UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

EFECTO DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE TABLEROS ENLISTONADOS SIN REPLACAR ELABORADOS CON RESIDUOS DE LA INDUSTRÍA DEL ASERRÍO

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO FORESTAL

AURORA ALILI CABRERA RAMIREZ

Pucallpa, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 458/2023-UNU-FCFyA-CGyT

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 10:30 horas del día martes 05 de diciembre de 2023, de acuerdo con el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, que fueron designaron mediante Memo Múltiple Nº 082-2023-UNU-FCsFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera	Presidente
Dra. María Angélica Flores Romayna	Miembro
Dr. Isaías Alberto Salinas Andrade	Miembro

Se procedió a la evaluación de la sustentación de la tesis Titulada: **"EFECTO DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE TABLEROS ALISTONADOS, SIN REPLACAR ELABORADOS CON RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO"** presentado por la Bachiller **AURORA ALILI CABRERA RAMIREZ**; asesorado por el Ing. M.Sc. Moisés Torres Velasco. Finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD,** recomendando su publicación previo levantamiento de las observaciones, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**. A las 11:30 a.m se dio por concluido el acto académico, firmando los miembros del jurado en señal de conformidad.

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Dr. Isaías Alberto Salinas Andrade
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito parcial para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera



Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna



Miembro

Dr. Isaías Alberto Salinas Andrade



Miembro

M.Sc. Moisés Torres Velasco



Asesor

Bach. Aurora Alili Cabrera Ramirez



Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº **V/0182-2023**.

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el Informe final de tesis, titulado:
"**EFECTO DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE TABLEROS ENLISTONADOS SIN REPLACAR ELABORADOS CON RESIDUOS DE LA INDUSTRÍA DEL ASERRÍO**"

Autor(es)	:	**CABRERA RAMIREZ, AURORA ALILI**
Facultad	:	**CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES**
Escuela	:	**ING. FORESTAL**
Asesor(a)	:	**Mg. TORRES VELASCO, MOISES**

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud 8%.**
En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.
En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia

Fecha: 28/03/2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI Dirección General de Producción Intelectual

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, AURORA ALILI CABRERA RAMIREZ

Autor de la tesis titulada : "EFECTO DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA EN LAS PROPIEDADES FISICAS Y RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE TABLEROS ENLISTONADOS SIN REPLACAR ELABORADOS CON RESIDUOS DE LA INDUSTRIA DEL ASERRÍO"

Sustentada el año: 2023

Asesor(a): M. Sc. MOISES TORRES VELASCO

Facultad: CIENCIAS FORESTALES y AMBIENTALES

Escuela Profesional: INGENIERÍA FORESTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 05 / 12 / 2023

Email: ing.alilicabrera@gmail.com Firma: 

Teléfono: 920012199 DNI: 45637207

DEDICATORIA

Se lo dedico a Dios por el privilegio de la vida.

A mis padres que desde niña me apoyan para lograr mis objetivos personales y profesionales.

A mis hermanos que siempre están conmigo en las buenas y en las malas. Compartir vivencias desde niños.

A mi hijo, mi fuerza de superación, todo lo que hago lo hago por él. Ser un ejemplo para que pueda superarse más adelante.

AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por sus enseñanzas y la formación académica.

Al Ing. Msc. Moisés Torres Velasco, en calidad de asesor principal de este trabajo, por sus sugerencias y apoyo en cada etapa de la investigación.

A los jurados evaluadores del trabajo de investigación, sus aportes y sugerencias fueron fundamentales para encaminar el desarrollo de la tesis.

Al personal de carpintería y laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali, por la colaboración en la elaboración de los tableros enlistonados, probetas y ensayos físico mecánicos.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIA……vi
AGRADECIMIENTO vii
RESUMEN xi
ABSTRACT xii
INTRODUCCION xiii
CAPITULO I 1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1
MARCO TEORICO 4
2.1. Antecedentes del problema 4
2.2. Planteamiento teórico del problema 6
CAPITULO III 29
METODOLOGÍA 29
3.1. Método de investigación 29
3.2. Población y muestra 29
3.3. Procedimiento para la recolección de datos 30
CAPITULO IV 39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 39
CAPITULO V 55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 55
BIBLIOGRAFÍA 57
ANEXOS 62

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. *Características de la Cola Extra*……31

Tabla 2. *Características del Torquímetro KING TONY 34323 – 2C*……*32*

Tabla 3. *Análisis de correlación y regresión* 38

Tabla 4. *Valores promedios de las propiedades físicas de tableros enlistonados elaborados con 3 especies forestales diferentes.* 39

Tabla 5. *Valores promedios de flexión estática de tableros enlistonados elaborados con tres especies forestales.* 43

Tabla 6. *Correlación entre las variables densidad básica y propiedades físicas y flexión estática.* 46

INDICE DE FIGURAS

Figura *1*. Partes del tablero. 9

Figura *2*. Solicitaciones de las uniones adhesivas. 13

Figura *3*. Flujo de fabricación del tablero alistonado 155

Figura *4*. Cola Extra 31

Figura *5*. Torquímetro 32

Figura 6. Esquema de elaboración de probetas 33

Figura *7*. Análisis de correlación y regresión de las variables 47

Figura *8*. Análisis de correlación y regresión de las variables 48

Figura *9*. Análisis de correlación y regresión de las variables 49

Figura *10*. Análisis de correlación y regresión de las variables 50

Figura *11*. Análisis de correlación y regresión de las variables densidad 52

Figura *12*. Análisis de correlación y regresión de las variables 53

Figura *13*. Análisis de correlación y regresión de las variables 54

RESUMEN

Frente a la generación de grandes volúmenes de residuos de industrias forestales en el país y en la región de Ucayali es necesario plantear productos alternativos que brinden o prolonguen el uso de estos residuos, por lo cual el objetivo fue determinar el efecto de la densidad básica de la madera en la propiedades físicas y flexión estática de los tableros enlistonado. La metodología fue de tipo aplicada utilizando un análisis de varianza unifactorial, como niveles factoriales al Chontaquiro, Almendro y Aucatadijo. Los materiales fueron la madera, cola extra, prensa y las NTP (normas técnicas peruanas). Los resultados indican que existe una relación altamente significativa directamente proporcional entre la densidad básica de la madera y las propiedades físicas del tablero enlistonado como la densidad seca al aire y densidad anhidra. Una relación inversamente proporcional con la absorción de agua en 12 horas y 24 horas; hinchamiento volumétrico en 12 horas y 24 horas; y la expansión lineal (largo, ancho y espesor). También existe una relación altamente significativa directamente proporcional entre la densidad básica de la madera y el módulo de ruptura y elasticidad de los tableros enlistonados. Finalmente se concluye que de acuerdo a los valores el tablero enlistonado elaborado con la especie Chontaquiro presenta mejores cualidades físicas y mecánicas.

Palabras clave: tablero enlistonado, absorción de agua, hinchamiento volumétrico, expansión lineal, NTP, flexión estática, propiedades físicas.

ABSTRACT

Faced with the generation of large volumes of residues from forest industries in the country and in the Ucayali region, it is necessary to propose alternative products that provide or prolong the use of these residues, for which the objective was to determine the effect of the basic density of the wood in the physical properties and static bending of the lath boards. The methodology was applied using a unifactorial analysis of variance, as factorial levels to Chontaquiro, Almendro and Aucatadido. The materials were wood, extra glue, press and the NTP (Peruvian technical standards). The results indicate that there is a highly significant direct proportional relationship between the basic density of the wood and the physical properties of the lath board such as air-dry density and anhydrous density. An inversely proportional relationship with water absorption in 12 hours and 24 hours; volumetric swelling at 12 hours and 24 hours; and linear expansion (length, width and thickness). There is also a highly significant direct proportional relationship between the basic density of the wood and the modulus of rupture and elasticity of the glulam boards. Finally, it is concluded that according to the values, the lath board made with the Chontaquiro species has better physical and mechanical qualities.

Keywords: lath board, water absorption, volumetric swelling, linear expansion, NTP, static bending, physical properties.

INTRODUCCION

Las industrias de transformación primaria y secundaria producen residuos de madera que los empresarios no saben qué hacer con ellas, y que en su mayoría termina expuesta al ambiente fomentando la contaminación, por lo cual la humanidad exige la reutilización de estos residuos generando nuevas ideas que aporten soluciones inmediatas.

En la región de Ucayali, una zona potencialmente maderable se trabaja con diversas especies con múltiples fines como las construcciones, carpintería, ebanistería, artesanía, etc. Todas estas actividades generan también residuos como cantoneras o largueras que pudieran ser aprovechados en otros productos. Uno de los productos que se puede elaborar utilizando residuos son los tableros enlistonados o alistonados o tripak recuperando en parte lo que se va a desperdiciar. En la presente investigación se trabajará con residuos de las especies de Almendro, Chontaquiro y Aucatadijo ya que son especies donde se los encuentra en los centros de transformación primaria y secundaria.

Bajo ese contexto es necesario complementar estudios utilizando las maderas que han sido procesadas en las industrias locales de la ciudad. Por ejemplo, Martínez et al., (2020), determinaron el uso de tableros enlistonados utilizando especies de pino (*Pinus radiata*) y pigue (*Piptocoma discolor*) en donde concluyeron que estos productos son rígidos y que se debe de dar un uso adecuado, además de ser un material duradero

Para analizar el trabajo de investigación es necesario aplicar métodos estadísticos como el análisis de varianza factoriales, en este caso de las especies forestales como el Chontaquiro, Almendro y Aucatadijo. Para obtener datos de las propiedades físicas y mecánicas de manera ordenada se utiliza los procedimientos

según las normas técnicas peruanas (NTP), cuya norma indica las medidas de las probetas y procedimientos a realizar con ellas.

Toda esta información permitirá conocer el efecto de la densidad básica en las propiedades físicas y flexión estática de los tableros enlistonados, para posteriormente usar correctamente ya sea como muebles o para interiores de viviendas y otros. Es por eso que se determinó las propiedades físicas y flexión estática de los tableros enlistonados elaborados con las 3 especies antes mencionadas.

El presente informe esta ordenado por los siguientes capítulos para su mejor entendimiento:

Capítulo I: el planteamiento del problema

Capitulo II: marco teórico

Capitulo III: metodología

Capitulo IV: resultados y discusiones

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema de investigación

La contaminación generada por las empresas industriales ha sido un problema serio a lo largo de la historia, Gonzáles et al., (2018). La industria de la madera tiene la característica de generar grandes volúmenes de residuos durante el proceso de explotación y elaboración de la misma (Álvarez, Dorado, & Fernández, 2010).

Hablar de residuos es relativo, lo que hoy es llamado residuos mañana puede ser materia prima si adquiere un valor en el mercado (Escriba, 2021). La utilización de estos puede constituir una solución no solo a los problemas medio ambientales que la incorrecta disposición de ellos ha provocado, sino que aporta mayor valor agregado a la madera en la industria forestal (Ortíz & Vásquez, 2004)

En la actualidad la utilizacion de los subproductos forestales tiene un alto grado de desaprovechamiento. El aserrín, virutas, despuntes, entre otros se almacenan en grandes cantidades o se quema en calderas sin poseer un mayor valor agregado o alcanzar una eficiencia energetica mayor (Soto & Núñez, 2008) citado por (Escriba, 2021).

La ciudad de pucallpa es una de las zonas mas importantes de la industria de la madera en donde se generan grandes cantidades de residuos en sus diferentes cadenas o actividades ya sea de primera o segunda transformacion. Esta acumulacion de residuos es un problema serio que solucionar, con la elaboracion de productos alternativos como los tableros enlistonados se reduciria parte de estos residuos. Todo producto tiene que garantizar por eso es necesario conocer las

propiedades fisicas del tablero que permita acertar su uso ya sea para exteriores o interiores de una construccion o trabajos de carpinteria.

En tal sentido el presente trabajo de investigación busca generar una serie de actividades que se pueden hacer con los tableros enlistonados conociendo en principio sus características físicas y resistencia a la flexión estática que permitan posteriormente acertar sus usos, mas aún fabricandolo con diferentes densidades básicas.

1.2. Formulación del Problema

En ese sentido se plantea el siguiente problema general y específico que se detallan a continuación:

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál es el efecto de la densidad básica de la madera en la resistencia a la flexión estática y propiedades físicas de tableros enlistonados sin replacar?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los valores de las propiedades físicas de tableros enlistonados elaborados con madera de especies forestales de diferente densidad básica?
- ¿Cuáles son los valores de resistencia a la flexión estática de tableros elaborados con madera de especies forestales de diferente densidad básica?
- ¿Cómo influye la densidad básica de la madera en las propiedades físicas y flexión estática de los tableros enlistonados?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- analizar el efecto de la densidad básica de la madera en la resistencia a la flexión estática y las propiedades físicas de tableros enlistonados.

1.3.2. Objetivos Específicos

- determinar los valores promedios de las propiedades físicas de los tableros enlistonados elaborados con madera de especies forestales de diferente densidad básica.
- Determinar la resistencia a la flexión estática de los tableros enlistonados elaborados con madera de especies forestales de diferente densidad básica.
- analizar la influencia de la densidad básica de estas tres especies en las propiedades físicas y flexión estática de los tableros enlistonados.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Martinez et al., (2020), en su trabajo de investigación “Propiedades mecánicas de tableros alistonados tricapa de pino y pigue de la empresa PISMADE S.A.”, cuyo objetivo fue determinar las propiedades en tableros tricapa de pino (*Pinus radiata*) y pigue (*Piptocoma discolor*) propiedad de la empresa PISMADE S.A. Los ensayos bajo procedimientos técnicos, con la utilización de normas internacionales, evaluándose 24 probetas pertenecientes a tableros alistonados tricapa, cada una de ellas de diferentes dimensiones para ensayos de flexión y compresión, proporcionados por la empresa. Se pudo comprobar las diferentes resistencias que soportan los tableros de estas especies, obteniendo valores de flexión y compresión tanto para pino y pigue apropiados para su utilización en la industria. La información generada considera a este material rígido y apropiado para su uso eficiente y duradero.

Londoño & Sepúlveda (2013)**,** en su trabajo de investigación “Los tableros alistonados: una alternativa para el sector del mueble y la madera en Pereira y Dosquebradas”. El artículo propone los tableros alistonados como una alternativa de materia prima para el Sector de la Madera y el Mueble en la región Pereira, Colombia. Los resultados indican que con estos tableros podemos mejorar las propiedades mecánicas e incluso el aspecto de la madera, lográndose un producto con mucha mayor calidad; así mismo es posible fabricar con tecnología apropiada y son un mercado con mucho potencial por sus aplicaciones en el campo de la ingeniería, en la arquitectura y en los diseño de productos.

Vila, Díaz & Portela (sf), en su trabajo “Comparación de cuatro alternativas en el proceso de producción de una fábrica de tablero de eucalipto”. El objetivo principal del proyecto básico se engloba en el diseño de una fábrica de producción de tablero alistonado de madera de Eucalipto, para fabricación de mesas. Dichas alternativas se refieren a la posibilidad de instalar dos tipos diferentes de prensa, continúa o no, dado que es este el punto que condiciona el volumen y la progresión final del proceso de producción. Además, se contempló una posible variación en la procedencia de la materia prima, pudiendo partir de materia prima verde o por el contrario de madera seca. En cualquiera de las combinaciones siempre se cumplirá el volumen de producción impuesto de partida por el promotor.

