

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



**INFLUENCIA DE LOS NIVELES LONGITUDINALES DEL FUSTE EN
LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE *Simarouba
amara* Aubl (MARUPA), PROCEDENTE DEL FUNDO SAN AGUSTÍN
– DISTRITO DE TOURNAVISTA, PROVINCIA DE PUERTO INCA,
DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO**

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO FORESTAL**

EDSON MARCIAL SÁNCHEZ PEREYRA

Pucallpa, Perú

2023



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



ACTA DE APROBACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

N° 003/2023-CGyT-FCFyA-UNU

En la ciudad de Pucallpa a las 11:26 a.m. del día miércoles 20 de setiembre de 2023, de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en forma presencial, los mismos que estuvieron designados con Memo Múltiple N° 071-2023-UNU-FCsFyA-CGT, conformado por los siguientes docentes:

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera	Presidente
Dra. María Angélica Flores Romaina	Miembro
Lic. Mg. Julián Robert Pérez Vigilio	Miembro

Se procedió a evaluar a la sustentación de la tesis denominado: **“INFLUENCIA DE LOS NIVELES LONGITUDINALES DEL FUSTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE *Simarouba amara* Aubl (MARUPA), PROCEDENTE DEL FUNDO SAN AGUSTÍN – DISTRITO DE TOURNAVISTA, PROVINCIA DE PUERTO INCA, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO”**, presentado por el bachiller **EDSON MARCIAL SÁNCHEZ PEREYRA**; asesorado por el **Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas**, habiendo finalizado la sustentación, se procedió a la formulación de preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por la sustentante en consecuencia la tesis fue **APROBADO POR UNANIMIDAD**, quedando expedito para el otorgamiento del **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas de la tesis.

Siendo las 12:05 p.m. horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando los miembros en señal de conformidad.

.....
Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera
Presidente

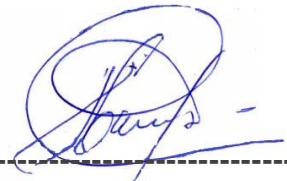
.....
Dra. María Angélica Flores Romaina
Miembro

.....
Lic. Mg. Julián Robert Pérez Vigilio
Miembro

ACTA DE APROBACIÓN

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

Dr. Pedro Aparicio Campos Cabrera



Presidente

Dra. María Angélica Flores Romaina



Miembro

Lic. Mg. Julián Robert Pérez Vigilio



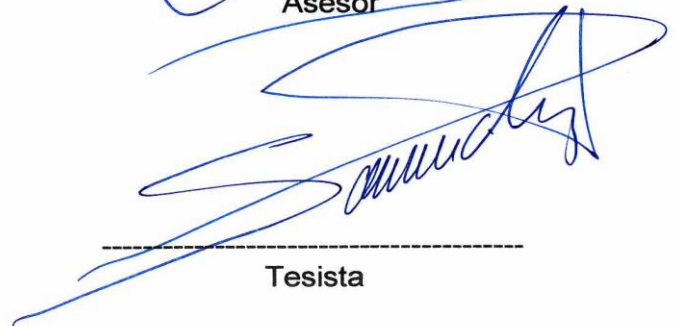
Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas



Asesor

Bach. Edson Marcial Sánchez Pereyra



Tesista



CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND/OURIGINAL

Nº V/0383-2023.

La Dirección de Producción Intelectual, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"INFLUENCIA DE LOS NIVELES LONGITUDINALES DEL FUSTE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA DE SIMAROUBA AMARA AUBL (MARUPA), PROCEDENTE DEL FUNDO SAN AGUSTÍN - DISTRITO DE TOURNAVISTA, PROVINCIA DE PUERTO INCA, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO"

Autor(es) : SÁNCHEZ PEREYRA, EDSON MARCIAL
Facultad : CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela : Ing. Forestal
Asesor(a) : Dr. Salvador Cárdenas, Manuel Iván

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%** verificado en el Sistema Antiplagio URKUND/OURIGINAL, De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud**, procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.
En señal de conformidad y verificación se firma y se sella la presente constancia

Fecha: 05/07/2023



Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual



UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, EDSON MARCIAL SANCHEZ PEREYRA

Autor de la tesis titulada: "INFLUENCIA DE LOS NIVELES LONGITUDINALES DEL FUSTE EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MADERA DE SIMANOUA AMARO DUAL (MARUPA), PROCESANTE DEL FINCA SAN AGUSTIN - DISTRITO DE TOURNA VISTA, PROVINCIA DE PUNTO INCA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO"

Sustentada el año 2023

Asesor(a): DR. SALVADOR CARDENAS, MANUEL IVÁN

Facultad: Ciencias Forestales y Ambientales

Escuela Profesional: ING. FORESTAL

Autorizo la publicación:

PARCIAL

☐

TOTAL

☒

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

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

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

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 20/09/2023

Email: Sanchezpereyra@outlook.com

Firma: [Firma manuscrita]

Teléfono: 969509310

DNI: 41443136

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Cristo Todopoderoso, quien puso la
sabiduría en mi corazón y dio a mi espíritu
inteligencia.

Con profundo amor a mi madre
Rosa, mi padre Walter y mi Hermano
Darlin, por su inmensa comprensión y
constante aliento.

A, mis adorados hijos, que son el
motivo de mi superación.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a Cristo, quién es fuente de sabiduría, inteligencia y de vida.

Al Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, asesor de esta tesis, por su invaluable apoyo brindado en la consolidación y minuciosa revisión de la presente investigación.

Al Ing. Noé Cristian Fachin Vargas, por su importante apoyo en la ejecución del trabajo de investigación en el Laboratorio de Tecnología de la Madera.

A los señores docentes de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por las valiosas e importantes enseñanzas impartidas.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la elaboración y ejecución de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xx
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del Problema de Investigación.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Objetivos de la Investigación.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Justificación.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Aspectos Generales de la Especie <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	6
2.1.1. Clasificación Taxonómica.....	6
2.1.2. Distribución Geográfica y Ecológica.....	6
2.1.3. Descripción Dendrológica.....	7
2.1.4. Trozas.....	7

2.1.5. Descripción Organoléptica de la Madera.....	8
2.1.6. Descripción Anatómica de la Madera.....	9
2.1.7. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera.....	10
2.1.8. Recomendaciones Técnicas.....	12
2.1.9. Usos.....	13
2.1.10. Características Energéticas.....	13
2.2. Propiedades Mecánicas de las Maderas.....	14
2.2.1. Flexión Estática.....	14
2.2.2. Compresión Paralela a las Fibras.....	16
2.2.3. Compresión Perpendicular a las Fibras.....	17
2.2.4. Cizallamiento.....	18
2.2.5. Dureza.....	19
2.2.6. Clivaje o Hendidura.....	20
2.2.7. Tracción Perpendicular al Grano.....	21
2.2.8. Tracción Paralela al Grano.....	22
2.2.9. Criterios cuantitativos para clasificar la madera de acuerdo a sus propiedades mecánicas.....	23
2.2.10. Influencia de la estructura anatómica en las propiedades tecnológicas de la madera.....	26
2.3. Definición de Términos Básicos.....	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	32
3.1. Método de Investigación.....	32
3.2. Población y Muestra.....	32
3.2.1. Población.....	32
3.2.2. Muestra.....	32

