras, pero mientras sea más el contenido de cemento la resistencia a la compresión aumenta es decir la reducción de espesor es mínima en el cual presentan fisuras en los tableros debido a alto porcentaje de cemento que de fibra haciendo que sean inadecuados para formar parte de la construcción. Por lo tanto, el tratamiento T3 (cemento 60% +fibra 40%) se consolidó como la mejor opción siendo el punto medio de ambas composiciones (cemento, fibra); ya que a mayor de 60% de cemento presentan fisuras en espesor de tableros al aplicar la carga y a menor de dicho porcentaje de cemento disminuye en mayor porcentaje en cuanto en espesor de muestras.

Tabla 42

Análisis de variancia de resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}	
Tratamientos	4	2156.621	539.155	1703.170	9.822E-20***	3.056	
Error	15	4.748	0.317	-	-	-	
Total	19	2161.369	-	-		--	
Nivel significancia		0 ‘***’	0.001 ‘**’	0.01 ‘*’	0.05 ‘.’	0.1 ‘’	1

Fuente: Elaboración propia

En análisis de variancia con p-valor de 9.822E-20 inferior a 0.05 nivel de significancia, en el cual se ha determinado que existe diferencia significativa estadísticamente entre los tableros evaluados, o sea, que existió efecto de los tratamientos en resistencia a la compresión del espesor de tableros, durante el periodo de evaluación.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que fue de 4.15 %, el cual indica óptima precisión experimental en el presente estudio, por tanto, en este experimento se presentó poca variabilidad en los datos experimentales en cada una de los tratamientos evaluadas.

La tercera etapa del análisis estadístico para la variable resistencia a la compresión del espesor fue la aplicación de la prueba de “Tukey”, con 95% de probabilidad de confianza; A continuación, se muestran los resultados en la tabla 43.

Tabla 43

Prueba de Tukey para resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados.

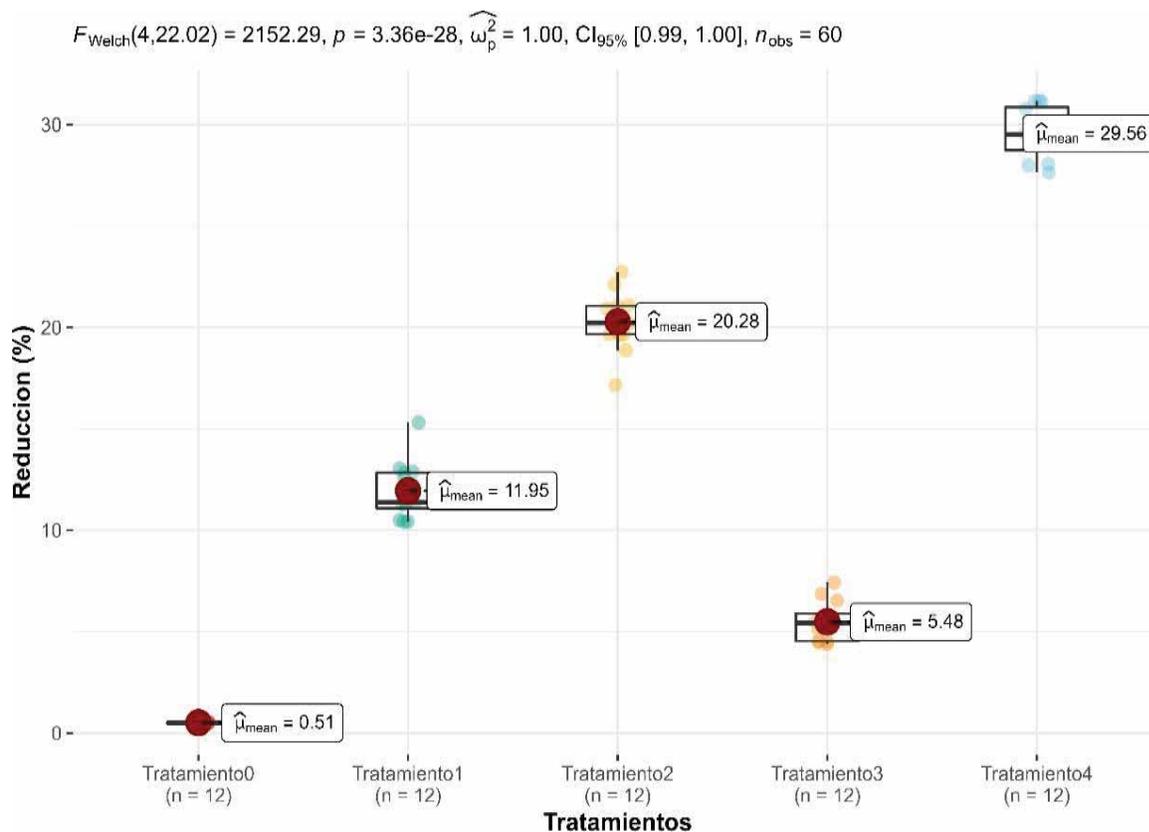
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	11.436	10.207	12.664	1.630E-13	Si hay diferencia
T0	T2	19.769	18.541	20.998	-1.088E-14	Si hay diferencia
T0	T3	4.973	3.744	6.201	2.203E-08	Si hay diferencia
T0	T4	29.045	27.817	30.274	-1.088E-14	Si hay diferencia
T1	T2	8.334	7.105	9.562	1.373E-11	Si hay diferencia
T1	T3	6.463	5.235	7.692	5.664E-10	Si hay diferencia
T1	T4	17.610	16.381	18.838	-1.088E-14	Si hay diferencia
T2	T3	14.797	13.568	16.025	-9.77E-15	Si hay diferencia
T2	T4	9.276	8.048	10.505	3.067E-12	Si hay diferencia
T3	T4	24.073	22.844	25.301	-1.088E-14	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

La prueba de “Tukey” demuestran que existe diferencia significativa entre los 5 tratamientos (T0, T1, T2, T3 y T4) en los promedios en resistencia a la compresión del espesor de los tableros, evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

Figura 21

Prueba de Tukey para comparar medias en la resistencia a la compresión del espesor de los tableros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Prueba de “Tukey” comparaciones por tratamientos en forma resumida para resistencia a la compresión del espesor de los tableros, los resultados demuestran que existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos (T0, T1, T2, T3 y T4), evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.2.2.2. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA

En la tabla 44 se presenta el total y los promedios de resistencia a la flexión estática de los tableros para cada tratamiento; Los datos originales se encuentran en el Anexo 16.

Tabla 44

Resistencia a la flexión estática de los tableros evaluados.

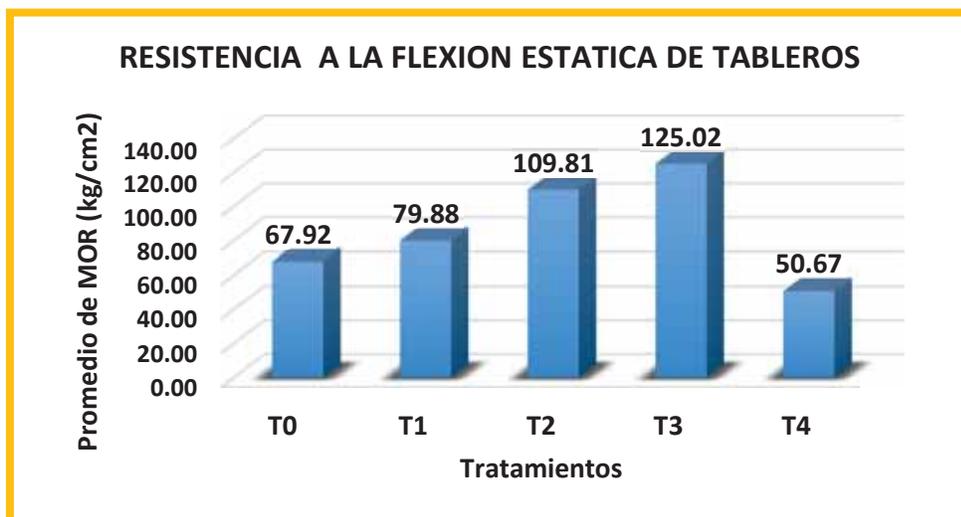
Tratamientos	Repeticiones				Total	CARGA MÁXIMA (kg)	Promedio MOR (kg/cm ²)
	I	II	III	IV			
T0	67.07	68.38	68.22	68.00	271.66	52.06	67.92
T1	80.27	80.06	78.97	80.23	319.54	59.50	79.88
T2	109.53	110.11	110.00	109.61	439.24	81.59	109.81
T3	123.37	125.53	124.80	126.38	500.09	94.37	125.02
T4	49.36	61.93	71.49	19.90	202.67	44.48	50.67

Fuente: Elaboración propia

Se observa, tomando los valores de flexión estática de los tableros, se afirma que, a un nivel bajo de porcentaje de fibras menor es el módulo de ruptura es decir presentan rupturas con menos carga al aplicar, de esta forma se observa, cemento 100% (T0) el MOR registro con un promedio de 67.92 (kg/cm²), presentando ruptura con una carga de 52.06 kg. Por otra parte, mientras más sea la composición de fibra, menor es el módulo de ruptura (T4) con un promedio de 50.67 (kg/cm²) presentando ruptura con una carga de 44.48 kg.

El tratamiento que presento mayor resistencia a la flexión estática es el tratamiento T3 (Cemento 60% + Fibra 40%), registro MOR con un promedio de 125.02 (kg/cm²) presento ruptura a una carga mayor de 94.37 kg, debido a compacto entre cemento y fibra, asimismo dicho porcentaje de fibra actúa como malla electrosoldada por ser mezclada con cemento en el cual aumenta la mayor tenacidad del tablero a diferencia de los demás tratamientos.

Figura 22

Resistencia a la Flexión estática de tableros.

Fuente: Elaboración propia

Se observa que los tratamientos presentaron diferencias altamente significativas en resistencia a la flexión estática conforme que aumenta la cantidad de fibras a un nivel de 60 %, aumenta el módulo de ruptura (MOR). Por otra parte, si el porcentaje de fibra supera o disminuye de 40% con respecto a cemento, el MOR disminuye considerablemente.

Tabla 45

Análisis de variancia de resistencia a la flexión estática de los tableros evaluados.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Valor p	F _{0.05}
Tratamientos	4	14800.862	3700.215	36.613	1.421E-07***	3.056
Error	15	1515.958	101.064	-	-	-
Total	19	16316.820	-	-	-	--
Nivel significancia		0 ****	0.001 ***	0.01 **	0.05 *	0.1 ' 1

Fuente: Elaboración propia

En análisis de varianza con p-valor de 1.421E-07 inferior a 0.05 nivel de significancia, en el cual se ha determinado que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, o sea, que los tratamientos utilizados en la investigación mostraron efectos diferentes en resistencia a la flexión estática de tableros, en el periodo de evaluación.

En la segunda etapa del análisis estadístico se determinó el coeficiente de variación que tuvo como resultado 11.60 %, el cual indica buena precisión experimental, con poca variabilidad en los datos experimentales para cada una de los tratamientos, en los tableros evaluados.

La tercera etapa del análisis estadístico para la variable de flexión estáticas se aplicó la prueba de “Tukey”;

A continuación, se muestran los resultados en la tabla 46.

Tabla 46

Prueba de Tukey para resistencia a la flexión estática de los tableros evaluados.

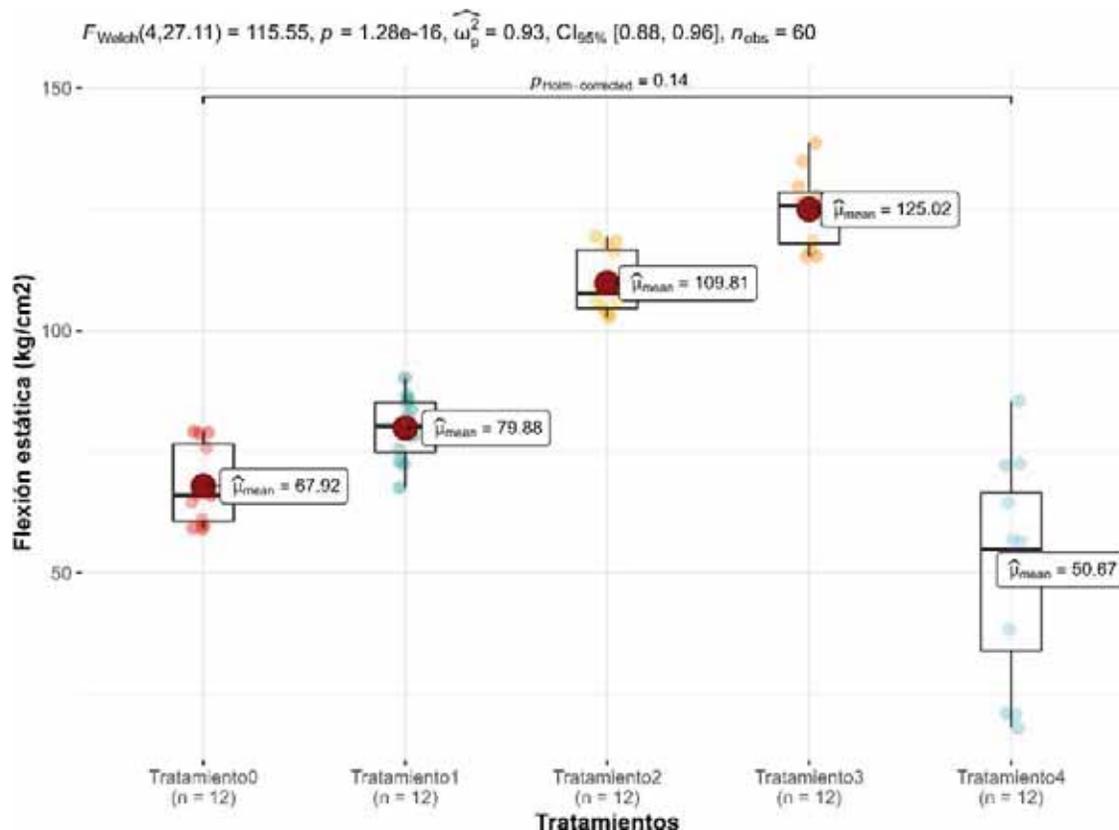
Tratamientos		Diferencia de medias	Cota inferior del intervalo	Cota superior del intervalo	P valor	Interpretación
T0	T1	11.968	-9.982	33.919	0.472	No hay diferencia
T0	T2	41.894	19.943	63.844	0.0002	Si hay diferencia
T0	T3	57.107	35.156	79.057	7.090E-06	Si hay diferencia
T0	T4	17.247	-4.703	39.198	0.162	No hay diferencia
T1	T2	29.925	7.974	51.876	0.006	Si hay diferencia
T1	T3	45.138	23.187	67.089	0.0001	Si hay diferencia
T1	T4	29.216	7.265	51.167	0.007	Si hay diferencia
T2	T3	15.213	-6.738	37.164	0.254	No hay diferencia
T2	T4	59.141	37.190	81.092	4.607E-06	Si hay diferencia
T3	T4	74.354	52.403	96.305	2.437E-07	Si hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la prueba de “Tukey” demuestran que existe diferencia significativa en la mayoría en los promedios de resistencia a la flexión estática en los tableros, evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

Figura 23

Prueba de Tukey para comparar medias en la flexión estática de los tableros evaluados.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Prueba de “Tukey” demuestra que no existe diferencia significativa entre tratamiento T0 y T4 con un p valor de 0.14; si existe diferencia significativa entre los demás tratamientos, evaluados con probabilidad de 95% de confianza.

5.3. Composición porcentual adecuada de fibra de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth para la elaboración de tableros de fibrocemento.