Cabrera & Minda (2019), en su trabajo “ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TABLEROS DE TECA ALISTONADOS LISTOS PARA SU USO EN LA EBANISTERÍA”. El objetivo del presente documento fue diseñar modelo de negocio sostenible de una planta procesadora y comercializadora de tableros alistonados de Teca, listos para su uso, en la ebanistería, en el cantón Balzar, de la provincia del Guayas. La elaboración de tableros alistonados es una propuesta innovadora en Ecuador, donde las trozas que no tienen las características para exportación se venden a ebanistas que procesan lo que pueden para hacer tablas de tamaños no uniformes. Los datos por utilizarse se obtuvieron de fuentes primarias como encuestas y entrevistas a expertos. En términos de cantidad de madera de Teca en m3, el nivel de compra podría llegar a 429 m^3 de madera al mes. De las entrevistas a los ebanistas se pudo cuantificar que 313,6 m^3 de madera de Teca es comprada a intermediarios, lo que implica mayores costos para ellos. Según los indicadores financieros el proyecto es rentable pues se obtuvo indicadores de rentabilidad, TIRF (39,93%), y el VAN ($176.048,53), que demuestran que el

proyecto es viable. Para estos cálculos se consideró un préstamo por $175.000,00, al inicio del proyecto. La recuperación de la inversión es menor de tres años. Lo que dice de un proyecto relativamente atractivo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Nieto (2019), en su trabajo de investigación Resistencia de la línea de cola en uniones de cantos lisos para tableros alistonados con *Guazuma crinita* C. Marttius, proveniente de Raleo, Pucallpa-Ucayali. El objetivo fue evaluar el efecto de dos gramajes con el adhesivo acetato de polivinilo (PVA) de tipo D3 y dos intensidades de presión sobre la línea de cola en uniones de cantos lisos para tableros alistonados con *Guazuma crinita*, proveniente de una plantación de 5 años. Investigación de tipo aplicada. Utilizaron las normas: NTP 251.013:2015 y NTP 251.086:2015. El valor más alto de resistencia al cizallamiento sobre la línea de cola fue 58,73 Kg/cm^2 y para tracción perpendicular de 21,55 Kg/cm^2 ; ambos valores del Tratamiento 1. Se concluye que la resistencia de la madera encolada de *G. crinita* es similar a la madera sólida.

2.2. Planteamiento teórico del problema

2.2.1. Tableros enlistonados

Keil & Spavento (2009)**,** definen de la siguiente manera:

Tableros alistonados: Son los formados por listones de madera, de longitudes iguales o diferentes, encolados entre sí por medio de un adhesivo, siendo el grosor y la anchura de los listones iguales dentro del mismo tablero.

Tableros de alma alistonada: Son los formados por un alma de listones, de longitudes iguales o diferentes, encolados o no entre sí. El alma está cubierta por una o más chapas encoladas a ella en contramalla, que constituyen las caras.

Tableros ensamblados: Son los formados por tablas machihembradas o lengüeteadas de canto, pudiendo ir estas uniones, además de ensambladas, encoladas. En la industria se les conoce generalmente como tableros de madera.

2.2.2. Materiales para realizar tableros alistonados

Madera: La Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de las Madera **"**AITIM" (2015), la madera que se utiliza para la fabricación de tableros enlistonados debe cumplir el requisito de aptitud al encolado y las piezas de madera que se pueden utilizar para fabricar los distintos tipos de tableros son la tablilla, tabla, listón, cuadrillo y tablón.

Adhesivo: las colas habitualmente utilizadas en la fabricación de tableros alistonados son de 3 tipos: urea formol (para interiores), fenol formaldehído (para exteriores) y adhesivos de acetato de povinílicas (para interiores) de clase D3 o D4. A pesar de que podrían emplearse poliuretanos, fenólicos y epoxi, sus dificultades técnicas de aplicación y su coste no las hacen recomendables. Atendiendo a los tipos de cola, el tablero podrá ser utilizado al exterior o al interior, pudiéndose realizar tratamientos superficiales o en masa para usos especiales en ambientes agresivos, Asociación de Productores Forestales de Ucayali

"APROFU" (2014). Dependiendo de las características y de las propiedades del tablero se pueden utilizar, entre otros, adhesivos de Acetato de Polivinilo (para interiores), Urea formol (para interiores) o Fenol formaldehído (para exteriores) AITIM (2015).

Recubrimiento: aunque se suelen dejar vistas las piezas de madera que forman el tablero, en algunos casos se revisten las caras y contracaras con chapas

de madera, revestimientos plásticos, papel impregnado en resinas sintéticas y pintura. (APROFU, 2014).

Salvador (2020), menciona que la materia prima son la madera deformada, madera con defectos, maderas muy cortas o muy angostas, maderas que presentan defectos de espesor, polines de laminado rotativo, cuartones de laminado plano y desechos de aserrío. Los paneles pueden ser de cualquier especie, pero las especies blandas serán destinadas para el panel clásico, mientras que las maderas duras a los paneles no replacados o tableros macizos.

2.2.3. Tipos de paneles

Salvador (2020)**,** menciona que puede ser de dos tipos:

Paneles clásicos: estas pueden ser replacados por una cara o por las dos caras.

Paneles no replacados o paneles macizos: este tablero se fabrica de cualquier madera es decir pegando listones a tope entre sí.

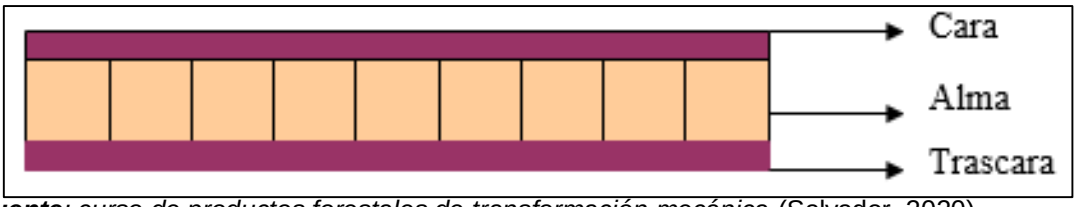
Los tableros pueden estar constituidos de uno o dos partes dependiendo del tipo de tablero:

La base o alma o núcleo: está conformada por listones de madera del mismo ancho y del mismo espesor, pero de diferentes longitudes, encolados entre ellos.

Las caras: están constituidas de láminas y pueden estar revestidos por una o ambas caras, con chapas de laminado de movimiento circular o eventualmente de un panel contrachapado delgado.

Figura 1

Partes del tablero



***Fuente**: curso de productos forestales de transformación mecánica* (Salvador, 2020).

2.2.4. Propiedades de los tableros enlistonados

Keil & Spavento (2009) citado por (Lozano, 2022)**,** mencionan las siguientes propiedades:

Contenido de humedad: va depender del ambiente en que vaya a ser utilizado:

- Ambiente seco: 8+/- 2%
- Ambiente húmedo: 10+/- 3%
- Exterior: 12+/- 3%

Densidad aparente: va ser igual a la de la madera que lo está formando.

Estabilidad dimensional: al estar formado por piezas de escuadría pequeña y encolados con adhesivos que establecen una unión mayor entre los listones que las propias fibras dentro del listón, es un producto estable, con una dependencia mucho menor de las especies con respecto a una pieza de madera enteriza.

Resistencia a la humedad: es muy buena en tableros fabricados para ser utilizados en el exterior.

Conductividad térmica: Los valores de la conductividad térmica (Kcal/mh ºC = W/(m×K)) están en función de la densidad del tablero (kg/m³). Así, un valor de 0,09

se corresponde para una densidad de tablero de 300 kg/m³; un valor de 0.13 para densidad de tablero de 500 kg/m³; un valor de 0.17 para densidad de tablero de 700 kg/m³ y un valor de conductividad térmica de 0,24 para tableros con una densidad de 1000 kg/m³.

Aislamiento acústico: La capacidad del tablero para ser usado como un material aislante acústico depende en mayor medida del tipo de construcción y la forma en que se instale, ya que los valores de conductividad acústica dependen de la madera que lo formen, pero se pueden mejorar por diseño de las instalaciones.

Reacción al fuego: a) Clasificación española - Epirradiador: varía en función del espesor y especie, normalmente M-4, a veces M-3 si son superiores a 14 mm; con tratamientos ignifugantes M-1 y M-2. b) Euroclases - SBI: espesores superiores a 12 mm con una densidad mínima de 400 kg/m³, D-s2, d0; DFL-s1. c) con tratamientos ignifugantes mejoran sus prestaciones.

Comportamiento frente a los agentes biológicos: El comportamiento frente a los agentes biológicos degradadores está, al igual que para la madera maciza, en función de las clases de riesgo en que se encuentren instalados, pueden ser degradados por hongos xilófagos, insectos xilófagos de ciclo larvario e insectos xilófagos sociales (termitas). Su comportamiento se puede mejorar mediante su protección superficial, media o profunda.

Conductividad eléctrica: Del mismo modo que la madera maciza, en estado seco es un material con excelentes características de aislación eléctrica.

Acción de los rayos ultravioletas: La acción de los rayos UV puede provocar la rotura de las fibras. Su comportamiento se puede mejorar mediante su

protección superficial, media o profunda, con productos tipo barnices, lacas o lasures con protectores de UV o con pinturas pigmentadas.

Arranque de los rayos ultravioletas: La aptitud del tablero para la retención de clavos y tornillos está en función directa de la especie que forme el tablero.

Marcas de calidad: El sello de Calidad AITIM exige que el fabricante tenga implantado un control interno de fabricación. Incluye la realización de dos inspecciones anuales, en las que se recogen muestras para sus ensayos y se comprueba la realización del control interno de fabricación.

2.2.5. Propiedades mecánicas

La experimentación es el principal medio para conocer las propiedades mecánicas, tanto de la madera como la de las uniones, mediante ensayos que se aplican al material, y que determinan los diferentes valores de esfuerzos a los que puede estar sometida (Acevedo, 2006).

Poblete & Cuevas (1998), afirman que valores que muestran las uniones sometidas a los diferentes tipos de ensayos mecánicos muestran valores que están directamente relacionados con la especie forestal en estudio. La determinación de las pruebas mecánicas de tracción y cizalle en el caso de encolado de piezas de madera para tableros alistonados son los métodos que mejor indican la influencia del adhesivo en la unión.

Apablaza (2006), menciona que se produce una deformación paulatina cuando la carga aplicada a un cuerpo aumenta. Se puede representar gráficamente por una recta, la relación entre la carga aplicada y la deformación que sufre un cuerpo, hasta el punto donde se inicia el límite elástico del material ensayado. Cuando la carga resulta mayor a la del límite elástico, la pieza continúa

deformándose hasta colapsar, obteniendo la tensión de rotura de la pieza de madera. Los principales defectos de la madera que mayormente inciden sobre las propiedades mecánicas de la madera son: Nudos, grietas, rajaduras, granos o fibra desviada, pudrición, perforación y colapso. Otros defectos propios de la madera que influyen en menor grado en su resistencia son: resina en la pieza de madera, acebolladuras, alabeos, grietas (secado), médula y canto muerto. Otros defectos que las piezas de madera a encolar pueden presentar son: Escuadría irregular, mal cepillado, etc.

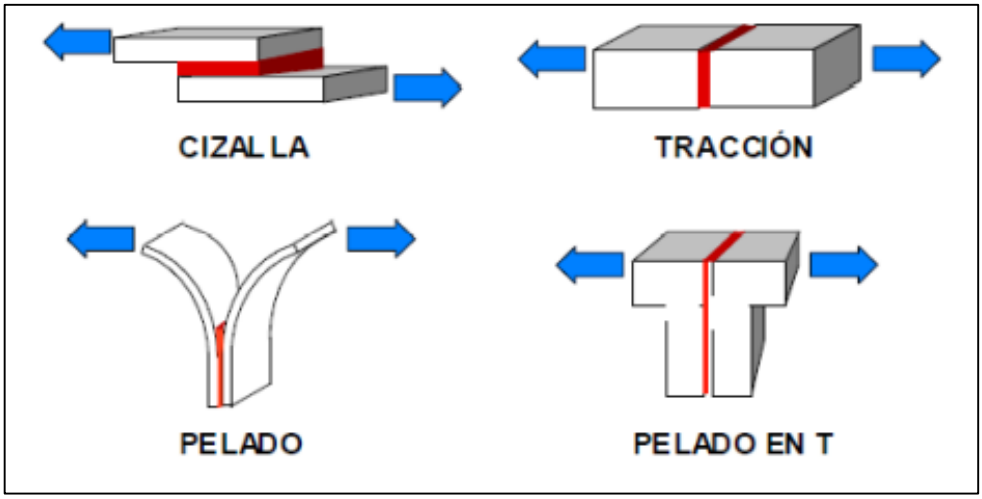
Cuando se emplean adhesivos es importante tener conocimiento de los esfuerzos a los que va estar sometido el ensamblaje y obtener una óptima unión adhesiva. En ciertos casos es viable proceder mediante determinadas reglas empíricas para diseñar y obtener adhesiones correctas. Aun así, cuando los esfuerzos son complejos es indispensable tener en cuenta todos los factores que pueden influir en la resistencia de la línea de cola (Madrid, 2005).