3.3. Procedimiento de Recolección de Datos.....	33
3.3.1. Selección de Árboles.....	33
3.3.2. Toma de Datos Preliminar de los Árboles Seleccionados.....	33
3.3.3. Colección de Muestras Botánicas e Identificación.....	33
3.3.4. Tumbado, Trozado y Marcado de Trozas.....	34
3.3.5. Desembosque y Transporte Mayor.....	34
3.3.6. Aserrió.....	35
3.3.7. Pre-habilitado.....	35
3.3.8. Secado de la Madera.....	35
3.3.9. Preparación de Probetas.....	35
3.3.9. Preparación de Probetas.....	35
3.3.10. Ejecución de Ensayos	36
3.4. Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos.....	42
3.4.1. Técnica.....	42
3.4.2. Instrumentos.....	43
3.5. Procesamiento para Recolección de Datos.....	43
3.6. Tratamiento de Datos.....	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
4.1. Propiedades Mecánicas de la Madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (MARUPA).45	
4.1.1. Flexión Estática.....	45
4.1.2. Compresión Perpendicular al Grano.....	51
4.1.3. Compresión Paralela al Grano.....	54
4.1.4. Clivaje.....	56
4.1.5. Tensión Perpendicular al Grano.....	58

4.1.6. Dureza.....	60
4.1.7. Cizallamiento Paralelo a las Fibras.....	63
4.2. Resumen de las Propiedades Mecánicas Promedio.....	64
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
5.1. Conclusiones.....	67
5.2. Recomendaciones.....	69
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Propiedades mecánicas de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl. (Marupa) de plantación de A. Von Humboldt.....	11
Tabla 2. Descripción de los tratamientos de la investigación en general.....	24
Tabla 3. Clasificación de las maderas por su resistencia a las hiendas.....	25
Tabla 4. Clasificación de las maderas por su resistencia a la tracción perpendicular.....	25
Tabla 5. Clasificación de las maderas peruanas según sus propiedades mecánicas en condición verde.....	26
Tabla 6. Análisis de varianza unifactorial.....	44
Tabla 7. Esfuerzo en el límite proporcional por niveles del fuste de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aub (Marupa).....	45
Tabla 8. Análisis de varianza del esfuerzo en el límite proporcional de la carga de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl.....	46
Tabla 9. Módulo de ruptura por niveles del fuste de la madera de <i>Simarouba</i> <i>amara</i> Aubl.....	47
Tabla 10. Análisis de varianza de módulo de ruptura de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl.....	48
Tabla 11. Resumen de la prueba de Tukey del módulo de ruptura de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	49
Tabla 12. Módulo de elasticidad (MOE) por niveles del fuste de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	50
Tabla 13. Análisis de varianza de módulo de elasticidad de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	51

Tabla 14. Resistencia máxima a la compresión perpendicular al grano por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl.....	52
Tabla 15. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	53
Tabla 16. Prueba de Tukey de la resistencia a la compresión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl.....	53
Tabla 17. Resistencia máxima a la compresión paralela al grano por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl.....	54
Tabla 18. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión paralela al grano de la madera de Simarouba amara Aubl.....	55
Tabla 19. Resistencia al clavaje por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	56
Tabla 20. Análisis de varianza de la resistencia al clavaje al grano de la madera de Simarouba amara Aubl.....	57
Tabla 21. Resistencia a la tensión perpendicular al grano por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	58
Tabla 22. Análisis de varianza de la resistencia a la tensión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	59
Tabla 23. Dureza de lados y dureza de extremos por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	60
Tabla 24. Análisis de varianza de la dureza de las secciones y niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	61
Tabla 25. Resumen de la resistencia promedio a la dureza de lados y de extremos de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	62

Tabla 26. Resistencia al cizallamiento de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	63
Tabla 27. Análisis de varianza de la resistencia al cizallamiento de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa).....	64
Tabla 28. Resumen de las propiedades mecánicas de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa), por niveles longitudinales del fuste.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Probeta de flexión estática (Noticias Habitat, 2017).....	14
Figura 2. Probeta de compresión paralela al grano.....	17
Figura 3. Probeta de compresión perpendicular al grano.....	17
Figura 4. Probetas de cizallamiento o corte.....	18
Figura 5. Ensayo de dureza.....	19
Figura 6. Probeta de clivaje.....	20
Figura 7. Probeta de tracción perpendicular al grano.....	22
Figura 8. Probeta de tracción paralela al grano.....	22
Figura 9. Distribución de las trozas a nivel longitudinal.....	34
Figura 10. Esfuerzo en el límite proporcional de la carga de la madera de Simarouba amara Aubl por niveles del fuste.....	46
Figura 11. Módulo de ruptura por niveles del fuste de la madera de <i>Simarouba</i> <i>amara</i> Aubl.....	48
Figura 12. Módulo de elasticidad por niveles del fuste de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa)	50
Figura 13. Resistencia máxima a la compresión perpendicular al grano de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	52
Figura 14. Resistencia máxima a la compresión paralela al grano de la madera <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	55
Figura 15. Resistencia al clivaje de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	57
Figura 16. Resistencia a la tensión perpendicular al grano de la madera <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	59

Figura 17. Resistencia a la dureza de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	61
Figura 18. Resistencia al cizallamiento de la madera de <i>Simarouba amara</i> Aubl (Marupa).....	63

RESUMEN

Este trabajo de investigación se ejecutó con el objetivo de determinar la influencia de los niveles longitudinales del fuste en las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco. En cuanto a las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), se encontró que en las propiedades de módulo de ruptura (MOR) y compresión perpendicular al grano presentan diferencias significativas entre los valores por niveles longitudinales del fuste, el nivel 1 y el 3, el 3 con el 2 no difieren entre sí, encontrando diferencias solo entre el nivel 1 y el 2, resultando la madera por el MOR de baja resistencia y por la compresión perpendicular de mediana resistencia. Con relación a las otras propiedades mecánicas no se hallaron diferencias entre los niveles longitudinales del fuste, como el esfuerzo en el límite proporcional (ELP) cuyo valor único fue 199.97 kgf/cm²; en cuanto al valor del módulo de elasticidad (MOE), el valor fue de 58793.33 kgf/cm²; resultando una madera muy flexible. Además los valores de la resistencia a la compresión paralela al grano fue de 252 kgf/cm² considerándose como una madera de mediana resistencia. Respecto a la resistencia al clivaje se consideró un valor de 2.90 kg/mm o 29 kg/cm al clivaje, resultando la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) muy hendible. En lo que concierne a la resistencia a la tensión perpendicular al grano se encontró un valor de 21.30 kg/cm², valor que le vuelve a la madera como de baja adherencia. Los valores de dureza de lados se obtuvo valores de 201.95 kgf/cm² que considera como madera de baja dureza y 366.22 kgf/cm² para la dureza de extremos y los valores de la resistencia al cizallamiento se puede considerar 55.61 kgf/cm² lo que le hace a la madera de baja resistencia.

Palabras clave: Propiedades mecánicas, niveles longitudinales del fuste, marupa, *Simarouba amara* Aubl, resistencia mecánica.