5.3.1. Composición porcentual adecuada en propiedades físicas de fibra de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth para la elaboración de tableros de fibrocemento

En la Tabla 47 se presenta el resumen de las propiedades físicas de los tableros elaborados, las cuales se comparan con los valores adecuados de tableros fibrocemento de 40 mm de espesor Tabla 12.

Tabla 47

Propiedades físicas y mezcla apropiada

TRATAMIENTOS	ESPESOR (mm)	HUMEDAD (%)	DENSIDAD ***D (g/cm ³)	ABSORCIÓN 24 HORAS DE INMERSIÓN (%)	HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO 24 HORAS DE INMERSIÓN (%)	MEZCLA
Tratamiento T1	40.57	19.37	1.02	17.02	2.56	Apropiada
Tratamiento T2	40.74	19.90	0.98	20.32	3.53	Apropiada
Tratamiento T3	40.60	21.35	0.78	23.91	5.74	Apropiada
Tratamiento T4	40.38	22.92	0.50	32.74	7.47	Inapropiada
Valores adecuados	40 +-10%	16 a 21	0.8 a 1.20	< 35	< 30	

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos T1, T2, T3, alcanzaron las características apropiadas, por tanto, se afirma que son mezclas apropiadas para la elaboración de tableros, excepto el tratamiento T4.

Vasado en (Torres J., 2006) (Ossa, 1984), muestra en página 26 - tabla 13.

5.3.2. Composición porcentual adecuada de fibra de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth para la elaboración de tableros de fibrocemento que registran una mayor resistencia a la compresión del espesor y resistencia a la flexión estática.

En Tabla 48 se presenta las propiedades mecánicas de los tableros con buenas propiedades mecánicas, la mayor resistencia a la flexión estática y compresión del espesor.

Tabla 48

Propiedades mecánicas y mezcla apropiada

TRATAMIENTO	MOR kg/cm²	COMPRESION AL ESPESOR %	MEZCLA
Tratamiento T1	79.89	11.95	Inapropiada
Tratamiento T2	109.81	20.28	APROPIADA
Tratamiento T3	125.02	5.48	APROPIADA
Tratamiento T4	50.67	29.56	Inapropiada
Valores adecuados	>80	≤ 20	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que al manipular las variables independiente para el tratamiento T2 y T3 se logran mezclas apropiadas para la elaboración de tableros, ya que estos alcanzan características mecánicas convenientes de acuerdo al uso para trabajos de albañilería dentro de las construcciones civiles (Tabla 13). Sin embargo, el tratamiento T1 y T4 no alcanzan las características apropiadas, por lo tanto, se afirma que son mezclas inapropiadas para la elaboración de tableros fibrocemento.

Vasado en (Torres J. , 2006) (Ossa, 1984), muestra en página 26 -tabla 13.

VI. DISCUSIÓN

(Camac Gomez, 2012) En Huancayo – Perú; Realizo un estudio intitulada:

“INFLUENCIA DE LA MEZCLA DE ASERRIN – CEMENTO EN LAS PROPIEDADES DE ABSORCION, HINCHAMIENTO Y A LA FLEXION ESTATICA DE LOS TABLEROS DE *Virola spp.*”

Se observó en influencia de la mezcla de aserrín – cemento en las propiedades de absorción, hinchamiento y a la flexión estática de los tableros de *Virola spp.* El autor utilizó los siguientes tratamientos: A (Cemento 80% + aserrín 20%); B (Cemento 70% + aserrín 30%); C (Cemento 60% + aserrín 40); y T (Cemento 100%). A continuación, se presenta la comparación de resultados con lo investigado.

- ❖ La proporción C/As 80/20 presento los menores valores de absorción de humedad para las 2 horas y 24 horas con promedio de 3.07 % y 4.75 %; asimismo en la misma proporción presento menores valores de hinchamiento en espesor para 2 horas y 24 horas de inmersión con 0.22 % y 0.44 % respectivamente; mientras en mi trabajo de investigación en el tratamiento T1 (Cemento 80% + Fibra 20%) presento menores valores de absorción de agua para las 2 horas y 24 horas con promedio de 15.32 % y 17.02 %; asimismo en el mismo tratamiento presento menores valores de hinchamiento volumétrico para las 2 horas y 24 horas de inmersión con 1.65 % y 2.56 % respectivamente, los valores comparados son distintos debido a espesor de los tableros, en el ensayo se usó tableros de espesor 1.5 cm, mientras en mi estudio se usó para ensayo de 4cm de espesor. En cuanto a las propiedades físicas se coincide con la relación de a menor fibra hay menor humedad, menor absorción de agua y menor hinchamiento

volumétrico.

- ❖ La proporción C/As 60/40 presento los mayores valores de absorción de humedad para las 2 horas y 24 horas con promedio de 13.79 % y 16.64 %; asimismo en la dicha proporción presento mayores valores de hinchamiento del espesor para las 2 y 24 horas de inmersión con 0.91 % y 1.20 % respectivamente; mientras en mi trabajo de investigación al finalizar el tratamiento T4 (Cemento 50% + Fibra 50%) presento mayores valores de absorción de agua para las 2 y 24 horas con promedio de 28.68 % y 32.74 %; asimismo en dicho tratamiento presento mayores valores de hinchamiento volumétrico para las 2 y 24 horas de inmersión con 6.26 % y 7.47 % respectivamente, los valores comparados son distintos en el cual en mi estudio registro mayores valores. En cuanto a las propiedades físicas se coincide con la relación de a mayor fibra hay mayor humedad, mayor absorción de agua y mayor hinchamiento volumétrico.

- ❖ Respecto al ensayo de flexión estática la proporción C/As 80/20, presento los mayores valores con promedio de 59.63 (kg/cm²); mientras en mi trabajo de investigación se registró mayor resistencia a la flexión estática en el tratamiento mT3 (Cemento 60% + Fibra 40%), con promedio de 125.02 (kg/cm²), los resultados comparados son distintas, por la baja densidad y buena la compatibilidad con el cemento saturando los poros que hacen un material más compacto, otro aspecto tomar en cuenta es a mayor cantidad de cemento y a mayor porcentaje de fibra no resiente a mayores fuerza , en conclusión los porcentajes de cemento y fibra tiene que ser en intermedio.

- ❖ La proporción C/As 60/40, presento los menores valores para el módulo de ruptura con

promedio de 32.32 (kg/cm²); mientras en mi trabajo de investigación en el tratamiento T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), presento menor resistencia a la flexión estática con promedio de 50.67 (kg/cm²).

(Tello Cochachez, 2006) En Lima – Perú; Realizo un estudio con titulada:

“CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE TABLEROS DE PARTÍCULAS DE MEDIANA DENSIDAD ELABORADOS CON RESIDUOS DE MADERA DE MARUPA (Simarouba amara) PROVENIENTE DE LA PLANTACIÓN DE JENARO HERRERA Y BOSQUE NATURAL”

Se observó en caracterización tecnológica de tableros de partículas de mediana densidad elaborados con residuos de madera de Marupa (**Simarouba amara**). Los tratamientos fueron, A- viruta (16 años de edad); B- viruta (27 años de edad); y C - viruta (madera comercial). Al final de estudio se llegó al siguiente resultado:

- ❖ Se registro menor densidad en tratamiento B- viruta (27 años de edad), con un promedio de 0.51 (g/cm³) y presento mayor densidad en el tratamiento C - viruta (madera comercial), con promedio 0.62 (g/cm³); mientras en mi trabajo de investigación al finalizar se registró menor densidad en tratamiento T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), con promedio de 0.50 (g/cm³) y presento mayor densidad en el tratamiento T1 (Cemento 80% + Fibra 20%), con promedio de 1.02 (g/cm³), los datos comparados son similares en menor densidad y para mayor densidad son diferentes, se puede afirmar que los datos comparados son distintas por espesor de tableros, el investigador se usó para ensayo tableros con 1.20 cm de espesor y en estudio se usó tableros con 4cm de espesor.

- ❖ Presento mayor resistencia a la flexión en tratamiento B-viruta (27 años de edad), con promedio de 51 (kg/cm²) y presentaron menor resistencia a la flexión en tratamientos A-viruta (16 años de edad), y en tratamiento C - viruta (madera comercial) con promedio de 45 (kg/cm²) en ambos tratamientos; mientras en mi trabajo de investigación presento mayor resistencia a la flexión estática en tratamiento T3 (Cemento 60% + Fibra 40%), con promedio de 125.02 (kg/cm²) y presento menor resistencia a la flexión estática en tratamiento T4 (Cemento 50% + Fibra 50%), con promedio de 50.67 (kg/cm²), los datos comparados son distintos.

- ❖ En el ensayo evaluaron en tableros las propiedades físicas como Geometría de las partículas, densidad, hinchamiento y absorción de agua; asimismo se evaluaron las propiedades mecánicas como resistencia a la flexión y resistencia a la tracción; mientras en mi trabajo de investigación se evaluó en tableros las propiedades físicas como contenido de humedad, densidad, absorción de agua, hinchamiento volumétrico; asimismo se evaluaron las propiedades mecánicas como resistencia a la compresión del espesor y resistencia a la flexión estática.

CONCLUSIONES

1. Las propiedades químicas de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* son aptos para la elaboración de tableros a base de cemento, dichos componentes no influyen en la compatibilidad con el cemento, excepto el contenido de extractivos. Las propiedades físicas, presentan buena compatibilidad con el cemento, por la baja de densidad, humedad y por variación de las dimensiones (presencia de poros), lo que favorece la compactación del material.
2. El contenido de humedad, densidad, absorción de agua e hinchamiento volumétrico de los tableros se encuentra en directa relación con el porcentaje de las fibras. Para las propiedades mecánicas en flexión estática y reducción a la compresión del espesor, presenta la mejor mezcla en proporción (Cemento 60% + Fibra 40%) debido a mayor compacto en dicha proporción, asimismo 40% de fibra es ideal que actúa como malla electrosoldada al ser mezclada con cemento en el cual aumenta la tenacidad del tablero. En este estudio se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula para propiedades físicas de tableros, asimismo para propiedades mecánicas de tableros, tableros evaluados elaborados a base de fibras de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth*.
3. La mezcla apropiada para la elaboración de tableros de fibrocemento a base de *Apeiba membranacea Spruce ex Benth* es el tratamiento T3 (Cemento 60% + Fibra 40%) que cumple con los estándares para el uso de este material.

RECOMENDACIONES

Al término del trabajo de investigación, se sugiere las siguientes recomendaciones.

- Probar las habilidades de otras especies forestales para la elaboración de tableros, ya que existe gran cantidad de residuos maderables (aserrín) en las plantas de transformación forestal, así como resultados de las actividades silviculturales.
- Realizar pruebas de granulometría controlada, en las propiedades de los tableros de fibrocemento.
- Realizar pruebas de los tableros en cuanto a las propiedades de resistencia a la tracción y retracción
- Evaluar la durabilidad de las fibras con el cemento Portland tipo I.

REFERENCIAS

- Acosta Matos, J. (2003). Ficha técnica de flora. *Apeiba membranacea*, Spruce ex Benth. Universidad Agraria la Molina, Lima.
- Acosta, & J. (2003). *Apeiba membranacea*, Spruce ex Benth “Peine de mono”. *Xilema*, 26(1), 79-80. *Ficha técnica de flora*, 1-2.
- Aguilar, J., & Guzowski, E. (2011). *Materiales y materias primas* Capítulo 3 La madera. 6-8.
- Alarcón, G. (1972). *Comportamiento del concreto con azúcar*. Tesis Ingeniero Civil. Lima, PE. Universidad Nacional de Ingeniería. 126 p.
- Araujo, V. (2018). *ESTUDIO TAXONÓMICO Y MORFOLÓGICO DE 20 ESPECIES FORESTALES EN EL BOSQUE CICFOR – MACUYA, PUCALLPA – PERU*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI, Pucallpa-Perú.
- Beraldo, A. (2012). *Aprovechamiento de residuos agro-industriales como fuente sostenible de materiales de construcción* Ed. Rev. Brasil. Editorial Universitat Politècnica de Valencia. 326 p. Brasil: Ed. Rev. Brasil.
- Camac Gomez, R. A. (2012). *INFLUENCIA DE LA MEZCLA DE ASERRIN – CEMENTO EN LAS PROPIEDADES DE ABSORCION, HINCHAMIENTO Y A LA FLEXION ESTATICA DE LOS TABLEROS DE Virola spp*.
- Carbotecnia. (29 de marzo de 2017). *Centro de aprendizaje*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/>
- Carneado. (2009). *Estudio tecnico-economico de una fábrica de cemento portland para la obtención de 1000000 TM al año* Ed. Rev. España, s.e. 154 p.
- Castro, W. (2014). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de un mortero polimérico no convencional*. Tesis Ingeniero Mecánico. Barquisimeto, VE. Universidad Centro Occidental. 143 p. *Tesis Ingeniero Mecánico*. Universidad Centro Occidental.

- CEMEX. (05 de abril de 2019). *Artículos de Construcción*. Obtenido de <https://www.cemex.com.pe/-/por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto->
- Cerrón, R. (2009). *Influencia de la geometría de partículas de los residuos provenientes del aserrío con cierra circular y de banda de Eucaliptus globulus Labill en la fabricación de tableros aglomerados con cemento. Tesis Ingeniero Forestal*. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- CIDI/OEA. (2 de abril de 2017). Programa de Acción Integrado Peruano Boliviano - PAIPB - Diagnostico Regional Integrado. 148. Obtenido de <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea81s/ch12.htm#TopOfPage>
- Coelho, F., & Zita, A. (01 de enero de 2019). *Propiedades de la materia-Properties of matter*. Obtenido de Conocimiento científico: <https://www.significados.com/conocimiento-cientifico/>
- Corral, J. T. (2008). *El suelo-cemento como material de construcción. ciencia y sociedad*, 33(4), 520-571.
- Croat, T. (1978). Flora of barro colorado island. *Standford University press*, 80.
- Cruz, T. (1982). Aptitud de la madera de cinco especies forestales del Perú para la fabricación de paneles de fibrocemento Tesis 164 p. *Tesis Ingeniero Forestal*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Cruz, V. (1982). *Actitud de la madera de cinco especies forestales para fabricar tablero de fibrocemento*. LIMA: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- Enciclopedia, & E. (2019). *Propiedades físicas y químicas de la materia*. Obtenido de Recuperado: <https://www.ejemplos.co/20-ejemplos-de-propiedades-fisicas-y-quimicas-de-la-materia/>
- Escobar Ruiz, C., & Peña Barreto, F. (2016). *Utilización de viruta de cuero en la elaboración de productos de fibrocemento para interiores en la empresa Tubasec CA (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)*.
- Escobar, J. (2012). *Importancia del rol promotor del estado en la actividad forestal*. Iquitos, Perú.

- Espinosa, I. (2015). Evaluación del comportamiento teológico y de la cinética de hidratación de las pastas de cemento con mezclas de aditivos MEF 32 y SX-32. *Tesis*. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Las villas.
- Espinoza, & A. (2010). Aptitud de *Guadua angustifolia* Kunth en la elaboración de tableros aglomerados con cemento. Tesis Ingeniero Forestal. Lima, PE. Universidad Nacional Agraria La Molina. 105 p.
- Gamarra. (2016). *APTITUD DE LAS FIBRAS DEL MESOCARPIO DE LA PALMA ACEITERA (Elaeis guineensis Jacq.) PARA LA ELABORACIÓN DE TABLEROS DE FIBROCEMENTO*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.
- Gonzales, L. (2013). Influencia de los componentes del concreto reforzado con fibras en sus. *Ed. Rev. s.e.* Palmira, Colombia.
- Gonzales, M., Astudillo, J., Silva-Soto, R., & Bozo-González, A. (2007). *Estudio experimental de un material fibrocemento utilizando fibras de rastrojos de trigo*. Santiago: Universidad de Chile.
- Guadalupe, M.Bárceñas, P.Villa, R.Rogeli, j.Aguirre, & R. (2008). *Composición química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la Sierra de Álvarez, SLP, México*. México.
- Guillermo. (10 de febrero de 2019). Tableros de fibrocemento. (Copara, Entrevistador)
- Jarabo, R. (2013). Efecto de la sepiolita y de nuevas fibras alternativas celulósicas en el comportamiento de suspensiones de fibrocemento. Tesis Grado de Doctor. Madrid, ES. Universidad Complutense de Madrid. 221 p. *Tesis Grado de Doctor*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- JOHN, J, M., & THOMAS, S. (2008). *Biofibres and biocomposites. Carbohydrate Polymers 71: 343-364*.
- Juárez, C. (2002). Concreto base cemento Portland reforzados con fibras naturales (Agave lechuguilla), como material para construcción en México. *Tesis Ingeniero*. Universidad Autónoma de Nuevo, México.