En conclusión, en la práctica se debe tener claro el tipo de adhesivo que se debe emplear para garantizar que se obtengan los resultados esperados en la unión encolada y que ésta pueda soportar la magnitud de las tensiones que se esperan durante el servicio del ensamblaje. Las tensiones no solo aparecen como consecuencia directa de transmitir fuerzas, sino que también se pueden dar por la aparición de fenómenos secundarios que acompañan a los cambios de temperatura. Los esfuerzos mecánicos actúan sobre los conjuntos ensamblados como esfuerzos de tracción, de compresión, de flexión, de torsión y de cortadura, provocando así las tensiones. Esquemáticamente, podemos hablar de los siguientes tipos de solicitaciones sobre las uniones adhesivas:

- Esfuerzos normales: de tracción y de compresión.
- Esfuerzos de cortadura o cizalla.
- Esfuerzos de desgarro.
- Esfuerzos de pelado (Madrid, 2005)

Figura 2

Solicitaciones de las uniones adhesivas



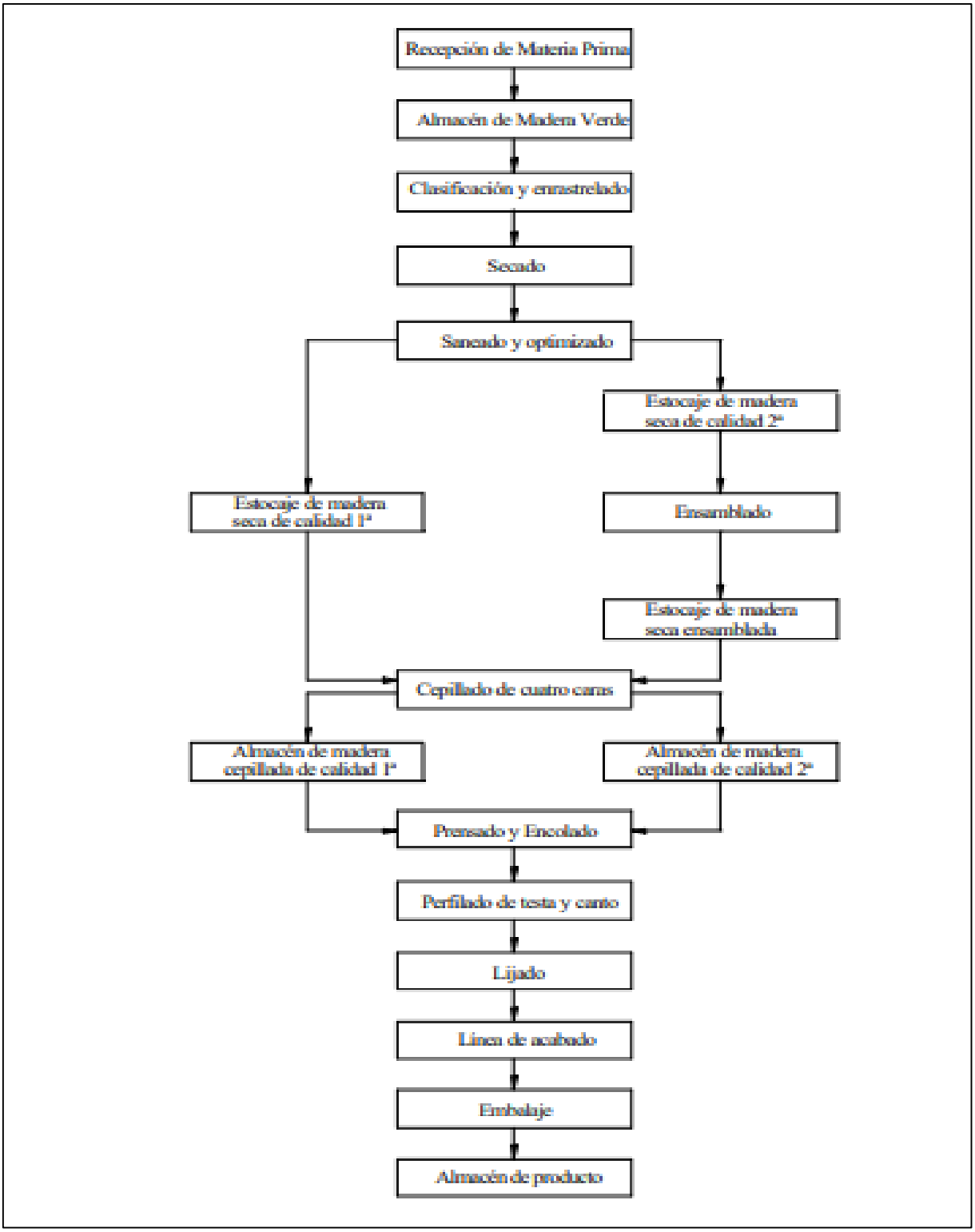
2.2.6. Proceso de elaboración de los tableros alistonados

Como norma general el CH% de los listones debe situarse entre el 8% al 12% para tableros destinados a mobiliario y carpintería. Luego se procede al saneamiento de defectos de las piezas Una vez que las piezas han sido saneadas de defectos y clasificación por longitudes, los elementos de menor longitud deben ensamblarse longitudinalmente hasta formar laminas con longitud del tablero. El pegado de los listones suele realizarse mediante diferentes ensambles siendo los más comunes el dentado y el de cantos lisos, para mejorar la resistencia de la unión. Es necesario perfilar las cuatro caras de cada uno de los listones que constituirán el tablero antes de proceder al armado y encolado. Para garantizar un buen encolado los listones

deben presentar las superficies lisas, sin presencia de marcas ni polvo producidas por las cuchillas de cepillado. Finalmente se realiza el encolado de listones y el montado del tablero, y posteriormente se procede al prensado. La aplicación de la presión se realiza en dos planos (perpendicular y paralelo a las caras del tablero) con valores de referencia comprendidos entre 5-10Kg/cm^2. El tiempo de prensado depende de factores como el tipo de cola, espesor de tablero y temperatura. Tras el fraguado de la cola, cuya duración vendrá en la ficha técnica del adhesivo, los tableros deben acondicionarse durante 24-36 horas a una temperatura ambiente próxima a 20°C. La última fase del proceso de fabricación consiste en el encuadrado y lijado del tablero. El lijado permite eliminar irregularidades superficiales del tablero para luego calibrar su grosor. En general se recomienda aplicar unos valores de sobre espesor de hasta 3mm en tableros destinados a mobiliario y de 2 mm en construcción. El almacenamiento de los tableros alistonados se realiza en disposición horizontal, en bloques de 30 o más unidades, sobre rastreles dispuestos adecuadamente para evitar abarquillados u otras posibles deformaciones. Las dimensiones más habituales son 97, 100, 197 y 200 cm de longitud, 50 cm de anchura, y un grosor de 27 a 22mm.La clasificación de los tipos de tableros alistonados existente en el mercado es de acuerdo al uso (interior o exterior), tipo de superficie exterior (lijados, con nudos, recubiertos, etc) y dimensiones (García & De Palacios, 2000).

Figura 3

Flujo de fabricación del tablero alistonado



Fuente: Comparación de cuatro alternativas en el proceso de producción de una fábrica de tablero de eucalipto (Vila, Díaz, & Portela, sf)

2.2.7. Factores que influyen en la unión adhesiva

2.2.7.1. De la madera

En el proceso de encolado son numerosas las propiedades de la madera que pueden favorecer o dificultar la penetración del adhesivo en la madera tales como: la densidad y el contenido de humedad. Más aún cuando se requieren uniones de larga vida útil es relevante considerar otros factores como: contracción, hinchamiento, pH y rugosidad de la madera (Henkel, 2004).

Densidad

Las maderas menos densas presentan una buena adhesión mecánica por el mayor volumen de espacios libres que facilitan la penetración del adhesivo. (Frihart & Hunt, 2010), señalan que para las maderas de alta densidad que poseen paredes celulares gruesas y diámetros del lumen más pequeños, por lo cual, los adhesivos no penetran fácilmente, limitando el anclaje mecánico. De la misma manera, se requiere de una mayor presión para lograr un buen contacto entre las superficies de madera y el adhesivo.

Contenido de humedad

Frihart & Hunt (2010), afirman que el cambio dimensional de la madera tiene un amplio alcance e importantes consecuencias sobre el desempeño de las uniones adhesivas. El daño en la unión adhesiva puede ocurrir cuando el cambio en el contenido de humedad, en piezas adyacentes de madera, tiene diferentes contracciones o hinchamientos. Esto se puede producir cuando las especies son diferentes, existen presencia de albura y duramen, o presencia de madera juvenil, o diferentes tipos de grano. La tensión generada por los cambios dimensionales puede ser minimizada, elementos con contenidos de humedad cercanos al equilibrio de

servicio. Los mismos autores afirman que las propiedades óptimas del adhesivo ocurren cuando la madera está entre CH de 6 y 14% para maderas con bajos contenidos de humedad. En el caso de la madera con alto contenido de humedad, también es difícil de unir con adhesivos solubles en agua, debido a que el agua y los elementos de bajo peso molecular del adhesivo migran con mayor dificultad dentro de paredes celulares húmedas que en paredes secas; dejando al adhesivo más líquido y propenso a salir cuando la presión de prensado es aplicada.

El contenido de humedad de la madera influye de manera directa y diferente en la unión adhesiva según el tipo de adhesivo utilizado. Por otra parte, al encolar madera con CH% demasiado bajos, o bien al encolar madera anhidra también se genera una unión defectuosa causada por uno o la combinación de los siguientes fenómenos: - Formación de una unión muy débil, debido a la absorción exagerada del adhesivo producto de la gran cantidad de espacios libres en la madera, efecto que va acompañado por una desaparición de la línea de cola.

Fallas del encolado, cuando al alcanzar la humedad en equilibrio la madera puesta en servicio termine hinchándose. - La unión adhesiva absorbe humedad del ambiente por ende el adhesivo también, cambiando las propiedades que tenía estando fraguado. - Es de importancia recordar que cuanto más delgada sea la pieza de madera a encolar, habrá un mejor control de la humedad de ésta. El CH% óptimo de la madera para un adecuado encolado debe oscilar entre 8 – 12 % (Hernández, 2004).

Tout (2000), demostró que el contenido de humedad es un factor muy importante en la unión de la madera con el adhesivo, debido que cuando mayor es el contenido de humedad de madera menor es la resistencia del adhesivo en la unión

de las tablas, medida esta resistencia en N/mm2 y trabajando con resinas de Polivinilo de acetato (PVA). El mismo debe ser situado entre 10 % y 12 %.

Davis (1997), estudió que el contenido de humedad (CH%) óptimo de una especie de madera a ser utilizada para la fabricación de tableros debe rondar entre 8 % y 12 %, mayores porcentajes de CH hacen que la resistencia del adhesivo decaiga bruscamente.

Calidad de superficies

El deterioro físico de la superficie, como cuando las superficies están dañadas (fisuradas o aplastadas) no pueden formar una unión resistente. De la misma manera, las superficies a unir deben estar libres de barnices, exudaciones, grasas, suciedad y otros residuos, los cuales interfieren con el flujo, penetración, fraguado del adhesivo y la resistencia cohesiva de la unión. Con relación a la rugosidad superficial, cuando la superficie de dos sólidos se junta, no se encuentran en íntimo contacto, debido a que todas las superficies son rugosas a nivel microscópico. Cuando superficies altamente rugosas, son unidas, la presión aplicada se distribuirá de manera irregular a lo largo de la línea de unión; como resultado, el adhesivo fluirá de las áreas de muy alta presión a las zonas con menos presión resultando en una línea de cola con espesor muy variable (Frihart & Hunt, 2010).

Extractivos

Conforme se incrementa la densidad de la madera o exista presencia de compuestos químicos extraños, la calidad adhesiva del pegamento resultará deficiente. Los extractivos, tales como resinas y aceites, sobre la superficie de la madera afectan el adecuado humedecimiento y penetración del adhesivo,

interfiriendo en el fraguado y polimerización del adhesivo (Frihart & Hunt, 2010) citado por (Lozano, 2022).

2.2.7.2. Del adhesivo

El éxito del encolado depende muchas veces de la correcta manipulación del adhesivo. Seleccionado el tipo de adhesivo en función a lo que se desea, es de importancia seguir adecuadamente las instrucciones y consideraciones del fabricante, para conseguir un correcto funcionamiento del adhesivo (Nieto, 2019).

Tiempo abierto

También llamado tiempo de reunión, según Henkel citado por (Viveros, 2007) se compone de dos partes: tiempo de reunión abierto, comprendido entre el esparcido y la unión de los sustratos y tiempo de reunión cerrado, entre la unión de los sustratos y la aplicación de las condiciones para el fraguado.

Viscosidad

Frihart & Hunt (2010), afirman que la viscosidad afecta fuertemente el humedecimiento, flujo, penetración, y particularmente la transferencia del adhesivo a las superficies opuestas de madera cuando es aplicada la presión de prensado a la junta. La viscosidad adhesiva depende del tipo de adhesivo, tipo y cantidad de solvente, edad de la mezcla adhesiva y temperatura. Después de la aplicación, la viscosidad del adhesivo cambia dependiendo de la cantidad de: adhesivo aplicado, especie, contenido de humedad y temperatura de la madera, temperatura y humedad del aire y evaporación del solvente. (Madrid, 2005), agrega que la viscosidad del adhesivo debe ser adecuada a la estructura, geometría y al estado de la superficie.

Esto significa que las irregularidades en la superficie deben ser rellenadas con el adhesivo, para asegurar que la totalidad del área a unir participe en la adherencia. Para mantener una viscosidad adecuada el adhesivo debe mantenerse entre 18° y 20° C de temperatura evitando de este modo un fraguado al interior del envase que aumente la viscosidad a valores inmanejables para un buen esparcido. Dependiendo del sistema de aplicación del adhesivo, éste requerirá de una determinada viscosidad, para lo cual el fabricante recomendará la viscosidad de acuerdo a las necesidades derivadas de su uso (Henkel, 2004).

Humectabilidad

El líquido adhesivo debe “humedecer” la superficie de la madera, fluyendo y penetrando dentro de la madera. Las moléculas del adhesivo tienen que llegar en contacto directo con las moléculas de la madera para proporcionar el mejor anclaje mecánico y atracción intermolecular. Las superficies de la madera pueden parecer ser suaves y planas, pero por ampliación microscópica muestran picos, valles, y pequeñas crestas con fibras levantadas. Tales condiciones de la superficie causan bolsas de aire y obstrucciones que evitan el completo humedecimiento de la unión (Frihart & Hunt, 2010).

Formación de piel

Los adhesivos termoplásticos como el PVA expuestos libremente al ambiente, tienden rápidamente a formar una piel (nata) superficial, la cual no es redispersable y puede ocasionar problemas, falta de uniformidad en la aplicación, baja humectación del sustrato, entre otros. Entre las instrucciones del adhesivo se recomienda siempre mantener siempre cerrado el envase con el adhesivo cuando

no se utilice, lo que contribuirá a evitar la contaminación del adhesivo con agentes externos.

Contenido de sólidos

Según la norma ASTM D 907-08 (2008) citado por (Nieto, 2019), el contenido de sólidos es el porcentaje en peso de la materia no volátil en un adhesivo, que queda luego que la materia volátil ha sido evaporada bajo un ambiente específico o condiciones aceleradas. Al respecto, la NTP 260.015 (2012) citado por (Nieto, 2019) indica que el porcentaje mínimo de sólidos para elaboración de mobiliario escolar es de 48%.

Aplicación y espesor de la capa de adhesivo

Frihart & Hunt (2010), indican que el propósito de extender el adhesivo es distribuir uniforme y adecuadamente el adhesivo sobre el área a unir, para que el pegamento fluya en una capa uniforme y delgada cuando se aplique la presión de prensado. La cantidad de adhesivo requerido dependerá de la especie de madera, calidad de superficie de la madera, contenido de humedad, tipo de adhesivo, temperatura y humedad del aire, tiempo de ensamble, y aplicación del adhesivo a una o ambas superficies.

Una buena unión no va ligada a una gran cantidad de adhesivo aplicado, recomendando un extendido de 150 g/m^2 a 200 g/m^2. En general las uniones finas, de poco espesor, además de ahorrar adhesivo, dan mayor resistencia final, menos riesgos de coloraciones y fraguado más rápido (Carrasco, 2005). El gramaje a emplear puede oscilar entre 150 y 250 gr/m^2 de superficie a encolar (Acevedo, 2006). Por otra parte, la cantidad de cola aplicada, normalmente está en un rango de 150-300 g/m^2 (Ballerini, 2005). Para garantizar líneas de cola homogéneas las

encoladoras y unir madera con madera para muebles o piezas de carpintería deben entregar entre 140 g/m^2 y 350 g/m^2 (Marín, 2010).

2.2.7.3. Presión

Frihart & Hunt (2010), mencionan que la presión de prensado ayuda al adhesivo a penetrar en la superficie de la madera forzándolo a fluir sobre las superficies, desplazando bloqueos de aire atrapado en la junta, y penetrando dentro de los espacios vacíos de la madera para una efectiva adhesión superficial y anclaje mecánico. También la presión sirve para sujetar la junta en posición mientras ocurre el fraguado del adhesivo.

