UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

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

AMET LOZANO NORIEGA

Pucallpa, Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
COMISIÓN DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 446 /2023-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:08 a.m. del día jueves 16 de Febrero del 2023, de acuerdo al 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, mediante MEMO MULTIPLE 021-2023-UNU-FCFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

- Dr. Carlos Enrique Fachin Mattos — Presidente
- Dra. María Angélica Flores Romayna — Miembro
- Dr. Desiderio Vásquez Placido — Miembro

Se procedió a evaluar la sustentación de la tesis denominada **"Propiedades Físicas y Mecánicas de tableros enlistonados D. Ducke (tornillo), con uniones lisas por el canto con tres gramajes y tres tipos de adhesivos"**, presentada por el bachiller **Amet Lozano Noriega;** asesorado por el **Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas**.
Finalizada la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante, en consecuencia, la tesis fue **APROBADA POR UNANIMIDAD y recomendaciones de publicación,** quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas a la tesis. Siendo las 12:00 horas horas del mismo día, se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Dr. Carlos Enrique Fachin Mattos
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Dr. Desiderio Vásquez Placido
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

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

Dr. Carlos Enrique Fachin Mattos
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna
Miembro

Dr. Desiderio Vásquez Placido
Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas
Asesor

Ing. Mg. Lenin Vladimir Vargas Villa
Co asesor

Bach. Amet Lozano Noriega
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Nº V/0857-2022

La **Dirección de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe Final de Tesis, **titulado:**

"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".

Autor(es)	:	**LOZANO NORIEGA, AMET**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Maestría	:	ING. FORESTAL
Asesor (a)	:	Dr. Salvador Cárdenas, Manuel Iván

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 06%.**

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 31/12/2022

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

UByP - REPOSITORIO INSTITUCIONAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

REPOSITORIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

Yo, AMET LOZANO NORIEGA.

Autor(a) de la TESIS de pregrado titulada:

"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".

Sustentada el año: 2023

Con la asesoría de: Dr. MANUEL IVÁN SALVADOR CÁRDENAS.

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES.

Escuela Profesional de: INGENIERÍA FORESTAL.

Autorizo la publicación:

PARCIAL ☐ Significa que se publicará en el repositorio institucional solo La caratula, la dedicatoria y el resumen de la tesis. Esta opción solo es válida marcar **si su tesis o documento presenta material patentable**, para ello deberá presentar el trámite de CATI y/o INDECOPI cuando se lo solicite la DGPI UNU.

TOTAL ☒ Significa que todo el contenido de la tesis y/o documento será publicada en el repositorio institucional.

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 tiempoy 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: 16 /02/2023

Email: lonoamet1n@gmail.com

Teléfono: 970352311

Firma:

DNI: 72963570

DEDICATORIA

A Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, a mis padres Aurea Luz y Leopoldo que siempre me apoyan en cada etapa de mi vida personal, académica y profesional, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; Aconsejándome a ir por el buen camino.

A mis hermanas Luz Elizabeth, Susy, Treysi y Marlene, Por su apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento al asesor Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, por su excepcional dedicación en el trabajo de investigación, sus orientaciones fueron vitales para el desarrollo y ejecución de la tesis.

Al Ing. Mg. Lenin Vladimir Vargas Villa como co asesor de la investigación, por las sugerencias y facilidades que me brindó en cada etapa durante el desarrollo de la tesis.

Al personal de la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali, por el secado de la madera, cortes, encolado, prensado, lijado y elaboración de probetas.

Al personal del laboratorio de Tecnología de la Madera por la realización de los ensayos físicos y mecánicos de los tableros enlistonados.

A todas las personas que de una y otra manera han contribuido con el desarrollo de la tesis.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....ii

ACTA DE APROBACIÓN.....iii

CONSTANCIA DE ANTIPLAGIO.....iv

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS.....v

DEDICATORIA.....iii

AGRADECIMIENTO.....vii

RESUMEN.....xiii

ABSTRACT.....xiv

INTRODUCCION..... 1

CAPITULO I..... 4

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 4

1.1. Formulación del problema..... 4

1.2. OBJETIVOS..... 7

CAPITULO II..... 8

2. MARCO TEORICO..... 8

2.1. Antecedentes..... 8

2.2. Planteamiento teórico del problema..... 15

2.3. Definición de términos básicos..... 32

CAPITULO III..... 34

3. METODOLOGÍA..... 34

3.1. Método de investigación..... 34

3.2. Población y muestra..... 34

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos..... 45

CAPITULO IV..... 48

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 48

CAPITULO V..... 85

5. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES..... 85

BIBLIOGRAFIA..... 89

ANEXOS..... 97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. CUADRO ANVA2 47

Tabla 2. Media y coeficiente de variación de las propiedades físicas de tableros enlistonados de madera de Tornillo elaborado con tres tipos de adhesivos y tres gramajes de encolado. 48

Tabla 3. Análisis de Varianza de la densidad seca al aire de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes tipos de adhesivos y gramajes..... 50

Tabla 4. Análisis de varianza de la densidad seca al aire de taleros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola clásica. 52

Tabla 5. Prueba de comparación de medias (tukey= 0,05) de la densidad seca al aire con diferentes gramajes de cola clásica 52

Tabla 6. Análisis de varianza de la densidad seca al aire de los tableros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola extra. 53

Tabla 7. Análisis de varianza de la densidad seca al aire de tableros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola ultra. 53

Tabla 8. Análisis de varianza de la densidad anhidra de los tableros enlistonados de tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 55

Tabla 9. Análisis de varianza de la densidad anhidra de tableros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola clásica. 56

Tabla 10. Prueba de comparación de medias (tukey= 0,05) de la densidad anhidra con diferentes gramajes de cola clásica 57

Tabla 11. Análisis de varianza de la densidad anhidra de los tableros enlistonado de tornillo elaborado con tres gramajes de encolado con cola extra. 57

Tabla 12. Prueba de comparación de medias (tukey= 0,05) de la densidad anhidra con diferentes gramajes de cola extra. 58

Tabla 13. Análisis de varianza de la densidad anhidra de los tableros enlistonado de tornillo elaborado con tres gramajes de encolado con cola ultra. 58
Tabla 14. Análisis de varianza del contenido de humedad de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes tipos de adhesivos y gramajes. 59
Tabla 15. Análisis de varianza de la absorción de agua (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 61
Tabla 16. Análisis de varianza de la absorción de agua (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 62
Tabla 17. Análisis de varianza del hinchamiento volumétrico (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 65
Tabla 18. Análisis de varianza del hinchamiento volumétrico (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 66
Tabla 19. Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) del hinchamiento volumétrico (24 H) con diferentes gramajes. 66
Tabla 20. Análisis de varianza de expansión lineal del largo (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 69
Tabla 21. Análisis de varianza de la expansión lineal del largo (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 70
Tabla 22. Análisis de varianza de la expansión lineal del ancho (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 71
Tabla 23. Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) en la expansión lineal del ancho (12 horas) con tres adhesivos. 71
Tabla 24. Análisis de varianza de la expansión lineal del ancho (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes. 72
Tabla 25. Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) de la expansión lineal del ancho (24 H) con tres adhesivos. 73

Tabla 26. Análisis de varianza de la expansión lineal del ancho (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes..... 74

Tabla 27. Análisis de varianza de la expansión lineal del espesor (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes..... 75

Tabla 28. Estadígrafos de las propiedades mecánicas de los tableros enlistonados de la madera de Tornillo elaborado con tres tipos de adhesivos y tres gramajes de encolado. 76

Tabla 29. Análisis de varianza del módulo de ruptura de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes..... 77

Tabla 30. Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) de los adhesivos en el módulo de ruptura de los tableros. 77

Tabla 31. Análisis de varianza del módulo de elasticidad de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes..... 79

Tabla 32. Análisis de varianza de cizallamiento de los tableros enlistonados de Tornillo con diferentes adhesivos y gramajes..... 81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tablero alistonado final 15

Figura 2. Tablero con alma alistonada 16

Figura 3. Tableros ensamblados 16

Figura 4. Residuos de aserrío 17

Figura 5. Polines de laminado rotativo 18

Figura 6. Usando adhesivo en el canto de la pieza de madera 19

Figura 7. Fuste de Cedrelinga Cateniformis D. Ducke (Tornillo) 30

Figura 8. Madera aserrada de la especie Tornillo 32

Figura 9.Medida de la probeta de madera encolada para ensayo de cizallamiento..... 43

RESUMEN

En el campo forestal se produce desde años remotos residuos de maderas provenientes de las industriales forestales de primera y segunda transformación, en base a ello se fabricó tableros enlistonados de la especie de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke) bajo el efecto de 3 tipos de adhesivos y 3 tipos de gramajes con el objetivo de conocer sus propiedades físicas y mecánicas que orienten los usos de este producto. La metodología empleada fue experimental bajo un diseño de 3x3 y para complementar se hizo un análisis de varianza de dos factores. Se guio de las normas técnicas peruanas (NTP) 251.071, 251.057, 251.010, 251.012, 251.013, 251.076 para los ensayos físicos y mecánicos; se utilizó cola clásica, extra y ultra, así como también gramajes de encolado de 200, 250 y 300 g/m^2 y una presión de 8675,47 kgf/m^2 con un tiempo de prensado de 24 horas. Los resultados indican que los tableros se comportan diferente físicamente y mecánicamente aplicando diferentes adhesivos y gramajes; y según el análisis de varianza permite deducir que por un tema económico es recomendable utilizar la cola clásica con un extendido de 200 g/m^2 ya que estadísticamente presenta similar comportamiento en las propiedades físicas y mecánicas de los otros tableros elaborados con cola extra y ultra, y con gramajes de 250 y 300 g/m^2.

Palabras clave: Ensayos físicos y mecánicos, propiedades físicas y mecánicas, adhesivos, gramajes, normas técnicas peruana (NTP).

ABSTRACT

In the forestry field, wood residues from the first and second transformation forestry industries have been produced since remote years, based on this, lathed boards of the tornillo species (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke) were manufactured under the effect of 3 types of adhesives and 3 types of grammages with the aim of knowing their physical and mechanical properties that guide the uses of this product. The methodology used was experimental under a 3x3 design and to complement an analysis of variance of two factors. It was guided by the Peruvian technical standards (NTP) 251.071, 251.057, 251.010, 251.012, 251.013, 251.076 for physical and mechanical tests; Classic, extra and ultra glue was used, as well as gluing weights of 200, 250 and 300 g/m2 and a pressure of 8675.47 kgf/m2 with a pressing time of 24 hours. The results indicate that the boards behave differently physically and mechanically by applying different adhesives and grammages; and according to the analysis of variance, it can be deduced that for economic reasons it is advisable to use the classic glue with a spread of 200 g/m2 since statistically it presents similar behavior in the physical and mechanical properties of the other boards made with extra and ultra glue. and with weights of 250 and 300 g/m2.

Keywords: Physical and mechanical tests, physical and mechanical properties, adhesives, grammages, Peruvian technical standards (NTP).

INTRODUCCION

La contaminación generada por las empresas forestales industriales es un problema serio que genera residuos forestales, emisión de gases, sonidos etc., y que a pesar de promover tecnologías para mejorar estas falencias sigue siendo todo un reto que se afronta día a día, casí la mayoría de las empresas regalan o botan los residuos de madera es por eso que se tiene que plantear el aprovechamiento de estos residuos elaborando productos (Gonzáles, Mejía, & Méndez, 2018).

Es necesario ir concientizando sobre la reutilización de los residuos forestales, hoy en día es una lucha constante de las autoridades nacionales en donde exigen a los empresarios a elaborar productos alternativos a base de residuos de madera ya que es una de las actividades industriales estratégicas en especial las regiones amazónicas como la región de Ucayali. La parte científica y técnica interviene de manera positiva realizando investigación que permita analizar aspectos físicos y mecánicos de productos como son los tableros enlistonados. Los empresarios apuestan por un rubro que les genere ingresos, pero es indispensable no solo comentarles sobre un producto sino también explicarle y demostrarle. Todo trabajo a base de madera contribuye en lo económico generando ingresos, en lo social fomentando empleos locales y ambiental pues se reduce la contaminación.

Estudios sobre tableros enlistonados en otros países se van desarrollando tal es así que Martínez, Noboa, Salazar & Freire (2020), realizó tablero a base de pino (*Pinus radiata*) y pigue (*Piptocoma discolor*) en la cual llega a concluir que es un material rígido, eficiente y duradero. Londoño & Sepúlveda (2013)*,* indican que este producto puede ser utilizado en la fabricación de muebles, arquitectura y diseño de productos. En el Perú Nieto

(2019), realizó tablero enlistonado a base de *Guazuma crinita* C. Marttius en donde resultó que la resistencia al cizallamiento de la línea de cola fue 58,73 Kg/cm^2 y para tracción perpendicular de 21,55 Kg/cm^2 concluyendo que la resistencia de la madera encolada es similar a la madera sólida. En la región Beraún (2014), utilizando adhesivo acetato de polivinilo (PVA) de tipo D3 en uniones lisas en madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (Capirona) con dos intensidades de presión de 9 y 12 Kg/cm^2 y gramaje de 350 y 400 g/m^2 comparandolas esta con tableros entarugados como testigo, resultando que la resistencia al cizallamiento y tracción perpendicular presentó mayores valores en el tratamiento dos con 91.72 Kg/cm^2 y 42.90 Kg/cm^2 y en el testigo presentó valores de 33.27 Kg/cm^2 y 14.58 Kg/cm^2.

Para estas clases de trabajos de investigación existe normas internacionales y nacionales que indican las medidas de las probetas de madera y procedimientos para ejecutar ensayos fisicos y mecanicos. En el Perú la norma tecnica peruana (NTP) orienta a realizar estos ensayos que permite garantizar resultados serios y científicos. Cada actividad que se realiza va acompañada con guias de apunte que permita apuntar detalles de la investigación. Para analizar estadisticamente el comportamiento de los tratamientos es necesario utilizar algun método estadístico como el analisis de varianza factorial pues ella indica que tratamiento es mejor de acuerdo a las prueba a realizar.

En ese sentido la investigación tiene como objetivo general de determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tableros enlistonados (tripak) sin replacar de residuos de madera de *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke “tornillo” elaboradas con uniones lisas por el canto con tres gramajes

(200, 250 y 300 g/m^2) y tres tipos de adhesivos (cola clásica, extra y ultra). Y como objetivos específicos determinar los valores de las propiedades físicas como la densidad seca al aire, densidad anhidra, contenido de húmedad, absorción de agua, hinchamiento volumétrico y expansión lineal, y en las propiedades mecanicas determinar valores como la flexión estática y cizallamiento. Esto con la finalidad de demostrar cual es la más conveniente utilizar al momento de fabricar los tableros enlistonados y según resultados de ensayos definir posibles usos.

Finalmente, el trabajo aporta sustento técnico y científico a la sociedad en general, fomentando un inicio de oportunidades empresariales a empresarios y profesionales que se animen a apostar por un producto alternativo como tableros enlistonados.

El informe inicia con el capítulo I donde se describe la problemática de estudio, el capítulo II detalla los trabajos de investigación similares y marco teórico, en el capítulo III se describe la metodología utilizada para lograr los objetivos de estudio y en el capítulo IV se presenta los resultados y discusión de la información obtenida.

CAPITULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

La industria del aserrío concentra el 71% de la producción industrial de la madera en las regiones de Ucayali, Loreto, Madre de Dios, Huánuco y Pasco. La región de Ucayali, principalmente la ciudad de Pucallpa es el primer centro maderero del país. Siendo las principales especies transformadas: tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), cachimbo (*Cariniana spp*.), shihuahuaco (*Dipterix odorata*), catahua (*Hura crepitans*), cumala (*Virola spp., Iryanthera spp*.), copaiba (*Copaifera spp*.), capirona (*Calycophylum spruceanum*), bolaina blanca (*Guazuma crinita*), quinilla (*Manilkara bidentata*) y moena (*Ocotea spp*.) (INRENA, 2008).

La transformación de madera en rollo a piezas escuadradas genera en promedio un 46% de residuos de madera como las cantoneras, cantos y despuentes y residuos en particular como el aserrín (Odicio, 1993). La mayoría de empresas dejan de obtener ganancias adicionales debido al desconocimiento de la existencia de otras alternativas viables de utilización de los residuos que aún quedan en el aserradero (Carranza, 2009).

El avance de la tecnología ha promovido mejorar las falencias que se presentan durante el manejo de la materia prima, a pesar de ello las empresas buscan métodos y estrategias constantemente que ayuden a mitigar la contaminación y aunque de a pocos se está concientizando a ser más amigables con el medio ambiente, pues la contaminación

generada por las empresas es un problema serio a lo largo de la historia (Gonzáles, Mejía, & Méndez, 2018).

La industria de la madera tiene la particularidad de producir grandes volúmenes de residuos de madera (Álvarez, Dorado, & Fernández, 2010), en ciertas empresas madereras botan o regalan estos residuos (aserrín, virutas, entre otros) (Gonzáles, Mejía, & Méndez, 2018). En la actualidad la utilización de los subproductos forestales tiene un alto grado de desaprovechamiento, los residuos se queman en grandes cerros o calderas (Soto & Núñez, 2008) citado por (Martínez, García, & Martínez, 2014). Cabe precisar que los residuos de madera que se pueden utilizar para la fabricación de tableros enlistonados son los desechos de aserrío, los polines que quedan después del laminado rotativo, las maderas que presentan defectos, las maderas muy angostas y la amdera deformada por eso estos tableros son una alternativa para reducir residuos en las industrias madereras (Salvador, 2020).

Hablar de residuos es relativo. Surge del campo de la economía el valor que se le asigne de acuerdo al conocimiento científico y técnico del momento para darle las posibilidades de uso. Lo que hoy es llamado residuos mañana puede ser materia prima si adquieren un valor en el mercado. Usar los residuos constituye una solución no solo al problema medio ambiental sino también aporta mayor valor agregado a la madera de la industria forestal (Ortíz, Tejada, & Vásquez, 2004).

Dada la gran problemática que se vive en pleno siglo XXI surge la necesidad de no ser indiferente con el medio ambiente y que al contrario se convierta en una constante preocupación por parte de la humanidad

generando nuevas ideas que aporten a la creación de procesos de reutilización de residuos de madera y los residuos de partículas (Gonzáles, Mejía, & Méndez, 2018).

La ciudad de pucallpa es una zona estrategica en la transformación primaria y secundaria de la madera en el cual producen residuos de madera en grandes cantidades, una de las especies más comerciales y procesadas es el tornillo en la ciudad, agregando que no se innova o no se apuesta por productos alternativos que fácilmente pudiera ser utilizado en carpintería o para interiores de casa utilizando los residuos de madera.

Los carpinteros utilizan diferentes marcas de adhesivos acorde a sus experiencias en sus actividades o trabajos diarios o por sugerencias o capacitaciones de cual adhesivo es mejor por lo que la calidad o eficacia del adhesivo es relativo entre las personas. Entonces no se puede especificar que adhesivo es mejor para elaborar en este caso tableros Tripak o enlistonados o alistonados como se le conoce comercialmente.

Bajo ese enfoque la presente investigación pretendió resolver el siguiente problema general:

¿Es posible elaborar tableros enlistonados sin replacar de los residuos solidos de la madera de *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke “tornillo”, con uniones lisas por el canto utilizando tres gramajes y tres tipos de adhesivos?