- Juárez, C. (2002). *Concreto base cemento Portland reforzados con fibras naturales (Agave lechuguilla), como material para construcción en México. Tesis Ingeniero Mecánico. San Nicolás de los Garza, MX. Universidad Autónoma de Nuevo León. 320 p.* Universidad Autónoma de Nuevo.
- Libby. (1974). *Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. 2 ed. Distrito Federal, México. Editorial Continental S.A. 534 p.*
- Lleida, I. T. (11 de abril de 2011). AP- 014. Madera. Resistencia a la Flexión Estática.
- Marcelo, N. Julio, N., C. Bozo, G. S., & R. (2007). *Estudio experimental de un material fibrocemento utilizando fibras de rastrojo de trigo.* Chile: Departamento de Ingeniería de la Madera, Universidad de Chile.
- Matos, J. (2013). Ficha técnica de flora. Apeaba membranacea, Spruce ex Benth. Universidad Agraria la Molina, Lima.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2018). Diagnostico situacional. *región selva*, págs. 7-9.
- Misra, D. (1990). *Producción y blanqueo de pulpa de fibras no leñosas. Revista Tecnología de Pulpa y Papel. 1: 602-674.*
- Neville, A. (1989). Tecnología del concreto. *Editorial Limusa.* Distrito Federal, México.
- Noriega, M. (1996). Aptitud del Eucaliptus glóbulos en la preparación de tableros de fibrocemento. *Tesis Maestría en Ingeniería.* Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Novoa. (2005). *Elaboración de tableros aglomerados a base de fibra de coco y cemento-México.* Colima: Universidad de Colima.
- Ossa, M. (1984). *Retracción de pastas de cemento en estado plástico y en la primera etapa de endurecimiento. Revista materiales de construcción. 34 (194): 132-144.*
- Pacheco Asesoramiento y Mantenimiento. (s.f). *Fibrocemento y su uso en construcción.* Obtenido de <http://www.pachecoam.com/site1/cubiertas-fibrocemento/>
- Pasquel, & E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto. 2 ed. Lima, PE. Editorial Colegio de ingenieros del Perú. 380 p.* Perú: colegio de ingeniero.

- Paucar. (2008). Determinación de compatibilidad de mezcla de aserrín de pinus spp. y cemento portland para la potencial manufactura de tableros cementomadera.
- Pazos, G., Villa, R., Flores, B., & J., S. (2008). Composición química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la sierra. *Madera y bosque*, 81-94.
- Perez, J., & Salazar, J. (1998). Determinación de componentes químicos de la madera de cinco especies de encino del estado de puebla. *Madera y bosque*, 79-93.
- R., S. M. (1990). Inorganic binder for wood composites: feasibility and limitations. (*Magazine*). USDA Forest service, Madison Wisconsin.
- Ramirez, D., & Vergara, M. (2013). Evaluación de la resistencia mecánica del concreto modificado con residuo de granalla de silicato de aluminio. *Tesis Ingeniero Civil*. Universidad de Cartagena, Cartagena.
- Ramirez, s., Zapata, M. A., & Alarcón, A. (2018). *Evaluación del Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibras*. Univercidad Catolica de Colombia, Colombia. Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/que-es-concreto-reforzado-con-fibras>
- Saad, A. (1969). *Tratado de la construcción*. 3 ed. Lima, PE. Editorial Continental S.A. 293 P.
- Salazar, & Soihet. (2001). *Apeiba membranacea Spruce ex Beth, Manejo de semillas de 75 especies forestales de américa latina*. Turrialba, Costa rica: Manual técnico.
- Simatupang, M., & H. Geimer, R. L. (1990). *Inorganic binder for wood composites: feasibility and limitations*. In *Proceedings of Wood Adhesive Symposium, Forest Product Resources Society (Vol. 169, p. 176)*.
- Sistemas de fachadas. (2017). *Definición de fibrocemento*. Obtenido de Sistemas de fachadas: <https://sistemasdefachads.com/definicion-de-fibrocemento>
- Tello Cochachez, M. A. (2006). *CARACTERIZACIÓN TECNOLÓGICA DE TABLEROS DE PARTICULAS DE MEDIANA DENSIDAD ELABORADOS CON RESIDUOS DE MADERA MARUPA (Simarouba amara) PROVENIENTE DE LA PLANTACIÓN DE*

JENARO HERRERA Y BOSQUE NATURAL. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA, LIMA.

- Terrazas, T., & Chavez, F. (2003). *Arquitectura foliar y anatomía de la corteza de la madera*. México: Sociedad botánica de México.
- Torres, & M. (07 de febrero de 2019). *Propiedades de los materiales*. Obtenido de https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/22_propiedades_mecnicas.html
- Torres, J. (2006). Evaluación de la influencia de plantaciones adultas sobre cultivos jóvenes en la calidad de conformación de racimos en el híbrido CIRAD de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Quinindé. Tesis Ingeniero Agropecuario. Santo Domingo de los Colorados. *Tesis Ingeniero*. Quinindé.
- UICN. (2013). *Especies para restauración*. Obtenido de *Apeiba membranacea* Spruce ex Benth: https://www.especiesrestauracion-uicn.org/data_especie.php?sp_name=Apeiba%20membranacea
- Valencia, W. (1991). Metodo para evaluar la aptitud de especies forestales a la fabricacion de tableros de fibrocemento. *Revista forestal del Peru*. Peru.
- Vanderlei, P. (1991). *Estadística Experimental Aplicada a Agronomía*. Maceio: EDUFAL.
- Woodproducts.FI. (2019). Obtenido de <https://www.woodproducts.fi/es/content/propiedades-de-humedad-de-la-madera>

ANEXOS

ANEXO 1

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HOLOCELULOSA Y HEMICELULOSA MÉTODO JAYME-WISE

Equipo:

- ❖ Erlenmeyer de 250 ml
- ❖ Baño maría
- ❖ Crisoles de capa filtrante
- ❖ Termómetro
- ❖ Pipetas
- ❖ Vidrio de reloj

Reactivos:

- ❖ Clorito de Sodio NaClO_2
- ❖ Ácido acético CH_3COOH

Muestra:

- ❖ Pesar 2 +/- 0,1 gramos de fibras secas, libre de extractivos.

Procedimiento:

Depositar la muestra en el Erlenmeyer y trátela con 150 ml de solución de clorito de sodio al 1,5% y 10 gotas de ácido acético concentrado, cubra con un vidrio de reloj y deje a baño maría a 70°C durante 1 hora agitando de vez de en cuando.

Después de la hora añada 10 gotas de ácido acético concentrado y 1,5 g de clorito de sodio. Repita esta operación, cada hora por cuatro 4 horas. Terminando el tratamiento, enfríe en agua helada y filtre en un crisol tarado, lave el residuo 5 veces con 40 ml de agua destilada helada, seque a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ hasta peso constantes, enfríe en un desecador y se pese.

Cálculos:

$$\text{Holocelulosa} = \frac{R+100}{w}$$

R: Peso seco del residuo holocelulosa (g)

W: Peso seco de la muestra (g)

ANEXO 2

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE LIGNINA TAPPI T222

Equipo:

- Vasos de precipitados de 50 ml
- Erlenmeyer de filtración
- Crisoles de capa filtrante
- Baño a temperatura constante
- Erlenmeyer de 1 000 y 2 000
- Condensador de reflujo

Reactivos:

- Ácido sulfúrico al 72% o solución 24± 0,1 N

Procedimiento:

Coloque la muestra en un vaso de 50 ml, agregue el ácido sulfúrico frío, (15 ml para madera, 40 ml para pulpa) lentamente y macerando el material con una varilla de vidrio. Mantenga el 84 recipiente en un baño a 20±1°C durante la dispersión de la muestra; cúbralo con un vidrio de reloj y déjelo en el baño a 20±1°C por 2 horas agitando frecuentemente. Al cabo de las 2 horas, pase cuantitativamente el contenido del vaso al Erlenmeyer; diluya con agua hasta obtener una concentración de ácido de 3% (correspondiente a un volumen total de 575 ml para madera y 1540 ml para pulpa) Hierva durante 4 horas a reflujo para mantener el volumen constante. Deje que el material insoluble (lignina) se sedimente, durante la noche o más tiempo si es necesario; transfiera luego la lignina cuantitativamente al filtro usando agua caliente y una varilla de vidrio. Lave el residuo con agua caliente hasta quitar completamente el ácido; séquelo a 105±3°C hasta peso constante. Enfrié en un desecador y pesé.

Cálculos:

$$Lignina = \frac{R * 100}{W}$$

R: Peso seco de residuo lignina (g)

W: Peso seco de la muestra (g)

Expresar los resultados como un porcentaje de lignina en base seca, libre de extractivos, promedio de tres determinaciones, con una variación no mayor de 0,1%

ANEXO 3

DETERMINACIÓN DE CELULOSA NORMA KURSCHNER-HOFFNER

PROCEDIMIENTO:

consiste en adicionar a 1g de madera fibra libre de extractos, una mezcla formada por etanol y ácido nítrico concentrado en relación 4:1, se llevó a reflujo en baño maría durante 30 minutos, se filtró repitiendo este proceso dos veces. Al residuo se le realizó un lavado con agua destilada caliente por una hora, posteriormente se sometió a un lavado con una solución saturada de acetato de sodio, seguido de agua destilada caliente. El residuo se secó a una temperatura de 105°C, se enfrió en un desecador y se pesó. El porcentaje de celulosa se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$Celulosa = \frac{R * 100}{W}$$

R: R: Peso seco de residuo (g)

W: Peso seco de la muestra (g)

ANEXO 4

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE EXTRACTIVOS NORMA TAPPI T204 cm-17

Equipo:

- Extractor Soxhlet
- Papel filtro
- Calentador eléctrico
- Balones de vidrio
- Estufa eléctrica

Reactivos:

- Alcohol etílico de 96°
- Agua destilada

Muestra:

- Pesar 5+/- 0,1 gramos de fibras seleccionadas secas.

Procedimiento:

Se coloca la muestra dentro de papel filtro, empaquetándolo de tal manera que no haya pérdidas posteriores. Al momento de colocar el paquete dentro del extractor Soxhlet se debe tener que quede por debajo del nivel del líquido extractor. Se debe de extraer por 4 horas para el caso del alcohol, hasta que el solvente sea incoloro, que indica que la extracción ha terminado. En cada extracción se debe descargar el Soxhlet por lo menos 4 veces por hora.

Una vez terminada la extracción se debe retirar la muestra del extractor, reservándola para la extracción con agua caliente. El balón de vidrio, conteniendo el solvente con el material extraído debe ser dejado en una estufa para que el solvente evapore. Con el solvente disuelto se debe pesar el balón con los restos de extractivos, retando el, pero del balón se puede calcular el porcentaje de extractivos de la muestra utilizada. Luego se repite el procedimiento para el caso de agua caliente para calcular el total de extractivos de la muestra.

Cálculos:

$$\text{Extractivos} = \frac{R * 100}{W}$$

R: Peso del extractivo (g)

W: Peso seco de la muestra (g)

Nota: calcule el peso seco mediante la siguiente relación:

$$\text{Peso humedo} * \frac{100 - H}{100}$$

H=porcentaje de humedad de la muestra

ANEXO 5

CONTENIDO CENIZAS NORMA TAPPI T413-om93

Pesar 2 +/- 0,1 gramos de fibras y colocarlas en crisoles destapados usadas para análisis de volátiles. Colocar las muestras en la mufla a 750°C durante 6 horas. Trascorrido el tiempo enfriar los crisoles con las tapas en el desecador por una hora y pesar. Repetir el calentamiento de la muestra por una hora, poner en el desecador por 1 hora con su respectiva tapa y pesar, debiendo arrojar una pérdida menor a 0,0005 gramos.

Expresar los resultados en porcentaje mediante la siguiente relación:

$$Cz = \frac{PCs * 100}{Ps}$$

Cz: Contenido de cenizas (%)

PCz: Peso de las cenizas (g)

Ps: Peso seco de la muestra (g)

ANEXO 6

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS TABLEROS

Procedimiento

- Se codificaron las probetas de tamaño 4cm*4cm*4espesor
- Se procedió a pesar las probetas
- Luego se colocó las probetas en una estufa eléctrica a 103±2°C, y se pesó cada dos horas hasta alcanzar un hasta peso constante.
- Los resultados se calcularon mediante la siguiente relación:

$$H = \frac{(Mh - Mo)}{Mo} * 100$$

H: contenido de humedad en base seca (g)

Mh: peso de la probeta húmeda (g)

Mo: peso de la probeta seca al horno (g)

ANEXO 7

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LOS TABLEROS - NORMA DIN 52361

Procedimiento

- ❖ Se codificaron las probetas de tamaño 20 cm*20 cm*4 espesor
- ❖ Se tomaron de las medidas de longitud y espesor de cada probeta, con ayuda de un vernier digital para determinar el volumen.
- ❖ Los resultados se calcularon mediante la siguiente relación:

$$D = \frac{P}{V}$$

D: densidad (g/cm³)

P: Peso húmeda (g)

V: Volumen (cm³)

ANEXO 8

DETERMINACIÓN DE ABSORCIÓN DE AGUA E HINCHAMIENTO DE LOS TABLEROS - NORMA DIN 52364

Pasos para Absorción de agua

- ❖ Se codificaron las probetas de tamaño 20 cm*20 cm*4 cm espesor
- ❖ Las probetas fueron pesadas y medidas según el procedimiento descrito para el ensayo de densidad, luego fueron introducidas en un recipiente con agua destilada, disponiéndola en forma vertical por debajo de nivel superficial del agua.
- ❖ Al cabo de 2 horas se sacaron del recipiente, dejándolo escurrir durante 10 minutos. Fueron pesados y medidos nuevamente, anotando los resultados porque se volvieron a introducir las mismas probetas al recipiente con agua destilada.
- ❖ Al cabo de 24 horas las probetas fueron sacadas nuevamente del recipiente, repitiéndose el procedimiento de pesado y medido detalladamente.
- ❖ Los resultados se calcularon mediante la siguiente relación:

$$A = \frac{(Pf - Pi)}{Pi} * 100$$

A: Absorción de agua (%)

Pf: Peso final después de la inmersión (g)

Pi: Peso inicial (g)

Procedimiento para Hinchamiento volumétrico

- ❖ Se codificaron las probetas de tamaño 20 cm*20 cm*4 cm espesor
- ❖ Las probetas ensayadas por inmersión a 24 horas fueron pesadas y medidas. Realizadas en simultaneo
- ❖ El espesor de las probetas fue medido en la intersección de las diagonales antes y después de su inmersión en agua
- ❖ Los resultados se calcularon mediante la siguiente relación:

$$H = \frac{(Vf - Vi)}{Vi} * 100$$

H: Hinchamiento (%)

Vf: Volumen final (mm³)

Vi: Volumen inicial (mm³)