Elevadas presiones de prensado (encima de 17 kg/cm^2), son requeridas para maderas de mayor densidad, las cuales son difíciles de comprimir. La presión debe ser lo suficientemente alta como para mantener las piezas de madera unidas mientras seca el adhesivo. Generalmente la presión puede estar entre los 5 y 12 Kg/cm^2. Generalmente, el nivel de presión, así como el tiempo de prensa deben incrementarse a medida que se aumenta el número de tablas y el espesor de estas (Marín, 2010) citado por (Lozano, 2022).

Excesivas presiones de prensado pueden forzar al adhesivo a salir de la unión encolada, dejando una cantidad insuficiente en la línea de cola. Estas condiciones de pérdidas por escurrimiento resultan en una junta con insuficiente cantidad de adhesivo para producir una unión de buena resistencia. Por otro lado, las bajas presiones de prensado (cercanas a 7 kg/cm^2) son adecuadas para maderas de baja densidad, porque las superficies fácilmente se acomodan una con otra, asegurando el íntimo contacto entre el adhesivo y la madera.

En ciertos casos la única condición ajena al adhesivo y a la madera, es la aplicación de presión la cual es indispensable para lograr la unión. Para lograr una óptima unión se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Un contacto completo entre las superficies de los sustratos.
- Parte del adhesivo y el aire que quedaba en la zona a unir, debe aflorar en los bordes de la línea de cola.
- Formación de una línea de cola de igual espesor y fina, en toda la superficie a unir.
- Aplicación constante de la presión sobre los elementos que se desean unir durante gran parte del fraguado. En muchos casos después del prensado continúa el fraguado.

2.2.8. Especies en estudio

2.2.8.1. Chontaquiro

La Confederación Nacional de la Madera de Perú (sf), describe a la especie Chontaquiro:

Nombre internacional: Coeur Pehors, Sucupira Preta

Nombre científico: *Diplotropis martiusii* Bent in M

Nombre común: Chontaquiro

Familia: Papilionaceae

Procedencia: Especie ampliamente distribuida en los bosques tropicales de América del Sur. En el Perú se encuentra en el departamento de Loreto (Yurimaguas, Tamishiyacu), Ucayali (Pucallpa) en zonas no inundables, asociado con Cumala y otras.

DESCRIPCIÓN DE LA MADERA

Color: En condición seca al aire la albura es de color crema amarillento y el duramen pardo chocolate oscuro, la transición de albura a duramen es abrupta

Brillo: Medio a elevado

Grano: Entrecruzado

Textura: Gruesa

Veteado: Característico

PROPIEDADES FISICAS

Densidad básica: 0.74 gr/cm3

Contracción volumétrica: 10.60 %

Relación T/R: 1.50

Contracción tangencial: 6.10 %

Contracción radial: 4.10 %

CARACTERISTICAS DE LA TROZA

Diámetro: 0.7 - 0.8 m

Forma: Cilíndrica

Defectos: No presenta defectos

Conservación: Se le puede almacenar en el patio seco ya que no sufre ataque de hongos

Aserrío y secado: Madera de fácil aserrío y buena trabajabilidad con máquinas y herramientas de carpintería. Encolado delicado y acabados buenos después de un tratamiento tapa poros. La albura, para secar del 40 al 13% de CH demora 90 días

y el duramen para hacerlo del 60 al 14 % demora 95 días. Se aconseja un programa de secado suave para evitar deformaciones y rajaduras leves.

Durabilidad: La madera de Chontaquiro es muy resistente a la pudrición, la pérdida de peso es inferior al 1 %. La albura es susceptible al ataque de hongos cromógenos. Preservándola con sales a presión por célula llena, tiene una absorción moderada (2.9 kg/m3) la penetración es difícil.

Usos: Carrocerías, construcción de barcos, construcción pesada en general, durmientes, pisos (parquet), acabado de interiores, mueblería, ebanistería, mobiliario de calidad, toma mangos de herramientas y escaleras.

2.2.8.2. Almendro

Madera Tambopata (2019), describe a la especie almendro a continuación:

Nombre científico: *caryocar coccineum* pilger

Familia: caryocaraceae

Nombres comunes: Almendro, Piquio, ajillo, caqui, almendra, almendron, batsoari.

Descripción de la madera

Color: Albura amarillo pálido, duramen amarillo.

Grano: Entrecruzado.

Textura: Mediana

Brillo: Moderado o medio

Veteado: Arcos superpuestos, ligeramente diferenciados, espigado, plumoso y en bandas angostas, paralelas, satinadas, jaspeadas.

Olor: Distintivo, a almendra muy fragrante cuando húmeda

Propiedades físicas

Densidad básica: 0,65 g/cm3

Contracción volumétrica: 13, 60 %

Relación T/R: 2,20

Propiedades mecánicas

Módulo de elasticidad en flexión: 146000 kg/cm2

Módulo de ruptura en flexión: 713 kg/cm2

Compresión paralela: 332 kg/cm2

Compresión perpendicular: 67 kg/cm2

Dureza de lados: 606 kg/cm2

2.2.8.3. Aucatadijo

Solano (2013), describe a la especie aucatadijo a continuación:

NOMBRES Y FAMILIA

Nombre Científico: *Croton matourensis* Aubl

Nombre Común: Aucatadijo

Familia: Euphorbiaceae

PROCEDENCIA: Distribuida ampliamente en la Amazonia y en forma localizada en América Central (Panamá) en altitudes de hasta 1.010 msnm, Se encontraron en los países de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayanas, Panamá, Perú, Surinam y Venezuela. Esta especie puede ser encontrada en bosques secundarios antiguos y bosques primarios.

DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL EN PIE: Alcanza una altura promedio de 28 m, la altura promedio del tronco es de 20 m, con un DAP 90 cm. La copa tiene forma de corona de paraguas con follaje denso.

RENDIMIENTO EN EL ASERRÍO: 52.09 %

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS

Olor: sin olor

Sabor: sin sabor

Brillo: medio

Textura: media

Veteado: arcos superpuestos en sección tangencial, líneas verticales en la sección radial

Grano: recto

PROPIEDADES FÍSICAS

Contenido de humedad de saturado 64.30 %

Contenido de humedad en equilibrio 13.00 %

Densidad saturada 0.52 g/cm³

Densidad seca al aire 0.38 g/cm³

Densidad anhidra 0.35 g/cm³

Densidad básica 0.31 g/cm³

Peso seco al aire 0.34 g/cm³

Contracción tangencial 6.97 %

Contracción radial 3.56 %

Contracción longitudinal 0.56 %

Contracción volumétrica 10.70 %

Relación T/R 2.05

PROPIEDADES MECÁNICAS

FLEXION ESTATICA: Esfuerzo al límite proporcional 272 kg/cm^2; Módulo de ruptura 401 kg/cm^2; Módulo de elasticidad 68000 kg/cm^2

COMPRESION PARALELA AL GRANO: Esfuerzo al límite proporcional kg/cm2 178; Resistencia máxima 230 kg/cm^2; Módulo de elasticidad 21000 kg/cm^2

COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO: 25 kg/cm^2

DUREZA Extremos 162 kg Lados 297 kg

CIZALLAMIENTO 96 kg/cm^2

CLIVAJE 26 kg/cm

DURABILIDAD: baja

2.3. Definición de términos básicos

Adhesivo

Sustancia capaz de mantener materiales unidos por medio de la adhesión superficial ASTM907-08 (2008) citado por (Vila, Díaz, & Portela, sf).

Adhesión

Estado en el cual dos superficies son mantenidas juntas por fuerzas intra superficiales, que pueden ser enlaces químicos, acción entrecruzada o ambas (Madrid, 2005).

Canto

Tablas o tablillas la dimensión menor de la sección transversal (Asociación de Productores Forestales de Ucayali, 2014).

Encolado

Unión fija de dos o más piezas por medio de una sustancia que según sus características se denomina pegamento o cola (Asociación de Productores Forestales de Ucayali, 2014).

Fraguado

Endurecimiento o solidificación de la película adhesiva o del producto aplicado. El fraguado puede ser de naturaleza física o físico química. (Asociación de Productores Forestales de Ucayali, 2014).

Pegado

Unión de dos cuerpos mediante la utilización de un adhesivo (Asociación de Productores Forestales de Ucayali, 2014).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El enfoque de investigación fue cuantitativo de tipo aplicada en donde el objetivo fue analizar el efecto de 3 densidades básicas de la madera en la resistencia a la flexión estática y las propiedades físicas de los tableros enlistonados. Así mismo de nivel explicativo en donde se explicó cuantitativamente el efecto de 3 densidades básicas de la madera en la flexión estática y las propiedades físicas de los tableros enlistonados. Para ello se aplicó un estudio correlacional, para verificar la influencia de la densidad básica de la madera en los tableros sobre la flexión estática y las propiedades físicas.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Para el análisis de las propiedades físicas y flexión estática fue una población finita ya que lo constituyeron todos los tableros enlistonados elaborados haciendo un total de 30 tableros.

- 10 tableros enlistonados elaborados con madera de densidad alta (Chontaquiro)
- 10 tableros enlistonados elaborados con madera de densidad media (Almendro).
- 10 tableros enlistonados elaborados con madera de densidad baja (Aucatadijo).

3.2.2. Muestra

La selección de la muestra fue al azar, eligiéndose 5 tableros enlistonados por especie (Chontaquiro, Almendro y Aucatadijo) para la determinación de las propiedades físicas y flexión estática. Por lo tanto 5 de ellos quedaron excluidos de la investigación.

3.3. Procedimiento para la recolección de datos

Obtención de materia prima.

Se visitó las plantas de transformación y se recolectó residuos de madera. En esta etapa se seleccionó una especie de densidad básica alta, una especie de densidad media y una especie de densidad baja, según la cantidad de retazos de especies que disponía las empresas. Las especies recolectadas fueron el Aucatadijo, Almendro y Chontaquiro.

Predimensionado

Los bloques de madera fueron predimensionados en tablillas de 30 cm x 4 cm x 4 cm.

Secado y clasificado

La madera predimensionada según especies fue puesto al horno para el proceso de secado hasta alcanzar el 12% del contenido de humedad. En esta etapa se seleccionaron los mejores listoncillos evitando la presencia de defectos.

Dimensionado y cepillado.

Las tablillas de madera predimensionada anteriormente fueron nuevamente procesadas hasta obtener listoncillos de 1.5 cm x 1.5 cm x 25 cm, estos posteriormente fueron cepilladas.

Encolado y Armado de tableros.

El gramaje de cola fue de 200 g/m^2 por lo que se calculó el área de encolado para posteriormente con balanza analítica pesar la cantidad de cola necesaria, esta se distribuyó manualmente con brocha en las superficies donde fueron unidas los listoncillos (anexo 1). Solo se aplicó la cola en un canto entre listoncillos, el ensamblado de los listones fue con uniones lisas. Se utilizó como adhesivo la “Cola Extra” por ser una de las más utilizadas en la Ciudad.

Tabla 1

Características de la Cola Extra

Garantía: 9 meses
Altura del producto: 27 cm
Ancho del producto: 15 cm
Profundidad del producto: 8cm
Modelo: extra
Tipo de producto: cola sintética
Marca: Tekno
Peso del producto: 1.1 kg
Resistencia a la humedad: no
Capacidad: 1 kg
Tiempo de secado: 3 h
Uso: madera, papel y cartón entre otros.

Fuente: especificaciones técnicas del adhesivo

Figura 4

Cola Extra



Prensado y Fraguado

El tiempo de fraguado fue de 24 horas, el tablero fue sometido a una prensa manual, esto con la finalidad de ayudar al endurecimiento de la película del adhesivo.

La fuerza ejercida fue de 40.7 Nm con el torquímetro y la presión fue de 4343 kgf/m^2 o 4343 Pa. (ver calculo en anexo).

Tabla 2

Características del Torquímetro KING TONY 34323 – 2C

Entrada: 3/8 F x ½ M
Selector de giro: horario y antihorario
Cuerpo: 1410230475
Tambor: 0 – 4
Escala: 6.8 – 108.5 Nm
Seguro: rugoso y móvil en sentido horario y antihorario

Fuente: especificaciones técnicas del torquímetro

Figura 5

Torquímetro



Dimensionado y acabado final del tablero.

El tablero retirado de la prensa después de 24 horas fue sometido a dimensionados y cepillados o lijados finales.

Dimensión de probetas

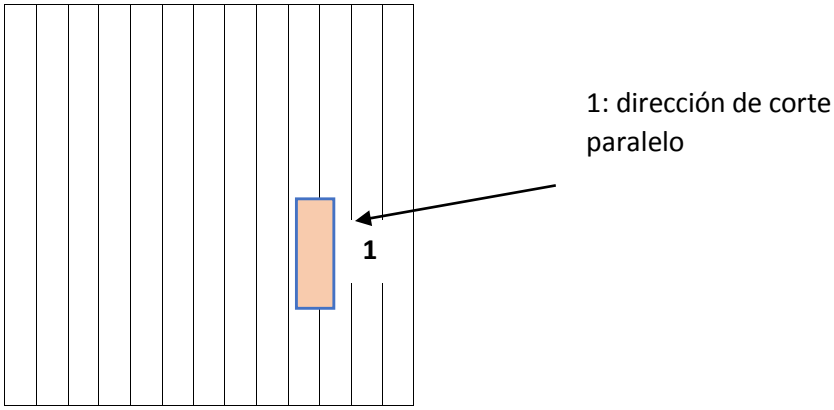
Se elaboraron probetas para ensayos físicos de 50mm de largo x 50 mm de ancho x espesor(mm) adecuándonos a la norma NTP 251.071. y para el ensayo de flexión estática de realizó probetas con dimensiones 50 cm de largo x 7 cm de ancho x e(cm) NTP 251.066.

Elaboración de probetas

Las probetas fueron cortadas como muestra en la figura 6. Este procedimiento fue para todos los tableros elaborados.

Figura 6

Esquema de elaboración de probetas



Ensayos físicos

✓ ***Determinación del contenido de humedad (NTP 251.071)***

- Se pesó las probetas (Mi).
- Se colocó las probetas en la estufa, la cual previamente fue calentada hasta 103 °C hasta que las probetas alcancen peso constante.
- Se retiró de la estufa y posteriormente fueron nuevamente pesada (Mf)
- Se usó la siguiente formula:

$$CH\ \% = \frac{Mi - Mf}{Mf} x\ 100$$

Donde:

CH %: contenido de humedad en %

Mi: masa inicial de la probeta en gramos

Mf: masa de la probeta seca al horno

- ✓ ***Determinación de la densidad básica (NTP 251.011)***

- Se midió el largo, ancho y espesor de las probetas antes de ser puestas al horno.
- Se peso la probeta hasta alcanzar peso constante en el horno
- Se utilizó la siguiente formula:

$$Db = \frac{Msa}{Vh}$$

Donde:

Db: densidad básica (g/cm^3)

Msa: masa anhidra (g)

Vh: volumen húmedo > 30%

- ✓ ***Determinación de la densidad seca al aire (NTP 251.057)***

- Se midió el largo, ancho y espesor de las probetas expresándolos en unidades del sistema internacional de unidades.
- Se pesó las probetas secas al aire.
- Se usó la siguiente formula:

$$D = \frac{Msa}{Vsa}$$

Donde:

D: densidad seca al aire de la probeta en g/cm^3

Msa: masa seca al aire de la probeta en gramos

Vsa: volumen seco al aire de la probeta en cm^3

✓ ***Determinación de la densidad anhidra (NTP 251.057)***

- Se midió el largo, ancho y espesor de las probetas secas al horno expresándolos en unidades del sistema internacional de unidades.
- Se pesó las probetas secas al horno
- Se usó la fórmula:

$$D = \frac{Msh}{Vsh}$$

Donde:

D: densidad anhidra de la probeta en g/cm^3

Msh. masa seca al horno de la probeta en gramos

Vsh: volumen seco al horno de la probeta en cm^3

✓ ***Determinación de la absorción de agua (NTP 251.010)***

- Se pesó las probetas antes de someterlo al agua
- A las 12 horas y 24 horas se volvió a pesar las probetas (húmedas saturadas).
- Se usó la fórmula:

$$AA\% = \frac{Ph - Psh}{Psh} x\ 100$$

Donde:

AA: absorción de agua en 12 y 24 horas (%)

Ph: peso húmedo saturado en 12 y 24 horas (%)

Psh: peso seco al horno en gramos

✓ ***Determinación de hinchamiento volumétrico (NTP 251.012)***

- Se midió el volumen de las probetas (volumen seco).
- Se sumergió al agua.