Y como problemas específicos:

¿Cómo influye el gramaje del adhesivo en los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros enlistonados sin replacar de residuos sólidos de madera de *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke “tornillo”?

¿Cómo influye el tipo de adhesivo en los valores de las propiedades físicas y mecanicas de los tableros enlistonados sin replacar de residuos sólidos de madera de *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke “tornillo”?

1.2. OBJETIVOS

- **Objetivo general**
  - Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tableros enlistonados (tripak) sin replacar de residuos de madera de *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke “tornillo” elaboradas con uniones lisas por el canto con tres gramajes y tres tipos de adhesivos.
- **Objetivo especifico**
  - Determinar los valores de las propiedades físicas como la humedad, densidad seca al aire y anhidra, absorción de agua, hinchamiento volumétrico y expansión lineal de tableros enlistonados sin replacar de residuos de madera de *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke “tornillo” elaborados con uniones lisas por el canto con tres gramajes y tres tipos de adhesivo.
  - Determinar los valores de las propiedades mecánicas como cizallamiento y flexión estática de tableros enlistonados sin replacar de residuos de madera de *Cedrelinga cateniformis* D. Ducke “tornillo” elaboradas con uniones lisas por el canto con tres gramajes y tres tipos de adhesivo.

CAPITULO II
MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

A nivel internacional

Martínez, Noboa, Salazar & Freire (2020), en su investigación "Propiedades mecánicas de tableros alistonados tricapa de pino (*Pinus radiata*) y pigue (*Piptocoma discolor*) de la empresa PISMADE S.A.". se utilizaron 24 probetas de tablero tricapa para ser sometidos a ensayos de flexión y compresión. Los ensayos arrojan que pueden ser utilizados en la industria y que es un material rígido, eficiente y duradero.

Londoño & Sepúlveda (2013), en su investigación "Los tableros alistonados: una alternativa para el sector del mueble y la madera en Pereira y Dosquebradas". Se concluye que los tableros alistonados mejoran las propiedades mecánicas y el aspecto de la madera logrando un producto de mayor calidad. Este producto es aplicable en la ingeniería, arquitectura y diseño de productos.

Gonzáles (2007), realizó un análisis técnico - económico de la producción a pequeña escala de tableros enlistonados, utilizando la especie *Grevillea robusta*. Se evaluó la resistencia (flexión estática y tracción perpendicular) al esfuerzo cortante de las líneas de adhesivo, en dos situaciones de prensado. La resistencia promedio al cizallamiento para el prensado en caliente y en frío fueron de 3,6 y 5,7 N/mm^2 (36.7098 y 58.1238 kg/cm^2) . La resistencia promedio a la flexión estática de las uniones dentadas, fue de 12,0 N/mm^2 (122.366 kg/cm^2)

Poblete, Díaz-Vaz, Juacida, Niemz & Rolleri (1994), determinaron el rendimiento y la resistencia al cizalle de la madera y de las uniones de los tableros enlistonados, proveniente del raleo de renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Pino Insigne (*Pinus radiata*) de plantaciones industriales. Como adhesivo se usó polivinil acetato. La resistencia al cizalle de la madera de Raulí fue alrededor de 4 N (40%) más alta que la de P. Insigne. Las resistencias al cizalle de las uniones de Raulí superaron las exigencias de la norma EN 204.

Hernán y Roque (2006), en su trabajo de investigación “Relación entre densidad y propiedades de tableros HDF producidos por un proceso seco”. El objetivo del trabajo fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de tableros de fibras duros con densidades entre 810 y 1117 kg/m^3. Los tableros de 3 mm de espesor fueron fabricados en un proceso seco. Se evaluaron las propiedades MOR y MOE en flexión, tracción paralela, absorción de agua, hinchamiento, hinchamiento no recuperable (springback), expansión lineal, expansión del espesor y humedad de equilibrio. La expansión lineal, la expansión del espesor y la humedad de equilibrio, se determinaron luego de climatizar a 3 humedades relativas; 40, 65 y 90% con una temperatura constante de 20 ºC. Los resultados demostraron que existe una correlación entre la densidad del tablero y las propiedades tracción paralela, MOR, MOE, absorción de agua y expansión lineal. Para el caso de los ensayos mecánicos, a medida que aumenta la densidad se incrementan las resistencias. La absorción de agua tiende a disminuir cuando la densidad del tablero aumenta. La expansión lineal se incrementa con aumentos de la densidad del tablero.

El hinchamiento y la expansión del espesor no presentaron una dependencia de la densidad.

Martínez, Fernández, Álvarez, García y Martínez (2014), en su trabajo de investigación “Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales”. Las propiedades físico-mecánicas de los tableros de madera plástica se evaluaron y compararon con los tableros convencionales (tablero de partículas de bagazo de caña, tablero contrachapado y tablero de fibras de bagazo de caña) más utilizados en Cuba. El tablero de madera plástica se elaboró con residuos de la industria forestal (aserrín), residuos industriales (termoplásticos) y aditivos químicos en proporciones de 50, 30 y 20 %, respectivamente; el tablero se obtuvo mediante moldeo por extrusión. Los resultados se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis y comparaciones múltiples post-hoc DMS de Fisher, para determinar las diferencias con relación a los tableros convencionales. Los resultados indican que las propiedades físicas de los tableros de madera plástica mejoraron con el aumento de la densidad. La absorción de agua e hinchamiento fueron menores respecto a los tableros convencionales, mientras que las propiedades mecánicas (flexión, compresión y tracción) fueron superiores. La tracción, flexión y compresión en los tableros de madera plástica fue estadísticamente similar ($P > 0.05$) que en los tableros contrachapados. Dadas sus propiedades, se considera que los tableros de madera plástica son capaces de sustituir tanto a los convencionales como a los de madera en condiciones de intemperie.

A nivel nacional

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. Se uso 120 probetas de madera encolada (60 para cizallamiento y 60 para tracción perpendicular) con dos gramajes de adhesivo (200 g/m^2 y 250 g/m^2), 4 minutos de exposición, 10 minutos de ensamble, dos intensidades de presión (7 Kg/cm^2 y 10 Kg/cm^2), tiempo de prensado de 2 horas y tiempo de fraguado de 48 horas. El adhesivo utilizado fue el acetato de polivinilo (PVA) de tipo D3. 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. Se concluye que la resistencia de la madera encolada es similar a la madera sólida.

A nivel local

Beraún (2014), evaluó el efecto de dos intensidades de presión y dos gramajes de cola en la resistencia al cizallamiento y tracción perpendicular sobre la línea de cola con el adhesivo Acetato de Polivinilo (PVA) de tipo D3, en uniones lisas en madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth (Capirona). Las fabricaciones de los tableros enlistonados fueron con dos intensidades de presión de 9 y 12 Kg/cm^2 y gramaje de 350 y 400 g/m^2. Así mismo, se comparó la resistencia de los tableros enlistonados con tableros entarugados como testigo. La resistencia al cizallamiento y tracción perpendicular presentó mayores

valores en el tratamiento dos con 91.72 Kg/cm^2 y 42.90 Kg/cm^2 y en el testigo presentó valores de 33.27 Kg/cm^2 y 14.58 Kg/cm^2.

Chacón (2014), evaluó la resistencia de la uniones encoladas de canto lisos en la industria de tableros y sus propiedades mecánicas (cizallamiento y tracción). Se utilizó un adhesivo a base de resina sintética Acetato de Polivinilo (PVA, D4), en dos dosis 534 g/cm^3 y 874 g/cm^3, con dos intensidades de presión 10.60 Kgf/cm^2 y 12.47 Kgf/cm^2. La resistencia de las uniones encoladas presentó mayor ventaja con respecto al sistema tradicional de fabricación de tableros con tarugos.

Ramírez, Reyes & Angulo (2016), evaluaron el efecto de cinco intensidades de presión en la resistencia mecánica a los esfuerzos de cizallamiento y tracción perpendicular en tableros encolados de *Calycophyllum spruceanum.* Se aplicaron las siguientes intensidades de presión con torques: 9 lb pie^{-2}, 11 lb pie^{-2}, 13 lb pie^{-2}, 15 lb pie^{-2} y 17 lb pie^{-2} en los tableros encolados con un gramaje de adhesivo (Acetato de Polivinilo de tipo D4) de 300 g/m^2. Se presentó diferencia significativa entre las presiones aplicadas a la resistencia al cizallamiento y a la tracción perpendicular en la madera encolada. Así mismo, hubo diferencia entre la madera maciza y madera encolada. Las intensidades de presión 17 lb pie-^{2}, 15 lb pie-^{2} y 13 lb pie^{-2} mostraron mayor resistencia al esfuerzo al cizallamiento en la línea de cola. Así mismo, las intensidades de presión 15 lb pie^{-2}, 11 lb pie^{-2} y 9 lb pie^{-2} mostraron mayor resistencia al esfuerzo mecánico de tracción perpendicular en la línea de cola.

(Díaz, 2015), en su trabajo “Principales propiedades físicas y mecánicas de los tableros contrachapados, de dos especies forestales,

en Pucallpa". Los objetivos del presente estudio: determinar los valores de algunas propiedades físicas y mecánicas de los tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* (lupuna) y de los tableros contrachapados de *Brosimum alicastrum* (manchinga) con alma de Lupuna. Esta investigación se ejecutó en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali, ubicado en la ciudad de Pucallpa, Distrito de Callería, Provincia de Coronel Portillo, Departamento de Ucayali. De acuerdo a sus propiedades físicas el contenido de humedad y la densidad seca al aire es diferente en cada tipo de tablero contrachapado; en la absorción de agua en dos horas y 24 horas son diferentes para cada tablero contrachapado. Para el hinchamiento de dos horas no presentaron diferencias significativas en el porcentaje de hinchamiento, pero ambos tuvieron menor hinchamiento que el *brosimum alicastrum* (manchinga). En cuanto al hinchamiento en el agua durante 24 horas difieren significativamente del hinchamiento con respecto a los dos primeros tableros. De acuerdo a sus propiedades mecánicas de los tableros no existe diferencias significativas y ambos son superiores al módulo de ruptura de la Lupuna, en el módulo de elasticidad de los tableros existe diferencia altamente significativa, tiene buen comportamiento también a la tracción perpendicular de los tableros.

(Gómez, 2019), en su trabajo "Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de Ceiba pentandra L. Gaertn (Lupuna blanca), de tres empresas triplayeras de Pucallpa". El objetivo principal del trabajo fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn

(lupuna blanca), de tres empresas triplayeras de Pucallpa; con la finalidad de generar información base para las personas ò empresas que utilizan en distintas actividades los tableros contrachapados. El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali y en el laboratorio de tecnología de la madera de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Para ello se utilizó dos tableros contrachapados de cada empresa, de calidad BC según lo indicado en la Norma Técnica Peruana - NTP 251.040 (2010), de donde se tomaron diez probetas para cada ensayo, de acuerdo a lo establecido en las Normas Técnicas Peruanas respectivas. Los resultados encontrados del presente estudio indican que existe diferencia significativa de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de *Ceiba pentandra* L. Gaertn (lupuna blanca) de tres empresas triplayeras de Pucallpa. La densidad en equilibrio promedio es de 0,45 g/cm^3, siendo mayor la densidad en Industrias GINA SAC con 0,48 g/cm^3 . presentaron valores de expansión longitudinal y transversal de MAILSAC (0,13% y 0,10%), IUSAC (0,12 % y 0,20 %) y GINASAC (0,24% y 0,22%). El módulo de ruptura promedio de un corte longitudinal es de 667,82 daN/cm^2 ; presentando mayor módulo de ruptura Industrias GINA SAC con 744,01 daN/cm^2 y el módulo de ruptura promedio de un corte transversal es de 167,03 daN/cm^2 ; siendo mayor el módulo de ruptura en Industria GINA SAC. La dureza promedio es de 208,45 Kgf/cm^2 ; presentando mayor dureza Industrias GINA SAC con 218,09 Kgf/cm^2 .

2.2. Planteamiento teórico del problema

2.2.1. Tableros enlistonados

Los tableros alistonados son un conjunto de listones encolados en sus testas y cantos de mismo ancho y grosor, pero con la posibilidad de distintos largos. Los listones se unen en sus testas mediante un adhesivo con uniones dentados o sin empalme para alcanzar el largo especificado, normalmente de seis metros. Una vez que los listones tienen un largo similar se pasa a la fase de armado donde se encolan sus caras y se forma el ancho del tablero alistonado compuesto por listones de madera para aplicarle presión. Para terminar el tablero alistonado se lija, se escuadra y pasa al almacén. La fabricación de tableros alistonados ha permitido a la industria aprovechar listones de madera de distintos largos para poder fabricar tableros, de manera que a partir de piezas pequeñas se consigue un producto homogéneo de mayores dimensiones**.** El posible destino de los tableros alistonados es; fabricación de muebles, encofrados o usos estructurales (Maderea, 2016)**.**

Figura 1.Tablero alistonado final



Fuente: Maderea, 2016.

Aunque Keil & Spavento (2009) clasifica a estos tableros de la siguiente manera:

Tableros alistonados: formados solo por listones de iguales dimensiones (largo, ancho y espesor) pegados entre sí por un adhesivo (figura 1).

Tableros de alma alistonada: el alma son los listones cubiertos por chapas encoladas en una o ambas caras del tablero (figura 2).

Figura 2.Tablero con alma alistonada



Fuente: Foro madera, 2019.

Tableros ensamblados: se diferencia por estar unidas por listones machihembradas o lengüetadas de canto o testa. Se le conoce generalmente como tableros de madera (figura 3).

Figura 3.Tableros ensamblados



Fuente: Tableros y Molduras Félix Bermejo S.L., 2021

2.2.1.1. Materia prima y materiales para fabricar los tableros enlistonados

a. **Materia prima:** para Salvador (2020), la materia prima para la fabricación de listones está constituida de los residuos clásicos de la industria del aserrío y del laminado de la madera, entre ellos tenemos:

- Madera deformada
- Madera conteniendo numerosos defectos (rajaduras, nudos, etc.)
- Maderas muy cortas o muy angostas
- Maderas que presentan defectos de espesor
- Polines de laminado rotativo
- Cuartones de laminado plano
- Desechos de aserrío

Figura 4.Residuos de aserrío



Fuente:Forestal maderero, 2017

Figura 5.Polines de laminado rotativo



Fuente:Maderas Serko Forestal, 2022.

b. **Adhesivo:** López (2000) citado por (Guerra, 2015), menciona que el PVA es el adhesivo termoplástico de uso más frecuente, que se requiere dos condiciones para su curado: que el agua sea eliminada de la emulsión por absorción y evaporación. Aunque la Asociación de productores forestales de Ucayali (APROFU) (2014) indica que las colas utilizadas para elaborar tableros enlistonados son la urea formol, fenol formaldehído y adhesivos de acetato de povinílicas, coincidiendo con (Maderame, sf), quien hace hincapié que los adhesivos juegan un rol importante en la calidad y tipos de usos a los que puede estar sujeto un tablero alistonado y que hoy en día se utilizan principalmente dos tipos: Urea formol (interiores) y Fenol formaldehído (exteriores).

Figura 6.Usando adhesivo en el canto de la pieza



Fuente: Pegamento. Org, sf.

c. **Recubrimiento o caras:** son laminas que pueden revestir una o ambas caras, con chapas de laminado de movimiento circular o eventualmente de un panel contrachapado delgado (Salvador, 2020).

2.2.1.2. Características de los tableros alistonados

Humedad: Maderame (sf), indica que la humedad de la madera es una variable de importancia crucial que suele pasar desapercibida entre los no profesionales. Si la humedad es alta el riesgo de deformación de la madera es alto. Keil & Spavento (2009)**,** mencionan que el contenido de humedad va a depender del ambiente en que vaya a ser utilizado. Los valores que debe ofrecer la madera en el momento en que se suministra deberían ser:

- 8 ± 2% para ambiente seco
- 10 ± 3% para ambiente húmedo
- 12 ± 3% para exteriores

Keil & Spavento (2009)**,** agrega las siguientes características a los tableros**:**

Densidad aparente: va ser igual al 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.

(Área Técnica - AITIM - Madera, 2015) clasifica a los tableros de la siguiente manera:

Clasificación según sus condiciones de utilización

- SWP 1 ambiente seco.
- SWP 2 ambiente húmedo.
- SWP 3 ambiente exterior

Clasificación según sus propiedades mecánicas

- SWP 1 NS ambiente seco.
- SWP 2 NS ambiente húmedo.
- SWP 3 NS ambiente exterior.

Tableros para aplicaciones estructurales con valores normalizados (S=Structural)

- SWP 1 S ambiente seco.
- SWP 2 S ambiente húmedo.
- SWP 3 S ambiente exterior.

Tableros para aplicaciones estructurales con valores declarados (SD=Structural Declared Values)

- SWP 1 SD ambiente seco.
- SWP 2 SD ambiente húmedo.
- SWP 3 SD ambiente exterior.

2.2.1.3. Factores que afectan la unión

Contenido de humedad. El contenido de humedad óptimo es aquel que produce la unión encolada más resistente y que al ser incrementado por el agua del adhesivo, se acerque lo más posible al contenido de humedad

de equilibrio que tendrá el elemento laminado, cuando esté en servicio (Bruna, 2006).

Densidad. En el estudio realizado por Carmona, Espinoza & Bull (1998), donde se evaluó el comportamiento mecánico de uniones de madera encolada, en función de las variaciones de la densidad presentes en la madera de *Pinus radiata*, demostró la gran influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad, existiendo un aumento significativo de la resistencia mecánica con incrementos en la densidad.

Condiciones de la superficie. Bruna (2006), afirma que las condiciones de la superficie de la madera en el momento del encolado son muy importantes a la hora de maximizar el comportamiento de la cola y por tanto la resistencia mecánica de la unión. El ojo humano puede evaluar fácilmente si la superficie es aceptable (rugosidad, tendencia a deformarse, condiciones generales, etc.). Una superficie dañada por una mala mecanización puede originar serios problemas.

Dirección de la fibra. Aguilera & Vega (2004), la inclinación de la fibra respecto al plano de cola tiene influencia sobre las propiedades de adhesión. En *Pinus radiata* se ha encontrado que la adherencia tiende a disminuir a medida que el ángulo entre las fibras de los elementos encolados aumenta. Además, se sabe que el ángulo de las fibras respecto al plano de cola crea tensiones secundarias que se manifiestan como esfuerzos cortantes que tienden a producir fracturas a lo largo de las fibras y esfuerzos normales que producen tracción en dirección normal a estas. Así mismo menciona que independiente de las condiciones de maquinado

y del espesor de viruta utilizados en este estudio, un cambio en el ángulo de las fibras de la madera tiene un gran efecto sobre la calidad de la superficie. Para las mismas condiciones de corte un cambio del ángulo que se encuentre cercano a 60º o superior generará una superficie de calidad notoriamente deteriorada respecto de ángulos inferiores.

Orientación de los anillos de crecimiento anual. Según Karsulovic (1988) citado por (Gallardo, 1999), la orientación de los anillos de crecimiento anual tiene influencia y se refleja en las propiedades de adhesión de la unión. En efecto, la adhesión está en función de la naturaleza y porosidad de la superficie de la madera. Por lo tanto, según sea la orientación de anillos, la superficie a encolar puede presentar distintas características que serán determinadas según la disposición relativa de los elementos anatómicos (vasos, fibras y radios leñosos en latifoliadas y traqueidas y radio traqueidas en coníferas).