ANEXO 9

DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPESOR DE LOS TABLEROS-NORMA DIN 53291

Procedimiento

- ❖ Se codificaron las probetas de tamaño 20 cm*20 cm*4cm espesor
- ❖ Se tomaron las medidas de espesor, ancho y largo de cada probeta
- ❖ Se activó la prensa hasta llegar a la carga indicada para cada probeta.
- ❖ Se retiró la probeta de la prensa y se procedió a medir el espesor, calculando la reducción del espesor.
- ❖ Los resultados se calcularon mediante la siguiente relación:

$$R = \frac{(E_f - E_i)}{E_i} * 100$$

R: reducción del espesor (%)

E_i: Espesor inicial (mm)

E_f: Espesor de la probeta luego de aplicada la carga (mm)

ANEXO 10

DETERMINACIÓN DEL MODULO DE RUPTURA (MOR) DE LOS TABLEROS-NORMA-52362

Procedimiento:

- ❖ Se codificaron las probetas de tamaño 65 cm*4cm*3cm espesor
- ❖ Velocidad de ensayo:0.61 centímetros por minuto.
- ❖ Se colocó las probetas sobre los apoyos de la prensa
- ❖ Se eligió la escala adecuada de lectura para el ensayo (kg)
- ❖ El ensayo se inicia accionando el dispositivo de la prensa y el reloj. Se anotó la deformación por cada kilogramo se siguió hasta la carga máxima y se tomó los datos de formación registrad en la carga máxima.
- ❖ Una vez terminado el ensayo de cada probeta se anotó el tipo de falla presentado, el tiempo de duración de cada ensayo y la carga máxima registrada.
- ❖ Los resultados se calcularon con la siguiente ecuación.

$$MOR = \frac{3PL}{2ae^2} * 100$$

P: carga máxima (kg)s

L: luz (cm)

a: ancho (cm)

e: espesor (cm)

ANEXO 11

DATOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO DE LOS
TABLEROS

CODIGO	REP	CONTROL 1 (g)	CONTROL 2 (g)	CONTROL 3 (g)	CONTROL 4 (g)	CONTROL 5 (g)	CONTROL 6 (g)	CH (%)
I 1H TO	1	101.875	97.037	93.593	89.489	87.414	85.838	15.742
I 2H TO	2	99.895	94.837	92.030	87.558	85.549	84.039	15.873
I 3H TO	3	103.235	97.963	94.396	90.592	88.584	87.043	15.685
I 4H TO	4	97.156	92.612	89.070	85.235	83.392	81.990	15.610
I 5H TO	5	107.544	102.501	98.730	94.419	92.296	90.626	15.731
I 6H TO	6	104.766	99.457	96.049	92.003	89.972	88.357	15.663
II 1H TO	1	104.547	99.709	96.265	92.160	90.086	88.510	15.340
II 2H TO	2	108.221	103.383	99.939	95.834	93.760	92.184	14.819
II 3H TO	3	106.165	101.327	97.883	93.778	91.704	90.128	15.106
II 4H TO	4	96.142	91.304	87.860	83.755	81.681	80.105	16.681
II 5H TO	5	103.846	99.008	95.564	91.459	89.385	87.809	15.443
II 6H TO	6	98.420	93.582	90.138	86.033	83.959	82.383	16.294
III 1H TO	1	105.623	100.783	97.337	93.23	91.154	89.576	15.193
III 2H TO	2	97.345	92.505	89.059	84.952	82.876	81.298	16.485
III 3H TO	3	104.830	99.99	96.544	92.437	90.361	88.783	15.308
III 4H TO	4	106.462	101.622	98.176	94.069	91.993	90.415	15.073
III 5H TO	5	103.644	98.804	95.358	91.251	89.175	87.597	15.483
III 6H TO	6	98.341	93.501	90.055	85.948	83.872	82.294	16.318
IV 1H TO	1	103.760	98.924	95.482	91.379	89.307	87.733	15.446
IV 2H TO	2	100.951	96.115	92.673	88.570	86.498	84.924	15.876
IV 3H TO	3	96.954	92.118	88.676	84.573	82.501	80.927	16.531
IV 4H TO	4	105.384	100.548	97.106	93.003	90.931	89.357	15.208
IV 5H TO	5	98.348	93.512	90.070	85.967	83.895	82.321	16.296
IV 6H TO	6	108.012	103.176	99.734	95.631	93.559	91.985	14.838

Continuación

CODIGO	REP	CONTROL 1 (g)	CONTROL 2 (g)	CONTROL 3 (g)	CONTROL 4 (g)	CONTROL 5 (g)	CONTROL 6 (g)	CH (%)
I 1H T1	1	86.130	81.172	77.241	73.212	71.385	70.094	18.618
I 2H T1	2	76.519	71.565	67.909	64.021	62.364	61.287	19.906
I 3H T1	3	86.347	80.854	77.030	72.500	70.409	69.000	20.090
I 4H T1	4	85.945	80.604	76.788	72.380	70.406	69.060	19.646
I 5H T1	5	83.976	78.606	74.696	70.367	68.999	67.201	19.976
I 6H T1	6	84.770	79.153	75.203	71.049	68.612	68.070	19.700
II 1H T1	1	83.421	78.464	74.533	70.504	68.677	67.386	19.222
II 2H T1	2	82.754	77.797	73.866	69.837	68.010	66.719	19.377
II 3H T1	3	79.768	74.811	70.880	66.851	65.024	63.733	20.102
II 4H T1	4	87.427	82.470	78.539	74.510	72.683	71.392	18.341
II 5H T1	5	76.753	71.796	67.865	63.836	62.009	60.718	20.892
II 6H T1	6	84.942	79.985	76.054	72.025	70.198	68.907	18.878
III 1H T1	1	83.291	78.332	74.399	70.368	68.539	67.246	19.264
III 2H T1	2	78.941	73.982	70.049	66.018	64.189	62.896	20.325
III 3H T1	3	87.246	82.287	78.354	74.323	72.494	71.201	18.391
III 4H T1	4	79.612	74.653	70.72	66.689	64.86	63.567	20.154
III 5H T1	5	85.762	80.803	76.87	72.839	71.01	69.717	18.709
III 6H T1	6	87.164	82.205	78.272	74.241	72.412	71.119	18.408
IV 1H T1	1	87.237	82.282	78.353	74.326	72.501	71.212	18.369
IV 2H T1	2	79.019	74.064	70.135	66.108	64.283	62.994	20.280
IV 3H T1	3	81.654	76.699	72.770	68.743	66.918	65.629	19.625
IV 4H T1	4	87.134	82.179	78.250	74.223	72.398	71.109	18.391
IV 5H T1	5	82.953	77.998	74.069	70.042	68.217	66.928	19.318
IV 6H T1	6	85.134	80.179	76.250	72.223	70.398	69.109	18.823

Continuación

CODIGO	REP	CONTROL 1 (g)	CONTROL 2 (g)	CONTROL 3 (g)	CONTROL 4 (g)	CONTROL 5 (g)	CONTROL 6 (g)	CH (%)
I 1H T2	1	75.932	70.048	66.270	63.288	61.953	61.255	19.329
I 2H T2	2	68.638	63.162	59.650	56.928	55.659	55.075	19.760
I 3H T2	3	70.653	65.301	61.658	58.663	57.303	56.538	19.978
I 4H T2	4	69.588	63.854	60.241	57.801	56.716	56.233	19.192
I 5H T2	5	80.764	75.271	71.507	68.320	66.652	65.866	18.446
I 6H T2	6	77.002	71.416	67.609	64.613	63.194	62.975	18.216
II 1H T2	1	78.623	72.739	68.961	65.979	64.644	63.946	18.668
II 2H T2	2	70.684	64.800	61.022	58.040	56.705	56.007	20.764
II 3H T2	3	69.423	63.539	59.761	56.779	55.444	54.746	21.141
II 4H T2	4	76.923	71.039	67.261	64.279	62.944	62.246	19.080
II 5H T2	5	81.354	75.470	71.692	68.710	67.375	66.677	18.041
II 6H T2	6	73.952	68.068	64.290	61.308	59.973	59.275	19.847
III 1H T2	1	66.991	61.105	57.125	54.141	52.804	52.104	22.222
III 2H T2	2	67.648	61.762	57.782	54.798	53.461	52.761	22.007
III 3H T2	3	79.513	73.627	69.647	66.663	65.326	64.626	18.723
III 4H T2	4	73.726	67.84	63.86	60.876	59.539	58.839	20.192
III 5H T2	5	75.467	69.581	65.601	62.617	61.28	60.580	19.727
III 6H T2	6	69.042	63.156	59.176	56.192	54.855	54.155	21.562
IV 1H T2	1	74.961	69.079	65.303	62.323	60.99	60.294	19.566
IV 2H T2	2	66.945	61.063	57.287	54.307	52.974	52.278	21.909
IV 3H T2	3	72.613	66.731	62.955	59.975	58.642	57.946	20.199
IV 4H T2	4	79.045	73.163	69.387	66.407	65.074	64.378	18.555
IV 5H T2	5	76.946	71.064	67.288	64.308	62.975	62.279	19.061
IV 6H T2	6	68.446	62.564	58.788	55.808	54.475	53.779	21.429

Continuación

CODIGO	REP	CONTROL 1 (g)	CONTROL 2 (g)	CONTROL 3 (g)	CONTROL 4 (g)	CONTROL 5 (g)	CONTROL 6 (g)	CH (%)
I 1H T3	1	55.516	50.000	46.933	44.763	43.965	43.787	21.127
I 2H T3	2	57.047	51.651	48.651	46.528	45.747	45.572	20.115
I 3H T3	3	52.959	47.557	44.554	42.429	41.647	41.473	21.688
I 4H T3	4	52.666	47.116	44.032	41.848	41.045	40.866	22.405
I 5H T3	5	54.916	49.364	46.278	44.094	43.291	43.112	21.495
I 6H T3	6	52.623	47.205	44.193	42.061	41.277	41.102	21.893
II 1H T3	1	54.626	49.109	46.043	43.873	43.074	42.896	21.473
II 2H T3	2	52.713	47.196	44.130	41.960	41.161	40.983	22.253
II 3H T3	3	58.176	52.659	49.593	47.423	46.624	46.446	20.163
II 4H T3	4	53.432	47.915	44.849	42.679	41.880	41.702	21.953
II 5H T3	5	54.843	49.326	46.260	44.090	43.291	43.113	21.388
II 6H T3	6	56.432	50.915	47.849	45.679	44.880	44.702	20.786
III 1H T3	1	53.154	47.635	44.567	42.395	41.594	41.414	22.087
III 2H T3	2	52.571	47.052	43.984	41.812	41.011	40.831	22.332
III 3H T3	3	57.863	52.344	49.276	47.104	46.303	46.123	20.289
III 4H T3	4	54.432	48.913	45.845	43.673	42.872	42.692	21.568
III 5H T3	5	55.314	49.795	46.727	44.555	43.754	43.574	21.224
III 6H T3	6	53.647	48.128	45.06	42.888	42.087	41.907	21.884
IV 1H T3	1	58.325	52.810	49.746	47.578	46.781	46.605	20.094
IV 2H T3	2	54.240	48.725	45.661	43.493	42.696	42.52	21.608
IV 3H T3	3	53.347	47.832	44.768	42.600	41.803	41.627	21.969
IV 4H T3	4	53.064	47.549	44.485	42.317	41.52	41.344	22.087
IV 5H T3	5	56.614	51.099	48.035	45.867	45.07	44.894	20.702
IV 6H T3	6	52.867	47.352	44.288	42.120	41.323	41.147	22.169

Continuación

CODIGO	REP	CONTROL 1 (g)	CONTROL 2 (g)	CONTROL 3 (g)	CONTROL 4 (g)	CONTROL 5 (g)	CONTROL 6 (g)	CH (%)
I 1H T4	1	46.306	40.999	38.660	36.879	36.585	36.451	21.282
I 2H T4	2	39.964	35.009	33.270	31.893	31.667	31.585	20.966
I 3H T4	3	46.119	40.949	38.548	36.563	36.160	36.038	21.859
I 4H T4	4	34.570	30.083	28.629	27.181	27.043	27.013	21.860
I 5H T4	5	34.150	29.819	28.524	27.161	27.015	26.942	21.107
I 6H T4	6	51.490	45.983	43.218	40.981	40.587	40.434	21.472
II 1H T4	1	40.344	35.037	32.698	30.917	30.623	30.489	24.427
II 2H T4	2	46.712	41.405	39.066	37.285	36.991	36.857	21.097
II 3H T4	3	50.810	45.503	43.164	41.383	41.089	40.955	19.396
II 4H T4	4	38.542	33.235	30.896	29.115	28.821	28.687	25.570
II 5H T4	5	36.943	31.636	29.297	27.516	27.222	27.088	26.676
II 6H T4	6	42.926	37.619	35.280	33.499	33.205	33.071	22.958
III 1H T4	1	46.341	41.032	38.691	36.908	36.612	36.476	21.288
III 2H T4	2	37.492	32.183	29.842	28.059	27.763	27.627	26.312
III 3H T4	3	49.241	43.932	41.591	39.808	39.512	39.376	20.034
III 4H T4	4	40.342	35.033	32.692	30.909	30.613	30.477	24.453
III 5H T4	5	35.531	30.222	27.881	26.098	25.802	25.666	27.764
III 6H T4	6	43.231	37.922	35.581	33.798	33.502	33.366	22.819
IV 1H T4	1	48.993	43.688	41.351	39.572	39.28	39.148	20.095
IV 2H T4	2	40.954	35.649	33.312	31.533	31.241	31.109	24.039
IV 3H T4	3	35.461	30.156	27.819	26.040	25.748	25.616	27.763
IV 4H T4	4	49.324	44.019	41.682	39.903	39.611	39.479	19.960
IV 5H T4	5	38.820	33.515	31.178	29.399	29.107	28.975	25.361
IV 6H T4	6	45.751	40.446	38.109	36.330	36.038	35.906	21.519

ANEXO 12

DATOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD PROMEDIO DE LOS TABLEROS

CODIGO	REP	ESPESOR								ESPESOR PROMEDIO (mm)	LADO 1 (mm)	LADO 2 (mm)	PESO (g)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (g/cm ³)
		1	2	3	4	5	6	7	8						
I 1D T0	1	40.36	41.85	40.39	40.09	39.75	39.75	40.47	41.00	40.46	198.83	199.77	2054.10	1606.98	1.28
I 2D T0	2	41.21	40.05	41.74	41.89	41.51	41.21	40.11	40.70	41.05	197.07	200.63	1931.72	1623.14	1.19
I 3D T0	3	41.49	41.25	41.80	41.27	40.15	39.73	40.16	41.12	40.87	201.37	199.74	2038.91	1643.91	1.24
II 1D T0	1	39.89	40.89	41.62	40.78	40.98	40.09	39.00	41.51	40.60	199.00	201.19	2089.21	1625.29	1.29
II 2D T0	2	40.31	39.82	40.22	41.13	39.00	41.65	39.90	40.22	40.28	201.05	201.20	1972.32	1629.43	1.21
II 3D T0	3	40.09	41.25	39.39	38.09	39.95	39.75	40.11	41.00	39.95	198.66	198.76	1999.23	1577.60	1.27
III 1D T0	1	39.99	40.79	41.42	40.48	41.13	40.04	40.76	41.51	40.77	199.34	201.51	2029.47	1637.49	1.24
III 2D T0	2	41.32	40.42	41.22	41.11	39.99	41.55	39.95	39.22	40.60	201.23	198.67	2045.07	1623.02	1.26
III 3D T0	3	41.45	41.65	40.80	40.89	41.66	41.05	40.61	41.34	41.18	201.39	201.36	1973.89	1669.98	1.18
IV 1D T0	1	40.39	41.79	41.42	39.38	41.13	40.04	40.76	41.51	40.80	198.58	198.90	1932.45	1611.60	1.20
IV 2D T0	2	41.38	40.52	40.32	41.30	40.09	41.15	40.95	41.12	40.85	199.02	199.09	1967.87	1618.74	1.22
IV 3D T0	3	39.21	41.35	40.11	40.19	41.32	40.99	40.81	41.04	40.63	201.19	200.98	2015.89	1642.78	1.23