- Se midió las probetas a las 12 horas y 24 horas (volumen saturado)
- Se usó la fórmula:

$$HV\% = \frac{Vh - Vs}{Vs} x\ 100$$

Donde:

HV: hinchamiento volumétrico en 12 y 24 horas (%)

Vh: volumen húmedo saturado en 12 y 24 horas (cm^3)

Vs= volumen seco (cm^3)

✓ ***Determinación de la expansión lineal***

- Para determinar la expansión lineal se tomó los datos de absorción de agua de 12 horas y 24 horas de inmersión.
- Se utilizó las medidas del largo, ancho y espesor de las probetas.
- Se usó la fórmula:

$$EL\% = \frac{Lf - Li}{Li} x\ 100$$

Donde:

EL: expansión lineal en % (largo, ancho y espesor)

Lf: longitud final de la probeta saturada (cm)

Li: longitud inicial de probeta seca al horno (cm)

Flexión estática

Se realizó de acuerdo a la Norma NTP 251.076

- Las probetas se colocaron en la prensa de ensayo, teniendo el eje longitudinal paralelos al eje de los cabezales sujetas en sus extremos por dos mordazas, colocadas tanto en el cabezal fijo como en el cabezal móvil.

- Se puso en funcionamiento la prensa aplicando las cargas paralelas a la superficie de la probeta, pero en sentidos contrarios, hasta que se produzca la rotura, dándonos la fuerza máxima en kgf.
- Se midió la máxima deflexión (d) obtenida, bajo una carga inferior al tercio de la carga ruptura.
- La velocidad de ensayo, para cualquier espesor de probeta, debe ser de 8 mm/min a 10 mm/min.

✓ Módulo de ruptura (MOR)

$$MOR = \frac{1.5 * \ carga\ máxima * luz\ entre\ apoyos}{ancho\ probeta * (altura\ probeta)^2}\ (\frac{kg}{cm^2})$$

✓ Módulo de elasticidad (MOE)

$$MOE = \frac{0.25 * \ (luz\ entre\ apoyos)^3 * CLP}{ancho\ probeta * (altura\ probeta)^3 * DLP}\ (\frac{kg}{cm^2})$$

Donde:

CLP: carga en el límite proporcional (kg)

DLP: deformación en el límite proporcional (cm)

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Las técnicas de investigación fueron:

Observación directa, con esta técnica se observó cada etapa de la ejecución de la tesis, así mismo se apuntó y describió cada uno de los procedimientos.

Revisión de información, con temas relacionados a la investigación.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos fueron las normas técnicas peruanas (NTP), antecedentes de ensayos físicos realizados por otros investigadores, formato de apuntes para registrar y fórmulas para los cálculos físicos.

3.5. Procesamiento para la recolección de datos

Para analizar el efecto de la densidad básica de la madera en las propiedades físicas y resistencia a la flexión estática se realizó análisis de correlación y regresión de las variables:

Variable dependiente: resistencia a la flexión estática y Propiedades físicas del tablero

Variable independiente: Densidad básica de la madera de las especies forestales:

Tabla 3

Análisis de correlación y regresión

Variables	b	r	R^2 x 100	Ecuación	r tabular		Signif.
					0.05	0.01	
Densidad básica vs propiedades físicas y flexión estática							

Donde:

r: coeficiente de correlación

r^2 x 100: coeficiente de determinación

b: coeficiente de regresión

Se utilizó la tabla de valores críticos de coeficiente de correlación en donde si el valor r > r $tab_{0.05}$ habrá relación significativa y si el valor r > r $tab_{0.01}$ habrá relación altamente significativa.

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Propiedades físicas de tableros enlistonados elaborados independientemente con tres especies forestales de diferentes

Tabla 4

Valores promedios de las propiedades físicas de tableros enlistonados elaborados con 3 especies forestales diferentes.

Propiedades físicas	Estadígrafos	Aucatadijo	Almendro	Chontaquiro
Densidad básica (g/cm^3)	$\bar{X}$	0,26	0,49	0,71
	CV (%)	19,06	5,65	8,51
Densidad seca al aire (g/cm^3)	$\bar{X}$	0,28	0,55	0,79
	CV (%)	17,71	4,16	8,86
Densidad anhidra (g/cm^3)	$\bar{X}$	0,27	0,48	0,66
	CV (%)	18,89	6,52	7,85
Contenido de humedad (%)	$\bar{X}$	11,66	12,00	11,29
	CV (%)	8,75	17,37	11,57
Absorción de agua - 12H (%)	$\bar{X}$	117,88	50,22	31,77
	CV (%)	4,43	17,59	3,72
Absorción de agua - 24H (%)	$\bar{X}$	131,32	56,05	36,74
	CV (%)	7,25	17,42	6,24
Hinchamiento volumétrico -12H (%)	$\bar{X}$	13,25	8,37	4,25
	CV (%)	26,690	27,713	25,014
Hinchamiento volumétrico -24H (%)	$\bar{X}$	19,62	12,19	6,49
	CV (%)	15,87	22,03	19,08
Expansión lineal del largo - 12H (%)	$\bar{X}$	3,59	2,42	1,29
	CV (%)	36,30	53,67	66,47
Expansión lineal del largo - 24H (%)	$\bar{X}$	4,89	3,07	2,05
	CV (%)	34,31	43,56	38,79
Expansión lineal del ancho - 12H (%)	$\bar{X}$	2,34	0,89	1,40
	CV (%)	37,51	113,66	58,54
Expansión lineal del ancho - 24H (%)	$\bar{X}$	3,35	2,04	1,94
	CV (%)	37,04	52,86	39,70
Expansión lineal del espesor -12H (%)	$\bar{X}$	6,85	4,89	1,492
	CV (%)	55,27	36,31	35,12
Expansión lineal del espesor - 24H (%)	$\bar{X}$	10,40	6,68	2,37
	CV (%)	37,65	32,58	28,06

$\bar{X}$ promedio
CV: coeficiente de variación

Como se observa en la tabla 2 el tablero enlistonado elaborado con madera de la especie Aucatadijo obtuvo una densidad básica de 0,26 g/cm^3 con un coeficiente de variación (CV) de 19,06%; densidad seca al aire de 0,28 g/cm^3 con un CV de 17,71%; asimismo la densidad anhidra alcanzo un valor promedio de 0,27 g/cm^3 con un CV de 18,89%; contenido de humedad de 11,66% con un CV de 8,75%; absorción de agua (12 horas) de 117,88% con un CV de 4,43% y absorción de agua (24 horas) de 131,32% con un CV de 7,25%; hinchamiento volumétrico (12 horas) de 13,25% con un CV de 26,69% e hinchamiento volumétrico (24 horas) de 19,62% con un CV de 15,87%; expansión lineal del largo (12 horas) de 3,59% con un CV de 36,30% y expansión lineal del largo (24 horas) de 4,89% con un CV de 34,31%; expansión lineal del ancho (12 horas) de 2,34% con un CV de 37,51% y expansión lineal del ancho (24 horas) de 3,35% con un CV de 37,04%; expansión lineal del espesor (12 horas) de 6,85% con un CV de55,27% y expansión lineal del espesor (24 horas) de 10,40% con un CV de 37,65%.

El tablero enlistonado elaborado con la especie Almendro obtuvo un promedio de densidad básica de 0,49 g/cm^3 con un CV de 5,65%; densidad seca al aire de 0,55 g/cm^3 con un CV de 17,71%; densidad anhidra de 0,48 g/cm^3 con un CV de 6,52%; contenido de humedad de 12% con un CV de 17,37%; absorción de agua (12 horas) de 50,22% con un CV de 17,59% y absorción de agua (24 horas) de 56,05% con un CV de 17,42%; hinchamiento volumétrico (12 horas) de 8,37% y un CV de 27,71% e hinchamiento volumétrico (24 horas) de 12,19% con un CV de 22,03%; expansión lineal del largo (12 horas) de 2,42% con un CV de 53,67% y expansión lineal del largo (24 horas) de 3,07% con un CV de 43,56%; expansión lineal del ancho (12 horas) de 0,89% con un CV de 113,66% y expansión lineal del ancho (24 horas) de 2,04% con un CV de 52,86%; expansión lineal del espesor (12

horas) de 4,89% con un CV de 36,31% y expansión lineal del espesor (24 horas) de 6,68% con un CV de 32,58%.

El promedio de densidad básica de tablero enlistonado elaborado con la madera de Chontaquiro (0,71 g/cm^3) se aproxima a la densidad básica de la madera solida de Chontaquiro (0,74 g/cm^3) (Confederación Nacional de la Madera de Perú, sf). El promedio de densidad básica de tablero enlistonado elaborado con la madera de almendro (0,49 g/cm^3) presento un valor inferior a la densidad básica de la madera solida de almendro (0,65 g/cm^3) (Madera Tambopata, 2019). Y el promedio de densidad básica de tablero enlistonado elaborado con la madera de Aucatadijo (0,26 g/cm^3) se aproxima a la densidad básica de la madera solida de Aucatadijo (0,31 g/cm^3) (Solano, 2013).

El tablero enlistonado elaborado con la especie Chontaquiro obtuvo un promedio de densidad básica de 0,71 g/cm^3 con un CV de 8,51%; una densidad seca al aire de 0,79 g/cm^3 con un CV de 8,86%; densidad anhidra de 0,66 g/cm^3 con un CV de 7,85%; contenido de humedad de 11,29% con un CV de 11,57%; absorción de agua (12 horas) de 31,77% con un CV de 3,72% y absorción de agua (24 horas) de 36,74% con un CV de 6,24%; hinchamiento volumétrico (12 horas) de 4,25% con un CV de 25,01% e hinchamiento volumétrico (24 horas) de 6,49% con un CV de 19,08%; expansión lineal del largo (12 horas) de 1,29% con un CV de 66,47% y expansión lineal del largo (24 horas) de 2,05% con un CV de 38,79%; expansión lineal del ancho (12 horas) de 1,40% con un CV de 58,54% y expansión lineal del ancho (24 horas) de 1,94% con un CV de 39,70% ; expansión lineal del espesor (12 horas) de 1,49% con un CV de 35,12% y expansión lineal del espesor (24 horas) de 2,37% con un CV de 28,06%.

De manera general según los promedios obtenidos, el tablero elaborado con madera de densidad básica alta como la especie Chontaquiro es la que ofrece mejores propiedades físicas y mejor resistencia a la flexión estática. El tablero elaborado con Chontaquiro absorbe entre 12 horas y 24 horas sumergidas en agua 36,74% de absorción de agua frente al almendro que absorbe 56,02% y el Aucatadijo 131,32%. Del mismo modo en lo que respecta el hinchamiento volumétrico el tablero con Chontaquiro sumergidos en agua sufre un hinchamiento volumétrico de 6,49% frente al Almendro con 12,19% y Aucatadijo 19,62%. Así mismo en lo que respecta a la expansión lineal del tablero afectado por la absorción e hinchamiento los tableros con Chontaquiro presenta menor expansión en el largo (2,05%) ancho (1,94%) y espesor (2,37%) frente a los tableros elaborados con almendro y Aucatadijo.

Los tableros con madera de Chontaquiro son aptos para su utilización en la industria ya que es un material rígido y apropiado para uso eficiente y duradero, además para uso en el sector mueble esta especie tiene un potencial en el mercado debido a sus aplicaciones en la ingeniería, arquitectura y diseño de productos (Martínez, Noboa, Salazar, & Freire, 2020).

Se recomienda uniformizar al tablero enlistonado utilizando una especie y no combinando la albura y duramen durante la conformación del tablero y respecto al contenido de humedad el tablero enlistonado con Chontaquiro se encuentra en el rango óptimo de 6 y 14%, pues con estos valores el adhesivo tendrá mejores propiedades (Frihart & Hunt, 2010).

Estas diferencias de absorción indican que la madera del Aucatadijo utilizado para tableros enlistonados no debe estar expuesta a la intemperie ya que esta más propensa a estar en contacto con la humedad como las lluvias. Los trabajos

realizados con los tableros enlistonados fabricados con madera del Chontaquiro se puede utilizar en ambientes abiertos pues su poca absorción de agua nos demuestra que pueden estar aptos, además que esta especie presenta buena resistencia a la pudrición (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera, 2008). Los tableros con la madera del Almendro con cuidados y soluciones impermeables pueden ser útil también en ambientes abiertos.

El hinchamiento volumétrico de los tableros se ve influenciado por la absorción de agua de cada tablero enlistonado, en donde se puede deducir que los cambios dimensionales de los tableros son por la absorción del agua en las maderas que conforman el tablero. Es por eso que cuando se utiliza un tablero enlistonado se debe cerciorarse de que especie está elaborada, esto permitirá usar correctamente y en el lugar indicado a estos tableros.

4.1.2. Determinación de la resistencia a la flexión estática de los tableros enlistonados elaborados con madera de tres especies forestales.

Tabla 5

Valores promedios de flexión estática de tableros enlistonados elaborados con tres especies forestales.

Flexión estática	Estadígrafos	Especies forestales		
		Aucatadijo	Almendro	Chontaquiro
Módulo de ruptura (kg/cm^2)	$\bar{X}$	816,06	1156,31	1816,04
	CV (%)	9,79	7,95	11,5
Módulo de elasticidad (kg/cm^2)	$\bar{X}$	208526,17	254591,90	411101,34
	CV (%)	6	1,81	7,36

$\bar{X}$ promedio CV
coeficiente de variación

El tablero enlistonado elaborado con madera de la especie Chontaquiro presento un promedio de módulo de ruptura (MOR) de 1816,04 kg/cm^2 con un coeficiente de variación (CV) de 11,5% y un módulo de elasticidad (MOE) de 411101,34 kg/cm^2 con un CV de 7,36%. El tablero enlistonado elaborado con

madera de la especie Almendro presento un promedio de módulo de ruptura (MOR) de 1156,31 kg/cm^2 con un coeficiente de variación (CV) de 7,95% y un módulo de elasticidad (MOE) de 254591,90 kg/cm^2 con un CV de 1,81%. El tablero enlistonado elaborado con madera de la especie Aucatadijo presento un promedio de módulo de ruptura (MOR) de 816,06 kg/cm^2 con un coeficiente de variación (CV) de 9,79% y un módulo de elasticidad (MOE) de 208526,17 kg/cm^2 con un CV de 6%.