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).

Presión

Frihart & Hunt (2010), la presión ayuda a la penetración del adhesivo en la superficie de la madera como los espacios vacíos logrando una efectiva

adhesión superficial. Elevadas presiones forzan al adhesivo a salir de la unión encolada, este escurrimiento provoca una junta insuficiente.

2.2.1.4. Características de la unión

Extendido o esparcimiento. Es la aplicación de la cola a las superficies a unir, este extendido debe cubrir toda la superficie de la madera, no solo en el momento de la aplicación, sino hasta el fraguado AITIM (2009). El mismo autor menciona que el adhesivo debe ser aplicado uniformemente para formar líneas de cola homogéneas; la cantidad de adhesivo depende de la suavidad y capacidad de adsorción de la superficie de madera y normalmente, puede estar alrededor entre los 60 y los 450 g m^2.

Presión. Marín (2010), menciona que 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 considerando que, para uniones de chapa de madera se debe trabajar en la parte inferior del rango y para piezas curvas y madera solida se debe trabajar en la parte superior del rango de presión. Generalmente, el nivel de presión, así como el tiempo de prensa deben incrementarse a medida que se aumenta el número y el espesor.

Temperatura. Aumenta la velocidad de las moléculas de la cola, facilitando el contacto entre grupos polares. También suele acelerar el fraguado de la cola, excepto en los tipos Hot Melt AITIM (2009). Siempre que se trabaje con madera, ésta se debe prensar en lo posible, a temperatura ambiente, pues se trata de un material vivo que se dilata y

contrae dependiendo de las condiciones a las que este expuesto, lo que genera esfuerzos en las líneas de cola (Marín, 2010).

Tiempo. AITIM (2009), opina que para conseguir la unión es necesario un tiempo, en donde se establezcan las relaciones químicas necesarias y fragüe la cola.

2.2.1.5. Proceso de fabricación de tableros alistonados

Asociación de productores forestales de Ucayali “APROFU” (2014), en su manual para la fabricación de tableros alistonados describen el proceso de fabricación de tableros alistonados que se mencionan a continuación:

Predimensionado. La madera ingresa a la planta en bloques y húmedo denominado madera corta, es tablillado a 25mm de espesor en una sierra circular de forma manual, en anchos de 3,4,5 pulgadas (según madera a cortar) y largos según variables (según la madera).

Secado y Clasificado. La madera predimensionado, según la especie trabajada es preservada y emparrillado para ingresar al proceso de secado. El proceso de secado tiene un ciclo de 12 – 15 días a una humedad de 8 – 12%. Al final las tablillas libres de defecto son apiladas para el siguiente proceso considerando los anchos y largos para cada paquete.

Cepillado 02 caras. El proceso de cepillado tiene por objetivo de eliminar las irregularidades en las caras y calibrar al mismo grosor cada listón a 22mm. O al espesor del lote deseado.

Perfilado de listones. Tiene por objetivo eliminar las irregularidades y preparar los cantos para su encolado. La máquina canteadora o

perfiladora es la encargada de esta fase. En esta operación se debe verificar la calidad del corte, las uniones entre tablas no deben presentar aberturas ni deformaciones que no permitan la correcta unión en el prensado.

Encolado y Armado. El encolado de listones se realiza con rodillos, interviniendo normalmente uno de los cantos. En esta fase se tomará en cuenta las recomendaciones de la investigación realizada según especie (dosificación, temperatura, tiempos abierto y cerrado, etc.), junto a las condiciones del local, son los factores más importantes para conseguir un encolado satisfactorio. El encolado se debe realizar en el plazo más breve posible después de realizar el canteado o perfilado, ya que los cambios superficiales de la madera pueden provocar una adherencia inadecuada.

Prensado. Después de la aplicación de la cola a los listones, se debe armar en los bastidores de la prensa, la puesta en presión tiene por objeto mantener los listones unidos entre sí durante el tiempo necesario para que la cola adquiera el grado de polimerización adecuado. El tiempo de prensado dependerá de factores como: tipo de cola y temperatura. La presión perpendicular a las caras del tablero tiene por objeto mantener los listones alineados, mientras que el paralelo a las caras es el encargado de transmitir la presión necesaria para el encolado de los listones. El tiempo de almacenaje se encuentra alrededor de las 24 horas.

Acabado. El acabado del tablero se puede realizar una vez acondicionado (curado) o inmediatamente después de la salida de la prensa. Dicho acabado consiste en el escuadrado del tablero y su lijado. El primero se puede realizar con escuadradora horizontal o sierra circular

con mesa escuadradora y el segundo mediante lijadoras de banda o rodillo, en caso de lijadoras de rodillo con la velocidad de alimentación entre 0.1 y 0.2 m/s. la secuencia de lijas más frecuentemente utilizada es de grano 60/80/200. La fase de lijado, además de eliminar las irregularidades superficiales del tablero, sirve para calibrar en grueso, recomendándose aplicar unos valores de sobre espesor inicial en el tablero de hasta 3mm. En tableros destinados a mobiliario y de 2mm para tableros destinados a construcción con el fin de absorber los posibles defectos de superficie.

Almacén. El almacenaje de los tableros, atendiendo a su facilidad de manipulación, se debe disponer en forma horizontal, en bloques de no más de 30 unidades, colocando separadores, y dispuestos en un mismo plano para evitar deformaciones irreversibles. En cualquier caso, se deben evitar contactos directos con el suelo que provoquen humedades diferenciales entre ambas caras del tablero, que al final originarían abarquillados perjudiciales.

(Alistonados del Centro, sf) indica que tableros con la madera de la *especie Pino radiata* se debería conservar y almacenar:

- No someter al tablero a cambios bruscos de temperatura y/o humedad. La madera es sensible a variaciones en la estabilidad ambiental.
- Evitar el almacenamiento del tablero en contacto directo con suelo o paredes.
- Conservar el embalaje con el que se suministra la mercancía, unitariamente o en conjunto, evitando la exposición al aire de forma

prolongada sin su recolocación a la disposición inicial -una vez extraída la pieza que se haya de manipular.

- Aplicar un esmalte, laca, pintura o tratamiento químico similar o equivalente que potencie la resistencia del tablero y no sea incompatible, de acuerdo con la ficha técnica del fabricante, con la propia madera o el adhesivo utilizado para el encolado.

Así mismo indica que los tableros deben tener una buena trabajabilidad al aserrado, secado, cepillado, encolado y clavado o atornillado.

2.2.2. Especie en estudio: *Cedrelinga cateniformes* D. Ducke (Tornillo)

- **Taxonomía**

Revisión taxonómica según Cronquist (1981) citado por (Rojas, 2015)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Mimosaceae

Género: *Cedrelinga*

Especie: *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke.

- **Descripción dendrológica**

Árbol del dosel superior, de fuste recto, corteza agrietada de 1 a 2 cm de grosor, con grandes aletas y raíces superficiales, diámetros hasta de 2 m y madera de color rosado. Hojas alternas, glabras y bipinnnadas; pecíolo cilíndrico de 3 - 4 cm de largo, longitudinalmente estriado, con una glándula en su ápice; raquis principal de 3.5 - 7 cm de largo, tenuemente

angulado y estriado ramitas puberulentas (BERNARDI, 1981) citado por (Rojas, 2015)**.**

López (1970) & Vidaurre (1994) citados por (Rojas, 2015)**,** manifiesta que, las flores son hermafroditas, de color blanco. La inflorescencia es terminal en pequeñas cabezuelas (capítulos); fruto tipo legumbre, lomento membranosos compuesto de 9 a 12 artejos plegados en zig-zag, oblongo ovales, que llegan a medir hasta 50 cm de largo (según el número el artejo de que está constituido el lomento), y de 5 a 6 cm de ancho.

Figura 7.Fuste de Cedrelinga Cateniformis D. Ducke



Fuente: Animales y plantas de Perú PLAAN, 2016.

En un kilogramo se encuentra de 1700 a 1900 semillas, estas son grandes, elípticas, entre 1.8 a 3.5 cm de largo, 1.0 a 2.5 cm. de ancho y muy comprimidas lateralmente, (entre 0.2 a 0.3 cm). La conservación se hace con polvos dispersables en agua, es la forma usual en que la mayoría de los fungicidas son formulados. Para ello se hace uso de un

agente humectante que permitirá que el fungicida sea fácilmente mojado y pueda dispersarse bien en el agua. Algunas veces se le adiciona un adherente-dispersante con el propósito de mejorar las propiedades del fungicida, especialmente cuando se aplica en plantas con hojas cerosas. La proporción del fungicida (ingrediente activo) varía entre 50 a 80% (Rojas, 2015)**.**

- **Especificaciones técnicas de la madera de la especie Tornillo**

Las especificaciones técnicas según Madexo (sf):

Descripción de la especie:

Color: El duramen es de color claro castaño pálido, arcando con líneas de color oscuro que destacan sobre el fondo de su estado seco.

Brillo: Medio

Grado: Engruesado

Textura: Gruesa Anillos: Visible a simple vista, en promedio 3 anillos en un radio de 2.5 cm.

Propiedades físicas

Densidad Básica: 0.45 g/cm^3

Contracción Volumétrica: 10.65 %

Relación T/R: 2.2%

Contracción Tangencial :6.90 %

Contracción Radial: 3.17 %

Propiedades mecánicas

Módulo de Elasticidad de Flexión: 108.0 tn/cm^2

Módulo de Ruptura en Flexión: 576.0 kg/cm^2

Comprensión Paralela: 222.0 kg/cm^2

Comprensión Perpendicular: 57.0 kg/cm^2

Corte Paralelo a las Fibras: 81.0 kg/cm^2

Dureza de Lados: 388.0 kg/cm^2

Figura 8.Madera aserrada de la especie Tornillo



Fuente: Animales y plantas de Perú PLAAN, 2016

2.3. Definición de términos básicos

Adhesivo: toda sustancia capaz de unir materiales por el contacto de sus superficies (adhesión), proporcionando a la unión una resistencia interna adecuada (cohesión) (Introducción adhesivos, sf).

Aserrío: piezas de madera maciza obtenida por el aserrado del árbol, generalmente escuadrada, es decir con caras paralelas entre sí y cantos perpendiculares a las mismas (Asociación de Productores Forestales de Ucayali, 2014).

Curado: es el cambio de las características físicas de un pegamento por la reacción química, de un estado a otro (Vila, Díaz, & Portela, sf).

Empalme: sistema de unión que permite prolongar el largo de la pieza (Diccionario de la Construcción, 2021).

Propiedades mecánicas: describen el comportamiento de un material solido al aplicarle fuerzas de tracción, compresión, etc. (Murillo, 2018).

Testa: Extremo plano y perpendicular al eje longitudinal de una pieza de madera de sección rectangular (Diccionario de la Construcción, 2021).

Unión encolada: son todas aquellas uniones de madera en las que se fijan las piezas mediante un adhesivo especial (Argueso, 2019).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Fue de tipo experimental ya que se evaluó el comportamiento de la variable independiente sobre la variable dependiente bajo un diseño 3 x 3 (3 gramajes y 3 adhesivos), para finalmente hacer un análisis de varianza de dos factores.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población fue finita, estuvo constituida por 90 tableros sin replacar, de las cuales se elaboró 45 tableros para analizar las propiedades físicas, 45 tableros para cizallamiento y flexión estática.

3.2.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por los 90 tableros tripak sin replacar por lo que (población = muestra). Para la selección de probetas fue de la siguiente manera:

Para propiedades físicas, cizallamiento y flexión estática: por tratamiento se fabricó 5 tableros, de las cuales por cada tablero se elaboró 4 probetas,

para finalmente seleccionar 1 probeta al azar/ tablero. Logrando obtener 5 probetas por tratamiento. Por lo que cada tratamiento estuvo representado por 5 repeticiones.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Recolección de residuos de madera de la especie Tornillo

La empresa “Maderas Kiara E.I.R.L.” es una empresa que brinda servicio de reaserrío y la especie maderable que trabaja es el tornillo, motivo por el cual se aprovechó los residuos que se generaron en dicha empresa.

Las piezas recolectadas fueron clasificadas acorde con las dimensiones necesarias para la fabricación del tablero enlistonado, las piezas recolectadas tuvieron una longitud mayor a 30 cm, con espesores mayores a 2cm.

3.3.2. Transporte de los residuos recolectados en la empresa

La madera residual de tornillo fue transportada utilizando furgonetas con destino a la carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali.

3.3.3. Predimensionado de las piezas

Con el uso de la sierra de mesa las piezas de madera recolectadas fueron cortadas en listones de 30 cm x 2.5 cm x 2.5 cm de sección.

3.3.4. Secado

Los listoncillos de 30 cm x 2,5 cm x 2,5 cm fueron sometidos a un proceso de secado rápido, ingresó con un contenido de humedad de 55% aproximadamente al horno de la Universidad Nacional de Ucayali con temperatura inicial de 45°C, la temperatura final de secado fue de 65°C alcanzando un contenido de humedad de aproximadamente 12%, el tiempo de secado fue de 6 días.

3.3.5. Clasificado

Hubo listones que presentaron defectos de secado, en esta etapa se seleccionó los listones con mejores características.

3.3.6. Dimensionado final de los listones

Los listones seleccionados para la investigación fueron dimensionados a medidas finales de 1.5 cm x 1.5 cm x 25 cm.

3.3.7. Cepillado de los listones

En esta operación se cepilló a los listones con la finalidad de obtener superficies lisas que posteriormente faciliten la correcta homogenización o dispersión del adhesivo en la madera.

3.3.8. Tipo de adhesivo y gramaje de encolado

Para la presente investigación se optó por analizar el efecto del encolado en tableros enlistonados con tres tipos de adhesivos y tres gramajes respectivos.

Los tipos de adhesivo (ver ficha técnica en anexos 3) son:

Cola clásica

Cola extra

Cola ultra

Y los gramajes de encolado fueron:

Gramaje con 200 g/m², se usó 12 g de adhesivo por tablero

Gramaje con 250 g/m², se usó 15 g de adhesivo por tablero

Gramaje con 300 g/m², se usó 18 g de adhesivo por tablero

3.3.9. Encolado

Preparado los gramajes respectivos por tipo de adhesivo, estas fueron dispersadas en uno de los cantos liso del listón. Esta operación se hizo manualmente con brocha.

3.3.10. Armado de tableros

El armado se realizó en la mesa de la prensa tratando de colocar en una superficie llana para evitar disparejos del tablero.

3.3.11. Prensado

El prensado se realizó con un torquímetro a una presión de 8675,47 kgf/m^2 (0,8675 kgf/cm^2) con un tiempo de prensado de 24 horas.

3.3.12. Fraguado de la cola

Después de 24 horas de prensado, los tableros enlistonados fueron retiradas y puestas en un lugar acondicionado hasta que la línea de cola alcance su máxima resistencia.

3.3.13. Dimensionado y acabado final del tablero

Los tableros fueron sometidos a dimensionamiento único de 25 cm x 25 cm de sección y 1.5 cm de espesor; si el caso lo requería se les dio algunos retoques antes de ser cortadas para las probetas.

3.3.14. Elaboración de probetas

Para **ensayos físicos** las dimensiones de las probetas fue de 50 mm x 63 mm de sección y 20 espesor (mm) adecuándonos a la norma NTP 251.071.

Para **cizallamiento** se elaboraron probetas de 50 mm x 50 mm x espesor (mm) tratando de que la línea de cola este en la mitad de las dos piezas unidas adecuándonos a la norma NTP 251.013.

Para **flexión estática** se elaboró probetas de 40 cm x 5 cm x e (cm). Adecuándonos a la norma NTP 251.076

3.3.15. Selección de probetas para ensayos

Para ensayo físico

Se seleccionaron 5 tableros enlistonados, de cada tablero se elaboraron 2 probetas haciendo un total de 10 probetas por tratamiento, al final se escogió al azar 5 probetas más representativas, que al final estas se constituyeron como las repeticiones por tratamiento. Ese mismo criterio se aplicó para los otros ensayos físicos, haciendo un total de 45 probetas.

Para ensayo mecánico

Para cizallamiento de igual manera de un tablero enlistonado se obtuvo 2 probetas por tratamiento haciendo un total de 10, que luego fueron aleatoriamente elegidos 5. Haciendo un total de 45 probetas para cizallamiento.

Para flexión estática se elaboraron tableros más largos con dimensiones de 40 cm x 20 cm x e(cm). En la cual se obtuvo 2 probetas por tablero haciendo un total de 10 probetas por tratamiento para que posteriormente al azar se eligió 5. Haciendo un total de 45 probetas.

3.3.16. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas

3.3.16.1. Ensayos físicos

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

- Se pesaron las probetas (Mi).
- Se colocaron 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 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 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 peso 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 midieron el largo, ancho y espesor de las probetas secas al horno expresándolos en unidades del sistema internacional de unidades.
- Se pesaron las probetas secas al horno

- Se usó la fórmula:

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

Donde:

D: densidad seca al aire 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 pesaron 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 24 horas (%)

Ph: peso húmedo saturado en 24 horas (%)

Psh: peso seco al horno en gramos

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

- Se midieron el volumen de las probetas (volumen seco).
- Se sumergieron al agua.
- Se midieron 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 24 horas (%)

Vh: volumen húmedo saturado en 2h 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)

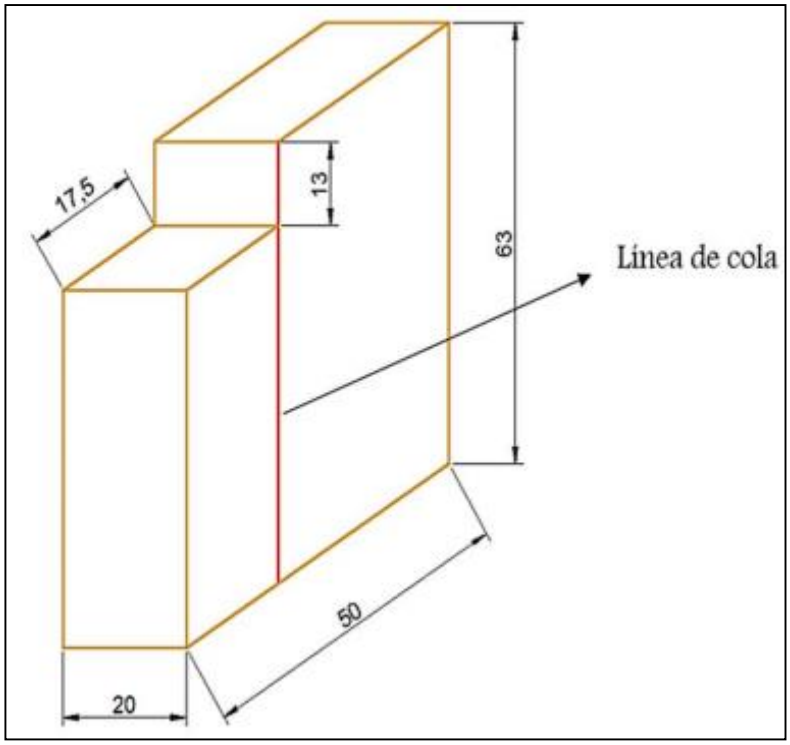
Li: longitud inicial de probeta seca al horno (cm)

Ensayos mecánicos

✓**Determinación de cizallamiento (NTP 251.013)**

- Se aplicó una velocidad de carga ajustada de 0.4 mm/min.
- Se realizaron probetas como se muestra en la siguiente figura 9:

Figura 9.Medida de la probeta de madera encolada para ensayo de cizallamiento.