Continuación

CODIGO	REP	ESPEJOR								ESPEJOR PROMEDIO (mm)	LADO 1 (mm)	LADO 2 (mm)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (g/cm3)
		1	2	3	4	5	6	7	8						
I 1D T1	1	41.34	39.54	38.64	39.45	39.98	39.57	40.63	41.20	40.04	201.48	198.42	1613.69	1600.86	1.01
I 2D T1	2	40.18	41.06	41.02	41.63	40.85	41.73	40.66	41.64	41.10	198.77	200.97	1620.55	1641.66	0.99
I 3D T1	3	39.27	40.29	41.03	39.99	40.25	39.70	39.54	39.38	39.93	201.66	201.08	1625.12	1619.20	1.00
II 1D T1	1	40.28	40.06	41.22	41.63	41.83	41.53	40.96	41.14	41.08	201.42	200.34	1723.43	1657.73	1.04
II 2D T1	2	41.11	41.08	40.22	41.33	40.15	41.13	40.27	40.44	40.72	200.02	200.09	1699.21	1629.55	1.04
II 3D T1	3	40.38	41.26	41.52	41.33	39.25	38.73	40.01	41.63	40.51	201.14	201.37	1734.56	1640.95	1.06
III 1D T1	1	41.51	40.48	40.32	40.13	40.21	41.18	40.29	41.44	40.70	198.64	198.78	1634.78	1606.87	1.02
III 2D T1	2	40.54	40.94	40.99	41.15	39.18	39.07	40.77	39.05	40.21	199.78	200.58	1729.93	1611.34	1.07
III 3D T1	3	41.88	41.00	41.66	40.87	40.95	41.43	40.41	40.34	41.07	200.76	200.90	1650.55	1656.36	1.00
IV 1D T1	1	39.54	40.00	40.99	41.15	39.18	39.07	40.77	39.05	39.97	201.44	201.11	1621.49	1619.20	1.00
IV 2D T1	2	41.45	41.43	41.96	40.97	40.08	41.43	40.49	40.39	41.03	201.32	201.54	1634.90	1664.55	0.98
IV 3D T1	3	39.99	40.09	41.41	41.49	40.55	40.50	39.98	40.11	40.52	198.78	199.01	1621.50	1602.74	1.01

Continuación

CODIGO	REP	ESPEJOR								ESPEJOR PROMEDIO (mm)	LADO 1 (mm)	LADO 2 (mm)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (g/cm3)
		1	2	3	4	5	6	7	8						
I 1D T2	1	41.28	43.10	41.09	41.38	41.96	41.25	41.78	41.13	41.62	200.38	200.32	1536.31	1670.68	0.92
I 2D T2	2	40.96	40.88	41.09	41.18	41.35	40.60	40.18	40.27	40.81	198.16	201.80	1628.54	1632.09	1.00
I 3D T2	3	39.20	40.65	39.71	40.95	41.20	42.04	41.97	39.69	40.68	199.75	199.02	1514.41	1617.05	0.94
II 1D T2	1	41.15	41.88	40.08	41.44	40.02	41.23	41.29	39.99	40.89	199.03	199.48	1500.32	1623.24	0.92
II 2D T2	2	41.48	41.46	41.51	41.23	39.97	40.71	40.11	41.63	41.01	200.04	200.76	1589.21	1647.06	0.96
II 3D T2	3	41.41	40.48	40.32	40.13	40.21	41.18	40.29	41.44	40.68	201.51	201.21	1590.78	1649.51	0.96
II 1D T2	1	41.04	40.93	41.67	41.55	40.65	40.07	40.87	40.05	40.85	198.51	198.53	1633.76	1610.05	1.01
II 2D T2	2	39.87	38.41	38.36	40.17	40.65	41.43	40.11	40.14	39.89	200.99	199.03	1600.43	1595.82	1.00
II 3D T2	3	40.99	40.22	40.21	40.14	41.14	40.01	40.22	41.31	40.53	198.89	198.58	1631.90	1600.76	1.02
IV 1D T2	1	39.84	39.64	40.36	40.77	40.95	41.93	40.21	40.44	40.52	199.69	199.00	1578.02	1610.10	0.98
IV 2D T2	2	41.29	41.62	41.25	40.14	41.14	40.01	40.22	41.31	40.87	200.76	201.65	1621.11	1654.65	0.98
IV 3D T2	3	41.33	40.66	40.28	38.99	41.04	40.11	40.55	41.51	40.56	201.52	200.81	1645.05	1641.30	1.00

Continuación

CODIGO	REP	ESPEJOR								ESPEJOR PROMEDIO (mm)	LADO 1 (mm)	LADO 2 (mm)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (g/cm3)
		1	2	3	4	5	6	7	8						
I 1D T3	1	41.34	43.16	41.15	41.44	42.02	41.31	41.84	41.19	41.68	200.98	200.00	1264.41	1675.42	0.75
I 2D T3	2	41.02	40.94	41.15	41.24	41.41	40.66	40.24	40.33	40.87	201.30	199.45	1221.70	1641.05	0.74
I 3D T3	3	39.26	40.71	39.77	41.01	41.26	42.10	42.03	39.75	40.74	199.89	201.37	1207.90	1639.71	0.74
II 1D T3	1	39.31	39.82	39.22	40.13	39.10	40.65	39.50	40.12	39.73	199.82	200.07	1312.10	1588.38	0.83
II 2D T3	2	40.29	41.27	39.99	39.09	39.05	39.95	40.01	41.23	40.11	199.04	199.48	1324.87	1592.55	0.83
II 3D T3	3	39.81	40.55	41.72	40.55	41.77	40.92	41.76	41.51	41.07	199.98	200.07	1211.89	1643.36	0.74
III 1D T3	1	41.32	40.42	41.22	41.11	39.99	41.55	39.95	39.22	40.60	201.45	200.11	1200.87	1636.57	0.73
III 2D T3	2	40.45	39.65	38.80	40.89	37.96	38.99	38.61	38.34	39.21	201.35	198.56	1398.22	1567.67	0.89
III 3D T3	3	41.88	41.75	41.33	41.66	41.63	41.04	40.46	41.66	41.43	201.11	201.45	1309.30	1678.33	0.78
IV 1D T3	1	41.22	40.66	40.56	41.35	40.77	41.17	40.80	40.12	40.83	201.00	201.42	1300.02	1653.07	0.79
IV 2D T3	2	39.55	38.00	39.01	39.19	40.32	40.21	40.00	41.09	39.67	200.62	199.81	1287.90	1590.26	0.81
IV 3D T3	3	40.88	41.75	41.38	41.54	41.21	41.04	40.33	41.54	41.21	199.43	201.11	1187.90	1652.77	0.72

Continuación

CODIGO	REP	ESPESOR								ESPESOR PROMEDIO (mm)	LADO 1 (mm)	LADO 2 (mm)	PESO (g)	VOLUMEN (cm3)	DENSIDAD (g/cm3)
		1	2	3	4	5	6	7	8						
I 1D T4	1	39.64	40.01	41.50	41.21	41.55	41.34	40.02	40.02	40.66	201.42	199.38	795.07	1632.92	0.49
I 2D T4	2	40.40	41.08	40.85	38.70	40.24	39.18	40.04	40.73	40.15	201.15	201.00	785.84	1623.41	0.48
I 3D T4	3	39.47	40.56	38.56	41.31	40.66	41.78	41.37	40.22	40.49	198.72	198.82	823.23	1599.79	0.51
II 1D T4	1	41.35	41.48	40.23	41.55	40.32	41.23	41.29	39.99	40.93	200.22	201.17	800.34	1648.59	0.49
II 2D T4	2	40.33	40.22	38.73	38.23	39.77	38.71	38.11	38.63	39.09	200.00	199.74	789.22	1561.62	0.51
II 3D T4	3	41.51	40.48	40.32	40.13	40.21	41.18	40.29	41.44	40.70	198.67	198.91	791.00	1608.16	0.49
III 1D T4	1	41.32	40.32	40.63	41.38	40.41	40.33	40.21	41.55	40.77	198.90	200.39	739.44	1624.94	0.46
III 2D T4	2	39.87	38.41	38.36	40.17	40.65	41.43	40.11	40.14	39.89	201.22	201.11	782.07	1614.34	0.48
III 3D T4	3	40.99	40.02	40.21	40.14	40.11	40.01	40.22	41.31	40.38	200.22	200.44	834.21	1620.38	0.51
IV 1D T4	1	39.84	39.64	40.16	40.00	40.95	41.93	39.21	38.44	40.02	201.22	201.29	821.76	1621.00	0.51
IV 2D T4	2	41.39	41.29	41.65	40.13	41.14	40.01	41.34	41.55	41.06	198.88	198.98	798.99	1624.97	0.49
IV 3D T4	3	41.32	40.33	41.21	39.99	39.04	38.91	41.57	41.32	40.46	198.46	199.00	852.23	1597.96	0.53

ANEXO 13

DATOS PARA DETERMINAR LA ABSORCIÓN DE AGUA PROMEDIO DE LOS
TABLEROS

CODIGO	REP	PESO INICIAL (g)	PESO 2 HORAS (g)	PESO 24 HORAS (g)	ABSORCIÓN 2H (%)	ABSORCIÓN 24H (%)
I 1AB T0	1	2057.51	2210.51	2256.51	7.44	9.67
I 2AB T0	2	2014.01	2196.51	2212.51	9.06	9.86
I 3AB T0	3	1881.01	2027.01	2049.01	7.76	8.93
II 1AB T0	1	2079.43	2231.93	2279.45	7.33	9.62
II 2AB T0	2	1981.54	2154.94	2152.46	8.75	8.63
II 3AB T0	3	1901.42	2063.42	2084.94	8.52	9.65
III 1AB T0	1	2012.52	2165.02	2212.54	7.58	9.94
III 2AB T0	2	2015.37	2188.77	2216.29	8.60	9.97
III 3AB T0	3	2013.34	2199.34	2206.86	9.24	9.61
IV 1AB T0	1	1942.43	2095.83	2143.35	7.90	10.34
IV 2AB T0	2	1999.74	2183.14	2200.66	9.17	10.05
IV 3AB T0	3	2014.32	2167.72	2215.24	7.62	9.97
I 1AB T1	1	1666.14	1937.64	1969.74	16.30	18.22
I 2AB T1	2	1534.64	1736.14	1818.24	13.13	18.48
I 3AB T1	3	1776.64	2045.64	2077.74	15.14	16.95
II 1AB T1	1	1653.14	1924.14	1935.95	16.39	17.11
II 2AB T1	2	1709.14	1970.64	2002.45	15.30	17.16
II 3AB T1	3	1689.24	1930.24	1967.05	14.27	16.45
III 1AB T1	1	1714.79	1976.39	1998.20	15.26	16.53
III 2AB T1	2	1699.83	1961.33	1973.14	15.38	16.08
III 3AB T1	3	1689.12	1960.12	1991.93	16.04	17.93
IV 1AB T1	1	1611.93	1863.53	1875.34	15.61	16.34
IV 2AB T1	2	1600.99	1862.49	1874.30	16.33	17.07
IV 3AB T1	3	1711.21	1962.81	1984.62	14.70	15.98

Continuación

CODIGO	REP	PESO INICIAL (g)	PESO 2 HORAS (g)	PESO 24 HORAS (g)	ABSORCIÓN 2H (%)	ABSORCIÓN 24H (%)
I 1AB T2	1	1619.82	1913.32	1957.15	18.12	20.83
I 2AB T2	2	1616.32	1936.32	1980.15	19.80	22.51
I 3AB T2	3	1531.32	1819.82	1863.65	18.84	21.70
II 1AB T2	1	1600.35	1901.85	1927.43	18.84	20.44
II 2AB T2	2	1611.21	1892.21	1917.79	17.44	19.03
II 3AB T2	3	1588.33	1871.33	1896.91	17.82	19.43
III 1AB T2	1	1653.18	1956.68	1982.26	18.36	19.91
III 2AB T2	2	1590.42	1890.42	1916.00	18.86	20.47
III 3AB T2	3	1656.22	1956.22	1981.80	18.11	19.66
IV 1AB T2	1	1588.02	1901.52	1927.10	19.74	21.35
IV 2AB T2	2	1611.81	1891.81	1917.39	17.37	18.96
IV 3AB T2	3	1665.32	1965.32	1990.90	18.01	19.55
I 1AB T3	1	1339.07	1639.01	1669.68	22.40	24.69
I 2AB T3	2	1207.18	1487.16	1509.83	23.19	25.07
I 3AB T3	3	1410.60	1700.07	1768.74	20.52	25.39
II 1AB T3	1	1262.15	1476.96	1499.80	17.02	18.83
II 2AB T3	2	1354.26	1649.07	1685.91	21.77	24.49
II 3AB T3	3	1360.24	1655.05	1681.89	21.67	23.65
III 1AB T3	1	1350.25	1585.06	1598.90	17.39	18.42
III 2AB T3	2	1287.45	1582.26	1599.10	22.90	24.21
III 3AB T3	3	1321.34	1616.15	1662.99	22.31	25.86
IV 1AB T3	1	1361.30	1656.11	1702.95	21.66	25.10
IV 2AB T3	2	1387.99	1682.80	1711.64	21.24	23.32
IV 3AB T3	3	1221.55	1516.36	1563.20	24.13	27.97
I 1AB T4	1	765.45	989.45	1025.95	29.26	34.03
I 2AB T4	2	907.45	1145.45	1161.95	26.23	28.05
I 3AB T4	3	730.45	963.452	989.951	31.90	35.53
II 1AB T4	1	730.45	965.343	981.29	32.16	34.34
II 2AB T4	2	779.68	1011.18	1043.13	29.69	33.79
II 3AB T4	3	779.99	1004.19	1019.14	28.74	30.66
III 1AB T4	1	834.24	1067.34	1083.29	27.94	29.85
III 2AB T4	2	792.28	1016.48	1052.43	28.30	32.84
III 3AB T4	3	897.11	1129.21	1226.16	25.87	36.68
IV 1AB T4	1	821.23	1045.43	1091.38	27.30	32.90
IV 2AB T4	2	748.67	966.167	992.117	29.05	32.52
IV 3AB T4	3	882.20	1126.40	1162.35	27.68	31.76