ABSTRACT

This research work was carried out with the objective of determining the influence of the longitudinal levels of the bole on the mechanical properties of Simarouba amara Aubl (Marupa) wood, from the San Agustin Farm - district of Tournavista, province of Puerto Inca, department of Huánuco. As for the mechanical properties of the wood of Simarouba amara Aubl (Marupa), it was found that in the properties of rupture modulus (MOR) and compression perpendicular to the grain there are significant differences between the values for longitudinal levels of the stem, level 1 and 3, and level 3 with 2 do not differ from each other, finding differences only between the level 1 and 2, resulting in the wood by the low strength MOR and the medium strength perpendicular compression. Regarding the other mechanical properties, no differences were found between the longitudinal levels of the stem, such as the stress at the proportional limit (ELP) whose single value was 199. 97 kgf/cm²; as for the value of the modulus of elasticity (MOE), the value was 58 793. 33 kgf/cm²; resulting in a very flexible wood. In addition, the values of the compressive strength parallel to the grain were 252 kgf/cm² considered as a medium strength wood. A value of 2. 90 kg/mm or 29 kg/cm at cleavage was considered. As a result the wood of Simarouba amara Aubl (Marupa) very cleft. Regarding the resistance to the tension perpendicular to the grain, a value of 21. 30 kg/cm² was found, which makes wood as having low adhesion. The values of side hardness were obtained values of 201. 95 kgf/cm² which is considered as low hardness wood and 366. 22 kgf/cm² for end hardness and the values of shear strength can be considered 55. 61 kgf/cm² which makes it to low strength wood.

Keywords: Mechanical properties, longitudinal shaft levels, marupa, Simarouba amara Aubl, mechanical strength.

INTRODUCCIÓN

La deforestación constituye el principal problema ambiental en la Amazonía peruana. Anualmente se queman 150,000 ha de bosques tropicales mediante la desordenada expansión agropecuaria y agricultura migratoria principalmente. Estas áreas empezaron a llenarse de purma nuevamente, originando formaciones boscosas, en sus inicios con especies pioneras, para luego ir avanzando con especies de mayor madurez, porte arbóreo y de gran importancia y uso maderable, que hasta hoy no se conocen a ciencia cierta (OIMT, 2009).

En el Perú existen un gran número de especies forestales que poseen un alto valor potencial que no se utilizan de una forma integral y eficiente, por falta de conocimientos de sus características anatómicas, propiedades físicas, químicas, etc. Estas especies son abundantes en los bosques secundarios y primarios residuales. Teniendo así un gran potencial para el aprovechamiento y la salida de nuevas especies forestales, por lo cual es que AIDER en colaboración con la UNU, y asistencia técnica y financiera en la mayoría de la OIMT ejecutan el proyecto *“Utilización industrial y mercado de diez especies maderables potenciales de bosques secundarios y primarios residuales”*, para el estudio de estas especies de poco valor económico.

Los estudios realizados anteriormente sobre las propiedades mecánicas de las distintas maderas del bosque húmedo tropical peruano no tomaron en cuenta las variaciones de los valores que se presentan en un mismo árbol en los niveles del fuste, tanto longitudinal (altura del árbol) como en la sección transversal; sin embargo estudios recientes han demostrado que existen diferencias marcadas entre los niveles indicados, puesto que la madera es un material anisótropo, en consecuencia existe variación estructural dentro de un mismo árbol, y siendo más notable entre diferentes

árboles de la misma especie; lo que daría cifras inexactas acerca de la calidad de éste en sus diferentes niveles (Taquire, 1987 y Fachín, 1986).

Como base a todo estudio tecnológico, se estudió las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), que permita conocer sus usos y aplicaciones, y a su vez, poder masificar su uso en la industria forestal de la región Ucayali en el proceso de promoción de nuevas especies arbóreas; además esto permitirá tener un precedente a aplicarse en programas de reforestación con fines industriales (Nájera *et al.* 2005).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema de Investigación

En la mayoría de los países desarrollados es un requisito indispensable clasificar a las maderas de acuerdo a sus propiedades tecnológicas para brindarles una óptima utilización. El sector industrial forestal nacional, enfrenta de manera creciente retos cada vez más complicados, donde la calidad es pieza fundamental para subsistir en la competencia. Desafortunadamente, la industria forestal en su conjunto está en desventaja con sus eventuales competidores por no contar con el suficiente conocimiento tecnológico de las especies de interés comercial y si se cuenta con ello, no se le da el uso adecuado. Este rezago se ha debido en su mayor parte a que no se han realizado los estudios básicos que permitan asignar a cada especie de interés económico su uso más adecuado (Nájera *et al.*, 2005 y Taquire, 1987).

Años atrás los estudios de las propiedades de la madera se venían realizando sin tener en consideración los diferentes niveles, tanto longitudinal (altura del árbol) como en la sección transversal; sin embargo estudios recientes han demostrado que existen diferencias marcadas entre los niveles indicados, puesto que la madera es un material anisótropo, en consecuencia existe variación estructural dentro de un mismo árbol, y siendo más notable entre diferentes árboles de la misma especie (Taquire, 1987).

Una misma pieza con fines estructurales puede obtenerse de varias trozas dentro del árbol. Así el porcentaje de piezas de primera calidad disminuye

conforme se consideran trozas de mayor altura, mientras que el porcentaje en rechazos crece (Hermoso, 2001).

Simarouba amara Aubl (Marupa), actualmente es considerada como una especie de denominación potencial (INRENA, 2008), cabe hacer resaltar que existen muchos usos posibles dependientes de necesidades diferentes a las tradicionales. Ninin (1984), acota que las especies marginadas, son de baja de calidad para “determinadas situaciones”; sin duda generalmente se tiende a usar pocas especies para los diferentes usos más comunes, el cual va en contra del principio racional de utilización del recurso forestal. Esto obliga que se tenga que continuar realizando investigaciones en el área de tecnología de la madera, de tal forma de contribuir al uso integral de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) y darle el mayor valor agregado posible.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

- ¿Existe influencia de los niveles longitudinales del fuste en las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los valores de flexión estática, compresión perpendicular, compresión paralela, clivaje, tensión perpendicular, dureza y cizallamiento de la especie *Simarouba amara* Aubl

(Marupa), procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco?

- ¿Cuáles son los posibles usos de la especie *Simarouba amara* Aubl (Marupa) procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de los niveles longitudinales del fuste en las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los valores de flexión estática, compresión perpendicular, compresión paralela, clivaje, tensión perpendicular, dureza y cizallamiento de la especie *Simarouba amara* Aubl (Marupa), procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco.
- Determinar los posibles usos de la especie *Simarouba amara* Aubl (Marupa), procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco.

1.4. Justificación

Las propiedades mecánicas son de primordial importancia entre las propiedades tecnológicas de la madera, ya que determinan los usos más convenientes, así como para calcular los coeficientes de trabajo y lograr su mejor utilización desde el punto de vista estructural, además la facilidad o dificultad de su procesamiento al ser sometida a las máquinas y herramientas utilizadas en las distintas operaciones de labrado (Aróstegui y Sato, 1970; Flores, 2014).

El conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera proporciona los datos básicos requeridos por la ingeniería en el cálculo y diseño para la construcción y otros usos (Crespo *et al.*, 2008). Además en el procesamiento de la madera existen varios aspectos que deben considerarse para lograr una optimización de las operaciones de trabajabilidad, entre ellos concurren factores propios de la especie de madera tales como la dureza, la orientación del grano y la abrasividad, los parámetros de la herramienta de corte como son el ángulo de corte y la calidad del filo, así como los detalles de las condiciones en que se realiza la operación (ancho y profundidad de corte, velocidad de corte y de avance, ajuste del equipo, etc.) que tienen gran importancia para lograr superficies de alta calidad en forma eficiente. Con base en el estudio de dichas variables es posible recomendar la combinación apropiada de parámetros para el adecuado proceso de la madera (Serrano y Sáenz, 2001).