Fuente: Nieto, 2019.

- Para determinar la resistencia al cizallamiento en la línea de cola de los tableros enlistonados, se utilizó la siguiente formula:

$$Cz = \frac{P}{A} = \text{Kg}/cm^2$$

Dónde:

Cz: Resistencia al cizallamiento kg/cm^2

P: Carga máxima registrada (Kg).

A : Área encolada en la probeta (cm^2)

✓**Determinación de flexión estática (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 (kg/cm²)

$$MOR = \frac{1{,}5 * carga\ máxima * luz\ entre\ apoyos}{ancho\ probeta * (altura\ probeta)^2}\ (kg/cm^2)$$

Módulo de elasticidad (kg/cm²)

$$MOE = \frac{0{,}25 * (luz\ entre\ apoyos)^3 * CLP}{ancho\ probeta * (altura\ probeta)^3\ * DLP}\ (kg/cm^2)$$

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Las técnicas de investigación fueron:

- Observación directa acompañado de una guía de apuntes.
- Análisis documental que sirvió como referencia para la idea y posterior ejecución de la investigación.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos de acuerdo a las técnicas fueron:

Para la observación directa el instrumento de recolección de datos fue una guía de observación y apuntes acompañado de una cámara fotográfica, en esta guía se describió las codificaciones y medidas de las probetas, así como los resultados que arrojó la prensa universal al momento de ejecutar los ensayos mecánicos, de igual manera fueron codificados las probetas para ensayos físicos. Y para el análisis documental sus instrumentos fueron todas las revisiones documentales relacionado a la investigación como tesis, artículos científicos, normas técnicas peruanas (NTP) que contienen los procedimientos y las fórmulas para los cálculos físicos y mecánicos (Tesis Narvaéz, 2019).

3.5. Procesamiento de recolección de datos

Los datos obtenidos y registrados en la guía de apunte fueron calculados según sus fórmulas que posteriormente se ordenó según cada tratamiento con sus respectivos valores de contenido de humedad, densidad anhidra y seca al aire, hinchamiento volumétrico, absorción de agua, expansión lineal, flexión estática y cizallamiento. Esos valores

obtenidos sirvieron para generar información en el programa estadístico SPSS V.26.

3.6. Tratamiento de datos

Los datos fueron tratados bajo un análisis de varianza de dos factores ($ANVA_2$) usando el programa estadístico SPSS V.26; los factores se muestran continuación:

1er factor: Tipos de adhesivos

Niveles del 1er factor:

- Tekno cola clásica (A)
- Tekno cola extra (B)
- Tekno cola ultra (C)

2do factor: gramaje de adhesivo

Niveles del 2do factor:

- 200 g/m^2 (1)
- 250 g/m^2 (2)
- 300 g/m^2 (3)

Haciendo un total de 9 tratamientos cuya distribución es la siguiente:

A1	B1	C1
A2	B2	C2
A3	B3	C3

Por tratamiento hubo 5 repeticiones haciendo un total de 45 unidades experimentales para ensayos físicos. A eso sumamos las probetas para cizallamiento (45) y flexión estática (45), el total fue 135 unidades experimentales

Para la interpretación de los datos se usó la tabla 1 de análisis de varianza.

Tabla 1

CUADRO ANVA2

Fuente de variación	GL	SC	CM	F	P-valor
Entre adhesivos	p-1	SCa	CMa		
Entre gramajes	q-1	SCb	CMb		
Interacción adhesivos x gramajes	(p-1)(q-1)	SCab	CMab		
Error	Pq(n-1)	SCr	CMr		
Total	Pqn-1	SCt			

Para la rapidez de interpretación se optó por usar el P-valor que arroja el programa estadístico del SPSS. V.26 en la cual según la forma de responder la hipótesis es:

Si el P-valor es menor del nivel de significancia 0.05 entonces se rechaza la hipótesis, lo que indica que existe diferencias significativas, esto conllevará a realizar la prueba múltiple de media “Tukey”. Y si el P-valor es mayor al nivel de significancia 0.05 se acepta la hipótesis, lo que indica que no existe diferencias significativas, por lo que no se usará la prueba de tukey. El nivel de confianza a trabajar será de 95% con un error de 5%.

En el análisis de varianza de dos factores se tiene que verificar la interacción factorial (adhesivos x gramajes), se usa el mismo criterio si el P-valor que arroja esa interacción es inferior a 0,05 pues habrá interacción por lo que se desdoblará en análisis de varianzas de un factor.

CAPITULO IV
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resumen de propiedades físicas de tableros enlistonados

Tabla 2

Media y coeficiente de variación de las propiedades físicas de tableros enlistonados de madera de Tornillo elaborado con tres tipos de adhesivos y tres gramajes de encolado

			PROPIEDADES FISICAS													
Adhesivos	Gramajes de encolado g/m²	Estadígrafos	Densidad seca al aire g/cm2	Densidad anhidra g/cm2	Contenido de humedad %	Absorción de agua – 12horas %	Absorción de agua – 24 horas %	Hinchamiento volumétrico – 12 horas %	Hinchamiento volumétrico – 24 horas %	Expansión lineal – largo 12horas %	Expansión lineal – largo 24 horas %	Expansión lineal – ancho 12horas %	Expansión lineal – ancho 24 horas %	Expansión lineal – espesor 12horas %	Expansión lineal – espesor 24 horas %
Clásica	200	X	0,44	0,42	11,72	60,3	68,3	10,05	11,91	2,06	2,54	2,86	3,86	4,84	5,1
		CV	5,21	4,56	8,64	12,7	11,9	19,4	23,4	52,7	60,1	41,2	55,9	38,4	36,1
	250	X	0,38	0,36	11,4	61,8	70	8,02	9,28	2,1	2,75	2,09	2,38	3,64	3,89
		CV	10,7	12,4	11,3	18,7	17,8	16,3	10,8	42,8	50,3	63,0	64,1	22,1	16,9
	300	X	0,44	0,41	11,6	64,8	72,7	8,48	11,4	2,17	3,01	2,83	3,76	3,27	4,28
		CV	8,14	6,51	11,2	20,6	18,8	22,4	16,1	65,4	76,3	53,6	52,5	49,3	31,1
Extra	200	X	0,35	0,33	10,8	60,5	67,9	7,55	8,71	1,65	2,05	1,74	2,17	4	4,28
		CV	10,1	8,36	5,55	19,1	17,5	13,7	10,0	17,4	31,4	32,8	33,3	15,5	16,9
	250	X	0,38	0,36	11,0	53,5	60,4	8,2	9,68	1,89	2,39	1,62	1,99	4,51	5,03
		CV	5,42	5,56	6,09	19,5	18,4	16,6	12,9	39,9	37,1	21,2	24,4	15,5	14,1
	300	X	0,33	0,32	11,3	69,6	77,5	9,28	10,5	1,91	2,23	1,87	2,22	5,27	5,78
		CV	7,11	8,55	4,44	13,9	13,7	12,1	12,1	31,2	33,5	46,0	36,4	27,5	20,7
Ultra	200	X	0,35	0,34	11,7	63,8	70,9	8,59	10,0	1,98	2,59	1,71	1,99	4,68	5,15
		CV	11,4	13,1	4,77	26,24	22,51	15,39	14,83	21,28	21,63	41,11	41,66	15,06	10,80
	250	X	0,37	0,35	10,94	54,41	62,28	7,33	8,85	1,81	2,29	1,45	1,83	3,92	4,52
		CV	6,86	5,53	6,16	21,59	19,87	12,32	6,26	43,59	58,08	24,09	24,69	32,62	18,63
	300	X	0,35	0,34	11,24	64,37	73,54	8,89	10,31	1,97	2,28	2,19	2,35	4,51	5,36
		CV	9,51	8,73	6,95	17,59	16,12	10,88	12,38	27,70	30,48	40,24	39,58	23,79	17,20

X̄: promedio

CV= coeficiente de variación (%)

En la tabla 2 se observa que los tableros elaborados con cola clásica y encolados con gramaje 200 g/m^2 obtiene una media de densidad seca al aire similar a los tableros encolados con gramajes 300 g/m^2, la misma tendencia se aprecia en la densidad anhidra, contenido de humedad. En lo que respecta a absorción de agua (12 y 24 horas) los tableros encolados con gramaje 200 g/cm^2 presentaron menores porcentajes de absorción. En hinchamiento volumétrico (12 y 24 horas) los tableros encolados con gramaje de 250 g/m^2 presentaron menores porcentajes de hinchamiento. En expansión lineal del largo (12 y 24 horas) los tableros encolados con gramaje 200 g/cm^2 presentaron menores porcentajes de expansión. En la expansión lineal del ancho (12 y 24 horas) los tableros encolados con gramajes de 250 g/m^2 presentaron menores valores de expansión y en la expansión lineal del espesor (12 horas) los tableros encolados con gramaje 300 g/m^2 presento menores valores y en la expansión lineal del espesor (24 horas) los tableros encolados con gramaje 250 g/m^2 presento menor porcentaje de expansión.

Respecto a los tableros elaborados con cola extra la tendencia de valores de sus propiedades físicas varía, tal es así que los tableros encolados con gramaje de 250 g/m^2 presentó mayor densidad seca al aire y densidad anhidra. Presentó menor contenido de humedad con gramaje 200 g/m^2. Presentó menor absorción de agua (12 y 24 horas) encoladas con gramaje 250 g/m^2. Los tableros encolados con gramaje 200 g/m^2 presentaron menor hinchamiento volumétrico y expansión lineal de largo (12 y 24 horas). Con gramaje de 250 g/m^2 presentó menor expansión del

ancho (12 y 24 horas). Y con gramaje 200 g/m^2 presentó menor expansión lineal del espesor (12 y 24 horas).

Finalmente, los tableros elaborados con cola ultra y gramaje 250 g/m^2 presentó mayor densidad seca al aire, densidad anhidra; menor contenido de humedad, absorción de agua (12 y 24 horas), hinchamiento volumétrico (12 y 24 horas) y expansión lineal tanto en el largo, ancho y espesor (12 y 24 horas).

4.1.1. Densidad del tablero enlistonado

4.1.1.1. Densidad seca al aire

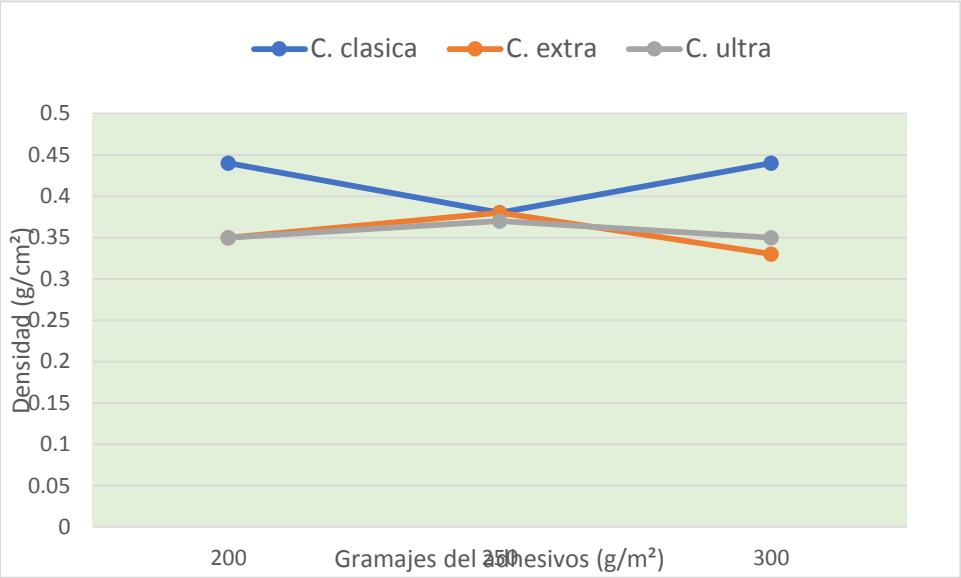
Tabla 3
Análisis de Varianza de la densidad seca al aire de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes tipos de adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	P-Valor
Entre adhesivos	0,040	2	0,020	19,982	0,000
Entre gramajes	0,001	2	0,000	0,274	0,762
Adhesivos * gramajes	0,017	4	0,004	4,224	0,007**
Error	0,036	36	0,001		
Total	0,094	44			

La tabla 3 presenta el $ANVA_2$ de la densidad seca al aire, en ella se observa que existe una interacción altamente significativa entre los factores tipos adhesivos y gramajes de los adhesivos. En la figura 10 se observa que la densidad de los tableros enlistonados de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke) tienen diferentes comportamientos según el tipo de cola y el gramaje, sobre todo con el adhesivo clásica y los gramajes 200 g/m^2 y 300 g/m^2, mientras que el comportamiento de la densidad seca al aire con las colas extra y ultra son muy similares,

mientras que con el gramaje 250 g/m^2 en los tres tipos de cola son similares.

Figura 10. Comportamientos de la densidad seca al aire de los tableros con tres adhesivos y tres gramajes diferentes



Cola Clásica

La interacción significativa de los factores tipo y gramajes de los adhesivos indica que no permite extraer ninguna conclusión por que el tipo de adhesivo o el gramaje tienen diferentes comportamientos en la densidad seca al aire del tablero, por lo que se procedió a desdoblar el análisis de varianza de 2 factores en 3 análisis de varianza unifactorial, por tipo de adhesivos.

Tabla 4

Análisis de varianza de la densidad seca al aire de taleros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola clásica

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre gramajes	0,011	2	0,006	4,890	0,028
Error	0,014	12	0,001		
Total	0,025	14			

La tabla 4 muestra el análisis de la varianza de la densidad seca al aire con adhesivo clásica, en el que se aprecia que existe diferencias significativas entre los promedios de las densidades seca al aire de los tableros enlistonados construidos con tres gramajes diferentes de la cola clásica, por lo que se aplicó la múltiple de medias de tukey.

Tabla 5

Prueba de comparación de medias (tukey= 0,05) de la densidad seca al aire con diferentes gramajes de cola clásica

200 g/m^2	300 g/m^2	250 g/m^2
0,44	0,44	0,38
A	A	
		B

La tabla 5, muestra el resumen de la prueba de Tukey, en dicha tabla se aprecia que no existe diferencias significativas en los promedios de densidad seca al aire entre los tableros enlistonados sin replacar de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke) elaborados con gramajes de cola clásica de 200 g/m^2 (A) y 300 g/m^2 (A) (ambos con 0,44 g/cm^3). Sin embargo, estos dos tableros difieren significativamente de la densidad seca al aire del tablero elaborado con gramaje de 250 g/m^2 (0,38 g/cm^2).

Con cola extra

Tabla 6
Análisis de varianza de la densidad seca al aire de los tableros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola extra

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre gramajes	0,006	2	0,003	3,866	0,051
Error	0,009	12	0,001		
Total	0,015	14			

La tabla 6 indica que no existe diferencias significativas entre las densidades seca al aire entre tableros enlistonados elaborados con los gramajes de encolado: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 de cola extra, deduciéndose que la densidad seca al aire es similar en los tres gramajes de encolado.

Con cola ultra

Tabla 7
Análisis de varianza de la densidad seca al aire de tableros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola ultra

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre gramajes	0,001	2	0,000	0,254	0,779
Error	0,014	12	0,001		
Total	0,014	14			

En la tabla 7 se observa que no existe diferencias estadísticas en la densidad seca al aire entre los tableros elaborados con tres gramajes de encolado (200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2) utilizando cola ultra.

En el caso de la cola clásica se recomienda utilizar el gramaje 200 g/m^2 por razones económicas, mientras que en las cola extra y ultra como

no existe diferencias significativas se recomienda utilizar el gramaje 200 g/m^2.

Así mismo el valor de la densidad seca al aire de los tableros elaborados de listones de la madera de tornillo son inferiores a la densidad seca al aire de la madera de tornillo ya que determinó un valor de 0,51 g/cm^3 (Méndez, 2020), así mismo el autor indica que la densidad seca al aire debe ser mayor a la densidad anhidra debido a que la madera está expuesta al aire intercambiando constantemente vapor de agua con la atmosfera que la rodea por un tema de higroscopicidad. En la presente investigación se cumple lo mencionado por el autor ya que los valores de densidad seca al aire son mayores a los valores de la densidad anhidra de los tableros enlistonados.

Los tableros enlistonados sin replacar elaborados con cola clásica y gramajes 200 y 300 g/cm^2 se aproximan a la densidad seca al aire del tablero enlistonado comercial de *Pino radiata* rústico que presentó una densidad seca al aire de 0,445 g/cm^2 (Alistonados del Centro, sf).

De igual manera los valores de densidad seca al aire son semejantes a la densidad de los tableros contrachapados de Lupuna blanca de la empresa MAILSAC que presento un valor de 0,46 g/cm^3; IUSAC presentó un valor de 0,42 g/cm^3 y GINASAC presentó un valor de 0,48 g/cm^3 (Gómez, 2019). Se asume que es por los aditivos y adhesivo que se utilizan en la elaboración de los contrachapados esto refuerza mecánicamente estos tableros contrachapados.

Para Carmona, Espinoza & Bull (1998), indican la gran influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad, existiendo un aumento

significativo de la resistencia mecánica con incrementos en la densidad. Bajo ese contexto se recomienda optar por el tratamiento que brinda mayor densidad al tablero, esto garantizará una buena resistencia mecánica al momento de usarlo. Aunque debido a su densidad básica teórica esta especie es utilizada para construcciones livianas, muebles ordinarios y carpintería en general (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera “CITE MADERA”, 2008). La densidad es importante pero factores como las condiciones de la superficie de la madera permitira un buen encolado y por ende una buena resistencia mecánica de la madera encolada (Bruna, 2006), por eso al momento de encolar los listones cerciorarse bien que la superficie no presente rugosidades o defectos.