ANEXO 14

**DATOS PARA DETERMINAR EL HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO PROMEDIO
DE LOS TABLEROS**

CODIGO	REP	VOLÚMEN INICIAL (cm3)	VOLÚMEN 2 HORAS (cm3)	VOLÚMEN 24 HORAS (cm3)	HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO 2 HORAS (%)	HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO 24 HORAS (%)
I 1HV T0	1	1606.984	1621.218	1634.558	0.89	1.72
I 2HV T0	2	1623.191	1636.423	1656.760	0.82	2.07
I 3HV T0	3	1644.004	1685.238	1698.326	2.51	3.30
II 1HV T0	1	1625.288	1635.522	1640.862	0.63	0.96
II 2HV T0	2	1629.421	1643.653	1661.993	0.87	2.00
II 3HV T0	3	1577.662	1589.896	1600.236	0.78	1.43
III 1HV T0	1	1637.499	1663.733	1673.867	1.60	2.22
III 2HV T0	2	1623.039	1634.273	1639.613	0.69	1.02
III 3HV T0	3	1669.953	1683.185	1700.319	0.79	1.82
IV 1HV T0	1	1611.593	1624.825	1635.165	0.82	1.46
IV 2HV T0	2	1618.724	1630.958	1638.092	0.76	1.20
IV 3HV T0	3	1642.780	1664.014	1679.248	1.29	2.22
I 1HV T1	1	1600.822	1623.062	1631.052	1.39	1.89
I 2HV T1	2	1641.716	1655.940	1664.930	0.87	1.41
I 3HV T1	3	1619.110	1641.350	1653.340	1.37	2.11
II 1HV T1	1	1657.772	1679.896	1691.886	1.33	2.06
II 2HV T1	2	1629.539	1660.963	1670.953	1.93	2.54
II 3HV T1	3	1640.978	1654.202	1669.192	0.81	1.72
III 1HV T1	1	1606.819	1649.059	1674.049	2.63	4.18
III 2HV T1	2	1611.358	1642.582	1657.572	1.94	2.87
III 3HV T1	3	1656.339	1678.463	1691.732	1.34	2.14
IV 1HV T1	1	1619.203	1670.327	1678.526	3.16	3.66
IV 2HV T1	2	1664.570	1707.794	1732.784	2.60	4.10
IV 3HV T1	3	1602.685	1609.925	1634.915	0.45	2.01

Continuación

CODIGO	REP	VOLÚMEN INICIAL (cm3)	VOLÚMEN 2 HORAS (cm3)	VOLÚMEN 24 HORAS (cm3)	HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO 2 HORAS (%)	HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO 24 HORAS (%)
I 1HV T2	1	1670.632	1701.952	1713.290	1.87	2.55
I 2HV T2	2	1632.095	1677.407	1691.345	2.78	3.63
I 3HV T2	3	1617.043	1658.363	1672.301	2.56	3.42
II 1HV T2	1	1623.175	1671.528	1685.458	2.98	3.84
II 2HV T2	2	1647.049	1689.361	1728.699	2.57	4.96
II 3HV T2	3	1649.507	1676.860	1689.198	1.66	2.41
III 1HV T2	1	1610.042	1663.354	1670.292	3.31	3.74
III 2HV T2	2	1595.827	1657.147	1678.148	3.84	5.16
III 3HV T2	3	1600.740	1654.093	1664.231	3.33	3.97
IV 1HV T2	1	1610.090	1647.402	1659.340	2.32	3.06
IV 2HV T2	2	1654.657	1702.010	1711.348	2.86	3.43
IV 3HV T2	3	1641.287	1664.919	1677.257	1.44	2.19
I 1HV T3	1	1675.374	1749.625	1778.159	4.43	6.14
I 2HV T3	2	1641.060	1708.211	1718.108	4.09	4.70
I 3HV T3	3	1639.585	1713.836	1725.658	4.53	5.25
II 1HV T3	1	1588.406	1622.657	1640.191	2.16	3.26
II 2HV T3	2	1592.529	1635.780	1674.314	2.72	5.14
II 3HV T3	3	1643.270	1698.521	1722.764	3.36	4.84
III 1HV T3	1	1636.481	1708.632	1747.454	4.41	6.78
III 2HV T3	2	1567.738	1625.989	1675.886	3.72	6.90
III 3HV T3	3	1678.319	1776.470	1790.004	5.85	6.65
IV 1HV T3	1	1653.033	1727.284	1755.518	4.49	6.20
IV 2HV T3	2	1590.194	1677.445	1695.979	5.49	6.65
IV 3HV T3	3	1652.754	1744.905	1759.139	5.58	6.44
I 1HV T4	1	1632.938	1744.923	1748.488	6.86	7.08
I 2HV T4	2	1623.336	1716.171	1717.871	5.72	5.82
I 3HV T4	3	1599.847	1701.697	1713.397	6.37	7.10
II 1HV T4	1	1648.631	1682.466	1717.166	2.05	4.16
II 2HV T4	2	1561.623	1653.908	1688.608	5.91	8.13
II 3HV T4	3	1608.169	1731.984	1743.196	7.70	8.40
III 1HV T4	1	1624.885	1728.735	1761.972	6.39	8.44
III 2HV T4	2	1614.337	1756.162	1781.395	8.79	10.35
III 3HV T4	3	1620.344	1712.629	1726.341	5.70	6.54
IV 1HV T4	1	1621.003	1723.828	1759.065	6.34	8.52
IV 2HV T4	2	1625.003	1736.838	1744.845	6.88	7.37
IV 3HV T4	3	1597.939	1699.789	1721.489	6.37	7.73

ANEXO 15

**DATOS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL
ESPELOR DE LOS TABLEROS**

CODIGO	REP	LADO 1 (cm)	LADO 2 (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA (kg)	ESPELOR INICIAL (mm)	ESPELOR FINAL (mm)	REDUCCIÓN (%)
I 1RC T0	1	20.13	20.09	404.412	69963.68	41.73	41.51	0.53
I 2RC T0	2	20.08	20.27	407.022	68773.79	40.68	40.48	0.49
I 3RC T0	3	20.17	20.15	406.426	70014.23	40.80	40.59	0.52
II 1RC T0	1	20.14	20.11	405.015	68221.13	40.63	40.43	0.49
II 2RC T0	2	20.08	20.19	405.415	70186.29	41.68	41.46	0.53
II 3RC T0	3	20.27	20.14	408.238	71326.17	41.38	41.17	0.51
III 1RC T0	1	20.23	20.14	407.432	70503.12	41.74	41.52	0.52
III 2RC T0	2	20.11	20.24	407.026	69907.32	41.35	41.16	0.47
III 3RC T0	3	20.14	20.09	404.613	70897.79	41.50	41.27	0.55
IV 1RC T0	1	20.14	20.27	408.238	70557.90	41.69	41.46	0.55
IV 2RC T0	2	20.08	20.13	404.210	69541.19	41.42	41.23	0.47
IV 3RC T0	3	20.25	20.05	406.013	70937.37	41.38	41.17	0.50
I 1RC T1	1	20.12	20.20	406.424	45803.06	39.91	35.41	11.29
I 2RC T1	2	20.11	20.13	404.814	44460.33	40.03	35.86	10.42
I 3RC T1	3	20.25	20.15	408.038	44619.71	41.49	36.14	12.89
II 1RC T1	1	20.12	20.09	404.211	46501.01	40.74	36.12	11.35
II 2RC T1	2	20.15	20.12	405.418	44571.13	40.07	34.85	13.03
II 3RC T1	3	20.20	20.26	409.252	44989.82	41.71	35.33	15.30
III 1RC T1	1	20.12	20.15	405.418	47612.99	41.59	36.87	11.36
III 2RC T1	2	20.11	20.12	404.613	44460.45	40.05	35.01	12.60
III 3RC T1	3	20.14	20.25	407.835	44447.08	41.35	36.05	12.82
IV 1RC T1	1	20.13	20.13	405.217	46170.50	40.35	35.77	11.36
IV 2RC T1	2	19.97	20.25	404.393	46322.38	41.75	37.37	10.50
IV 3RC T1	3	20.24	20.12	407.229	44305.88	41.28	36.98	10.43

Continuación

CODIGO	REP	LADO 1 (cm)	LADO 2 (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA (kg)	ESPESOR INICIAL (mm)	ESPESOR FINAL (mm)	REDUCCIÓN (%)
I 1RC T2	1	19.98	20.08	401.198	58257.68	40.73	32.16	21.05
I 2RC T2	2	20.13	20.14	405.418	59555.63	41.50	33.09	20.26
I 3RC T2	3	20.14	20.07	404.210	62984.41	41.34	33.21	19.68
II 1RC T2	1	19.97	20.15	402.396	57369.90	39.99	31.15	22.12
II 2RC T2	2	20.11	20.13	404.814	58592.82	40.89	32.63	20.19
II 3RC T2	3	20.14	20.15	405.821	63097.80	41.25	34.18	17.15
III 1RC T2	1	20.07	20.08	403.006	59353.43	41.31	32.67	20.93
III 2RC T2	2	20.32	20.14	409.245	58654.64	40.49	31.29	22.72
III 3RC T2	3	20.14	20.13	405.418	63294.95	41.42	33.29	19.62
IV 1RC T2	1	20.11	20.08	403.809	59932.41	41.63	32.85	21.10
IV 2RC T2	2	20.28	20.13	408.236	59882.91	41.44	33.29	19.68
IV 3RC T2	3	20.14	20.33	409.446	63198.46	40.95	33.22	18.87
I 1RC T3	1	20.30	20.11	408.233	75267.18	41.68	39.40	5.48
I 2RC T3	2	20.15	20.17	406.426	75452.68	41.42	39.32	5.06
I 3RC T3	3	20.10	20.15	405.015	80341.65	40.95	39.11	4.47
II 1RC T3	1	20.12	20.28	408.034	74905.53	41.50	39.14	5.68
II 2RC T3	2	20.30	20.09	407.827	75731.15	41.43	38.59	6.86
II 3RC T3	3	20.10	20.10	404.010	81659.21	41.72	39.89	4.39
III 1RC T3	1	20.08	20.32	408.026	75228.95	41.68	38.96	6.53
III 2RC T3	2	19.96	20.11	401.396	73367.46	40.78	38.55	5.48
III 3RC T3	3	20.27	20.14	408.238	81346.84	41.13	39.26	4.54
IV 1RC T3	1	20.10	20.19	405.819	74481.03	41.49	39.27	5.36
IV 2RC T3	2	20.32	20.15	409.448	76105.57	41.47	38.39	7.42
IV 3RC T3	3	20.14	20.12	405.217	81883.50	41.71	39.83	4.52
I 1RC T4	1	20.15	20.14	405.821	39346.64	41.62	28.81	30.77
I 2RC T4	2	20.21	20.10	406.221	40541.47	41.30	29.09	29.56
I 3RC T4	3	20.14	20.12	405.217	37527.01	40.81	29.36	28.05
II 1RC T4	1	20.15	20.17	406.426	37843.06	39.97	27.53	31.13
II 2RC T4	2	20.25	20.05	406.013	41001.41	41.79	29.49	29.43
II 3RC T4	3	20.12	20.12	404.814	37498.93	40.82	29.39	27.99
III 1RC T4	1	20.25	20.11	407.228	39568.39	41.71	28.72	31.15
III 2RC T4	2	20.12	20.13	405.016	40245.00	41.12	28.95	29.61
III 3RC T4	3	20.15	20.26	408.239	38121.87	41.15	29.78	27.64
IV 1RC T4	1	20.30	20.14	408.842	38687.13	40.62	28.85	28.97
IV 2RC T4	2	20.14	20.24	407.634	41106.02	41.73	28.73	31.16
IV 3RC T4	3	20.11	20.15	405.217	38014.34	41.34	29.26	29.21

ANEXO 16

DATOS PARA DETERMINAR EL MODULO DE RUPTURA (MOR) DE LOS
TABLEROS

CODIGO	REP	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	DEFLEXIÓN MÁXIMA (cm)	CARGA MÁXIMA (kg)	MOR (kg/cm ²)
I 1FL T0	1	65.137	5.142	3.271	0.49	61.84	75.866
I 2FL T0	2	65.095	5.160	3.128	0.26	49.53	66.224
I 3FL T0	3	64.926	5.207	3.184	0.67	46.22	59.107
II 1FL T0	1	65.170	5.174	3.128	0.45	59.37	79.156
II 2FL T0	2	64.990	5.148	3.143	0.26	49.86	66.182
II 3FL T0	3	65.120	5.134	3.150	0.64	45.13	59.799
III 1FL T0	1	65.208	5.123	3.136	0.44	58.94	78.966
III 2FL T0	2	65.112	5.184	3.212	0.29	51.25	64.682
III 3FL T0	3	65.138	5.302	3.145	0.69	47.39	61.001
IV 1FL T0	1	65.147	5.134	3.141	0.44	59.12	78.782
IV 2FL T0	2	65.183	5.212	3.148	0.27	50.50	65.993
IV 3FL T0	3	64.987	5.145	3.176	0.55	45.54	59.236
I 1FL T1	1	65.197	5.164	2.995	0.55	61.91	90.218
I 2FL T1	2	65.023	5.127	3.204	0.62	60.93	78.145
I 3FL T1	3	64.992	5.085	3.137	0.76	53.72	72.462
II 1FL T1	1	65.050	5.234	3.205	0.74	65.50	82.24
II 2FL T1	2	65.140	5.005	3.025	0.61	57.66	84.975
II 3FL T1	3	65.100	5.132	3.137	0.79	54.60	72.975
III 1FL T1	1	65.137	4.995	3.137	0.58	62.44	85.749
III 2FL T1	2	65.082	5.038	3.058	0.63	58.32	83.551
III 3FL T1	3	65.183	5.135	3.301	0.93	56.05	67.618
IV 1FL T1	1	65.138	5.098	3.145	0.63	64.73	86.649
IV 2FL T1	2	65.148	5.194	3.214	0.71	62.38	78.476
IV 3FL T1	3	65.148	5.148	3.112	0.78	55.81	75.556

Continuación

CODIGO	REP	LONGITUD (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)	DEFLEXIÓN MÁXIMA (cm)	CARGA MÁXIMA (kg)	MOR (kg/cm ²)
I 1FL T2	1	65.163	5.137	3.085	0.99	85.80	118.464
I 2FL T2	2	65.148	5.098	3.149	1.06	77.88	103.984
I 3FL T2	3	65.211	5.132	3.146	1.20	79.87	106.134
II 1FL T2	1	65.210	5.232	3.145	0.87	89.15	116.284
II 2FL T2	2	65.120	5.086	3.147	1.05	78.26	104.870
II 3FL T2	3	65.150	5.137	3.132	1.19	81.50	109.173
III 1FL T2	1	65.306	5.232	3.114	0.85	88.41	117.619
III 2FL T2	2	65.148	5.135	2.987	0.95	74.41	109.624
III 3FL T2	3	65.054	5.065	3.242	1.24	81.03	102.744
IV 1FL T2	1	65.084	5.131	3.056	0.76	84.80	119.444
IV 2FL T2	2	65.212	5.064	3.148	1.04	76.87	103.396
IV 3FL T2	3	65.135	5.214	3.147	1.24	81.07	105.978
I 1FL T3	1	65.127	5.212	3.213	2.18	99.60	124.944
I 2FL T3	2	65.138	5.173	3.045	1.68	84.17	118.450
I 3FL T3	3	65.015	5.148	3.267	1.91	103.15	126.721
II 1FL T3	1	65.170	4.965	3.179	2.11	93.93	126.361
II 2FL T3	2	65.140	5.132	3.128	1.69	85.78	115.305
II 3FL T3	3	65.190	5.302	3.137	1.90	104.30	134.937
III 1FL T3	1	65.145	5.137	3.135	2.13	95.81	128.089
III 2FL T3	2	65.142	5.167	3.094	1.69	85.43	116.582
III 3FL T3	3	65.137	5.149	3.197	1.89	101.15	129.739
IV 1FL T3	1	65.083	5.137	3.207	2.16	97.91	125.094
IV 2FL T3	2	65.138	5.143	3.128	1.69	85.96	115.307
IV 3FL T3	3	65.125	5.186	2.989	1.84	95.23	138.742
I 1FL T4	1	65.134	4.978	3.132	1.96	40.94	56.585
I 2FL T4	2	65.212	5.046	3.127	1.97	38.87	53.181
I 3FL T4	3	65.148	5.204	3.137	2.52	29.06	38.308
II 1FL T4	1	65.150	5.094	3.235	2.16	57.28	72.521
II 2FL T4	2	65.110	5.147	2.989	1.88	43.98	64.551
II 3FL T4	3	65.170	5.187	3.146	2.52	37.05	48.708
III 1FL T4	1	65.148	5.092	3.123	2.03	41.76	56.760
III 2FL T4	2	65.125	5.236	3.136	2.11	65.20	85.472
III 3FL T4	3	65.224	5.150	3.185	2.55	55.91	72.236
IV 1FL T4	1	65.303	5.089	5.149	3.02	42.05	21.039
IV 2FL T4	2	65.135	5.308	5.304	3.21	45.73	20.673
IV 3FL T4	3	65.137	5.124	5.131	2.88	35.95	17.989

ANEXO 17

ANÁLISIS PREVIOS (MEDIA Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR) Y SUPUESTOS PARAMÉTRICOS PARA UN ANOVA

Análisis previos (media y desviación estándar).