Respecto al módulo de ruptura de los tableros enlistonados elaborados con madera de la especie del Chontaquiro son las que presenta mejor resistencia a la ruptura frente a un golpe o fuerza externa por lo que los productos a base de este tablero pueden garantizar mejores soportes mecánicos. Además, este tablero presenta buena resistencia elástica, pues su flexibilidad permitirá ser utilizada como bancas o sillones, paredes internas de las viviendas o divisiones domiciliarias, entre otras.

El módulo de ruptura del tablero enlistonado con madera del Chontaquiro presentó un valor de 1816,04 kg/cm^2 siendo mayor al módulo de ruptura de la madera sólida de esta especie 997 kg/cm^2 (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera, 2008); en ese sentido el tablero enlistonado se clasificaría en el grado V de calidad muy alta (MA) ya que su MOR supera los 1000 kg/cm^2 según (Sibille, 2006). Respecto al módulo de elasticidad el tablero presentó un valor de 411101,34 kg/cm^2 superando al MOE de la madera sólida que tiene 148 000 kg/cm^2 (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera, 2008); según Sibille de acuerdo a los valores obtenidos el tablero se clasificaría en el grado V de calidad muy rígida ya que supera los 200 000 kg/cm^2.

El módulo de ruptura del tablero enlistonado con madera del Almendro presentó un valor de 1156,31 kg/cm^2 siendo mayor al módulo de ruptura de la madera

sólida de esta especie 685 kg/cm^2 (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera, 2008); en ese sentido el tablero enlistonado se clasificaría en el grado V de calidad muy alta (MA) ya que su MOR supera los 1000 kg/cm^2 según (Sibille, 2006). Respecto al módulo de elasticidad el tablero presentó un valor de 254591,90 kg/cm^2 superando al MOE de la madera sólida que tiene 133 000 kg/cm^2 (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera, 2008); según Sibille de acuerdo a los valores obtenidos el tablero se clasificaría en el grado V de calidad muy rígida ya que supera los 200 000 kg/cm^2.

El módulo de ruptura del tablero enlistonado con madera del Aucatadijo presentó un valor de 816,06 kg/cm^2 siendo mayor al módulo de ruptura de la madera sólida de esta especie 401 kg/cm^2 (Solano, 2013); en ese sentido el tablero enlistonado se clasificaría en el grado IV de calidad alta (A) ya que su MOR se encuentra entre 501 - 800 kg/cm^2 según (Sibille, 2006). Respecto al módulo de elasticidad el tablero presentó un valor de 208526,17 kg/cm^2 superando al MOE de la madera sólida que tiene 68 000 kg/cm^2 (Solano, 2013); según Sibille de acuerdo a los valores obtenidos el tablero se clasificaría en el grado V de calidad muy rígida ya que supera los 200 000 kg/cm^2.

Los valores de flexión estática de los tableros enlistonados son superiores a la flexión estática de la madera sólida; coincidiendo en cierta forma con (Asociación de Productores Forestales de Ucayali, 2014) y Poblete & Cuevas (1998) citado por (Nieto, 2019) ya que indica que las propiedades de los tableros están directamente relacionados con la madera de la especie forestal, y que los principales defectos de la madera que pueden afectar o inciden en la propiedades mecánicas de los tableros enlistonados son los nudos, grietas, rajaduras, fibra desviada, pudrición, perforación y colapso.

4.1.3. Relación de la densidad básica y las propiedades físicas y flexión estática de los tableros enlistonados

Tabla 6

Correlación entre las variables densidad básica y propiedades físicas y flexión estática.

Variable independiente	Variable dependiente	r	R^2x100	b	Sig.
Densidad básica de la madera	Absorción de agua (12 horas)	0,93	0,87	-181,74	**
	Absorción de agua (24 horas)	0,93	0,87	-202,01	**
	Hinchamiento volumétrico (12 horas)	0,78	0,62	-17,706	**
	Hinchamiento volumétrico (24horas)	0,87	0,77	-26,631	**
	Expansión lineal – largo (12 horas)	0,64	0,41	-4,7133	*
	Expansión lineal – largo (24horas)	0,68	0,46	-5,869	**
	Expansión lineal – ancho (12 horas)	0,39	0,15	-2,0547	NS
	Expansión lineal – ancho (24 horas)	0,54	0,29	-3,1989	*
	Expansión lineal – espesor (12 horas)	0,62	0,39	-10,108	*
	Expansión lineal – espesor (24 horas)	0,75	0,56	-15,812	**
	Módulo de ruptura	0,94	0,88	2127,5	**
	Módulo de elasticidad	0,94	0,88	433219	**

$R_{0,05}$:0,51; $R_{0,01}$: 0,64

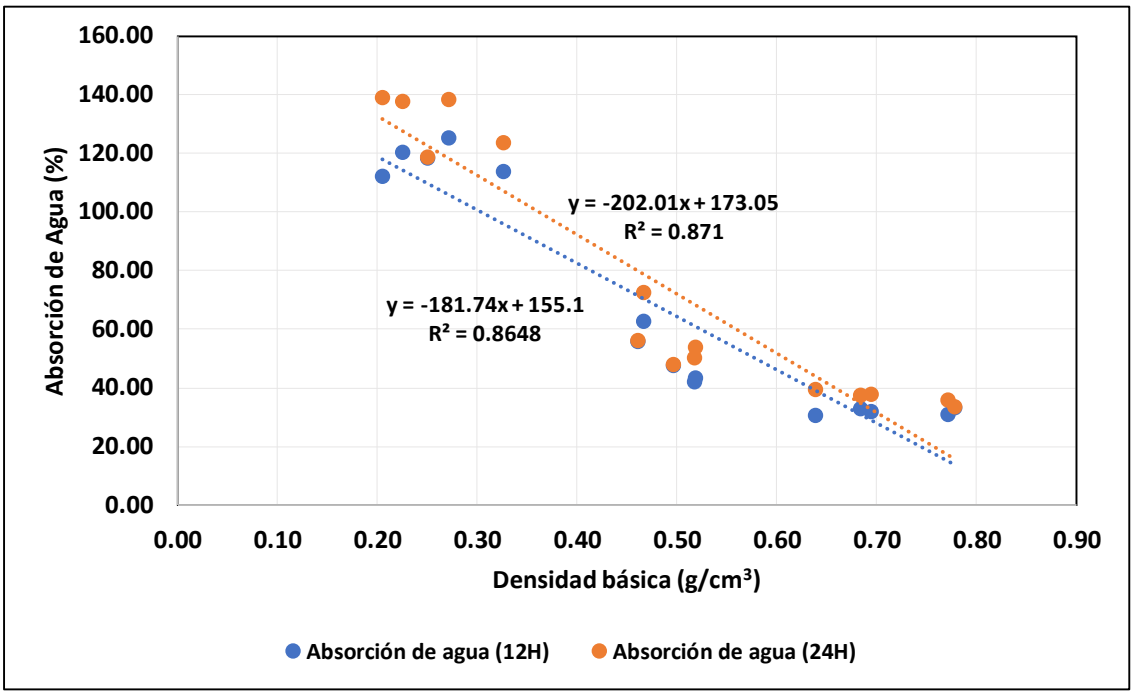
En la tabla 4, se observa que la densidad básica de la madera presenta una relación altamente significativa con la densidad seca al aire, densidad anhidra, absorción de agua (12 horas y 24 horas), hinchamiento volumétrico (12 horas y 24 horas), expansión lineal del largo del tablero (24 horas), expansión lineal del espesor del tablero (24 horas), módulo de ruptura y módulo de elasticidad.

La densidad básica de la madera presenta una relación significativa con la expansión del largo del tablero (12 horas), expansión del ancho del tablero (24 horas) y la expansión lineal del espesor del tablero (12 horas).

Se observa además que no hay relación significativa entre la densidad básica de la madera y el contenido de humedad del tablero y la expansión lineal del ancho del tablero (12 horas).

Figura 7

Análisis de correlación y regresión de las variables densidad básica y la absorción de agua sumergidos al agua en 12 horas (AA-12H) y 24 horas (AA-24H) de los tableros enlistonados

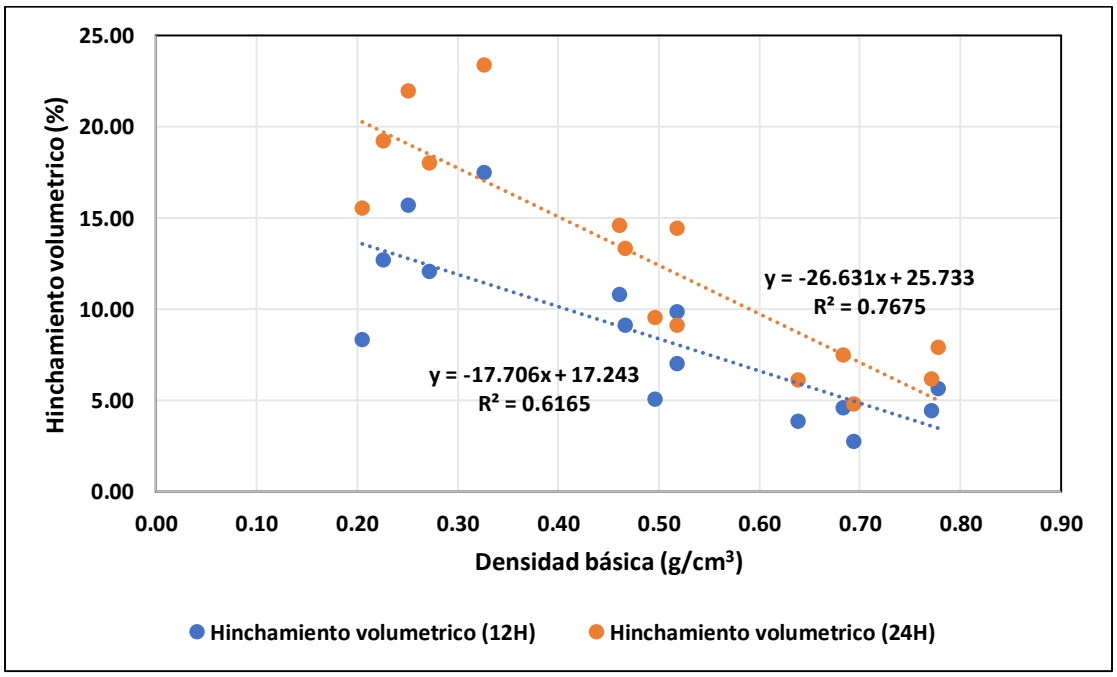


La figura 7 muestra la absorción de agua de los tableros enlistonados presenta una relación altamente significativa con la densidad básica de la madera, y la ecuación que lo relaciona es de tipo lineal inversamente proporcional, lo que indica que a mayor densidad básica de la madera disminuye la absorción de agua. En lo que respecta a absorción de agua (12 horas): la absorción de agua decrece a razón de -181,74% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3 (-18,17% por cada 0,1 g/cm^3) , así mismo la absorción de agua de los tableros enlistonados en 12 horas sumergidas en agua depende en un 86,48% de la densidad básica y el 13,52% depende de otros factores. En lo que respecta a absorción de agua (24 horas): la absorción de agua decrece a razón de -202,01% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3 (-20,2% por cada 0,1 g/cm^3) , así mismo los tableros enlistonados sumergidos durante 24 horas en agua dependen en un 87,1% de la densidad básica y el 12,9% depende

de otros factores como la presión**,** la aplicación y espesor de la capa de adhesivo, formación de piel, humectabilidad, viscosidad, humedad del aire, extractivos, calidad de superficies (Frihart & Hunt, 2010)**,** contenido de sólidos (Nieto, 2019), tiempo abierto o tiempo de reunión del encolado (Viveros, 2007)

Figura 8

Análisis de correlación y regresión de las variables densidad básica y el hinchamiento volumétrico sumergidos al agua en 12 horas (HV-12H) y 24 horas (HV-24H) de los tableros enlistonados

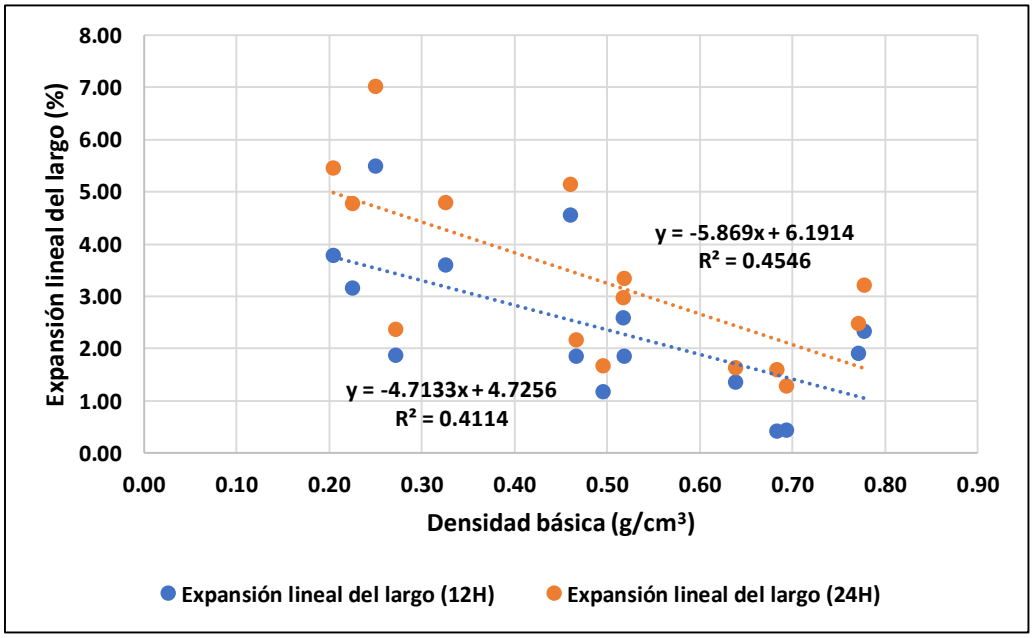


En la figura 8 se aprecia el hinchamiento volumétrico de los tableros enlistonados presenta una relación altamente significativa con la densidad básica de la madera, y la ecuación que lo relaciona es de tipo lineal inversamente proporcional, lo que indica que a mayor densidad básica de la madera disminuye el hinchamiento volumétrico del tablero. En lo que respecta al hinchamiento volumétrico (12 horas): el hinchamiento volumétrico decrece a razón de -17,706% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, así mismo el hinchamiento volumétrico en 12 horas sumergidos al agua depende en un 61,65%

de la densidad básica de la madera y el 38,35% depende de otros factores. En lo que respecta al hinchamiento volumétrico (24 horas): el hinchamiento volumétrico decrece a razón de -26,631% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, así mismo el hinchamiento volumétrico en 24 horas sumergidas al agua depende en un 76,75% de la densidad básica de la madera y el 23,25% depende de otros factores como la presión**,** la aplicación y espesor de la capa de adhesivo, formación de piel, humectabilidad, viscosidad, humedad del aire, extractivos, calidad de superficies (Frihart & Hunt, 2010)**,** contenido de sólidos (Nieto, 2019), tiempo abierto o tiempo de reunión del encolado (Viveros, 2007).