4.1.2. Densidad anhidra

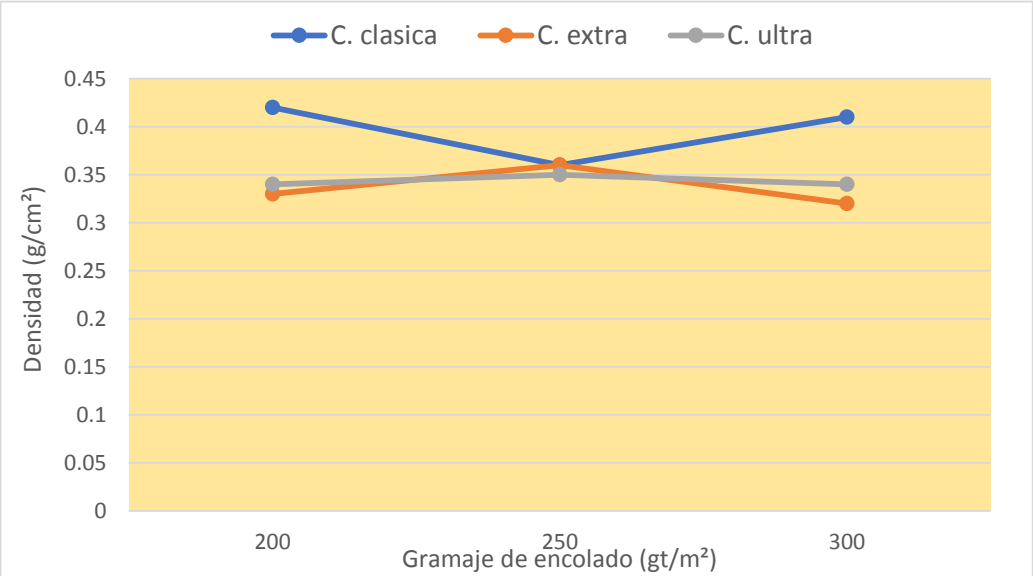
Tabla 8
Análisis de varianza de la densidad anhidra de los tableros enlistonados de tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	0,035	2	0,017	19,358	0,000
Entre gramajes	0,001	2	0,000	0,354	0,704
adhesivos * gramajes	0,017	4	0,004	4,590	0,004**
Error	0,033	36	0,001		
Total	0,085	44			

La tabla 8 presenta el $ANVA_2$ de la densidad anhidra, en ella se observa que existe una interacción altamente significativa entre los factores tipos adhesivos y gramajes de los adhesivos gramajes. En la figura 11 se observa que la densidad de los tableros enlistonados de tormillo (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke) tienen diferentes comportamientos según el tipo de cola y el gramaje, sobre todo con el adhesivo clásica y los gramajes 200 g/m² y 300 g/m², mientras que el comportamiento de la densidad seca aire con las colas extra y ultra son

muy similares, mientras que con el gramaje 250 g/m² en los tres tipos de cola son similares.

Figura 11. Comportamiento de la densidad anhidra de los tableros con tres adhesivos y tres gramajes diferentes



Con cola clásica

Tabla 9

Análisis de varianza de la densidad anhidra de tableros enlistonados de tornillo elaborados con tres gramajes de encolado con cola clásica

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre gramajes	0,012	2	0,006	5,810	0,017
Error	0,012	12	0,001		
Total	0,024	14			

La tabla 9 el análisis de la varianza de la densidad anhidra con adhesivo clásica, en el que se aprecia que existe diferencias significativas entre los promedios de las densidades anhidras de los tableros enlistonados construidos con tres gramajes diferentes de la cola clásica, por lo que se aplicó la múltiple de medias de Tukey.

Tabla 10

Prueba de comparación de medias (tukey= 0,05) de la densidad anhidra con diferentes gramajes de cola clásica

200 g/m^2	300 g/m^2	250 g/m^2
0,42	0,41	0,36
A	A	
		B

La tabla 10, muestra el resumen de la prueba de Tukey, en dicha tabla se aprecia que no existe diferencias significativas en los promedios de densidad anhidra entre los tableros enlistonados de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke) elaborados con gramajes de cola clásica de 200 g/m^2 (A) y 300 g/m^2 (A) . Sin embargo, estos dos tableros difieren significativamente de la densidad anhidra del tablero elaborado con gramaje de 250 g/m^2.

Con cola extra

Tabla 11

Análisis de varianza de la densidad anhidra de los tableros enlistonado de tornillo elaborado con tres gramajes de encolado con cola extra

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre gramajes	0,005	2	0,002	3,916	0,049
Error	0,008	12	0,001		
Total	0,013	14			

La tabla 11 muestra el análisis de varianza de la densidad anhidra con adhesivo extra, en el que se aprecia que existe diferencias significativas entre los promedios de las densidades anhidras de los tableros enlistonados construidos con tres gramajes diferentes de cola extra, por lo que se aplicó la múltiple de medias tukey.

Tabla 12

Prueba de comparación de medias (tukey= 0,05) de la densidad anhidra con diferentes gramajes de cola extra

250 g/m^2	200 g/m^2	300 g/m^2
0,36	0,33	0,32
A	A	
	B	B

La tabla 12, muestra el resumen de la prueba de Tukey, en dicha tabla se aprecia que no existe diferencias significativas en los promedios de densidad anhidra entre los tableros enlistonados de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* D. Ducke) elaborados con gramajes de cola clásica de 200 g/m^2 y 300 g/m^2 , tampoco existe diferencias significativas entre los tableros elaborados con gramajes 200 g/m^2 y 250 g/m^2. Sin embargo, el tablero elaborado con gramaje 300 y el tablero elaborado con gramaje 250 si presentan diferencias significativas en la densidad anhidra.

Con cola ultra

Tabla 13

Análisis de varianza de la densidad anhidra de los tableros enlistonado de tornillo elaborado con tres gramajes de encolado con cola ultra

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre gramajes	0,000	2	0,000	0,196	0,825
Error	0,013	12	0,001		
Total	0,013	14			

La tabla 13 indica que no existe diferencias significativas en la densidad anhidra entre los tableros elaborados con tres gramajes de encolado: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 350 g/m^2 utilizando la cola ultra, deduciéndose que la densidad anhidra es similar en los tres gramajes de encolado.

En el caso de la cola clásica se recomienda utilizar el gramaje 200 g/m^2 por razones económicas, de igual manera en el caso de la cola extra con gramaje de 200 g/m^2 ya que no muestra diferencias significativas con el gramaje 250 g/m^2 y con la cola ultra como no existe diferencias significativas se recomienda utilizar el gramaje 200 g/m^2 por razones económicas.

Así mismo el valor de la densidad anhidra de los tableros elaborados de listones de la madera de tornillo son inferiores a la densidad anhidra de la madera sólida del tornillo en la cual (Méndez, 2020), determinó un valor de 0,51 g/m^3.

Los valores de densidad anhidra de los tableros enlistonados obtenida en la investigación son inferiores a la densidad anhidra de la madera sólida del tornillo ya que (Cabudivo, 2012) obtuvo densidades de 0,48 g/cm^3 a 0,53 g/cm^3 procedentes de árboles de 15 a 40 años.

4.1.3. Contenido de humedad

Tabla 14
Análisis de varianza del contenido de humedad de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes tipos de adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	3,508	2	1,754	2,338	0,111
Entre gramajes	0,594	2	0,297	0,396	0,676
Adhesivos * gramajes	0,812	4	0,203	0,271	0,895
Error	27,010	36	0,750		
Total	31,924	44			

La tabla 14 indica que no existe diferencias significativas entre los factores tipo de adhesivos, es decir el contenido de humedad son similares en los tableros fabricados con adhesivos clásica, extra y ultra: Así mismo no existe diferencias significativas en el contenido de humedad entre los tableros enlistonados, elaborados con gramajes 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2. Lo que indica que el contenido de humedad no es influenciado por el tipo de adhesivo ni el gramaje de la cola.

En lo que respecta al contenido de humedad, al no haber diferencias significativas se puede utilizar cualquiera de los 3 adhesivos, y por razones económicas aplicar el gramaje de encolado de 200 g/m^2.

En lo que respecta al contenido de humedad se recomienda aquel que presenta mejor union encolada mas resistente y que al ser incrementado por el agua del adhesivo se acerque lo mas posible al contenido de humedad de equilibrio (Bruna, 2006). En la investigación realizada no existe diferencias estadisticas en el contenido de humedad entre los tres tableros elaborados con 3 adhesivos ni tampoco aplicando los tres gramajes de encolado.

Según su grado de humedad, estos tableros pueden ser utilizados en ambientes húmedos ya que estan en el rango de 8 – 10% de humedad y para exteriores domiciliarios de 12% de húmedad (Maderame, sf).

Los valores de humedad de los tableros se aproximan al contenido de humedad del tablero enlistonado de Pino radiata rústico con fines comerciales ya que lo comercializan con un CH de 12% (Alistonados del Centro, sf). Estos valores de humedad son recomedables en todos los tableros que van a ser comercializados ya sea alistonado, triplay u otros.

4.1.4. Absorcion de agua de los tableros enlistonados

4.1.4.1. Absorción de agua – 12 horas

Tabla 15
Análisis de varianza de la absorción de agua (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	17,985	2	8,993	0,065	0,937
Entre gramajes	705,608	2	352,804	2,537	0,093
Adhesivos * gramajes	314,887	4	78,722	0,566	0,689
Error	5006,881	36	139,080		
Total	6045,361	44			

La tabla 15 indica que no existe diferencias significativas en la absorción de agua a las 12 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, tampoco existe diferencias significativas en la absorción de agua a las 12 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Estadísticamente al no haber diferencias significativas en la absorción de agua a las 12 horas sumergidas los tableros enlistonados se recomienda aplicar un gramaje de encolado de los listones de 200 g/m^2 ya sea usando cola clásica, cola extra y cola ultra. Todo esto por razones económicas e incluso optar por la cola más cómoda (precio) en el mercado.

Según los promedios de absorción de agua a las 12 horas sumergidas, solo los tableros enlistonados encolados con cola extra y gramaje de 300 g/m^2 (69,6%) mostraron valores similares en comparación a la absorción de agua de los tableros aglomerados de partículas de

madera de tornillo en la cual (Bellido, Egoaviel, & Gonzales, 2003), en donde obtuvieron valores de absorción de 69%. Los demás tableros enlistonados sin replacar aplicados con cola clásica y ultra en gramajes de 200 g/m^2 250 g/m^2 y 300 g/m^2 mostraron inferiores valores de absorción de agua, esto puede resultar debido a que el tablero aglomerado antes mencionado utilizó como aglutinante a una resina natural de las coníferas denominadas colofonía, en ese sentido la cola extra presento mejor comportamiento que dicho aglutinante.

Los promedios de absorción de agua de los tableros enlistonados utilizando cualquiera de los 3 adhesivos supera los 60% de absorción, en ese sentido disminuir la absorción de agua es utilizando soluciones impermeables que reduzcan la absorción de humedad.

Es importante conocer este comportamiento ya que será el resultado de los procesos dinámicos de transferencia con el medio ambiente como la lluvia o la variación de humedad de la zona (Calvo, y otros, 2007). Los productos estarán expuestas a esos factores ambientales por lo tanto absorberán agua.

4.1.4.2. Absorción de agua – 24 horas

Tabla 16
Análisis de varianza de la absorción de agua (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	26,503	2	13,251	0,089	0,915
Entre gramajes	801,470	2	400,735	2,702	0,081
Adhesivos x gramajes	323,269	4	80,817	0,545	0,704
Error	5338,318	36	148,287		
Total	6489,559	44			

La tabla 16 indica que no existe diferencias significativas en la absorción de agua a las 24 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, tampoco existe diferencias significativas en la absorción de agua a las 24 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Estadísticamente de acuerdo al análisis de varianza al no haber diferencias significativas se recomienda aplicar gramaje de encolado de 200 g/m^2 ya sea usando cola clásica, cola extra y cola ultra, todo esto por razones económicas e incluso optar por el adhesivo más cómodo (precio) en el mercado.

Es importante conocer este comportamiento ya que será el resultado de los procesos dinámicos de transferencia con el medio ambiente como la lluvia o la variación de humedad de la zona (Calvo, y otros, 2007). Los productos estarán expuestas a esos factores ambientales por lo tanto absorberán agua.

Los valores de absorción de agua en 24 horas son muy superiores a los tableros de fibras MDF de *Pino radiata* quien presentó un valor de absorción (24 H) de 27,9% (Hernán & Roque, 2006). El mismo autor indica que para tableros duros la absorción durante 24 horas de inmersión en agua no debe ser mayor al 30%. En la presente investigación en lo que respecta a absorción de agua en 12 y 24 horas sumergidas no cumplen con los límites. Razón por la cual se recomienda cubrir la superficie del tablero con sustancias impermeables que reduzcan la absorción del agua.

El autor antes mencionado indica que a usando en mayor cantidad de resina de fenol formaldehido disminuye la absorción de agua.

Los valores de absorción de agua son también muy superiores a los tableros de madera plástica que presenta una absorción de 0,22%; un tablero de partículas de bagazo de caña presenta una absorción de agua de 15,10% y un tablero contrachapado presenta una absorción de 10,47% (Martínez, Fernández, Álvarez, García, & Martínez, 2014). Comparando el tablero enlistonado con el tablero madera plástica esta última se ve favorecida por la influencia de la matriz termoplástica que provoca una mayor impermeabilidad del tablero.

Los valores de absorción del tablero enlistonado sin replacar de tornillo es inferior a los tableros contrachapados de la especie Lupuna que presentó una absorción de 129%, y superior a los tableros contrachapados conformadas por las especies Manchinga – Lupuna que presentó una absorción de 53,9% y que los tableros contrachapados de Manchinga que presentó 49,7% (Díaz, 2015). Se asume que la especie de Manchinga absorbió menos agua debido a que es de mayor densidad básica (0,68 g/cm^3).

4.1.5. Hinchamiento volumétrico

4.1.5.1. Hinchamiento volumétrico – 12 horas

Tabla 17
Análisis de varianza del hinchamiento volumétrico (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	2,988	2	1,494	0,800	0,457
Entre gramajes	9,288	2	4,644	2,486	0,097
Adhesivos * gramajes	16,411	4	4,103	2,196	0,089
Error	67,259	36	1,868		
Total	95,947	44			

La tabla 17 indica que no existe diferencias significativas en el hinchamiento volumétrico a las 12 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, tampoco existe diferencias significativas en el hinchamiento volumétrico a las 12 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Estadísticamente los tableros enlistonados presentan similar hinchamiento volumétrico a las 12 horas de sumergidas en agua, por lo que se puede usar cualquiera de los 3 adhesivos en estudio. En lo referente al gramaje por un tema económico se optaría por aplicar el de 200 g/m^2 en el encolado de los listones ya que tampoco difieren entre gramajes.

4.1.5.2. Hinchamiento volumétrico – 24 horas

Tabla 18
Análisis de varianza del hinchamiento volumétrico (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	14,082	2	7,041	3,137	0,055
Entre gramajes	16,828	2	8,414	3,749	0,033
Adhesivos * gramajes	16,936	4	4,234	1,887	0,134
Error	80,798	36	2,244		

La tabla 18 indica que no existe diferencias significativas en el hinchamiento volumétrico a las 24 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, si existe diferencias significativas en el hinchamiento volumétrico a las 24 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2.

Tabla 19
Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) del hinchamiento volumétrico (24 H) con diferentes gramajes

300 g/m^2	200 g/m^2	250 g/m^2
10,75	10,22	9,27
A	A	
	B	B

La tabla 19 en la prueba de tukey para comparar los promedios en el hinchamiento volumétrico a las 24 horas de haber sido sumergidos al agua de los tableros enlistonados elaborados con tres gramajes de encolado, indica que el tablero elaborado con gramaje 200 g/m^2 no difiere significativamente con los tableros elaborados con gramajes de 250 g/m^2 y 300 g/m^2. Sin embargo, el tablero enlistonado elaborado con gramaje 250 g/m^2 difiere significativamente con el tablero enlistonado elaborado

con gramaje 300 g/m^2 en el hinchamiento volumétrico a las 24 horas de haber sido sumergidos al agua.

Estadísticamente se recomienda utilizar el gramaje de encolado de los listones del tablero de 200 g/m^2 ya sea usando cola clásica, cola extra o cola ultra. Todo esto por razones económicas e incluso optar por la cola más cómodo (precio) en el mercado.

Del mismo modo para reducir el hinchamiento volumétrico del tablero se debe utilizar soluciones impermeables. (Hernán & Roque, 2006) indica que a usando en mayor cantidad la resina de fenol formaldehido hace disminuir el hinchamiento volumétrico de los tableros.

La inestabilidad dimensional es uno de los mayores problemas en el procesado y uso de la madera de cualquier especie para elaborar tableros ya que expresa la tendencia de contraerse o hincharse acompañado de las variaciones de contenidos de humedad, la estabilidad dimensional se puede mejorar aplicando métodos de engrosamiento de la pared celular con sustancias químicas depositadas dentro de la misma, reemplazando parte del agua, de esa manera la variación puede ser parcial o total (Sanabria, Cayré, & Frank, 2011).

En ese sentido es importante conocer hinchamiento ya que será producto del resultado de los procesos dinámicos de transferencia con el medio ambiente como la lluvia o la variación de humedad de la zona (Calvo, y otros, 2007). Los productos estarán expuestas a esos factores ambientales por lo tanto absorberán agua provocando hinchamiento volumétrico.

Los valores de hinchamiento volumétrico son inferiores a los tableros de fibras MDF de pino radiata, pues esta presenta un hinchamiento al cabo de 24 horas de 20,1% con una densidad del tablero de 0,98 g/cm^3 (Hernán & Roque, 2006). El mismo autor indica que en tableros duros el hinchamiento debe ser menor a 18% a las 24 horas y para tableros utilizados en la construcción el límite es de 20%. En la presente investigación los tableros cumplen con estos límites pues están debajo de los valores mencionados.

Los valores de hinchamiento volumétrico de los tableros enlistonados sin replacar se asemejan a los tableros de partículas de bagazo de caña con 12,3% y tableros contrachapados con 11,4%, sin embargo, el tablero enlistonado de tornillo es superior en hinchamiento del tablero madera plástico que presenta un hinchamiento de 0,15%. El autor indica que la influencia termoplástica provoca una mayor impermeabilidad al tablero y por la presencia de aditivos químicos (Martínez, Fernández, Álvarez, García, & Martínez, 2014).

Los valores de hinchamiento volumétrico de los tableros enlistonados sin replacar de madera de tornillo son superiores a los tableros contrachapados de Lupuna que presentó un hinchamiento de 6,85%; tablero contrachapado de Manchinga presentó un hinchamiento de 6,63% y tablero contrachapado conformado por Manchinga – Lupuna presentó una absorción de 4,22% (Díaz, 2015).

4.1.6. Expansión lineal del tablero

4.1.6.1. Expansión lineal del largo del tablero

4.1.6.1.1. Expansión lineal del largo – 12 horas

Tabla 20
Análisis de varianza de expansión lineal del largo (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	0,681	2	0,340	0,501	0,610
Entre gramajes	0,111	2	0,056	0,082	0,921
Adhesivos * gramajes	0,223	4	0,056	0,082	0,987
Error	24,453	36	0,679		
Total	25,468	44			

La tabla 20 indica que no existe diferencias significativas en la expansión lineal del largo a las 12 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no si existe diferencias significativas en la expansión lineal del largo a las 12 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Respecto a la expansión del largo -12 horas, se recomienda usar cola clásica con gramaje de 200 g/m^2, con cola extra un gramaje de 200 g/m^2 y con cola ultra un gramaje de 200 g/m^2. Todo esto por razones económicas al no haber diferencias significativas en esta propiedad.

4.1.6.1.2. Expansión lineal del largo – 24 horas

Tabla 21
Análisis de varianza de la expansión lineal del largo (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	2,301	2	1,150	0,749	0,480
Entre gramajes	0,104	2	0,052	0,034	0,967
Adhesivo * gramajes	1,071	4	0,268	0,174	0,950
Error	55,267	36	1,535		
Total	58,743	44			

La tabla 21 indica que no existe diferencias significativas en la expansión lineal del largo a las 24 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no si existe diferencias significativas en la expansión lineal del largo a las 24 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Estadísticamente se recomienda utilizar gramaje de 200 g/m^2 para unir listones durante la conformación del tablero usando ya sea cola clásica, cola extra y cola ultra ya que no existe diferencias significativas en esta propiedad física.

Los valores de expansión lineal del largo del tablero enlistonado sin replacar de tornillo son muy superiores a los tableros contrachapados de la madera de Lupuna de la empresa MAILSAC que presentó una expansión de 0,13 %; los tableros contrachapados de la empresa IUSAC presentó una expansión de 0,12 % y de la empresa GINASAC presentó una expansión de 0,24 % (Gómez, 2019).