Los estudios tecnológicos de las maderas hacen un importante aporte al conocimiento de nuevas aplicaciones y usos, reduciendo sus posibilidades de subutilización. La subutilización actual de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) dejan en evidencia la carencia de información en Perú acerca de las propiedades mecánicas, a la vez, informan sobre la creciente demanda de este recurso, lo

cual hace aún más imperante la necesidad de adelantar el estudio de sus propiedades mecánicas, en función a los niveles del fuste con miras a ampliar la base de conocimientos al respecto de su uso racional (Triana *et al.*, 2008).

Por lo que el presente trabajo pretende reunir los elementos necesarios para conocer los niveles de resistencia en la madera de *Simarouba amara* Aubl, procedente de la Región de Ucayali, como una contribución al conocimiento tecnológico de las especies forestales de interés comercial con lo cual se podrá sugerir, probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de los productos forestales de la región lo que repercutirá en un beneficio directo a los poseedores y transformadores del recurso (Nájera *et al.* 2005).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Aspectos Generales de la Especie *Simarouba amara* Aubl (MARUPA)

Según lo manifestado por Flores (2014) la Marupa es descrito de la siguiente manera:

2.1.1. Clasificación Taxonómica

Nombre Internacional: Marupa, Bitterwood.

Nombre Científico: *Simarouba amara* Aub.

Nombre Común: Marupa.

Familia: SIMAROUBACEAE.

Sinónimos:

Quassia simarouba L.f.

Simarouba amara var. *Opaca* Engl.

Simarouba amara var. *Typica* CRONQUIST.

Simarouba glauca DC.

Simarouba opaca (Engl.) RADLK. EX ENGL.

2.1.2. Distribución Geográfica y Ecológica

Se encuentra en la formación ecológica de bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT) en transición con bosque húmedo tropical (bh-T). Asociada con *Jacaranda* sp., *Sclerolobium* sp. (*Ucshaquiroblanco*), *Laetia* sp. y *Cenatteria* sp.

2.1.3. Descripción Dendrológica

Reynel (2003), afirma que los árboles provenientes de bosque natural presentan de 50 cm - 100 cm de diámetro y 25 m - 35 m de altura total, con fuste cilíndrico y con ramificación desde el segundo tercio, la base del fuste recto y con raíces redondas. La corteza externa es lisa a agrietada, color marrón claro a gris, el ritidoma suberoso, en placas irregulares. La corteza interna es arenosa de color amarillo blanquecino y de sabor amargo. Además, agrega que las hojas son compuestas imparipinnadas, alternas y dispuestas en espiral. Los folíolos son de forma oblonga, de borde entero y nervación pinnada, el ápice a menudo es emarginada. Esta especie es dioica, las inflorescencias son panículas terminales multifloras. Con flores pequeñas, unisexuales y de ovario súpero; frutos drupáceos, oblongoide o elipsoide, de color rojo oscuro a negro. Raramente dos drupas agregadas en cada grupo.

2.1.4. Trozas

Tienen buena conformación, son rectas, cilíndricas, pero pueden presentar un decrecimiento notable. El diámetro de las trozas varía de 0,50 m a 0,85 m, la albura no se distingue de la madera del corazón. Ofrecen resistencia a los ataques de insectos gracias a las sustancias amargas contenidas en la corteza. Por su alta susceptibilidad al ataque de agentes biológicos, las trozas deben recibir un acondicionamiento y tratamiento preventivo tanto en el bosque como en el aserradero:

- Evitar el contacto con el suelo lo menos posible, acondicionándolas sobre durmientes.

- Proteger los extremos de la troza con fungicida e insecticida.
- Revestir los extremos con pintura esmalte para minimizar el avance de rajaduras y acebolladuras.
- Evacuarlas con rapidez de las zonas de extracción mediante flotación.
- De igual manera las trozas en el aserradero deben acondicionarse sobre durmientes y en patios bien drenados, a fin de evitar que se manche o ensucie la madera y obtener de esta manera una buena presentación del producto final (madera aserrada).

2.1.5. Descripción Organoléptica de la Madera

Oshiro (2016), describe a la madera de *Simarouba amara* de la siguiente manera:

- **Color:** El duramen recién cortado es de color crema, frecuentemente con fuste amarillo verduzco; cuando seca se vuelve de un color blanco amarillento. La albura no está diferenciada.
- **Brillo:** Lustre medio.
- **Grano:** Recto.
- **Textura:** Media, uniforme.
- **Veteado:** Suave.
- **Anillos:** Diferenciados, visibles a simple vista demarcados por bandas oscuras y claras en forma regular; el número promedio por 2,5 cm es de 4 a 6, ligeramente excéntricos.
- **Sabor:** Amargo.

2.1.6. Descripción Anatómica de la Madera

WWF (2008), detalla descripciones anatómicas de la madera de *Simarouba amara* de la siguiente manera:

- **Anillos de crecimiento:** Ligeramente diferenciados.
- **Poros:** Visibles a simple vista, difusos, solitarios de forma redonda, múltiples radiales, muy pocos con 2 a 3 poros/mm.
El diámetro tangencial grande a muy grande, varía de 184 micras a 246 micras y la longitud mediana entre 319 micras y 511 micras. Platina de perforación horizontal con perforación simple. Punteado intervascular alterno con puntuaciones poligonales y abertura extendida. Punteado radiovascular similar al intervascular.
- **Parénquima:** Visible con lupa de 10 aumentos, asociado a los poros, paratraqueal vasicéntrico y aliforme confluyente, no estratificadas. Presencia de células cristalíferas septadas.
- **Radios:** Visibles a simple vista, poco numerosos de 3 a 6/mm lineal, no estratificados. Presencia de canales intercelulares verticales. Homogéneos y heterogéneos tipo II, estratificados o escalonados. Medianos de altura entre 441 y 649 micras.
- **Fibras:** Libriformes, septadas y estratificadas. Diámetro total de 20 micras, diámetro celular 3 micras y de longitud mediana de 1 293 micras. El grosor de pared varía entre 1 a 2 micras.

2.1.7. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera

Aróstegui (1982), resume las características tecnológicas de la *Simarouba amara* (Marupa) como sigue:

Propiedades Físicas

- Densidad Básica: 0,36 gr/cm³.
- Contracción Volumétrica: 8,60%.
- Relación T/R: 2,38.
- Contracción Tangencial: 6,95%.
- Contracción Radial: 2,91%.

Propiedades Mecánicas

- Módulo de elasticidad en flexión: 76,0 t/cm².
- Módulo de ruptura en flexión: 427,0 kg/cm².
- Compresión Paralela: 159,0 kg/cm².
- Compresión Perpendicular: 33,0 kg/cm².
- Corte paralelo a las Fibras: 57,0 kg/cm².
- Dureza de lados: 204,0 kg/cm².
- Tenacidad: 1,6 kg-m.

Vilcayauri (2009) en la madera de *Simarouba amara* de plantación detecta únicamente diferencias significativas en flexión estática (MOR y ELP) y extracción de clavos (lados), apreciándose que en la primera los valores promedios aumentan a medida que están más lejos de la medula; mientras que, en la última, de distribución no normal, ocurre lo contrario. Para el caso de flexión estática (MOR y ELP), se cumple que a mayor peso específico mayor

resistencia. Mientras que la resistencia a la extracción de clavos (lados), no sigue este patrón y presenta un alto coeficiente de variación (38,84%), probablemente por la presencia de madera juvenil. En el cuadro 18 se presentan para la especie en estudio los promedios, intervalos de confianza con un nivel de significancia de 0,05 ($\alpha = 0,05$), coeficientes de variación, rangos y contenidos de humedad.