Se identifica el número de grupos (tratamientos) y cantidad de observaciones por grupo (sumatoria total de muestras evaluadas en 4 repeticiones por grupo).

Si es un diseño equilibrado o balanceado porque todos los grupos son dados a un número igual de unidades experimentales (igual cantidad de muestras); también se calculan la media y desviación estándar de cada grupo y se muestran en tablas.

Supuestos paramétricos para un ANOVA

Distribución normal de las observaciones (muestras): La variable cuantitativa debe de distribuirse de forma normal en cada uno de los grupos. El estudio de normalidad puede hacerse de forma gráfica (qqplot) o con test de hipótesis.

- ❖ Existe la normalidad cuando P. Value es mayor a 0.05
- ❖ No existe la normalidad cuando P. Value es menor a 0.05

La prueba de normalidad se hizo en R con test lillie y se encuentra en el paquete nortest.

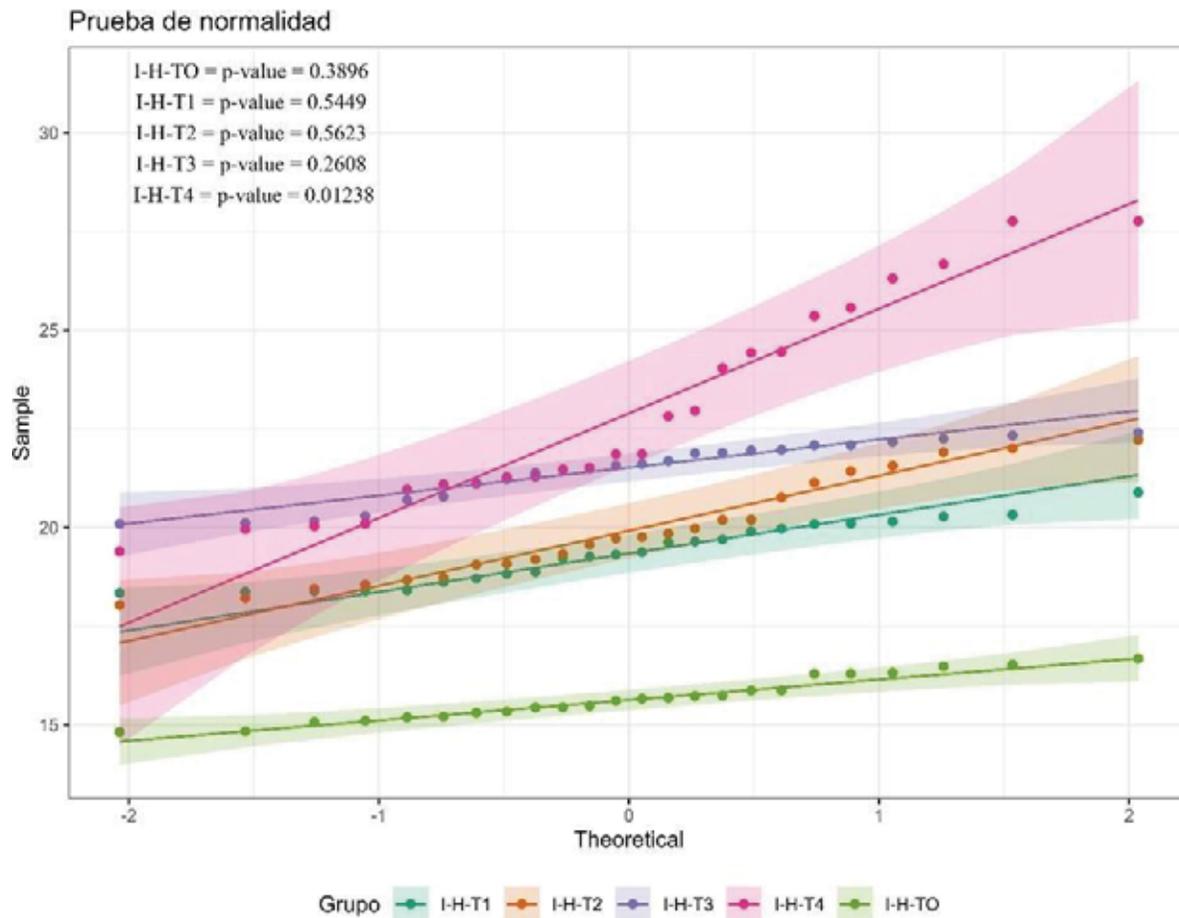
Se muestra la prueba de normalidad o también conocido condiciones para un ANOVA en figuras para cada propiedad (propiedad físico-mecánico de tableros) por grupo.

1.- ANÁLISIS PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD POR TRATAMIENTO

Análisis previos (estadística descriptiva)

Grupo	Observaciones	Media	Desviación estándar
I-H-T1	24	19.3669	0.7550548
I-H-T2	24	19.9006	1.2669707
I-H-T3	24	21.44804	0.7357686
I-H-T4	24	22.91992	2.5620911
I-H-TO	24	15.66828	0.5370135

Verificación de condiciones para un ANOVA (Supuestos paramétricos)



Fuente: Elaboración propia

Si cumple con la normalidad de los datos

Grupo	P-valor
I-H-T1	p-value = 0.3896
I-H-T2	p-value = 0.5449
I-H-T3	p-value = 0.5623
I-H-T4	p-value = 0.2608
I-H-T0	p-value = 0.01238

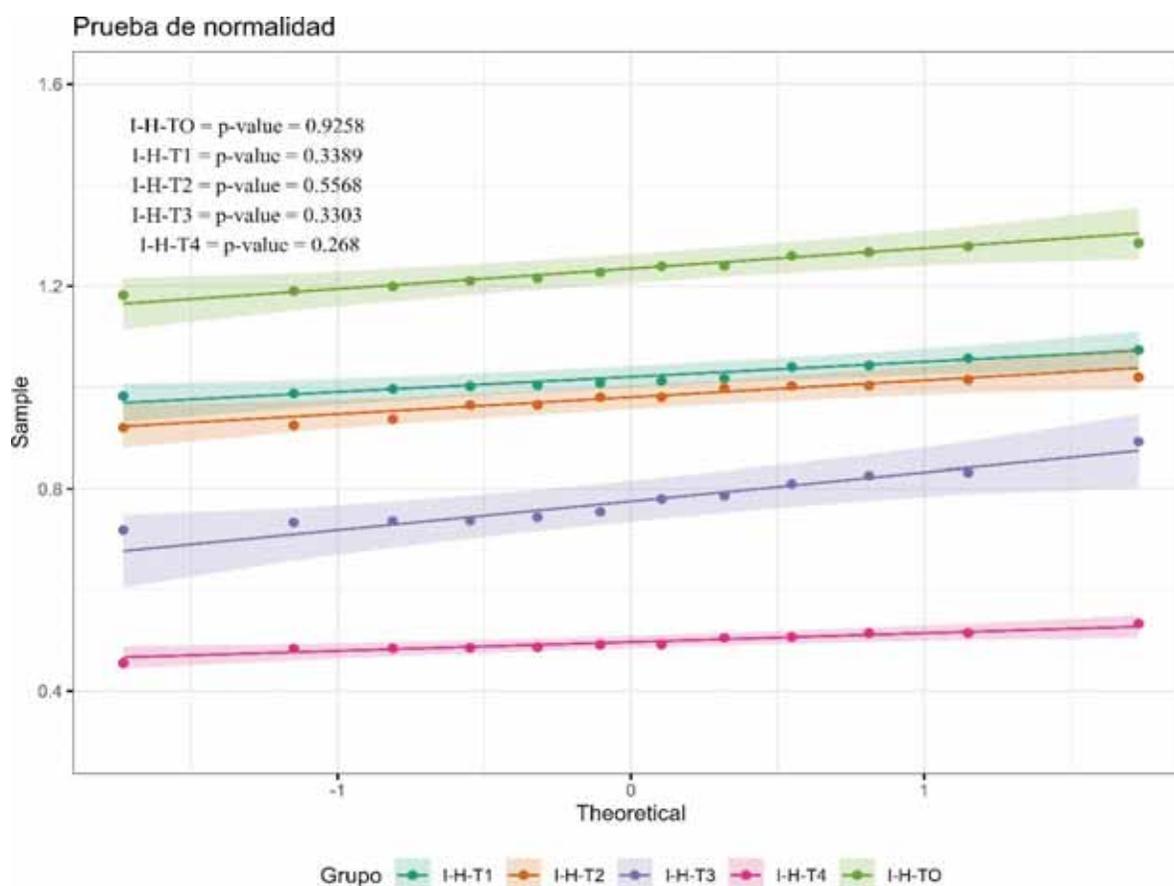
Los test de hipótesis no muestran evidencias de falta de normalidad.

2.- ANÁLISIS PARA EL DENSIDAD POR TRATAMIENTO

Análisis previos (estadística descriptiva)

Grupo	Observaciones	Media	Desviación estándar
I-H-T1	12	1.018	0.029
I-H-T2	12	0.976	0.034
I-H-T3	12	0.779	0.052
I-H-T4	12	0.496	0.020
I-H-TO	12	1.233	0.035

Verificación de condiciones para un ANOVA (Supuestos paramétricos)



Fuente: Elaboración propia

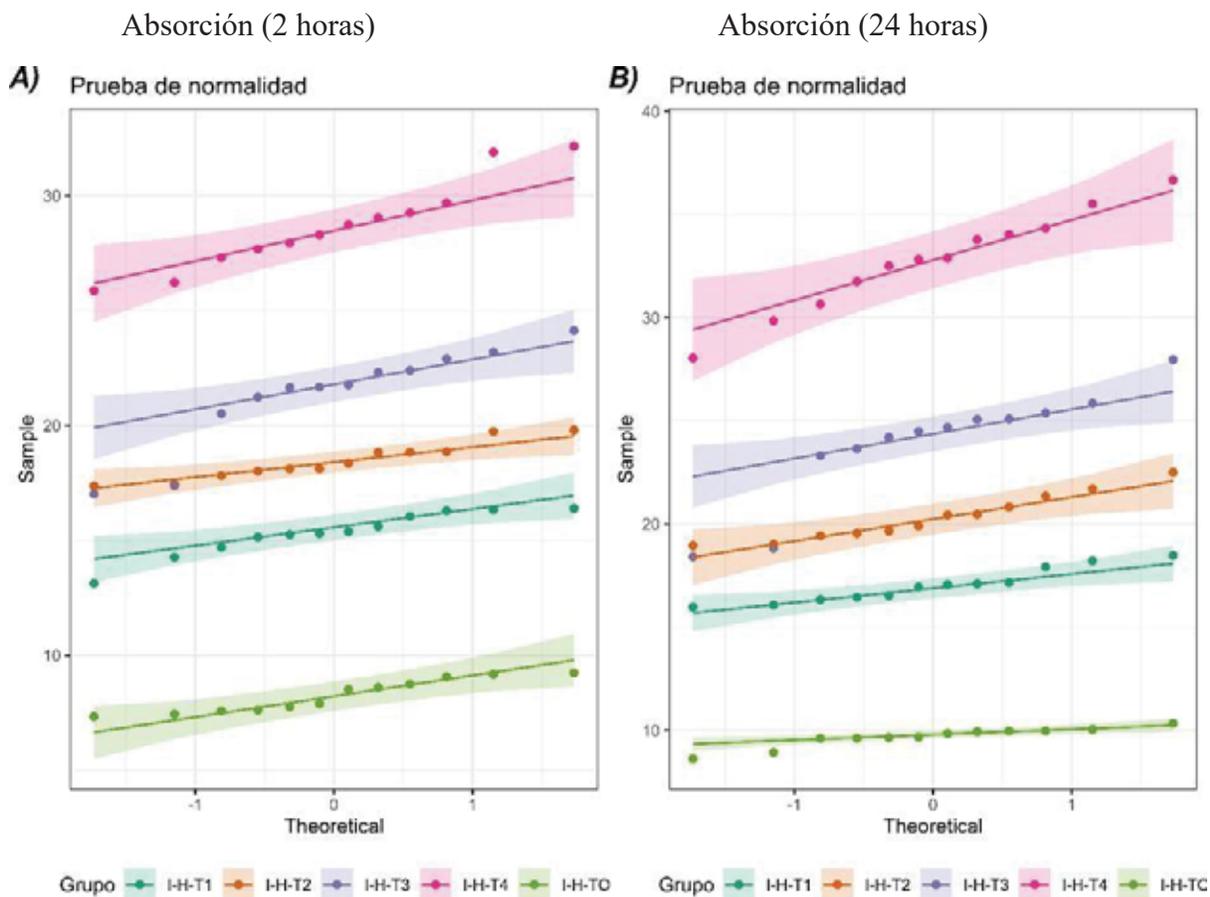
Si cumple con la normalidad de los datos

3.- ANÁLISIS PARA ABSORCIÓN DE AGUA DE 2 HORAS Y DE 24 HORAS POR TRATAMIENTO

Análisis previos (estadística descriptiva)

Grupo	Observaciones	Absorción		Absorción (24 horas)	
		Media	desviación estándar	Media	Desviación estándar
I-H-T1	12	15.32123	0.9564703	17.023943	0.8223726
I-H-T2	12	18.44313	0.7955432	20.319001	1.11122
I-H-T3	12	21.3505	2.1549006	23.914712	2.7413841
I-H-T4	12	28.6773	1.9411724	32.744422	2.4187918
I-H-TO	12	8.24731	0.7168226	9.686767	0.4790877

Verificar condiciones para un ANOVA (Supuestos paramétricos)



Fuente: Elaboración propia

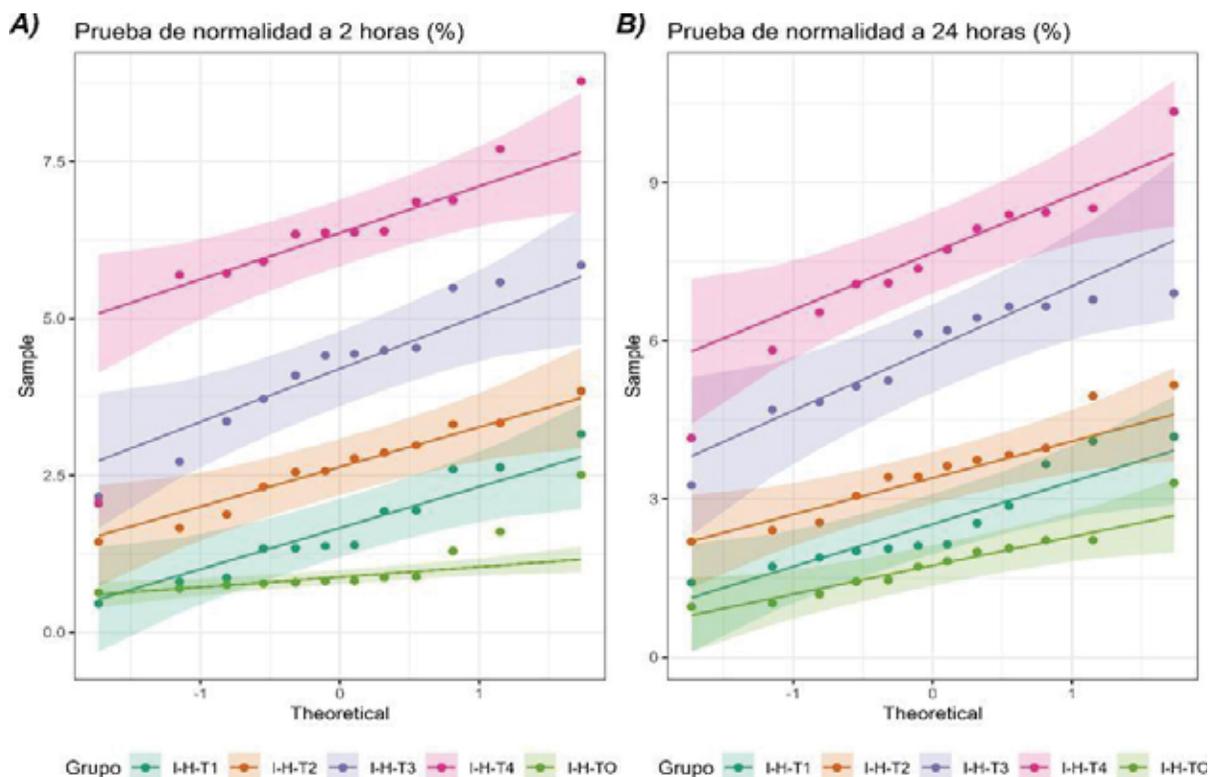
Si cumple con la normalidad de los datos