4.1.6.2. Expansión lineal del ancho del tablero

4.1.6.2.1. Expansión lineal del ancho – 12 horas

Tabla 22

Análisis de varianza de la expansión lineal del ancho (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	6,950	2	3,475	3,908	0,029
Entre gramajes	2,607	2	1,304	1,466	0,244
Adhesivos * gramajes	0,872	4	0,218	0,245	0,911
Error	32,012	36	0,889		
Total	42,442	44			

La tabla 22 indica que existe diferencias significativas en la expansión lineal del ancho a las 12 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no existe diferencias significativas en la expansión lineal del ancho a las 12 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Tabla 23.

Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) en la expansión lineal del ancho (12 horas) con tres adhesivos

Clásica	Ultra	Extra
2,59 %	1,78 %	1,74 %
A	A	
	B	B

La tabla 23 en la prueba de Tukey para comparar los promedios en la expansión lineal del ancho a las 12 horas de haber sido sumergidos al agua de los tableros enlistonados, la tabla indica que el tablero enlistonado elaborado con cola ultra no difiere significativamente con los

tableros elaborados con cola extra y clásica. Sin embargo, el tablero enlistonado elaborado con cola extra difiere significativamente con el tablero elaborado con cola clásica.

Estadísticamente se recomendaría usar la cola extra debido a que utilizando esta marca el tablero presentó menor expansión lineal del ancho del tablero (1,74%), y por razones económicas aplicar el gramaje de 200 g/m^2 ya que no existe diferencias significativas entre gramajes.

4.1.6.2.2. Expansión lineal del ancho – 24 horas

Tabla 24
Análisis de varianza de la expansión lineal del ancho (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	15,418	2	7,709	4,933	0,013
Entre gramajes	4,395	2	2,198	1,406	0,258
Adhesivos * gramajes	3,247	4	0,812	0,519	0,722
Error	56,259	36	1,563		
Total	79,320	44			

La tabla 24 indica que existe diferencias significativas en la expansión lineal del ancho a las 24 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no existe diferencias significativas en la expansión lineal del ancho a las 24 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Tabla 25

Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) de la expansión lineal del ancho (24 H) con tres adhesivos

Clásica	Extra	Ultra
3,33 %	2,13 %	2,06 %
A		
	B	B

La tabla 25 en la prueba de tukey para comparar los promedios en la expansión lineal del ancho a las 24 horas de haber sido sumergidos al agua de los tableros enlistonados, la tabla indica que no existe diferencias significativas entre los tableros elaborados con cola ultra y tableros elaborados con cola extra. Sin embargo, estas difieren significativamente con el tablero elaborado con cola clásica.

Estadísticamente se recomendaría usar la cola extra o ultra debido a que utilizando estas marcas el tablero presentó menor expansión lineal del ancho del tablero (2,13 % y 2,06 % respectivamente), y por razones económicas aplicar el gramaje de 200 g/m^2 ya que no existe diferencias significativas entre gramajes.

Los valores de expansión lineal del ancho del tablero enlistonado sin replacar de tornillo son muy superiores a los tableros contrachapados de la madera de Lupuna de la empresa MAILSAC que presentó una expansión de 0,10 %; los tableros contrachapados de la empresa IUSAC presentó una expansión de 0,20 % y de la empresa GINASAC presentó una expansión de 0,22 % (Gómez, 2019). Se asume por los aditivos químicos que se utilizan para el encolado de las láminas para conformar el triplay, esto aumenta su impermeabilidad del tablero.

4.1.6.3. Expansión lineal del espesor del tablero

4.1.6.3.1. Expansión lineal del espesor – 12 horas

Tabla 26
Análisis de varianza de la expansión lineal del ancho (12 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	3,597	2	1,798	1,250	0,299
Entre gramajes	1,814	2	0,907	00,630	0,538
Adhesivos * gramajes	10,557	4	2,639	1,835	0,143
Error	51,775	36	1,438		
Total	67,743	44			

La tabla 26 indica que no existe diferencias significativas en la expansión lineal del espesor a las 12 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no existe diferencias significativas en la expansión lineal del espesor a las 12 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

En lo que respecta a la expansión del espesor del tablero sumergido en agua por 12 horas, estadísticamente utilizar gramaje de 200 g/m^2 si se quiere utilizar cola clásica, cola extra y cola ultra, todo esto por razones económicas.

4.1.6.3.2. Expansión lineal del espesor – 24 horas

Tabla 27
Análisis de varianza de la expansión lineal del espesor (24 H) de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	3,547	2	1,773	1,608	0,214
Entre gramajes	3,311	2	1,656	1,501	0,237
Adhesivos * gramajes	8,148	4	2,037	1,846	0,141
Error	39,714	36	1,103		
Total	54,720	44			

La tabla 27 indica que no existe diferencias significativas en la expansión lineal del espesor a las 24 horas de haber sido sumergidas entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no existe diferencias significativas en la expansión lineal del espesor a las 24 horas de haber sido sumergidas encolados con tres gramajes: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2 en la elaboración de los tableros enlistonados.

Estadísticamente al no haber diferencias estadísticas en la expansión del espesor – 24 horas del tablero se optaría por aplicar un gramaje de 200 g/m^2 tanto para cola clásica, cola ultra y cola extra. Todo esto por razones económicas pues se ahorraría adhesivo.

Los tableros alistonados no deben estar en temperaturas y humedades bruscas ya que la madera en sí es sensible a variaciones en la estabilidad ambiental, por eso es recomendable evitar almacenarlo en contacto directo con el suelo e incluso aplicarles esmaltes, laca, pintura o tratamiento químico que potencie la resistencia del tablero (Alistonados del Centro, sf).

4.2. Propiedades mecánicas

Tabla 28

Estadígrafos de las propiedades mecánicas de los tableros enlistonados de la madera de Tornillo elaborado con tres tipos de adhesivos y tres gramajes de encolado

Adhesivos	Gramajes de encolado g/m^2	Estadígrafo	Propiedades mecánicas		
			Módulo de ruptura kg/cm^2	Módulo de elasticidad kg/cm^2	Cizallamiento kg/cm^2
Clásica	200	X̄	709,27	203862,61	38,69
		CV	17,61	8,52	24,32
	250	X̄	575,18	179702,58	40,11
		CV	29,75	6,11	27,90
	300	X̄	714,7	182967,75	49,89
		CV	8,18	11,65	28,76
Extra	200	X̄	459,04	168524,66	39,54
		CV	30,70	11,67	43,10
	250	X̄	561,77	171032,48	37,58
		CV	17,80	8,94	65,11
	300	X̄	515,48	183620,99	35,75
		CV	14,87	6,16	48,64
Ultra	200	X̄	689,46	175997,95	35,84
		CV	12,96	4,42	25,42
	250	X̄	645,29	185103,1	32,38
		CV	19,58	10,29	45,03
	300	X̄	591,79	178997,58	32,33
		CV	13,42	6,88	45,62

X̄: promedio

CV= coeficiente de variación (%)

4.2.1. Flexión estática

4.2.1.1. Módulo de ruptura

Tabla 29
Análisis de varianza del módulo de ruptura de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	206570,627	2	103285,314	8,133	0,001
Entre gramajes	4758,513	2	2379,257	0,187	0,830
Adhesivos * gramajes	108093,921	4	27023,480	2,128	0,097
Error	457209,801	36	12700,272		
Total	776632,862	44			

La tabla 29 indica que existe diferencias significativas en el módulo de ruptura entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no existe diferencias significativas en el módulo de ruptura entre los tableros enlistonados elaborados con tres gramajes de encolado: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2.

Tabla 30
Prueba de comparación de medias (Tukey: 0,05) de los adhesivos en el módulo de ruptura de los tableros

Clásica	Ultra	Extra
666,39 kgf/cm^2	642,18 kgf/cm^2	512,09 kgf/cm^2
A	A	
		B

Los tableros que ofrecieron mejor resistencia a la ruptura fueron los tableros elaborados con cola ultra y clásica, en lo que se refiere al gramaje se debe de utilizar el de 200 g/m^2, pues esta generará menor gasto y ahorrar adhesivo (tabla 30).

Para comparar los promedios del módulo de ruptura de los tableros enlistonados, se realizó la prueba de tukey cuyo resumen se muestra en la tabla 30 indicando que no existe diferencias significativas en el MOR de los tableros enlistonados, elaborados con cola ultra y cola clásica. Sin embargo, estas difieren significativamente del MOR del tablero elaborado con cola extra.

Los valores de MOR de tableros enlistonados en la investigación son superiores a los valores de MOR de tableros aglomerados de partículas de madera de tornillo (Bellido, Egoaviel, & Gonzales, 2003), quienes a pesar de que dichos tableros presentaron densidades mayores a 0,93 g/cm^3 pues estas obtuvieron MOR 242 kg/cm^2. Se hace hincapié que el autor antes mencionado utilizó resinas de coníferas como aglutinante, en ese sentido los adhesivos en estudio presentan mejores comportamientos de encolado.

Así mismo, Este tablero enlistonado con cola clásica y gramaje 200 g/cm^2 obtuvo un MOR de 666,39 kgf/cm^2 superando a al valor del MOR de la madera sólida de la especie tornillo que presentó un valor de 576 kgf/cm^2 (Centro de Innovación Tecnológica de la Madera “CITE MADERA”, 2008).

Estos valores de MOR tambien superan a los encotrados por (Guerra, 2015), quien utilizando PVA, encolado doble, dos presiones 5 y 12 kg/cm^2 y tres gramajes 150, 200 y 250g/m^2 con tiempo de prensado de 6 horas; realizó tableros enlistonados con madera de tornillo obtuviendo valores ligeramente inferiores comparados con la madera maciza. En la presente investigación se aplico un tiempo de prensado de 24 horas en

donde se deduce que este factor puede influenciar en la penetracion efectiva del adhesivo entre las piezas (Frihart & Hunt, 2010).

Finalmente los tableros presentan mejores resistencia a la ruptura que los tableros alistonado de *Paulownia tomentosa,* presentando está un MOR de 344 kg/cm^2 (Maderas abad, sf). Asi mismo se demuestra que la madera de tornillo de la ciudad de Pucallpa presenta mejores cualidades tecnológicas que la madera de China.

4.2.1.2. Módulo de elasticidad

Tabla 31
Análisis de varianza del módulo de elasticidad de los tableros enlistonados de Tornillo, con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre adhesivos	1591508724,690	2	795754362,345	3,255	0,050
Entre gramajes	144605080,918	2	72302540,459	0,296	0,746
Adhesivos * gramajes	2443397260,096	4	610849315,024	2,499	0,060
Error	8800201942,230	36	244450053,951		
Total	12979713007,935	44			

La tabla 31 muestra que no existe interacción entre los factores tipo de adhesivos y gramajes de adhesivos, además se observa que no existe diferencias significativas entre los promedios del módulo de elasticidad de los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no existe diferencias significativas en el módulo de elasticidad entre los tableros enlistonados elaborados con tres gramajes de encolado: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2.

Como indica la tabla 31 se puede utilizar cualquiera de los tres adhesivos y cualquiera de los tres gramajes aplicados en la elaboración de los tableros enlistonados, ya que mostraran igual comportamiento mecánico sobre módulo de elasticidad. Por cuestiones económicas se recomienda aplicar el gramaje de 200 g/cm^2 por un tema de ahorro de adhesivo.

Estos tableros enlistonados (cola clásica y gramaje de 200 g/cm^2) obtuvo un MOE de 188844,31 kgf/cm^2 superando al valor del MOE de la madera solida del tornillo quien presentó un valor de MOE de 108 000 kgf/cm^2 (CITE MADERA, 2008).

Finalmente los tableros presentan mejores resistencia a la elasticidad que los tableros alistonado de *Paulownia tomentosa,* presentando está un MOE de 31,962 kg/cm^2 (Maderas abad, sf). Donde se demuestra que la madera de tornillo de la ciudad de Pucallpa presenta mejores cualidades tecnológicas que la madera de China.

Según los criterios cuantitativos de las propiedades mecanicas los tableros se ubican de acuerdo al MOR en el grado III con calidad Mediana y de acuerdo al MOE se clasifica con grado IV con calidad rigida (Sibille, 2006).

4.2.2. Cizallamiento

Tabla 32
Análisis de varianza de cizallamiento de los tableros enlistonados de Tornillo con diferentes adhesivos y gramajes

Fuente de variación	SC	GL	CM	F_{OBS}	p-Valor
Entre colas	663,294	2	331,647	1,405	0,259
Entre gramajes	51,960	2	25,980	0,110	0,896
Colas * gramajes	396,654	4	99,163	0,420	0,793
Error	8498,306	36	236,064		
Total	9610,213	44			

El análisis de varianza de la tabla 32, indica que no existe interacción significativa entre los factores tipos de adhesivos y gramajes de encolado, además se observa que no existe diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento entre los tableros enlistonados elaborados con tres adhesivos: clásica, extra y ultra. Finalmente, no existe diferencias significativas en la resistencia al cizallamiento entre los tableros enlistonados elaborados con tres gramajes de encolado: 200 g/m^2, 250 g/m^2 y 300 g/m^2. Así que cualquiera de las tres marcas se puede utilizar y por cuestiones económicas se recomienda aplicar el gramaje de 200 g/m^2 pues se ahorraría dinero y adhesivo.

En lo que se refiere al cizallamiento, se puede optar por cualquiera de los tres adhesivos, pero por un tema económico usar el más cómodo en el mercado como la cola clásica y aplicar gramaje de 200 g/m^2. Los tableros enlistonados de tornillo encoladas con cola clásica presentaron un promedio de resistencia al cizallamiento de 42,89 kgf/cm^2 siendo inferiores a los encontrados por (Takahashi, 1967), quien utilizando la especie como la quinilla colorada presentó una resistencia al cizalle de

155,40 kgf/cm^2, este autor utilizó gramaje de 400 g/m^2, Takahashi indica que la resistencia con un encolado doble es mayor con el encolado simple a un mismo gramaje por lo que en la presente investigación solo se aplicó encolado simple siendo este punto un campo abierto por descubrir en futuras investigaciones. Takahashi agrega que la alta dureza de los lados del listón dificulta la aplicación uniforme de la presión de prensado, recomendando el encolado en superficies lisas y libres de ondulaciones o irregularidades.

El promedio de resistencia al cizallamiento en la presente investigación también es inferior a (Acevedo, 1973), quien utilizó madera de “Asta de venado” (*Tabebuia capitata*) en la cual registró un cizalle de 160 kgf/cm^2 empleando resorcinol – formaldehido, pero con gramaje de 250 g/m^2. Como se observa de los dos autores antes mencionado aumentando el gramaje permitió una mayor resistencia al cizalle, mientras tanto en nuestra investigación no existe diferencias estadísticas por lo que un gramaje de 200 y 300 g/m^2 brindarán similar valor de resistencia al cizalle.

Por otro lado, la resistencia al cizalle que ofrecen los tableros enlistonados de tornillo es ligeramente inferior a los tableros enlistonados con madera de Bombacaceas (*Ceiba samauma, Erioteca globosa, Matisia bicolor y Matisia cordata)* fabricados por (Brandán, 1991), quien obtuvo un promedio general de 44,70 kg/cm^2, este valor de cizalle encontrado por Brandán se aplicó 150, 200 y 250 g/m^2.

E incluso es inferior a los tableros enlistonados elaborados con madera de Pino chuncho (*Zchizolobium amazonicum*) por (Gonzáles M. ,

2006), quien obtuvo una resistencia al cizalle de 105,60 kgf/cm^2 y con madera de Yanavara (*Pollalestadiscolor*) registró un cizalle de 133,10 kgf/cm^2. Este autor señala que existe una relación inversa entre la rugosidad superficial y la resistencia al cizallamiento.

Los valores también son inferiores a los tableros enlistonados de madera de la especie capirona, (Ramírez, Reyes, & Angulo, 2016) determinó valores de cizallamiento de 128,37 kg cm^{-2} utilizando presión de 17 Lb pie^{-2} (0,6208 kgf cm^{-2}), 9 lb pie^{-2} (0,3287 kgf cm^{-2}) obteniendo un cizalle 86.75 kgf cm^{-2}, 11 lb pie^{-2} (0,4017 kgf cm^{-2}) obteniendo 101.49 kgf cm^{-2}, 13 lb pie^{-2} (0,4747 kgf cm^{-2}) obteniendo 103.47 kgf cm^{-2}, 15 lb pie^{-2} (0,5477 kgf cm^{-2}) obteniendo 106.56 kg cm^{-2} y 17 lb pie-2 (0,6208 kgf cm^{-2}) obteniendo 128.37 kgf cm^{-2}.

En la investigación los tableros enlistonados utilizando cola clasica y gramajes 250 y 300 g/m^2 presentaron valores similares a los obtenidos por (Beraún, 2014) quien obtuvo valores de cizallamiento 42 kg/cm^2 de tableros enlistonados de madera de capirona utilizando gramajes de 350 y 400 g/m^2 respectivamente.

Los valores también son inferiores a los obtenidos por (Nieto, 2019), quien aplicando presión de 7 kg/cm^2 obtuvo un cizallamiento de 58,73 kgf/cm^2. El autor indica que el valor del cizallamiento del tablero tiene que ser similar a la de la madera solida de la especie trabajado. Sin embargo, en la presente investigación los valores de cizallamiento resultaron muy inferiores ya que el cizalle de la madera solida es de 81 kgf/cm^2. Por lo cual asumimos que se debe de considerar las

orientaciones de corte y compararlo con las orientaciones de corte de la madera sólida.

Finalmente, los valores obtenidos de cizallamiento en la presente investigación se ubican según los criterios cuantitativos de las propiedades mecánicas en el grado II con calidad Baja ya que sus valores se encuentran en el rango de 30 a 60 kg/cm^2 (Sibille, 2006).

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

5.1. Conclusiones

- No existen diferencias significativas entre los tres tipos de adhesivos (clásica, extra y ultra) en las siguientes propiedades físicas: el contenido de humedad (11,57 - 11%); absorción de agua – 12 horas (62,3 – 60,86%); absorción de agua – 24 horas (70 – 68,6%); hinchamiento volumétrico – 12 horas (8,85 – 8,27%); hinchamiento volumétrico - 24 horas (10,9 – 9,63%); expansión lineal del largo – 12 horas (2,11 – 1,82%); expansión lineal del largo - 24 horas (2,77 – 2,22%); expansión lineal del espesor - 12 horas (4,59 – 3,92%) y la expansión lineal del espesor - 24 horas (5,03 – 4,42 %). pudiéndose utilizar cualquiera de los tres tipos de adhesivos.
- Existen diferencias significativas entre los tipos de adhesivos en las siguientes propiedades físicas: densidad seca al aire es mayor con la cola clásica en los gramajes 200 y 300 g/m² (0,42 y 0,41 g/cm³ respectivamente); densidad anhidra es mayor con la cola extra en el gramaje 250 y 200 g/m² (0,36 y 0,33 g/cm³ respectivamente), expansión lineal del ancho - 12 horas es mayor con la cola clásica (2,59 % y en la expansión lineal del ancho - 24 horas también el valor más alto esta con la cola clásica (3,33 %).
- No existen diferencias significativas entre los tres gramajes de adhesivos (200, 250 y 300 g/m²) en las siguientes propiedades físicas: el contenido de humedad (11,41 – 11,11%); absorción de agua – 12 horas (66.26 – 56.57 %); absorción de agua – 24 horas

(74,6 – 64,23 %); hinchamiento volumétrico – 12 horas (8,88 – 7,85 %);**;** expansión lineal del largo – 12 horas (2,02 – 1,90%); expansión lineal del largo - 24 horas (2,51 – 2,39%); expansión lineal del ancho – 12 horas (2,30 – 1,72%); expansión lineal del ancho – 24 horas (2,78 – 2,07%); expansión lineal del espesor - 12 horas (4,51 – 33,20%) y la expansión lineal del espesor - 24 horas (5,47 – 4,48%), lo que indica que en estas propiedades físicas se puede utilizar los 1 gramajes ensayado, pero por razones económicas se debe emplear el gramaje 200 g/m².