Tabla 1

Propiedades mecánicas de la madera de Simarouba amara Aubl. (Marupa) de plantación de A. Von Humboldt

Propiedad	Unidades	Promedio	Intervalo de confianza
1. Flexión Estática			
1.1 MOR	kg/cm ²	380,00 72,92	383,70 – 441,10
1.2 MOE x 10 ³		290,50	90,51 - 97,12
1.3 ELP			299,60 – 332,99
2. Compresión Paralela			
2.1 RM	kg/cm ²	267,84 83,26	261,29 - 277,60
2.2 MOE x 10 ³		192,99	81,39 - 86,54
2.3 ELP			185,35 - 203,23
3. Compresión Perpendicular	kg/cm ²		
3.1 ELP		32,71	29,98 - 35,44
4. Dureza			
4.1 Extremos	kg/cm ²	285,11	271,24 - 298,98
4.2 Lados		153,8	144,80 - 162,79
5. Extracción de Clavos	kg		
5.1 Extremos		51,51	47,63 - 55,40
5.2 Lados		36,75	31,93 - 41,58
6. Cizallamiento	kg/cm ²	55,5	52,39 - 58,51
7. Clivaje	kg/cm	27,19	25,71 - 28,68
8. Tensión Perpendicular	kg/cm ²	21,09	19,52 - 22,66
9. Tenacidad	kg-m	0,41	0,33 - 0,49

Patiño (2002) realizó un estudio sobre las Propiedades físico – mecánicas de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) procedente de plantaciones de diferentes edades (16 y 27 años) teniendo en cuenta el nivel del fuste (A= basal, B.= intermedio y C= apical) encontró que en Flexión estática en ambas plantaciones

el MOR aumenta desde el nivel basal hasta el apical y el MOE aumenta desde el nivel A hasta el nivel B y decrece fuertemente hacia el nivel C. Tanto en Compresión paralela (MR) como en tenacidad, las que proceden de plantaciones de 16 años aumenta desde el nivel A hasta el B y decrece suavemente hacia el nivel C.

El mismo autor indica que mientras que las que proceden de plantaciones de 27 años aumenta desde el nivel A hacia el nivel C. En Compresión Perpendicular, el ELP aumenta desde el nivel A hacia el C en las de 16 años, mientras que en los 27 años aumenta desde el nivel A hacia el B y desciende hacia el nivel C; En la dureza tanto de lados como de extremos sus valores decrecen del nivel A hacia B y crecen hacia el nivel C para las que proceden de plantaciones de 16 años, mientras que el aumentan del nivel A hacia el nivel C en las de 27 años. En cizallamiento y clivaje, sus valores aumentan del nivel A hacia el C en probetas de plantaciones de 16 años, mientras que en las de 27 años aumentan desde el nivel A hacia el B y decrece suavemente hacia el C.

2.1.8. Recomendaciones Técnicas

Aróstegui (1982) indica que la madera es de fácil aserrío con efecto de desafilado mínimo buena trabajabilidad, de excelente cepillado y moldurado. Acabados buenos, se aconseja el uso de tapa poros. Buen comportamiento en el secado al aire y de rápido secado, presenta riesgos mínimos a deformaciones y rajaduras. Demora 58 días (49% a 20% de CH). Al horno en secado fuerte, 45 horas para llegar de 68 a 125 de CH. Sin defectos, calidad de secado A.

- **Durabilidad natural:** El promedio es moderadamente durable con

respecto a la pudrición blanca y durable con respecto a la pudrición marrón. No es resistente a la mancha azul.

- **Preservación:** Absorbe muy bien el perseverante (sales) a presión y tiene una penetración total regular, con gran facilidad para la penetración susceptible a termitas como insectos de maderas seca. También se recomienda baño caliente-frío con pentaclorofenol.

2.1.9. Usos

La madera marupa es apta para fabricación de muebles ligeros que no soporten grandes esfuerzos ni pesos. Es excelente para molduras, almas de muebles y paneles, cajonería, muebles pintados, gavetas, revestimientos, tacones de zapatos, instrumentos musicales (teclas de piano y piezas de órganos), madera contrachapada, falsos techos, pulpa para papel, palos de fósforos, palos para chupetes y baja lenguas, así como para partes y piezas para embalajes ligeros como cajas de espárragos y juguetes. Sustituto del Obeche (África) (Oshiro, 2016).

2.1.10. Características Energéticas

WWF (2008), detalla descripciones de las características energéticas de la madera de *Simarouba amara* de la siguiente manera:

- El poder calorífico superior de la madera anhidra de la Marupa es de 20 MJ/kg.
- Una carbonización efectuada en retorta de laboratorio a 500° centígrados ha proporcionado (con un rendimiento del 32,1%), un carbón cuyas

características son las siguientes:

- Índice de sustancias volátiles: 6,3%.
 - Porcentaje de cenizas: 2,2%.
 - Poder calorífico superior: 34 MJ/kg.
 - Friabilidad: 8,0%.
 - Recuperación de humedad: 7,8%.
- Un kilogramo de madera anhidra carbonizada proporciona 0,35 litro de jugo piroleñoso con un porcentaje de 18% de alquitrán.

2.2. Propiedades Mecánicas de las Maderas

2.2.1. Flexión Estática

El ensayo de flexión estática mide la resistencia que ofrece una viga a una carga puntual aplicada en el centro de luz o distancia entre apoyos, en la cara tangencial más cercana a la médula de la probeta (Spavento, Kell y Monteoliva, 2008).

Figura 1

Probeta de flexión estática (Noticias Habitat, 2017)



Módulo de Ruptura (MOR)

Corresponde a la tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material antes de que se produzca la falla. Cualquier incremento de carga sobre el material provocará la rotura del mismo.

$$MOR = \frac{3P_2L}{2ah^2} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$$

Dónde:

L: Luz de la probeta (cm).

P₂: Carga máxima (kg).

a: Ancho de la probeta (cm).

h: Espesor de la probeta (cm).

Módulo de Elasticidad (MOE)

Su cálculo se basa en la razón entre el esfuerzo por unidad de superficie y la deformación por unidad de longitud experimentada por la probeta expuesta a flexión. Constituye un valor indicativo de la rigidez del material y es aplicable solamente a condiciones de trabajo que se encuentren dentro de la zona elástica de la Curva Carga vs. Deformación.

$$MOE = \frac{P_1L^3}{4ah^3d} \left(\frac{Kgf}{cm^2} \right)$$

Dónde:

L: Distancia entre soportes (cm).

P₁: Carga al límite proporcional (kg).

a: Ancho de la probeta (cm).

h: Espesor de la probeta (cm).

d: Deflexión al Límite Proporcional (cm).

Esfuerzo en el Límite de Proporcionalidad (ELP)

Corresponde a la carga unitaria máxima en flexión a la que se expone el material sin que se produzcan deformaciones permanentes.

$$ELP = \frac{3P_1L}{2ah^2} \left(\frac{Kg}{cm^2} \right)$$

Dónde:

L : Luz de la probeta (cm).

P₁: Carga al límite proporcional (kg).

a : Ancho de la probeta (cm).

h : Espesor de la probeta (cm).