4.- ANÁLISIS PARA EL HINCHAMIENTO VOLUMÉTRICO DE 2 HORAS Y DE 24 HORAS POR TRATAMIENTO

Análisis previos (estadística descriptiva)

Grupo	Observaciones	Hinchamiento volumétrico 2 horas (%)		Hinchamiento volumétrico 24 horas. (%)	
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar
I-H-T1	12	1.650515	0.8197433	2.558062	0.9399623
I-H-T2	12	2.626521	0.7175371	3.528766	0.9186273
I-H-T3	12	4.234486	1.1228368	5.744677	1.1122921
I-H-T4	12	6.25626	1.5863155	7.4694	1.5530462
I-H-TO	12	1.03697	0.5382233	1.784653	0.6509973

Verificar condiciones para un ANOVA (Supuestos paramétricos)



Fuente: Elaboración propia

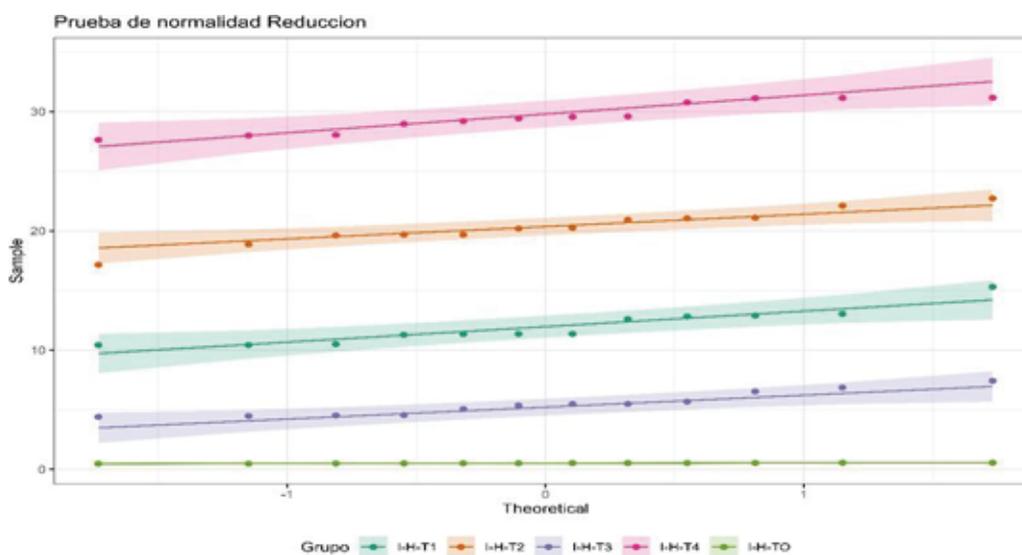
Si cumplen con la normalidad de los datos

5.- ANÁLISIS PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL ESPESOR POR TRATAMIENTO

Análisis previos (estadística descriptiva)

Grupo	Observaciones	Media	Desviación estándar
I-H-T1	12	11.95	1.44
I-H-T2	12	20.28	1.48
I-H-T3	12	5.48	1.00
I-H-T4	12	29.56	1.28
I-H-T0	12	0.51	0.03

Verificar condiciones para un ANOVA (Supuestos paramétricos)



Fuente: Elaboración propia

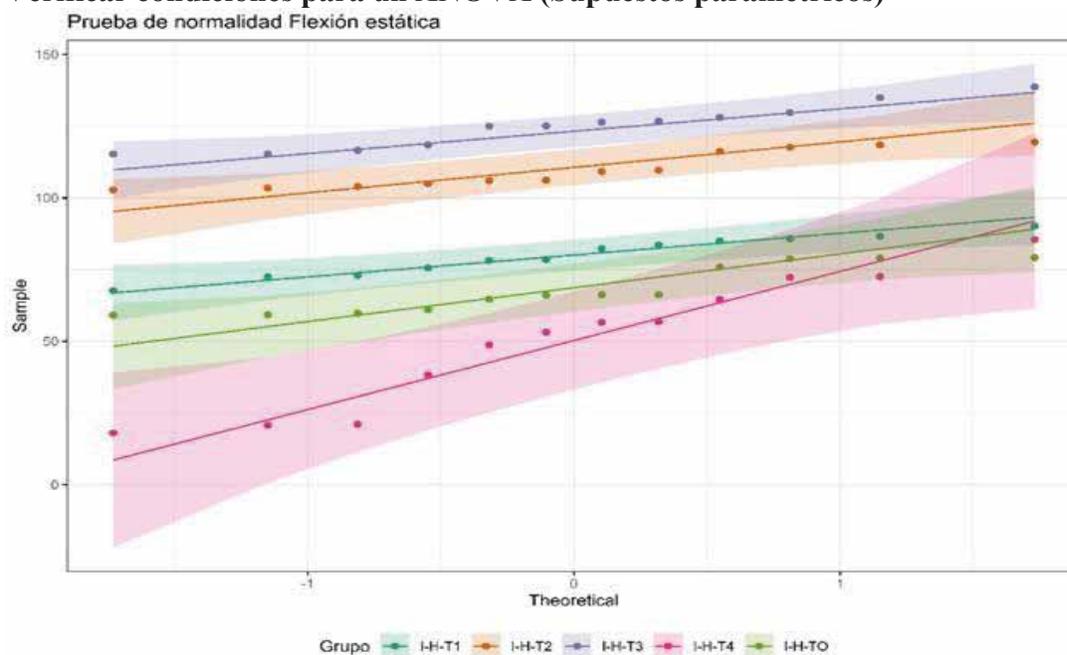
Si cumple con la normalidad de los datos

6.- ANÁLISIS PARA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA POR TRATAMIENTO

Análisis previos (estadística descriptiva)

Grupo	Observaciones	Media	Desviación estándar
I-H-T1	12	79.88	6.80
I-H-T2	12	109.81	6.39
I-H-T3	12	125.02	7.54
I-H-T4	12	50.67	22.21
I-H-T0	12	67.92	8.07

Verificar condiciones para un ANOVA (Supuestos paramétricos)



Fuente: Elaboración propia

Si cumple con la normalidad de los datos

ANEXO 18
PANEL FOTOGRAFICO

Figura 24

Extracción de materia prima de campo



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 25

Obtención de láminas en torno laminador



Figura 26

Obtención tamaño ideal de fibras en guillotina

**Figura 27**

Mineralización de fibras con cloruro de calcio (CaCl_2)



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 28

Secado de fibras en secado solar



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 29

Recolección de fibras secas de secado solar



Figura 30

Pesado de insumos para la elaboración de tableros de fibrocemento



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 31

Mesclado de Cemento y fibra en trompo mezclador



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 32

Vaciado y aplanado de mezcla cemento y fibra en el molde



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 33

Prensado de Tablero con prensa hidráulica



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 34

Fraguado de tablero fresco en molde - 48 horas (Endurecimiento de tablero).



Figura 35

Desmoldado de tableros con prensa Hidráulica



Figura 36

Diseño de distribución en tableros para muestras físico - mecánico

**Figura 37**

Corte en tableros de acuerdo de distribución de probetas para los ensayos físicos y mecánicos



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 38

Probetas de diferentes medidas para la evaluación de propiedades físicas en laboratorio



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 39

Toma de datos para determinación de propiedades físicas de las probetas



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 40

Determinación de Resistencia a la compresión del espesor de las probetas



Fuente: Asin W., Copara R.

Figura 41

Muestras después de someter a compresión del espesor

T0 (Cemento 100%)**T1 (Cemento 80% + Fibra 20%)****T2 (Cemento 70% + Fibra 30%)****T3 (Cemento 60% + Fibra 40%)****T4 (Cemento 50% + Fibra 50%)**

Figura 42

Determinación de Resistencia a la flexión estática de las probetas



Fuente: Asin W., Copara R.

ANEXO 19

Informe técnico de análisis de muestras de fibras mineralizadas (determinación de propiedades químicas).



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Departamento Académico de Industrias Forestales
 Área de Transformación Química-Laboratorio de Pulpa y Papel

INFORME TÉCNICO: ANÁLISIS DE MUESTRAS
N° 010/05-2021-LPP

Fecha 26 de Julio del 2021

ENSAYOS SOLICITADO POR: RONAL COPARA TUNQUI, WILBER ASIN LOAYZA
PRODUCTO: 01 muestra de fibras de madera mineralizada de nombre Apeiba membranacea Spruce ex Benthm

ACONDICIONAMIENTO DE LABORATORIO: NTP-ISO 187-2001

RESULTADOS: PROPIEDADES

ENSAYO	Método	%
Lignina	TAPPI T222	20,11
Holocelulosa	Jayme-Wise	71,83
Celulosa	Kurschner-Hoffner	46,65
Hemicelulosas	Jayme-Wise	25,18
Extractivos	TAPPI T204 cm-17	1,47
Cenizas	TAPPI T413-om93	2,74



Rocío Guzmán Loayza
 Lic. Quim. ROCÍO GUZMÁN LOAYZA, Mg. Sc.
 Responsable
 LABORATORIO DE
 PULPA Y PAPEL
 CQ 942



ANEXO 20

Informe técnico de análisis de muestras de fibras mineralizadas (determinación de propiedades físicas).



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
Departamento Académico de Industrias Forestales
 Área de Transformación Química-Laboratorio de Pulpa y Papel

INFORME TÉCNICO

N° 013/06-2021-LPP

FECHA

26 de Julio de 2021

ENSAYO SOLICITADO

RONAL COPARA TUNQUI, WILBER ASIN LOAYZA

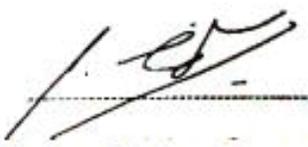
REFERENCIAFibras de madera mineralizada de nombre Apeiba membranacea Spruce ex Benthm, Muestras de medidas aproximadas de 0,9(a)x 5(l)x 0,07(e) cm³**RESULTADO**

Los resultados de la muestra referenciada se presentan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de la muestra

	Método	Unidad	Valor
Humedad	NTP 251.010	%	9,8
Densidad	NTP 251.011	g/cm ³	0,36
Absorción (24h)	NTP 251.012	%	129
Hinchamiento vol. (24h)	NTP 251.012	%	7,7

*El presente informe técnico es válido sólo para la muestra analizada


 Ing. Aldo Joao Cárdenas Oscanoa, Mg.Sc.
 Laboratorio de Pulpa y Papel (e)
 CIP 106039



ANEXO 21

Certificado técnico de análisis de muestras de probetas (determinación de propiedades mecánicas).

GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L

CERTIFICADO TÉCNICO DE TRABAJOS EN LABORATORIO

FECHA: 25 de septiembre del 2021

ENSAYOS REALIZADOS POR:

Ronal Copara Tunqui - DNI: 70390192; Wilber Asin Loayza - DNI: 73350427

NORMAS:

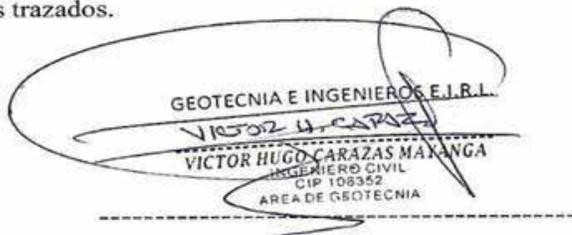
DIN 53291-52362

REFERENCIA:

Evolución de propiedades mecánicas de tableros de fibrocemento: Compresión al espesor y flexión estática.

TRATAMIENTO	T0	T1	T2	T3	T4
PROPORCIONES DE LA MEZCLA CEMENTO – FIBRA	Cemento 100%	Cemento 80% + fibra 20 %	Cemento 70% + fibra 30%	Cemento 60% + fibra 40%	Cemento 50% + fibra 50 %
NUMERO/ MUESTRAS COMPRESIÓN AL ESPESOR	12	12	12	12	12
NUMERO/ MUESTRAS FLEXIÓN ESTÁTICA	12	12	12	12	12

Dichos trabajos realizados en el presente laboratorio corresponde a la tesis titulada “Evaluación de aptitudes de las fibras de *Apeiba membranacea spruce ex benth* para la elaboración de tableros fibrocemento en el distrito las Piedras-Tambopata -Madre de Dios”. Para cumplir con los objetivos trazados.



 GEOTECNIA E INGENIEROS E.I.R.L.

 VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

 INGENIERO CIVIL

 CIP 108352

 AREA DE GEOTECNIA

ING. VICTOR HUGO CARAZAS MAYANGA

GERENTE

Puerto Maldonado: Jr. Cusco 138 E-mail: victorhugocarazas@hotmail.com
 RUC: 20490031961

ANEXO 22

**Informe técnico de identificación taxonómica de especies (*Apeiba membranacea* Spruce
ex Benth) en campo y gabinete**

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES DE FLORA SILVESTRE

"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"
"MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD DEL PERU"

**INFORME DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECIES
DE FLORA SILVESTRE (EN CAMPO Y GABINETE)**

El que suscribe, **Ing. WALTER FLORES CASANOVA**, especialista Forestal en identificación taxonómica de especies de flora silvestre, con licencia **LIC-ES-2016-009**, con experiencia en proyectos de investigación taxonómica a nivel Regional, con CIP de N° 114147, Registrado en el Colegio de Ingenieros del Perú.

CERTIFICA: Que los Bachilleres Ronal Copara Tunqui y Wilber Asin Loayza están elaborando la Tesis Titulada: "Evaluación de actitudes de las fibras de *Apeiba membranacea* ex Benth para la elaboración de tableros fibrocemento en el Distrito las Piedras Tambopata Madre de Dios". Donde el espécimen vegetal fue evaluado en pie y talado con fines de estudio científico, cual fue identificado y registrado en campo la cantidad de 04 individuos distribuidos en un 01 género y una 01 especie perteneciente a una 01 familia. Luego la especie, fue identificado y corroborado en gabinete por medio de Guías y Catálogo de Angiospermas y Gimnospermas del Perú de Luis Brako and James L. Zarucchi (1996), y acorde al APG IV (Angiosperm Phylogenetic Group, 2016).

Lo cual se **CERTIFICA** a la especie *Apeiba membranacea* ex Benth está debidamente colectado y procesado, por ende está garantizado su identificación con fines de estudio científico para los Bachilleres que están realizando su Tesis para optar el grado de Ingenieros Forestales



.....
Ing. WALTER FLORES CASANOVA
LIC-ES-2016-009