- Existen diferencias significativas entre los tipos de gramajes en las siguientes propiedades físicas: densidad seca al aire los mejores resultados se dieron con los gramajes 200 y 300 g/m² (0,44 y 0,44 g/cm³ en ambos casos) con la cola clásica; en la densidad anhidra los valores más altos se encontraron con los gramajes 200 y 300 g/m² (0,42 y 0,41 g/cm³) con la cola clásica; de igual forma con la cola extra la densidad más altos se dio con los gramajes 250 y 200 g/m² con 0.
- No existe diferencias significativas entre los valores del módulo de ruptura de los tableros enlistonados sin replacar fabricados con las colas clásica y ultra, cuyos valores con cola fue de 6,39 kg/cm^2 y con cola ultra 642,18 kgf/cm^2 , pudiéndose utilizar cualquiera de los 2 tipos de adhesivos.
- No existe diferencias significativas entre los valores del módulo de elasticidad y cizallamiento de los tableros fabricados con las tres marcas de adhesivos (cola clásica, cola extra y cola ultra) cuyos

valores MOE varían entre (174392,71 – 188844,31 kgf/cm^2) y cizallamiento (33,52 – 42,90 kgf/cm^2). Pudiéndose utilizar los tres tipos de adhesivos estudiados

- No existe diferencias significativas entre los valores de las siguientes propiedades mecánicas de los tableros enlistonados como módulo de ruptura (594,08 – 619,26 kgf/cm^2), Módulo de elasticidad (178612,72 – 182795,07 kgf/cm^2) y Cizallamiento (36,69 – 39,32 kgf/cm^2) debidos a los tres gramajes de adhesivos utilizados (200, 250 y 300 g/m^2), recomendándose utilizar el gramaje 200 g/m^2, por razones económicas.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda emplear en la elaboración de tableros enlistonados sin replacar de tornillo cualquiera de los tres adhesivos estudiados ya que brindan en su mayoría similares propiedades físicas y mecánicas
- Se recomienda emplear en la elaboración de tableros enlistonados sin replacar de tornillo cualquiera de los tres gramajes de adhesivos estudiados ya que brindan en su mayoría similares propiedades físicas y mecánicas, pero por razones económicas se recomienda utilizar 200 g/m² de gramaje.
- Ensayar en la fabricación de tableros enlistonados otros adhesivos comerciales y menores gramajes y compararlos los valores de las propiedades físicas y mecánicas de los tableros fabricados en la presente investigación.
- Fabricar los tableros enlistonados con otras especies y con otros tipos de uniones,

BIBLIOGRAFIA

Acevedo, M. (1973). *Propiedades físico - mecánicas y resistencia al cizallamiento de la línea de cola de la Tabehuia capitata (Bur y Sch) Sandw.* Tesis Ing. Forestal, UNALM, Lima.Perú.

Aguilera, A., & Vega, M. (2004). Efecto del cambio de las condiciones de maquinado sobre la rugosidad superficial de Pinus radiata D.Don. *Bosque (Chile), Volumen 25*(N° 3), 25 - 32 p.

AITIM (Asociación de Investigación técnica de las industrias de la madera,ES). (2009). *Adhesivos. Como trabajan los adhesivos.*

Alistonados del Centro. (sf). *Tableros alistonados de Pino radiata rústico*.

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

Área Técnica - AITIM - Madera. (15 de junio de 2015). *Productos básicos y carpintería* . Obtenido de Tableros Madera Maciza: https://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros_MADERA%20MACIZA_15.06.2015.pdf

Argueso, B. (2019). *Maderea.* Obtenido de Uniones encoladas de madera.

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

Bellido, M., Egoaviel, G., & Gonzales, E. (2003). Tableros de fibras de la madera de tornillo "Cedrelinga cateniformis Ducke". *Bosque, vol. 24núm 3*, pp. 39 - 44. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/1731/173114406004.pdf

Beraún, H. (2014). *Eefecto de dos intensidades de presión y dos gramajes de la cola en la resistencia de la línea de cola a los esfuerzos de cizallamiento y tracción perpendicular, en uniones de cantos lisos en madera de Calycophyllum spruceanum Benth Capirona.* Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.

Brandán, S. (1991). *Uniones encoladas con PVA, tres métodos de prensado y tres extendidos en cuatro maderas de Bombacaceae.* Tesis Ing. Forestal, UNALM, Lima.Perú.

Bruna, R. (2006). *Calidad superficial y resistencia mecánica de la linea de cola en blancks laminados de Pinus radiata D.Don.* Tesis profesional en Ingenieros de Maderas, Universidad Austral de Chile.Facultad de Ciencias Forestales.

Cabudivo, J. (2012). *Evaluación de las propiedades fisico - mecánicas de la madera de plantaciones de Simarouba amara (Aubl) y Cedrelinga cateniformis (Ducke), de diferentes edades.Iquitos -Perú.* Para optar el título de Ingeniero Forestal de la UNAP, Iquitos -Perú.

Calvo, C., Cotrina, A., Cuffre, A., Ott, M., Piter, J., Stefani, P., . . . Vivian, A. (2007). Propiedades de hinchamiento y contracción en la madera de Eucalyptus grandis de Argentina. *Revista Madeira Arquitectura & Engenharia, Vol. 20*(Núm. 8).

Carmona, J., Espinoza, F., & Bull, C. (1998). *Influencia de la densidad de la madera en la encolabilidad de Pinus radiata D.Don.* Departamento de Tecnología de la Madera.Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales,U. de Chile.

Carranza, J. (2009). *Rendimientos y costos en la recuperación de la paquetería de tres especies de la zona de Pucallpa para la elaboración de un prototipo de mueble.* Tesis para optar el Título de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.

Centro de Innovación Tecnológica de la Madera. (2008). *Compendio de Información técnica de 32 especies forestales . Tomo I.*

Chacón, J. (2014). *Efecto de dos intensidades de presión y dos dosis de adhesivo en la resistencia al cizallamiento y tracción perpendicular a las fibras de uniones encoladas por el canto en tableros de madera de Ormosia coccínea Benth (Huayruro) en Pucallpa 2013.* Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa.

Díaz, E. (2015). *Principales propiedades físicas y mecánicas de los tableros contrachapados, de dos especies forestales, en Pucallpa.* Tesis para optar el titulo de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali.

Diccionario de la Construcción. (2021). *Fundación laboral de la construcción.* Obtenido de testa.

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.

Gallardo, J. (1999). *Orientación de los anillos de crecimiento y resistencia a flexión en uniones dentadas, en pino radiata.* Tesis Ingeniero Forestal, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia.

Gómez, E. (2019). *Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de tableros contrachapados de Ceiba pentandra L. Gaertn (lupuna blanca), de tres empresa triplayeras de Pucallpa.* Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali.

Gonzáles, J. (2007). *Análisis técnico y costos de producción de tableros alistonados de Grevillea Robusta.* Universidad Nacional de Misiones de Argentina, Argentina.

Gonzáles, M. (2006). *Efecto de dos métodos de cepillado en la resistencia al cizallamiento de la línea de cola de dos especies de bosques secuandarios.* Tesis Ing. Forestal, UNALM, Lima.Perú.

Gonzáles, Y., Mejía, D., & Méndez, Y. (2018). *Aprovechamiento de los Residuos de Madera.* Universidad La Gran Colombia. Facultad Postgrados, Bogotá.

Guerra, A. (2015). *Resistencia al cizallamiento de la línea de cola en madera de Tornillo (Cedrelinga cateniformes Ducke) procedente de plantaciones en la zona de Ucayali-Perú.* Tesis para optar eltítulo de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Hernán, W., & Roque, C. (2006). Relación entre la densidad y propiedades de tableros HDF producidos por un proceso seco. *Maderas. Ciencia y tecnología, 3*(8), 169 - 182. doi:https://scielo.conicyt.cl/pdf/maderas/v8n3/art04.pdf

INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales,PE). (2008). *Perú forestal en números- año 2007.*

Introducción adhesivos. (sf). *Adhesivos.*

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.

Maderame. (sf). *Tableros Alistonados de madera maciza: propiedades y utilización.*

Maderas abad. (sf). *Tablero alistonado de Paulownia.* Obtenido de Ficha Técnica: https://maderasabad.es/detalles-producto/tablero-alistonado-de-paulownia/

Maderea. (25 de noviembre de 2016). *Tableros de madera; tipos, características y usos.* Obtenido de tableros alistonados: https://www.maderea.es/tableros-de-madera-tipos-caracteristicas-y-usos/

Madexo. (sf). *Especificaciones tecnicas de la madera Tornillo.* Obtenido de Madexo "Maderas Hebnamp Export".

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.

Martínez, Y., Fernández, R., Álvarez, D., García, M., & Martínez, E. (2014). Evaluación de las propiedades físico - mecánicas de los tableros de madera plástica producidos en Cuba respecto a los tableros convencionales. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 20*(3). doi:https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.02.003

Martínez, Y., García, M., & Martínez, R. (Abr.-Jun. de 2014). Impacto ambiental de residuos industriales de aserrín y plástico. Usos para la Industría de tablero en Cuba. *Revista Avances, Vol. 16*(2).

Méndez, A. (2020). *Comportamiento higroscópico de la madera aserrada de ocho especies forestales de uso estructural en Pucallpa - Perú.* Tesis para optar título profesional de Ingeniero Forestal, Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa. Obtenido de http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/4304/UNU_FORESTAL_2020_T_ANGIE-MENDEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Murillo, O. (25 de abril de 2018). *Propiedades mecánicas de los materiales.*

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.

Odicio, M. (1993). *Cuantificación de residuos de aserrío de ocho especies forestales en Pucallpa.* Tesis (Ing. Forestal), Iquitos,PE-UNAP.

Ortíz, L., Tejada, A., & 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., Diaz-Vaz, J., Juacida, R., Niemz, P., & Rolleri, A. (1994). *Fabricación de tableros enlistonados con madera proveniente del maneko de renovales de raulí.* Bosque.

Ramírez, J., Reyes, P., & Angulo, W. (2016). *Efecto de la presión a la resistencia mecánica en tableros encolados y macizos de Calycophyllum spruceanum (capirona) proveniente del raleo de una plantación forestal en Pucallpa.*

Ramírez, J., Reyes, P., & Angulo, W. (2016). *Efecto de la presión a la resistencia mecánica en tableros encolados y macizos de Calycophyllum spruceanum (capirona) provenientes del raleo de una plantación forestal en Pucallpa.* Estación experimental Agraria Pucallpa-INIA, Pucallpa.

Rojas, N. (2015). *Efecto de diferentes tipos de sustratos en el crecimiento inicial de Tornillo (Cedrelinga cateniformis (Ducke) Ducke), en Tingo María.* Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en recursis naturales renovables mención Forestales, Universidad Nacional Agraría de la Selva, Tingo María - Perú.

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

Sanabria, E., Cayré, M., & Frank, W. (2011). Evaluación de tres adhesivos en la fabricación de tableros enlistonados de Aspidosperma quebracho

blanco estabilizado con polietilenglicol. *Revista Chapingo serie de ciencias forestales y del ambiente, vol. 17*(n° 1).

Sibille, A. (2006). *Guía de Procesamiento Industrial.*

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*.

Takahashi, L. (1967). Resistencia al cizallamiento de la línea de cola en Quinilla Colorada (HumiriastrumexcelsumDucke). *Revista Forestal del Perú, 1*(2), 22 - 28.

Tesis Narvaéz. (2019). *Técnicas e Instrumentos de Investigación.* Obtenido de Fuente: Metología Ciencias Sociales.

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.

ANEXOS
ANEXO 1: CALCULO DE PRESION Y COLA

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 m x 0,015 m
Volumen de una tablilla: 0.00005625 m^3 x 17 tablillas = 0,00095625 m^3
Fuerza aplicada por el torquímetro: 27.1 Nm x 3 presionadores= 81,3 Nm
1kgf: 9.8N

$$P = \frac{81{,}3\text{Nm}}{0.00095625\ \text{m}^3} = 85019{,}61\ \text{N/m}^2$$

$P = 85019{,}61\ N/m^2$ x 1kgf/9.8 N
P= 8675,47 kgf/m^2 o 0,8675 kgf/cm^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



Cálculo de Adhesivo

Fórmula para cálculo del gramaje de adhesivo (Salvador, 2020):

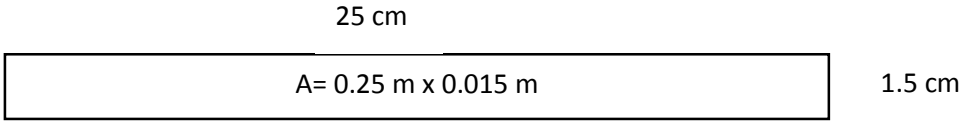
$C = G \times A$

C= cantidad de adhesivo (g)

G= gramaje (g/m^2)

A= área a encolar m^2

Ejemplo: un listón de 25 cm x 1.5 cm x 1.5 cm con un gramaje de 200 g/m^2



$C = 200\ g/m^2 \times 0.00375\ m^2$

C= 0.75 g de adhesivo (cantidad de adhesivo que se utilizará para esa superficie).

El tablero estuvo conformado por 17 listones, entonces la cantidad total de adhesivo que se utilizó para el tablero es:

0.75 g x 16 caras= 12 g de adhesivo/ tablero.

Entonces:

Para un tablero con gramaje 200 g/m^2 se utilizó 12 g de adhesivo

Para un tablero con gramaje 250 g/m^2 se utilizó 15 g de adhesivo

Para un tablero con gramaje 300 g/m^2 se utilizó 18 g de adhesivo

ANEXO 2: RESULTADOS DE ENSAYOS MECÁNICOS Y FÍSICOS

COLA	GRAMAJE	DSA (g/cm3)	DA (g/cm3)	CH %	AA % (12H)	AA % (24H)	HV % (12H)	HV % (24H)	ELL % (12 H)	ELL % (24 H)	ELA % (12 H)	ELA % (24 H)	ELE % (12 H)	ELE % (24 H)
CLASICA	**300**	0,38	0,37	12,90	85,48	93,55	9,38	13,82	3,50	5,60	1,19	1,93	4,43	5,74
CLASICA	**300**	0,47	0,41	10,49	65,03	72,73	8,45	11,31	1,11	1,39	4,46	5,03	2,67	4,52
CLASICA	**300**	0,46	0,44	10,32	49,03	56,13	8,11	10,40	1,23	1,43	3,96	5,54	2,73	3,13
CLASICA	**300**	0,45	0,43	11,11	59,02	67,00	5,65	9,08	1,08	1,18	3,28	4,99	1,21	2,69
CLASICA	**300**	0,43	0,41	12,98	65,61	74,04	10,83	12,50	3,93	5,44	1,28	1,32	5,30	5,30
CLASICA	**250**	0,37	0,34	12,92	62,47	69,78	7,78	8,99	1,11	1,17	2,80	3,82	3,70	3,76
CLASICA	**250**	0,34	0,32	10,34	78,45	87,93	6,52	7,87	2,03	3,12	1,11	1,17	3,26	3,39
CLASICA	**250**	0,44	0,43	11,18	48,91	56,85	9,97	10,50	1,40	1,44	4,08	4,27	4,21	4,47
CLASICA	**250**	0,35	0,33	10,17	66,10	75,42	8,50	9,94	2,67	3,73	1,09	1,25	4,54	4,67
CLASICA	**250**	0,40	0,37	12,70	53,27	60,03	7,34	9,09	3,30	4,27	1,37	1,41	2,50	3,16
CLASICA	**200**	0,44	0,42	12,50	59,03	66,67	8,40	9,66	2,79	3,86	1,66	1,72	3,74	3,81
CLASICA	**200**	0,40	0,39	11,85	73,33	82,22	11,46	15,54	1,35	1,47	3,27	6,65	6,49	6,76
CLASICA	**200**	0,45	0,43	12,58	54,30	62,25	7,79	8,76	1,50	1,62	3,72	4,26	2,39	2,66
CLASICA	**200**	0,44	0,43	10,07	55,03	62,42	10,23	12,00	3,61	4,50	1,56	1,66	4,76	5,43
CLASICA	**200**	0,46	0,44	11,61	60,00	68,39	12,36	13,58	1,07	1,23	4,09	4,99	6,80	6,86
EXTRA	**300**	0,36	0,35	11,48	59,84	67,21	7,65	9,39	1,41	1,49	2,87	3,06	3,19	4,58
EXTRA	**300**	0,35	0,34	11,40	59,65	65,79	9,00	9,61	1,25	1,39	2,68	3,04	4,85	4,92
EXTRA	**300**	0,31	0,30	10,38	80,19	88,68	9,06	9,84	2,73	3,07	1,03	1,23	5,08	5,28
EXTRA	**300**	0,31	0,29	11,65	77,67	86,41	10,31	12,08	2,12	2,64	1,66	2,03	6,26	7,02
EXTRA	**300**	0,32	0,30	11,32	70,75	79,25	10,39	11,76	2,05	2,55	1,12	1,75	6,97	7,11
EXTRA	**250**	0,40	0,38	11,90	45,24	51,59	9,09	10,16	2,81	3,57	1,13	1,17	4,92	5,13
EXTRA	**250**	0,40	0,38	10,37	40,00	45,93	9,10	9,94	2,45	2,73	2,05	2,43	4,35	4,48
EXTRA	**250**	0,36	0,34	10,34	62,07	68,97	6,49	8,04	1,19	1,33	1,52	2,17	3,66	4,34
EXTRA	**250**	0,37	0,36	11,29	56,45	64,52	6,97	8,96	1,10	1,71	1,59	1,99	4,16	5,04

EXTRA	**250**	0,36	0,34	11,30	63,62	71,10	9,37	11,32	1,88	2,63	1,80	2,20	5,46	6,14
EXTRA	**200**	0,32	0,31	10,19	72,22	80,56	7,02	8,81	1,47	1,51	1,37	2,89	4,05	4,18
EXTRA	**200**	0,36	0,33	11,76	57,14	64,71	7,23	8,37	2,02	2,92	1,41	1,53	3,64	3,71
EXTRA	**200**	0,41	0,38	10,45	42,54	49,25	6,59	7,68	1,88	2,53	1,25	1,37	3,33	3,60
EXTRA	**200**	0,33	0,32	11,01	62,45	70,58	7,65	8,64	1,37	1,77	2,09	2,16	4,01	4,50
EXTRA	**200**	0,34	0,32	10,81	68,03	74,39	9,28	10,07	1,49	1,51	2,57	2,89	4,98	5,39
ULTRA	**300**	0,30	0,29	11,22	82,65	91,84	9,87	10,95	1,79	2,45	2,00	2,14	5,82	6,04
ULTRA	**300**	0,35	0,34	11,86	66,10	76,27	9,16	9,93	2,34	2,59	1,24	1,30	5,36	5,78
ULTRA	**300**	0,37	0,35	10,83	52,50	60,00	8,02	9,08	1,29	1,31	2,39	2,96	4,16	4,57
ULTRA	**300**	0,39	0,37	12,10	61,29	71,77	9,67	12,18	1,74	1,92	3,57	3,61	4,09	6,24
ULTRA	**300**	0,35	0,34	10,17	59,32	67,80	7,73	9,34	2,68	3,14	1,73	1,75	3,14	4,19
ULTRA	**250**	0,35	0,34	11,76	58,82	66,39	6,45	9,47	2,78	4,38	1,23	1,31	2,30	3,52
ULTRA	**250**	0,33	0,32	10,71	72,32	81,25	7,41	8,17	1,19	1,27	1,87	2,37	4,20	4,33
ULTRA	**250**	0,38	0,37	10,69	43,51	50,38	6,39	8,49	1,41	1,83	1,78	2,24	3,07	4,21
ULTRA	**250**	0,39	0,36	10,08	44,96	52,71	8,05	8,79	1,13	1,19	1,16	1,61	5,61	5,81
ULTRA	**250**	0,38	0,35	11,48	52,46	60,66	8,37	9,35	2,55	2,76	1,19	1,63	4,44	4,71
ULTRA	**200**	0,30	0,28	11,46	92,71	98,33	9,57	10,06	2,37	2,60	2,87	2,90	4,05	4,26
ULTRA	**200**	0,34	0,32	10,11	61,55	69,68	6,66	8,36	1,43	1,91	1,27	1,31	3,84	4,96
ULTRA	**200**	0,37	0,35	10,74	51,24	58,68	10,03	12,38	2,37	3,40	1,89	2,90	5,49	5,63
ULTRA	**200**	0,35	0,33	10,62	60,18	67,26	8,11	9,30	1,67	2,27	1,27	1,31	5,00	5,49
ULTRA	**200**	0,41	0,40	10,37	53,33	60,74	8,57	10,02	2,08	2,78	1,25	1,56	5,04	5,40

DSA: densidad seca al aire DA: densidad anhidra CH: contenido de humedad AA: absorción de agua HV: hinchamiento volumétrico ELL: expansión lineal del largo ELA: expansión lineal del ancho ELE: expansión lineal del espesor.