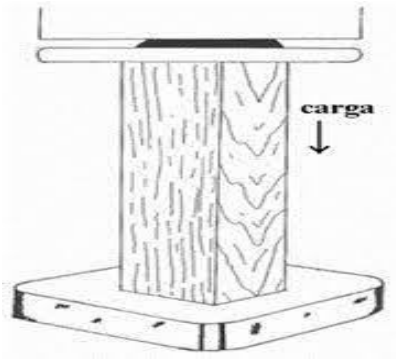
2.2.2. Compresión Paralela a las Fibras

Es la resistencia que ofrece una columna a una carga aplicada en el mismo sentido de la dirección de las fibras.

Esta propiedad resulta importante en una gran cantidad de tipos de piezas, como pilares, montantes de muros entramados, pares de cubierta, etc. (Spavento, Kell y Monteoliva, 2008).

Figura 2

Probeta de compresión paralela al grano



$$\text{Resistencia máxima} = \frac{P_2}{A} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde:

Res. Max.: Resistencia máxima kg/cm².

P2: Carga máxima en (Kg).

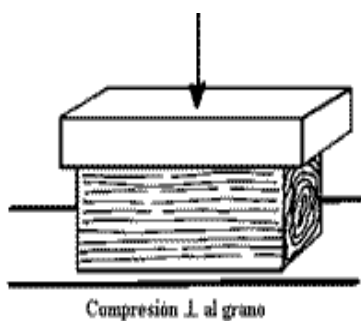
A: Área (cm²).

2.2.3. Compresión Perpendicular a las Fibras

La resistencia a la compresión es una propiedad que determina que tanto esfuerzo o energía presenta un material, antes de llegar a un punto en el cual cambia sus propiedades físicas, la cual es independiente, de acuerdo al tipo de material trabajado (Casas, Chaparro, Cubides, Duarte y Luna, 2013).

Figura 3

Probeta de compresión perpendicular al grano



$$ELP = \frac{\text{carga máxima soportada}}{\text{ancho pieza metálica} * \text{espesor probeta}} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde:

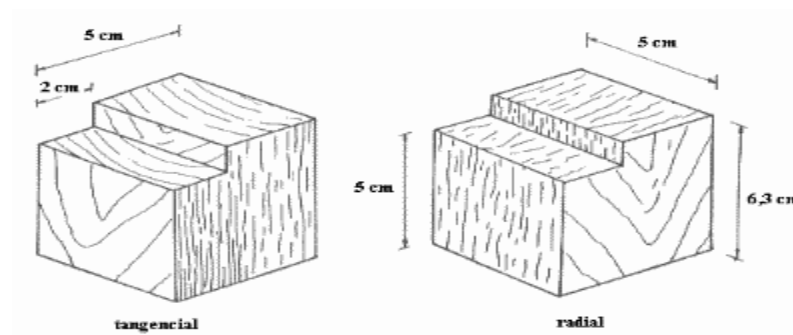
ELP = Esfuerzo en el límite proporcional (kg/cm²).

2.2.4. Cizallamiento

Es la capacidad que tiene la madera de resistir fuerzas que tienden a causar el deslizamiento de una sección sobre otra adyacente a la anterior. Esta sollicitación puede presentarse tanto en sentido paralelo como perpendicular a las fibras, sin embargo, debido a la alta resistencia de la madera a este último esfuerzo, no se considera el corte o cizalle perpendicular en el estudio de las propiedades mecánicas (Rivero, 2018).

Figura 4

Probetas de cizallamiento o corte



$$\text{Máxima resistencia al corte} = \frac{P_2}{A} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde:

Res. Max. Al corte: Resistencia máxima kg/cm².

P2 : Carga máxima en (Kg).

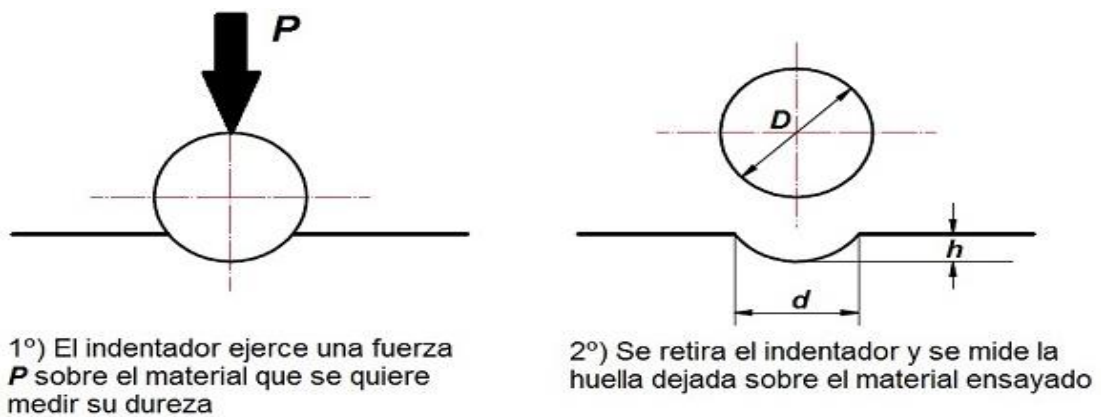
A : Área (cm²).

2.2.5. Dureza

Dureza Brinell, consiste en comprimir una bola de acero templado, de un diámetro determinado, sobre el material a ensayar, por medio de una carga y durante un tiempo también establecido. La dureza Brinell determina la relación entre la fuerza ejercida por el durómetro y el área de casquete de la huella, pues evidentemente, y dentro de ciertos límites, esta área será mayor cuanto menos duro sea el material (Ingemecánica, 2020).

Figura 5

Ensayo de dureza



$$DB = \frac{P}{S}$$

En la práctica se suele utilizar la siguiente formulación de trabajo, más simplificada:

$$HB = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

Dónde:

DB = Dureza de Brinell, en kg/mm².

"S" = Superficie de la huella que queda sobre el material ensayado, que resulta ser un casquete esférico, se expresa en cm².

"P" = La fuerza, se expresa en kg.

“d” = Es el diámetro medio de la huella en superficie del material ensayado, en mm.

2.2.6. Clivaje o Hendidura

El ensayo de clivaje también llamado ensayo de rajadura es un ensayo mecánico, que muestra cual es la resistencia que ofrece la madera al rajado; dependiendo de la ubicación de los anillos de crecimiento con respecto al plano de falla, el clivaje puede ser tangencial cuando el plano de falla es tangencial a los anillos de crecimiento y radial cuando el plano de fallas es perpendicular a los anillos de crecimiento (Portal, 2010).

Figura 6

Probeta de clivaje



$$\text{Esfuerzo máximo} = \frac{P_2}{a} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde

P2 : Carga máxima en (Kg).

a : Área de probeta (mm).

2.2.7. Tracción Perpendicular al Grano

Un cuerpo se encuentra traccionado cuando está sometido por dos fuerzas de igual magnitud y sentido contrario provocándole un alargamiento. La resistencia a la tracción está dada por el esfuerzo que opone la adherencia entre las fibras de la madera, al estar sometida por cargas externas que tienden a separarlas. La resistencia en este sentido generalmente arroja valores bajos. La resistencia a la tracción perpendicular a las fibras es 10% menor que la tracción longitudinal o paralela a las fibras. Esta resistencia tiene poca importancia en la fabricación de muebles y construcciones interiores (Suirezs y Berger, 2009).

Los mismos autores indican que para la determinación de este ensayo pueden emplearse las Normas ASTM D143, COPANT 30:1-016 Y AFNOR B51-003. La Norma ASTM 143/52 especifica que las probetas deben ser de sección cuadrada de 50 mm de lado por 63 mm de longitud. En ambos extremos existen escotaduras de 25 mm de diámetro, donde se fijan las mordazas de Tp indican acción (Suirezs y Berger, 2009).