Figura 9

Análisis de correlación y regresión de las variables densidad básica y la expansión lineal del largo del tablero enlistonados sumergidos en 12 horas y 24 horas en agua

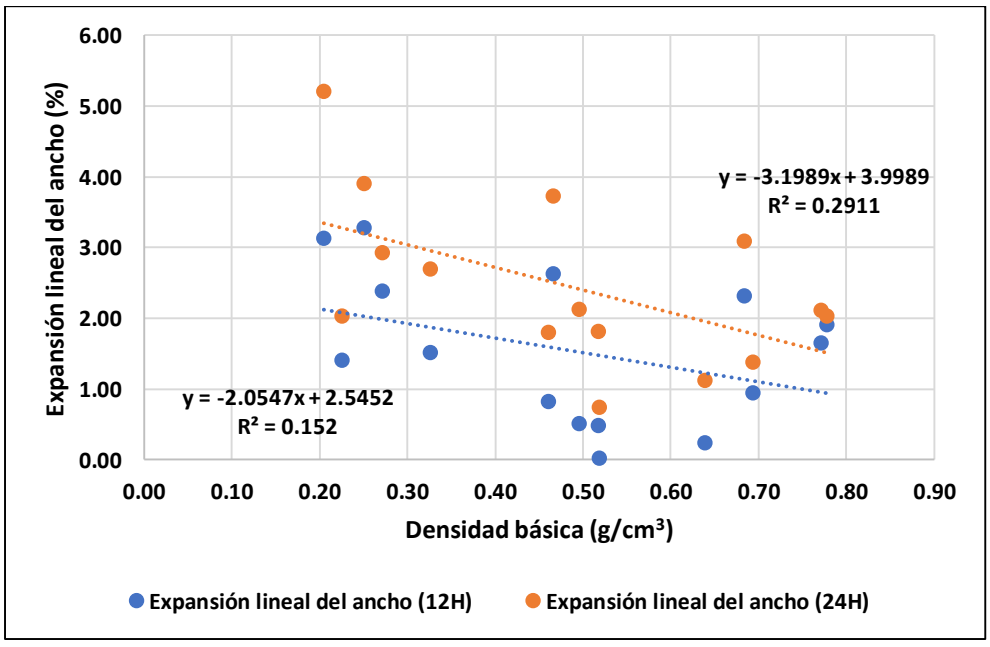


La figura 9 muestra que la expansión lineal del largo del tablero enlistonado presenta una relación significativa con la densidad básica de la madera, y la ecuación que lo relaciona es de tipo lineal inversamente proporcional, lo que indica que a mayor densidad básica de la madera disminuye la expansión lineal del largo

del tablero. En lo que respecta a la expansión lineal del largo (12 horas): esta decrece a razón de -4,7133% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, así mismo la expansión del largo del tablero sumergidos en 12 horas en agua depende en un 41,14% de la densidad básica y el 58,86% depende de otros factores. En lo que respecta a la expansión lineal del largo (24 horas): esta decrece a razón de -5,869% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, así mismo la expansión del largo del tablero en 24 horas sumergidas al agua depende en un 45,46% de la densidad básica de la madera y el 54,54% depende de otros factores como la presión**,** la aplicación y espesor de la capa de adhesivo, formación de piel, humectabilidad, viscosidad, humedad del aire, extractivos, calidad de superficies (Frihart & Hunt, 2010)**,** contenido de sólidos (Nieto, 2019), tiempo abierto o tiempo de reunión del encolado (Viveros, 2007)

Figura 10

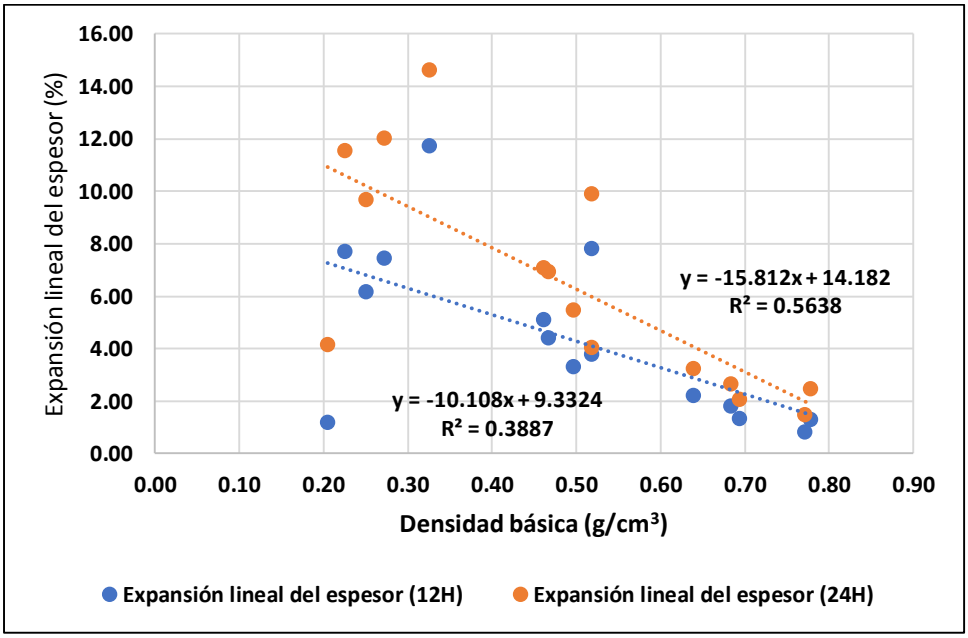
Análisis de correlación y regresión de las variables densidad básica y la expansión lineal del ancho de los tableros enlistonados sumergidos en agua en 12 horas y 24 horas



La figura 10 muestra que la expansión lineal del ancho del tablero enlistonado en 12 horas sumergidas al agua no presenta una relación significativa con la densidad básica de la madera; sin embargo a las 24 horas sumergidas en el agua la expansión del ancho del tablero enlistonado presenta una relación altamente significativa con la densidad básica de la madera, y la ecuación que lo relaciona es de tipo lineal inversamente proporcional, así mismo la expansión lineal del ancho (24 horas) decrece a razón de -3,1889% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, lo que indica que a mayor densidad de la madera disminuye la expansión del ancho del tablero; la expansión del ancho del tablero depende en un 29,11% de la densidad básica de la madera y el 70,89% depende de otros factores como la presión**,** la aplicación y espesor de la capa de adhesivo, formación de piel, humectabilidad, viscosidad, humedad del aire, extractivos, calidad de superficies (Frihart & Hunt, 2010)**,** contenido de sólidos (Nieto, 2019), tiempo abierto o tiempo de reunión del encolado (Viveros, 2007).

Figura 11

Análisis de correlación y regresión de las variables densidad básica y la expansión lineal del espesor de los tableros enlistonados sumergidos en agua en 12 horas y 24 horas

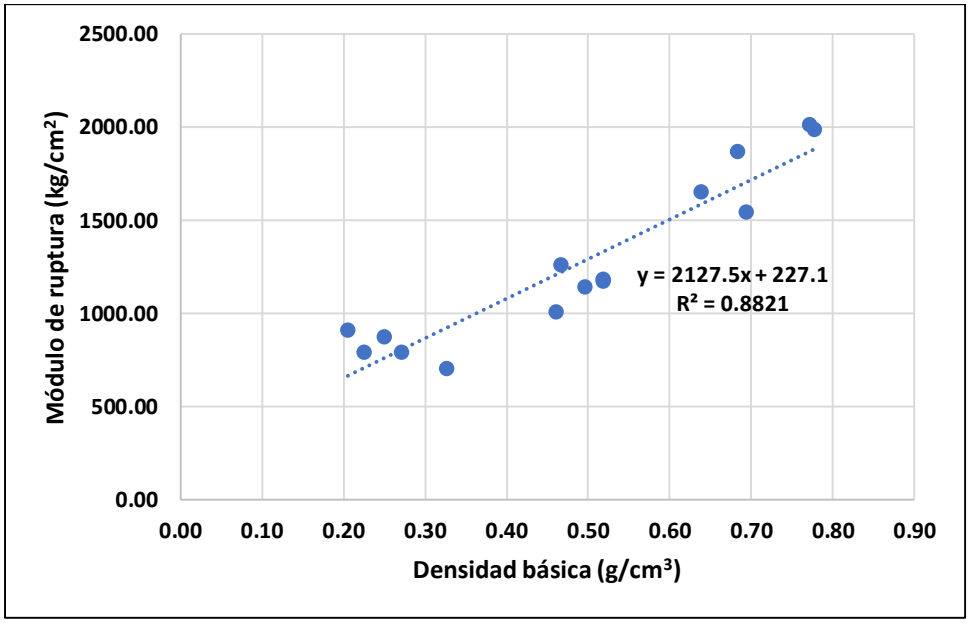


En la figura 11 se observa que la expansión lineal del espesor del tablero enlistonado presenta una relación significativa con la densidad básica de la madera, y la ecuación que lo relaciona es de tipo lineal inversamente proporcional, lo que indica que a mayor densidad básica de la madera disminuye la expansión lineal del espesor del tablero. En lo que respecta a la expansión lineal del espesor (12 horas): esta decrece a razón de -10,108% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, así mismo la expansión del espesor del tablero sumergidos en 12 horas en agua depende en un 38,87% de la densidad básica y el 61,13% depende de otros factores. En lo que respecta a la expansión lineal del espesor (24 horas): esta decrece a razón de -15,812% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, así mismo la expansión del espesor del tablero en 24 horas sumergidas al agua depende en un 56,38% de la densidad básica de la madera y el 43,62% depende de otros factores como la presión**,** la

aplicación y espesor de la capa de adhesivo, formación de piel, humectabilidad, viscosidad, humedad del aire, extractivos, calidad de superficies (Frihart & Hunt, 2010), contenido de sólidos (Nieto, 2019), tiempo abierto o tiempo de reunión del encolado (Viveros, 2007).

Figura 12

Análisis de correlación y regresión de las variables densidad básica y el módulo de ruptura de los tableros enlistonados

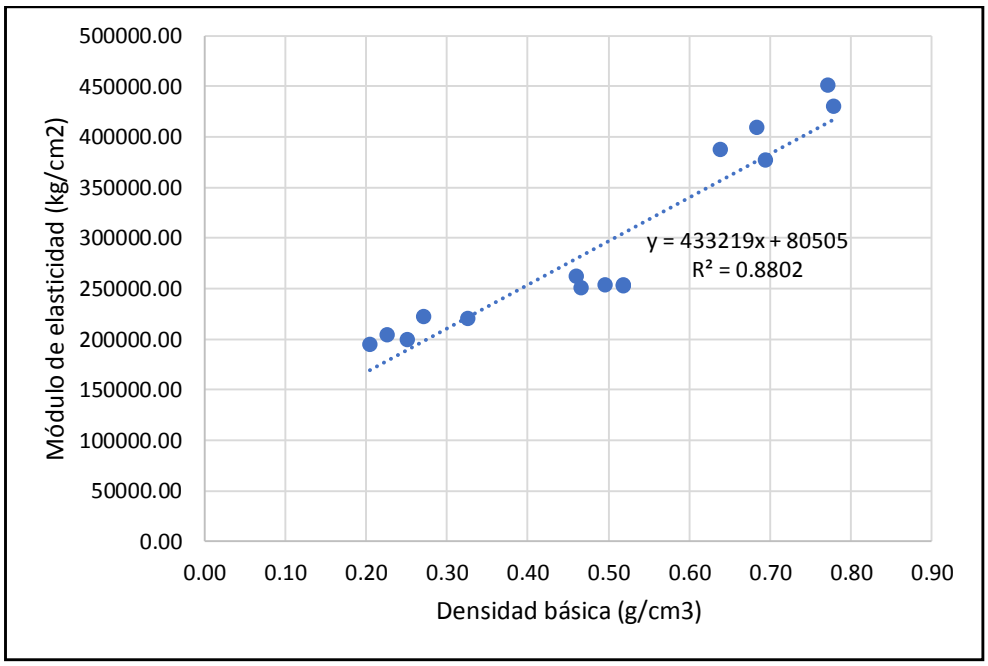


La figura 12 muestra que el módulo de ruptura del tablero enlistonado presenta una relación altamente significativa con la densidad básica de la madera, y la ecuación que lo relación es de tipo lineal directamente proporcional. El módulo de ruptura aumenta a razón de 2127,5 kg/cm^2 cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, lo que indica que a mayor densidad básica de la madera aumenta la resistencia a la ruptura. El módulo de ruptura del tablero depende en un 88,21% de la densidad básica de la madera y el 11,79% depende de otros factores como la presión, la aplicación y espesor de la capa de adhesivo, formación de piel, humectabilidad, viscosidad, humedad del aire, extractivos, calidad

de superficies (Frihart & Hunt, 2010), contenido de sólidos (Nieto, 2019), tiempo abierto o tiempo de reunión del encolado (Viveros, 2007).

Figura 13

Análisis de correlación y regresión de las variables densidad básica y el módulo de elasticidad de los tableros enlistonados



La figura 13 muestra que el módulo de elasticidad del tablero enlistonado presenta una relación altamente significativa con la densidad básica de la madera, y la ecuación que lo relaciona es de tipo lineal directamente proporcional. El módulo de elasticidad aumenta a razón de 433219 kg/cm^2 cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3, lo que indica que a mayor densidad básica de la madera aumenta el módulo de elasticidad del tablero, el módulo de elasticidad del tablero depende en un 88,02% de la densidad básica de la madera y el 11,98% depende de otros factores como la presión, la aplicación y espesor de la capa de adhesivo, formación de piel, humectabilidad, viscosidad, humedad del aire, extractivos, calidad de superficies (Frihart & Hunt, 2010), contenido de sólidos (Nieto, 2019), tiempo abierto o tiempo de reunión del encolado (Viveros, 2007).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La densidad básica de la madera tiene un efecto significativo en las propiedades físicas y la flexión estática de los tableros enlistonados elaborados con las especies Chontaquiro, Almendro y Aucatadijo.
- Existe una relación altamente significativa directamente proporcional entre la densidad básica de la madera y las propiedades físicas del tablero enlistonado como la densidad seca al aire y densidad anhidra. Una relación inversamente proporcional con la absorción de agua en 12 horas y 24 horas; hinchamiento volumétrico en 12 horas y 24 horas; expansión lineal (largo, ancho y espesor). Así como también existe una relación altamente significativa directamente proporcional entre la densidad básica de la madera y el módulo de ruptura y elasticidad de los tableros enlistonados. Así mismo la densidad seca al aire se incrementa a razón de 1,0719 g/cm^3 y la densidad anhidra incrementa a razón de 0,8154 g/cm^3 cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3. La absorción de agua (12 horas) decrece a razón de -220,35% y la absorción (24 horas) decrece a razón de -199,99%; hinchamiento volumétrico (12 horas) decrece a razón de -19,125% y el hinchamiento volumétrico (24 horas) decrece a razón de -28,158% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3. La expansión lineal del largo (12 horas) decrece a razón de -4,8247% y la expansión lineal del largo (24 horas) decrece a razón de -6,2634% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3. La expansión lineal del ancho (24 horas) decrece a razón de -3,4329% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1

g/cm^3. La expansión lineal del espesor (12 horas) decrece a razón de -10,613% y la expansión lineal del espesor (24 horas) decrece a razón de -16,545% cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3. El módulo de ruptura aumenta a razón de 1960,6 kg/cm^2 cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3. Y el módulo de elasticidad aumenta a razón de 378663 kg/cm^2 cada vez que la densidad básica de la madera se incrementa en 1 g/cm^3.