COLA	GRAMAJE	MOR (kg/cm2)	MOE (kg/cm2)	Cz (kg/cm2)
CLASICA	300	677,53	165093,24	51,20
CLASICA	300	705,83	191365,29	33,87
CLASICA	300	647,86	178056,82	36,67
CLASICA	300	744,83	164679,97	64,13
CLASICA	300	797,47	215643,43	63,60
CLASICA	250	325,54	183907,61	28,67
CLASICA	250	701,59	182816,21	58,67
CLASICA	250	614,14	186960,81	36,00
CLASICA	250	747,19	184583,06	40,13
CLASICA	250	487,45	160245,21	37,07
CLASICA	200	750,97	200236,95	27,87
CLASICA	200	546,50	194659,12	45,20
CLASICA	200	854,78	218015,79	44,13
CLASICA	200	776,80	224508,72	47,20
CLASICA	200	617,32	181892,46	29,07
EXTRA	300	634,75	191870,42	24,88
EXTRA	300	532,47	182450,23	43,60
EXTRA	300	479,67	164946,49	10,65
EXTRA	300	428,74	193084,80	48,27
EXTRA	300	501,76	185753,01	51,33
EXTRA	250	603,43	191529,32	56,67
EXTRA	250	497,37	173054,12	23,53
EXTRA	250	688,30	155248,94	68,13
EXTRA	250	589,60	156710,96	31,33
EXTRA	250	430,15	178619,04	8,25
EXTRA	200	548,58	178010,37	53,60
EXTRA	200	554,31	192063,73	27,73
EXTRA	200	225,96	138609,76	59,60
EXTRA	200	424,64	168151,33	19,07
EXTRA	200	541,71	165788,11	37,73
ULTRA	300	631,01	189824,87	32,67
ULTRA	300	596,45	173335,10	53,20
ULTRA	300	678,29	170994,94	11,92
ULTRA	300	464,60	194361,36	34,93
ULTRA	300	588,61	166471,64	28,93
ULTRA	250	685,69	204920,48	38,93
ULTRA	250	423,00	190626,02	53,20
ULTRA	250	671,86	156172,21	16,33
ULTRA	250	717,46	196504,97	21,59
ULTRA	250	728,46	177291,84	31,87
ULTRA	200	741,94	164664,14	40,67
ULTRA	200	753,78	172789,57	36,93
ULTRA	200	536,78	183702,60	44,93
ULTRA	200	683,85	176216,92	35,84
ULTRA	200	730,97	182616,52	20,84

MOR: módulo de ruptura MOE: módulo de elasticidad Cz: cizallamiento

ANEXO 3: FICHA TÉCNICA DE LOS ADHESIVOS

TEKNO

HOJA TECNICA

PRODUCTO: **TEKNOCOLA ULTRA**

CÓDIGO: **087-0004**

1. DESCRIPCIÓN

Es un adhesivo sintético de color blanco a base de poliacetato de vinilo, de alta concentración, con aditivos de gran poder adhesivo, presenta secado rápido, tiene buen desempeño en maderas húmedas (15%) y procesos que requieran cortos tiempos de secado. Al secar forma una película transparente.

Cumple con especificaciones técnicas para pegamentos según las Normas Técnicas Peruanas para la fabricación de muebles.

2. USOS DEL PRODUCTO

- Pegamento adecuado para la unión de todo tipo de madera entre si.
- Une maderas de canto.
- Puertas contraplacadas
- Todo tipo de ensamblaje
- Enchapes aglomerados
- Fabricación de tableros
- Cuando se requiere buena adhesión sobre maderas duras, blandas y aglomerados (MDF).
- En trabajos a temperaturas muy bajas.
- En la fabricación de muebles de exportación bajo Normas Técnicas.

3. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Tipo de Adhesivo	:	Acuoso
Base	:	Polivinil acetato en emulsión acuosa
Color	:	Blanco
Contenido de sólidos en peso	:	49.5 – 51.5 %
Densidad	:	1.01 – 1.06 g/ml
Viscosidad de Entrega (Brookfield RVT spin 4/5 rpm a 23ºC)	:	10 000 – 16 000 cps
Película	:	Incolora
Tiempo útil de Almacenaje	:	En lugares ventilados, bajo sombra a temperaturas entre 15° - 25ºC hasta 9 meses en su envase original sellado

4. FORMA DE USO

- **Preparación de superficie**
  - Limpie las superficies a unir. Retire rastros de polvo, grasa, aceites y humedad.

TEKNOQUIMICA S.A.
Av. César Vallejo 1877 El Agustino, Lima 10 – Perú
612-6000 (511)612-6001 612-6002 612-6004 612-6006 612-6007 R.U.C. 20101292658
www.tekno.com.pe

CONDUCTA RESPONSABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

Hte0001-Rev00

TEKNO

- **Aplicación**

Método de Aplicación	:	Brocha, espátula o rodillo
Tipo sustrato	:	madera, cartón, papel, teknopor
Presión recomendada	:	50 – 100 lb/pulg^2
Diluyente	:	Agua
N° de capas	:	1
Secado en prensa	:	½ – 2 horas
Rendimiento Teórico		
Aplicado a una superficie	:	1 kilo rinde 5 m^2 ó 150 – 200 g/m^2
Aplicado a ambas superficies	:	1 kilo rinde 4 m^2 ó 200 – 250 g/m^2

- **Secuencia de Aplicación**

  - Las superficies donde se aplique **TEKNOCOLA ULTRA** deben estar libres de polvo, grasa humedad, pinturas, etc.
  - Aplicar **TEKNOCOLA ULTRA** con brocha, espátula o rodillo, se aplica una película que cubra de blanco toda la superficie y rápidamente unir a la otra ejerciendo presión para asegurar la penetración del adhesivo.
  - Si se aplica **TEKNOCOLA ULTRA** a ambas superficies, estas pueden estar algunos minutos expuestas al ambiente, luego se unen las superficies aplicando presión de media hora a 2 horas. Se logra la máxima fuerza de unión a las 24 horas.
  - Retirar los excesos de cola con un paño húmedo, antes que el producto seque.

5. PRECAUCIONES EN SU USO

- Mantener fuera del alcance de los niños.
- El contacto prolongado con el producto puede causar irritación en pieles sensibles, se recomienda utilizar guantes.
- En caso de contacto con los ojos lave con abundante agua durante al menos 15 minutos. Si la irritación persiste consulte a un médico. Evite accidentes usando gafas de protección.
- En caso de ingestión no induzca el vómito, consulte a un médico.
- Lávese las manos o área de contacto con suficiente agua y jabón.

6. PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO

CÓDIGO DE PRESENTACIÓN	TIPO	CONTENIDO NETO (KG)	PIEZAS POR PRESENTACIÓN
018	Balde Plástico	4	1

TEKNOQUIMICA S.A.
Av. César Vallejo 1877 El Agustino, Lima 10 – Perú
612-6000 (511)612-6001 612-6002 612-6004 612-6006 612-6007 R.U.C. 20101292658
www.tekno.com.pe

CONDUCTA RESPONSABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

Hte0001-Rev00

TEKNO

HOJA TECNICA

PRODUCTO: **TEKNOCOLA EXTRA**

CÓDIGO: **087-0002**

1. DESCRIPCIÓN

TEKNOCOLA EXTRA es un pegamento a base de poliacetato de vinilo, adecuado para la unión de todo tipo de madera entre si. Es una cola sintética de secado rápido que desarrolla una fuerte adherencia en las uniones de madera.

2. USOS DEL PRODUCTO

- Pegamento adecuado para la unión de todo tipo de madera entre si.
- Une maderas de canto.
- Puertas contraplacadas.
- Enchapes de aglomerados
- Fabricación de Tableros.

3. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Tipo de Adhesivo	:	Acuoso
Base	:	Polivinil acetato en emulsión acuosa
Color	:	Blanco
Contenido de sólidos en peso	:	41 – 44 %
Densidad	:	1.01 – 1.06 g/ml
Viscosidad de Entrega (Brookfield RVT spin 4/5 rpm a 23°C)	:	11 000 – 18 000 cps
Película	:	Transparente
Tiempo útil de Almacenaje	:	En lugares ventilados, bajo sombra a temperaturas entre 15° - 25°C hasta 9 meses en su envase original sellado.

4. FORMA DE USO

- **Preparación de superficie**
  - Cepille la madera con cepillo de carpintero.
  - Aplique el adhesivo sobre la superficie limpia y libre de polvo, grasa o agua.

TEKNOQUIMICA S.A.
Av. César Vallejo 1877 El Agustino, Lima 10 – Perú
612-6000 (511)612-6001 612-6002 612-6004 612-6006 612-6007 R.U.C. 20101292658
www.tekno.com.pe

CONDUCTA RESPONSABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

Hte0171-Rev00

TEKNO

Aplicación

Método de Aplicación	:	Brocha o espátula
Tipo sustrato	:	madera, cartón, papel, teknopor
Presión recomendada	:	50 – 100 lb/pulg^2
Diluyente	:	Agua
Nº de capas	:	1
Secado en prensa	:	1 – 3 horas
Rendimiento Teórico		
Aplicado a una superficie	:	1 kilo rinde 5 m^2 o 150-200 g/m^2
Aplicado a ambas Superficies	:	1 kilo rinde 4 m^2 o 200-250 g/m^2

Secuencia de Aplicación

- Aplicar **TEKNOCOLA EXTRA** con brocha, espátula o rodillo, se aplica una película que cubra de blanco toda la superficie y se une rápidamente a la otra superficie ejerciendo presión para asegurar la penetración del adhesivo.
- Si se aplica **TEKNOCOLA EXTRA** a ambas superficies, estas pueden estar algunos minutos expuestas al ambiente, luego se unen las superficies aplicando presión de 1 a 3 horas. Se logra la máxima fuerza de unión a las 24 horas.
- Retirar los excesos de cola con un paño húmedo, antes que el producto seque.

CAUCIONES EN SU USO

Mantener fuera del alcance de los niños.
El contacto prolongado con el producto puede causar irritación en pieles sensibles, se recomienda utilizar guantes.
En caso de contacto con los ojos lave con abundante agua durante al menos 15 minutos. Si la irritación persiste consulte a un medico. Evite accidentes usando gafas de protección.
Lávese las manos o área de contacto con suficiente agua y jabón.

SENTACIÓN DEL PRODUCTO

CÓDIGO DE PRESENTACIÓN	TIPO	CONTENIDO NETO (L)	PIEZAS POR PRESENTACIÓN
018	Balde Plástico	3.81	1
036	Balde Plástico	3.81	1
115	Cilindro 100 kg	100	1

TEKNOQUIMICA S.A.
Av. César Vallejo 1877 El Agustino, Lima 10 – Perú
0 (511)612-6001 612-6002 612-6004 612-6006 612-6007 R.U.C. 20101292658
www.tekno.com.pe

CONDUCTA RESPONSABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

Hte0171-Rev00

TEKNO

HOJA TECNICA

PRODUCTO: **TEKNOCOLA**

CÓDIGO: **087-0003**

1. DESCRIPCIÓN

TEKNOCOLA es un producto a base de poliacetato de vinilo de alta calidad, desarrollado para la unión de madera entre si o pegado de cartones y papeles. Presenta resistencia al frío, por lo que en caso de ser expuesta a temperatura de más o menos 0° a 5°C, observará que se espesa pero recupera sus caracteristicas de fluidez y pegado, cuando recupera su temperatura ambiental.

2. USOS DEL PRODUCTO

- Pegamento adecuado para unir maderas entre si.
- Puertas contraplacadas.
- Enchapes de madera a aglomerados..

3. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

Tipo de Adhesivo	:	Acuoso
Base	:	Polivinil acetato en emulsión acuosa
Color	:	Blanco
Contenido de sólidos en peso	:	24 – 26 %
Densidad	:	1.01 – 1.06 g/ml
Viscosidad de Entrega (Brookfield RVT spin 5/5 rpm a 23°C)	:	36 000 – 44 000 cps
Pelicula	:	Opaca
Tiempo útil de Almacenaje	:	En ambientes ventilados, bajo techo, a temperaturas entre 15° - 25°C hasta 9 meses en su envase original sellado.

4. FORMA DE USO

❑ **Preparación de superficie**

- Cepille la superficie con cepillo de carpintero.

❑ **Aplicación**

Método de Aplicación	:	Brocha o espátula
Tipo sustrato	:	Madera
Presión recomendada	:	50 – 100 lb/pulg^2
Diluyente	:	Agua
N° de capas	:	1
Secado en prensa	:	1 – 5 horas
Rendimiento Teórico	:	150 – 200 g/m^2

TEKNOQUIMICA S.A.
Av. César Vallejo 1877 El Agustino, Lima 10 – Perú
612-6000 (511)612-6001 612-6002 612-6004 612-6006 612-6007 R.U.C. 20101292658
www.tekno.com.pe

CONDUCTA RESPONSABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

Hte0174-Rev00

TEKNO

- **Secuencia de Aplicación**
  - Las superficies que se desea unir deben estar libres de polvo, grasa y humedad.
  - Aplicar **Teknocola** con brocha, espátula o rodillo, se aplica una película que cubra de blanco toda la superficie y se une rápidamente a la otra superficie, ejerciendo presión para asegurar la penetración del adhesivo.
  - Si se aplica **Teknocola** a ambas superficies, estas pueden estar algunos minutos expuestas al ambiente, luego se unen las superficies, aplicando presión de 1 a 5 horas. Se logra la máxima fuerza de unión a las 24 horas..

5. PRECAUCIONES EN SU USO

- Mantenga el recipiente completamente cerrado.
- Mantenga alejado del alcance de los niños.
- El contacto prolongado con el producto puede causar irritación en pieles sensibles, se recomienda utilizar guantes
- Mantenga alejado del calor y el fuego.
- Evite el contacto con los ojos, piel y ropa.. En caso de contacto con los ojos lave con agua durante 15 minutos. Si la irritación persiste consulte a un medico. Evite accidentes usando gafas de protección.
- Evite inhalar vapores.
- Después de usar, lávese completamente con abundante agua y jabón.

6. PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO

CÓDIGO DE PRESENTACIÓN	TIPO	CONTENIDO NETO (L)	PIEZAS POR PRESENTACIÓN
018	Balde plástico	3.81	1
036	Balde 4 litros sin caja	3.81	1
115	Cilindro 100 kg	100	1

TEKNOQUIMICA S.A.
Av. César Vallejo 1877 El Agustino, Lima 10 – Perú
612-6000 (511)612-6001 612-6002 612-6004 612-6006 612-6007 R.U.C. 20101292658
www.tekno.com.pe

CONDUCTA RESPONSABLE CON EL MEDIO AMBIENTE

ANEXO 4: PANEL FOTOGRAFICO

Foto 1. Madera de tornillo



Foto 2. Secado de la madera



Foto 3. Madera dimensionada para los tableros



Foto 4. Tablero enlistonado encolado



Foto 5. Probetas para ensayos físicos y mecánicos



Foto 6. Codificación de probetas



Foto 7. Probetas sumergidas en agua



Foto 8. Medición de las probetas

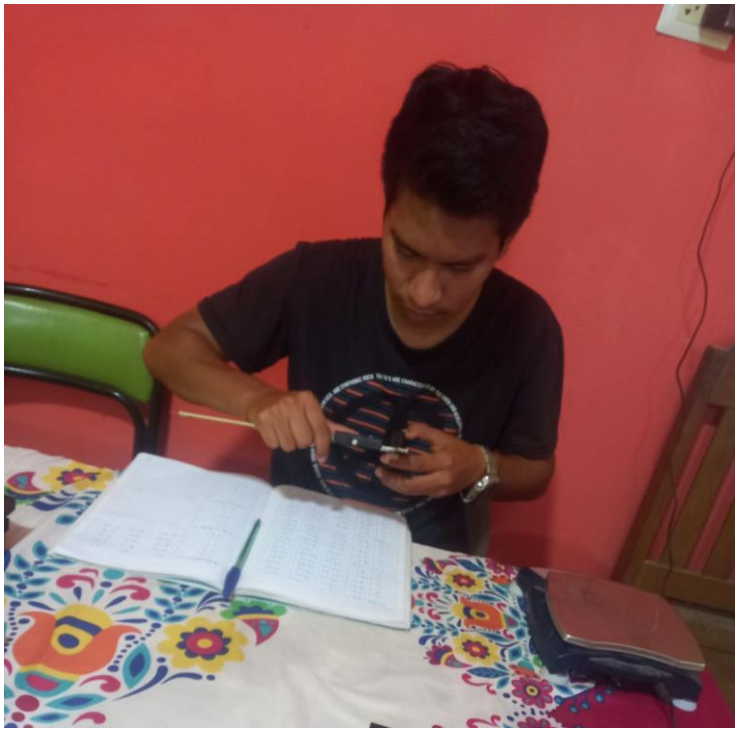


Foto 9. Flexión estática de las probetas



Foto 10. Cizallamiento de las probetas