La tensión perpendicular se calcula con la siguiente fórmula:

$$T_p = P/S$$

Dónde:

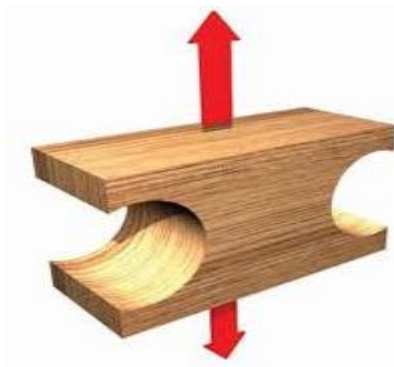
T_p = Tracción perpendicular (kgf/cm²).

P = Carga máxima (kg).

S = Área de probeta (cm²).

Figura 7

Probeta de tracción perpendicular al grano

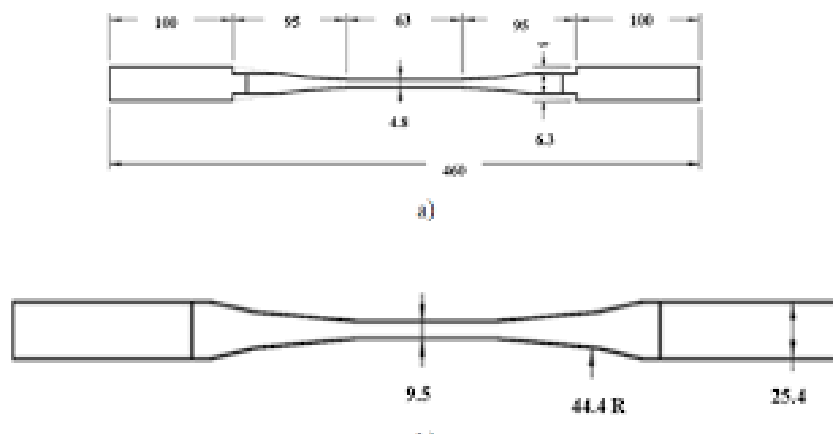


2.2.8. Tracción Paralela al Grano

Consiste en aplicar un esfuerzo axial de tracción hasta la rotura, como se muestra en la figura 7 (ASTM D143, 2016). Las dimensiones de los especímenes tendrán una longitud de 46 cm y la sección central será de 0,98 cm x 0,45 cm para una distancia de 6,35 cm. Los soportes de los extremos tendrán una extensión de 10.1 cm y serán de sección cuadrada con medida 2,54 cm x 2,54 cm (ASTM D143, 2016). Así como se muestra en la figura 8. La velocidad para el este ensayo es de 1 mm/min continuamente hasta la falla de la probeta, (Bustamante, 2018).

Figura 8

Probeta de tracción paralela al grano



La tensión paralela al grano se calcula con la siguiente fórmula:

$$TII = P/S$$

Dónde:

TII = Tracción paralela al grano (kgf/cm²).

P = Carga máxima (kg).

S = Área (cm²).

2.2.9. Criterios cuantitativos para clasificar la madera de acuerdo a sus propiedades mecánicas

Díaz (2005) señala que la madera, es un material heterogéneo, que se ve reflejado por la variabilidad que es posible encontrar en probetas extraídas de una misma especie maderera y de diferentes árboles, o aún más de probetas provenientes de un mismo árbol, lo que muestra una marcada diferencia en su densidad y resistencia. Esta variabilidad responde a diferencias genéticas, de ambiente y/o ambas. También puede variar debido a algunas características que no son controlables.

Por otro lado, la WWF (2006), estableció criterios cuantitativos de las propiedades mecánicas de la madera, dichos criterios lo muestran la tabla 2.

Tabla 2

Escala de las propiedades mecánicas de la madera

PROPIEDAD MECÁNICA	RANGO	CALIDAD	GRADO
FLEXIÓN			
Módulo der Elasticidad (MOE)	Menor de 100 t/cm ²	Muy flexible	I
Clasifica la madera por su resistencia o esfuerzo a la aplicación de una carga central sin causar deformaciones.	De 101 a 120 t/cm ²	Flexible	II
	De 121 a 150 t/cm ²	Poco rígida	III
	De 151 a 200 t/cm ²	Rígida	IV
	Mayor de 200 t/cm ²	Muy rígida	V
Módulo de Ruptura (MOR)			
Clasifica la madera según su resistencia a esfuerzos en el cual se produce la talla o rotura. Se rompe por influencia de una carga.	Menor de 300 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 300 a 500 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 501 a 800 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 801 a 1000 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 10000 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
COMPRESIÓN			
Compresión Perpendicular (ELP)			
Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras.	Menor de 10 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
Esfuerzo de las fibras en el límite proporcional de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras.	De 10 a 40 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 41 a 70 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 71 a 100 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 100 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
Compresión Paralela (ER)			
Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección paralela a las fibras. La carga que produce la talla se considera resistencia máxima a la compresión paralela al grano.	Menor de 120 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 120 a 240 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 241 a 360 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 361 a 480 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 480 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
CIZALLAMIENTO			
Corte paralelo a las fibras.	Menor de 30 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
Resistencia que ofrece la madera a la acción de dos fuerzas paralelas en dirección opuesta.	De 30 a 60 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 61 a 90 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 91 a 120 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 120 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
DUREZA EN LOS LADOS			
Resistencia de un cuerpo a la penetración de otro. Se clasifican el promedio de las cargas máximas de las cuatro caras de la pieza de madera. Sirve para clasificar	Menor de 100 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 100 a 300 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 301 a 600 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 601 a 900 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 120 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V
TENACIDAD			
Resistencia de la madera al impacto o al choque, depende de la capacidad de absorber la energía para su deformación.	Menor de 1 kg/cm ²	Muy baja (MB)	I
	De 1.1 a 2 kg/cm ²	Baja (B)	II
	De 2.1 a 3 kg/cm ²	Mediana (M)	III
	De 3.1 a 4 kg/cm ²	Alta (A)	IV
	Mayor de 4 kg/cm ²	Muy alta (MA)	V

Fuente: Guía de procesamiento industrial de las maderas LKS del proyecto WWF (2006).

A todo esto, Vignote y Martínez (2006) establece una clasificación por su resistencia a la hienda o clivaje, para maderas españolas.

Tabla 3***Clasificación de las maderas por su resistencia a las hienas***

Clase	Resistencia a la hienas Kgf/cm ²	Interpretación
Baja	< 15	Muy hendible
Media	15 a 30	Medianamente hendible
Alta	> 30	Poco hendible

Así mismo, Vignote y Martínez (2006) establece una clasificación por su resistencia a la tracción perpendicular a las fibras, para maderas españolas.

Tabla 4***Clasificación de las maderas por su resistencia a la tracción perpendicular***

Clase	Resistencia a la hienas Kgf/cm ²	Interpretación
Baja	< 25	Baja adherencia
Media	25 a 45	Mediana adherencia
Alta	> 45	Alta adherencia

Según JUNAC (2000) las maderas ensayadas el PADT- REFOT han sido agrupadas en tres grupos estructurales, en función de su resistencia y la densidad básica.

Se denomina A al grupo de maderas de mayor resistencia, B al grupo intermedio y C al grupo de menor resistencia. Las densidades básicas de las maderas del grupo A están por lo general en el rango de 0,71 g/cm³; a 0,90 g/cm³, las del grupo B entre 0,56 g/cm³ y 0,70 g/cm³, y las del grupo C entre 0,40 g/cm³ y 0,55 g/cm³.