- Los tableros elaborados con madera de Chontaquiro presentó menor absorción de agua a las 12 horas y 24 horas. Menor hinchamiento volumétrico a las 12 horas y 24 horas. Menor expansión lineal en el largo, ancho y espesor del tablero.
- El tablero elaborado con madera de la especie Chontaquiro presentó mejor resistencia al módulo de ruptura y módulo de elasticidad

.

5.2. Recomendaciones

- Elaborar tableros enlistonados utilizando madera de Chontaquiro, pues brindará mejores cualidades tecnológicas.
- Someter a los tableros con diferentes presiones, esto permitirá si la densidad básica de la madera mantiene sus propiedades físicas y mecánicas del tablero.
- Elaborar tableros con densidad muy parecida para verificar si se mantiene las propiedades mecánicas y físicas.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, M. (2006). *Propiedades físicas y mecánicas: resistencia al cizallamiento de la línea de cola de Tabebuia capitata.* Tesis Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima,Perú.

Álvarez, D., Dorado, M., & Fernández, H. (2010). *Tecnología de la madera.* Argentina: Editorial Universitaria.

Apablaza, R. (2006). *Resistencia mecánica en uniones larguero-travesaño en puertas de Pinus radiata D.Don y de Pseudotsugamenziessi (Mirb) Franco.* Tesis Pregrado.

Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera (AITIM). (2015). *Productos básicos y carpintería - Tableros Madera Maciza.*

Asociación de Productores Forestales de Ucayali. (2014). *Manual para la Fabricación de Tableros Alistonados.*

Cabrera, C., & Minda, R. (2019). *Elaboración y Comercialización de tableros de Teca alistonados listos para su uso en la Ebanistería.* Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de: Magister en Agronegocios Sostenibles, Escuela de Postgrado en Administración de Empresas, Guayaquil-Ecuador.

Carrasco, M. (2005). *Estudio de las variables de preparación de la madera y resistencia de uniones adhesivas en paneles encolados de canto para planta FOREX CBB.* Tesis Maestría, Universidad Bio Bio, Concepción,Chile.

Centro de Innovación Tecnológica de la Madera. (2008). *Compendio de información técnica de 32 esoecies forestales - tomo I.*

Confederación Nacional de la Madera de Perú. (sf). *Chontaquiro*. Obtenido de OBREGON SRL: http://www.geocities.ws/obregon22/Chontaquiro.html

Davis, G. (1997). The performance of adhesives systems for structural timber. *International Journal of adhesion & Adhesives, 17*(4), 255.

Escriba, L. (2021). *Influencia de tres proporciones de adhesivo en las propiedades físicas y mecánicas de tableros de partículas de Guazuma crinita Mart. (Bolaina blanca) en Pucallpa - Ucayali, 2020.* Tesis para optar el tpitulo profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali.

Frihart, R., & Hunt, G. (2010). *Adhesives with Wood Materials Bond Formatios and Performance.* En Wood Handbook.Wood as an Engineering Material,Forest Productos Laboratory, Madison,Estados Unidos,United States Departament of Agriculture Forest Service.

García, L., & De Palacios, P. (2000). *La madera de pequeñas dimensiones en el tablero alistonado y en el perfil laminado.* Boletín de información técnica de AITIM N° 204.

Gonzáles, Y. (2018). *Aprovechamiento de los Residuos de Madera.* Bogotá.

Henkel. (2004). *Teoría de la adhesión.*

Hernández, G. (2004). *Tecnología del encolado de la madera.*

Keil, G., & Spavento, M. (2009). *Industria de Tableros Alistonados.* Facultad de Ciencias Agraria y Forestales.Universidad Nacional de La Plata, Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal.

Londoño, C., & Sepúlveda, S. (2013). Los tableros alistonados: una alternativa para el sector del mueble y la madera en Pereira y Dosquebradas. *Scientia et Technica Año XVIII, 18*(4), pp.712-717.

Lozano, A. (2022). *Propiedades físicas y mecánicas de tableros enlistonados sin replacar de residuos de madera de Cedrelinga cateniformis D. Ducke (Tornillo), con uniones lisas por el canto con tres gramajes y tres tipos de adhesivos.* Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali.

Madera Tambopata. (2019). Obtenido de http://www.madereratambopata.com/productos/pro_almendro.html

Madrid, M. (2005). *Tecnología de la adhesión.* Departamento Técnico de Loctite, España.

Marín, M. (2010). *Diez mandamientos para aplicar adhesivos.Adhesivos para madera.*

Martínez, J., Noboa, V., Salazar, E., & Freire, J. (2020). Propiedades mecánicas de tableros alistonados tricapa de pino y pigue de la empresa PISMADE S.A. *Polo del conocimiento(Edición N° 45), 5*(06), pp. 526-541.

Nieto, S. (2019). *Resistencia de la línea de cola en uniones de cantos lisos para tableros alistonados con Guazuma crinita C. Marttius, proveniente de Raleo, Pucallpa - Ucayali.* Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Forestal y del Ambiente, Universidad Nacional de Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo-Perú.

Ortíz, L., & Vásquez, A. (2004). Aprovechamiento de la biomasa forestal producida por la cadena monte-Industria. *Revista CIS-Madera.Parte III. Produccion de elementos densificados*.

Poblete, H., & Cuevas, H. (1998). *Uniones endentadas y de canto con Pinus radiata:experiencias sobre su calidad.* Instituto de Tecnología de Productos Forestales, Valdivia,Chile.

Salvador, M. (2020). *Curso de Productos Forestales de Transformación Mecánica.* Tema: Paneles Alistonados o Enlistonados.

Sibille, A. (2006). *Guía de procesamiento industrial - Fabricación de muebles con maderas poco conocidas.*

Solano, W. (2013). *Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales.* Informe técnico. Obtenido de https://www.aider.com.pe/pdf/Ucayali/ITTO/informe%20determinacion%20de%20tecnologias.pdf

Soto, G., & Núñez, M. (2008). Fabricación de pellets de carbonilla usando aserrín de Pinus radiata (D.Don) como material aglomerante. *Revista Madera,Ciencia y Tecnología*.

Tout, R. (2000). *Areview of adhesives for furniture.* International Journal of adhesion & Adhesives.

Vila, P., Díaz, I., & Portela, J. (sf). *Comparación de cuatro alternativas en el proceso de producción de una fábrica de tablero de eucalipto.* Universidad de Santiago de Compostela.Escuela Politécnica Superior de Lugo.

Viveros, E. (2007). *Efecto del desgaste del cuchillo en la calidad de la unión adhesiva.* Tesis pregrado, Universidad de BIO Bio, Concepción,Chile.

ANEXOS

ANEXO 1: CALCULO DE PRESIÓN Y GRAMAJE DE ENCOLADO

Cálculo de presión

Formulas a utilizar:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow \quad T = \frac{FL}{V} = \frac{Nm}{m^3} = \frac{N}{m^2}$$

P: presión
F: fuerza (kgf)
A: área (m^2)

Dimensiones del tablero (25 cm x 25 cm), se utilizará 17 tablillas por tablero.
Dimensiones de la tablilla: 0.25 m x 0.015 cm x 0.015 cm
Volumen de una tablilla: 0.00095625 m^3
Fuerza aplicada por el torquímetro: 40.7 Nm (un solo presionador)
1kgf: 9.8N

$$P = \frac{40.7\text{Nm}}{0.00095625\ \text{m}^3} = 42562.09\ \text{N/m}^2$$

$P = 42562.09\ N/m^2$ x 1kgf/9.8 N
P= 4343.1 kgf/m^2 o 4343.1 Pa

Cálculo de Adhesivo

Gramaje: 200 g / m^2

Un listoncillo: 0.25 m x 0.015 m x 0.015 m: 0.00005625 m^3

Total de listoncillos por tablero: 17 listoncillos por tablero

Área encolada: 0.25 m x 0.015 m= 0.00375 m^2

Total de cola por tablero:

200 g de cola – 1m^2

X – 0.00375 m^2

X= 0.75 g x 16 listoncillos = 12 **gr de cola / tablero**

Total de cola: 12 g x 30 tableros= 360 g de cola

ANEXO 2: VALORES DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y FLEXIÓN ESTÁTICA

Especie	Db	Dsa	Danh	CH	AA		HV		ELL		ELA		ELE		MOR	MOE
					12H	24H	12H	24H	12 H	24 H	12 H	24 H	12 H	24 H		
Aucatadijo	0,25	0,28	0,27	11,99	118,33	118,53	15,68	21,95	5,50	7,02	3,28	3,90	6,17	9,68	875,55	199400,14
	0,27	0,30	0,29	11,11	125,02	138,10	12,09	18,01	1,88	2,37	2,38	2,92	7,46	12,01	793,22	222707,64
	0,33	0,36	0,35	10,69	113,80	123,65	17,50	23,37	3,61	4,81	1,51	2,69	11,72	14,63	707,24	220659,47
	0,20	0,23	0,21	13,28	111,94	138,73	8,31	15,55	3,78	5,46	3,13	5,21	1,19	4,15	911,48	195128,86
	0,23	0,25	0,25	11,23	120,30	137,58	12,68	19,24	3,17	4,79	1,40	2,02	7,71	11,54	792,82	204734,75
Almendro	0,47	0,52	0,45	11,52	62,66	72,52	9,14	13,32	1,87	2,17	2,62	3,72	4,40	6,93	1262,31	250697,15
	0,46	0,53	0,53	15,69	55,87	56,19	10,80	14,60	4,56	5,15	0,82	1,80	5,11	7,07	1010,98	262527,72
	0,50	0,55	0,46	11,11	47,40	47,74	5,07	9,51	1,19	1,68	0,50	2,12	3,32	5,47	1145,46	254082,46
	0,52	0,57	0,48	10,93	41,92	50,08	6,99	9,09	2,59	2,98	0,48	1,80	3,79	4,05	1176,55	252327,90
	0,52	0,57	0,47	10,74	43,25	53,72	9,87	14,42	1,87	3,35	0,02	0,74	7,83	9,90	1186,27	253324,26
Chontaquiro	0,68	0,75	0,64	10,04	32,85	37,25	4,59	7,49	0,42	1,59	2,31	3,09	1,80	2,64	1872,62	409037,56
	0,78	0,86	0,71	10,23	33,00	33,36	5,63	7,90	2,33	3,22	1,90	2,02	1,29	2,46	1991,08	430383,85
	0,77	0,87	0,71	13,30	30,81	35,81	4,45	6,18	1,91	2,49	1,64	2,10	0,83	1,46	2017,50	451101,04
	0,69	0,77	0,64	11,60	31,85	37,81	2,74	4,79	0,44	1,29	0,93	1,37	1,34	2,05	1543,89	377447,61
	0,64	0,71	0,59	11,26	30,36	39,45	3,83	6,09	1,36	1,64	0,24	1,11	2,20	3,24	1655,13	387536,65

NOTA= Db: densidad básica (g/cm^3), Dsa: densidad seca al aire (g/cm^3), Danh: Densidad anhidra (g/cm^3), AA: Absorción de agua (%), HV: Hinchamiento volumétrico (%), ELL: Expansión lineal del largo (%), ELA: Expansión lineal del ancho (%), ELE: Expansión lineal del espesor (%), MOR: Módulo de ruptura (kg/cm^2), MOE: Módulo de elasticidad (kg/cm^2)

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 14. Seccionamiento de las piezas de madera



Figura 15. Madera pre dimensionado



Figura 16. Secado de la madera en el horno



Figura 17. Dimensiones finales de los listones



Figura 18. Encolado de los listones



Figura 19. Uniones de canto de los listones encoladas



Figura 20. Presionado de los listones



Figura 21. Probetas para ensayos físicos y mecánicos



Figura 22. Flexión estática de tableros enlistonados



Figura 23. Probetas puestas al horno

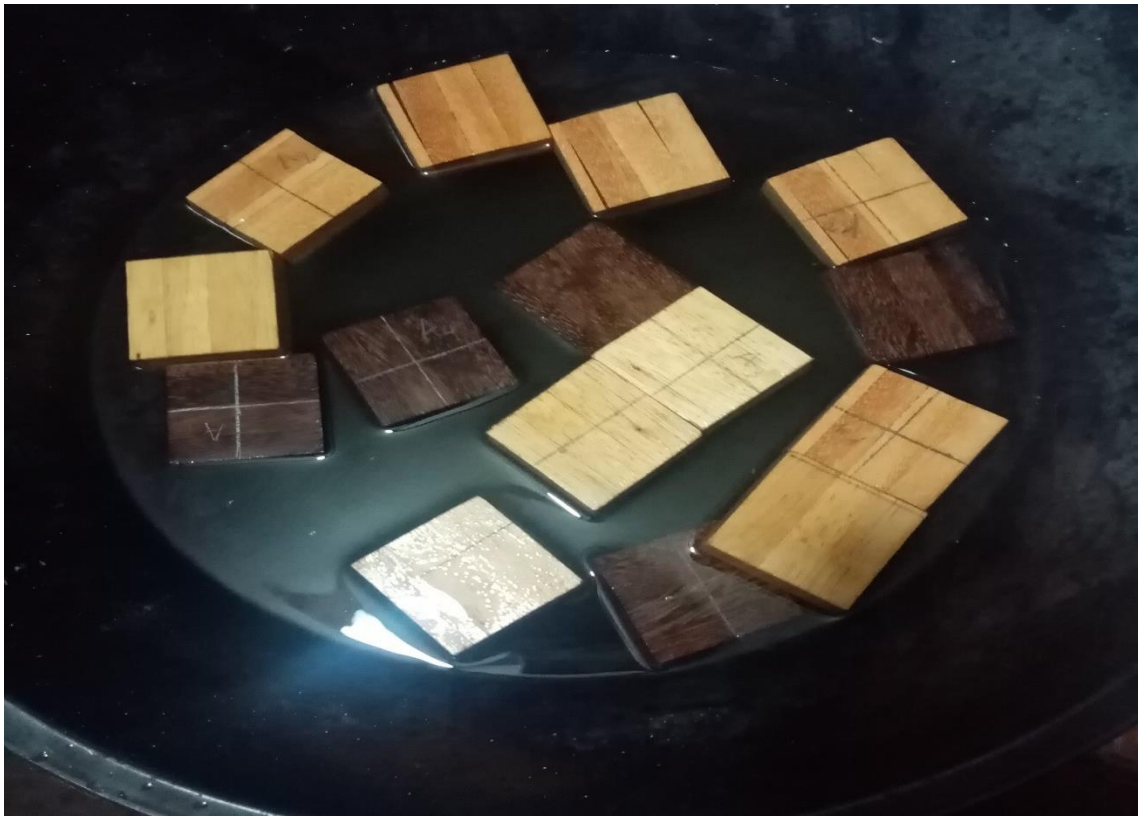


Figura 24. Absorción de agua de las probetas



Figura 25. Mediciones de probetas