Aróstegui (1982), establece rangos para clasificar las maderas según sus propiedades físicas y mecánicas en condición verde, cuyos valores lo muestra la tabla 5.

Tabla 5***Clasificación de las maderas peruanas según sus propiedades mecánicas en condición verde***

Grupo	Propiedades Físicas		Propiedades Mecánicas					Clasificación
	Den. Básica (Kg/cm ³)	Contrac. Volumen (%)	Flexión estática (MOR) (kg/cm ²)	Comp. Par. (kg/cm ²)	Com. Par. (kg/cm ²)	Dureza (lados) (Kg)	Cizallamiento (Kg/cm ²)	
I	<0,30	<7,0	<300	<120	<10	<100	<30	Muy baja
II	0,30-0,40	7,0-10,0	300-500	120-240	10-40	100-300	30-60	Baja
III	0,41-0,60	10,1-13,0	501-800	241-360	41-70	301-600	61-90	Media
IV	0,61-0,75	13,1-15	801-1000	361-480	71-100	601-900	91-100	Alta
V	>0,75	>15,0	>1000	>480	>100	>900	>120	Muy alta

Fuente: Aróstegui (1982).

2.2.10. Influencia de la estructura anatómica en las propiedades tecnológicas de la madera

Sobre la influencia de la estructura anatómica de la madera en las propiedades tecnológicas. Esau (1959) considera que al parecer la distribución del parénquima es tan importante como su volumen total, siendo previsible que la resistencia quede reducida hasta un cierto límite si se presenta formando bandas continuas; la madera con un mayor porcentaje de parénquima tiene menor resistencia mecánica.

Respecto a la influencia de la estructura anatómica en las propiedades de resistencia, Fachín (1986) manifiesta que las características histológicas que afectan la calidad de la madera son la presencia o ausencia de fibras, su número relativo, diámetro, grosor de las paredes celulares, la longitud y la proporción en que se entrecruzan, así como su forma recta o curvada; así también el grosor y número de radios; la presencia o ausencia de tílides. La longitud de las fibras y el grado en que se entrecruzan son al parecer de menor importancia para la resistencia de la madera.

Es bien sabido que la resistencia de la madera aumenta exponencialmente a medida que pierde humedad. Sin embargo, cada especie se comporta de diferente manera, y la relación contenida de humedad-resistencia no se puede aplicar de manera generalizada (Zink-Sharp, citado por Lascurain *et al.*, 2007).

JUNAC (1981), agrega que la resistencia de la madera se ve afectada por los nudos, inclinación del grano y otros.

Zink-Sharp citado por Lascurain *et al.* (2007) afirma que la compresión perpendicular al grano es la propiedad mecánica más influenciada por el contenido de humedad, seguida por la compresión paralela al grano. Además, debido al carácter anisotrópico del material, los cambios en contenido de humedad de la madera afectan a cada una de las propiedades mecánicas de la madera en diferente manera.

La longitud de las fibras ejerce un efecto importante sobre la resistencia a la flexión estática, resistencia al impacto en flexión y en la compresión paralela a las fibras (Leclereq, citado por Valero *et al.*, 2002).

Palacios (1974) indica que, en comparación con el parénquima, las fibras tienen lúmen poco desarrollado y pared gruesa. Por lo tanto, cuando la madera posee fibras largas se cuarteo o cizalla con mayor facilidad. La observación de las características de las fibras tiene valor en la identificación de la madera y para establecer sus características tecnológicas.

Panshin y De Zeeuw (1980) señalan que el espesor de la pared celular y las secciones transversales de las células están directamente relacionados con el peso específico de la madera y junto con el ancho de los anillos de crecimiento y la proporción de madera temprana y tardía, son responsables de las

variaciones de éste. La longitud de las fibras ejerce un efecto importante sobre la resistencia a la flexión estática, resistencia al impacto en flexión y en la compresión paralela a las fibras.

La dureza depende casi siempre de la cohesión de las fibras y de su estructura y consiste en la mayor o menor dificultad puesta por la madera a la penetración de otros cuerpos como clavos, tornillos o al ser trabajada con la cepilladora, sierra y formón (Editorial Blume, 1980).

Vignote y Jiménez (1996) menciona que la dureza es una propiedad que indica la facilidad de penetración de un material en otro. La madera en relación con otros materiales (acero y hormigón), se puede definir como blando, que, aunque en algunos aspectos se puede considerar un defecto tiene como ventaja, su facilidad de procesado (corte, unión).

Kollman (1959) y Panshin y De Zeeuw (1980); definen a la madera como un material biológico, altamente variable en sus características y propiedades. Su anatomía y propiedades varían de especie a especie, entre árboles de una misma especie y entre diferentes partes de un mismo árbol.

Así mismo, las propiedades de la madera están estrechamente relacionadas con su estructura en los niveles macro y microscópico. La utilización de la madera para una aplicación específica va a depender de la aptitud tecnológica, las que, a su vez, están influenciadas por la estructura anatómica.

Vignote y Jiménez (1996), señala respecto a los valores de resistencia de la madera, en dirección longitudinal es relativamente muy resistente, mientras que transversalmente, su resistencia es muy pequeña, hasta el punto que muchas veces no se considera. También debe indicarse la influencia de la

resistencia de la madera en función de la humedad. Aunque varía con el tipo de esfuerzo, cuando la madera aumenta un 1% su porcentaje de humedad, la resistencia merma entre el 1,5% y el 2%.

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Albura:** Capa de madera suave que se encuentra inmediatamente después de la corteza. Generalmente es de color blanquecino, fisiológicamente activa y está ubicada entre el duramen y la corteza (Real Academia Española, 2020).
- **Anillo de crecimiento:** La capa de crecimiento de madera puesta en el árbol durante una sola temporada de crecimiento. En la zona templada, los anillos de crecimiento anuales de muchas especies (por ejemplo, robles y pinos) se distinguen fácilmente por las diferencias en las células formadas durante las etapas tempranas y tardías de la temporada. En algunas especies de zona templada (por ejemplo, *Nyssa sylvatica* y *Liquidambar spp.*) y en muchas especies tropicales no se pueden reconocer fácilmente los anillos de crecimiento anual (Tesauro, 2013).
- **Anisotropía:** Esta propiedad es lo opuesto a la isotropía y es una propiedad presente en algunos tipos de materia donde las características físicas del material varían dependiendo de la dirección de donde sean medidas (longitudinal, tangencial y radial) (La madera.net, 2021).

Pérez (1983) citado por Díaz (2005) define algunos conceptos básicos:

- **Deformación:** Desplazamiento de las partículas de un material, como resultado de la aplicación de una carga externa sobre él.
- **Fuerza extrema:** Representa cualquier sollicitación que, actuando exteriormente, altere la forma y/o dimensión del material.
- **Límite de proporcionalidad:** Punto del gráfico carga – deformación, en el cual la curva se desvía de la línea recta inicial.
- **Módulo de elasticidad:** Medida de la resistencia a la deformación axial de la probeta de ensayo cuando se le somete a una carga en dirección paralela a las fibras de la Madera. Se determina como la pendiente de la zona lineal del gráfico carga - deformación por debajo del límite de proporcionalidad.
- **Tensión máxima o de rotura:** Es aquella que se determina con la carga máxima soportada por el cuerpo y se verifica cuando la carga que se aplica, más allá del límite elástico, provoca la rotura en el cuerpo.
- **Tensión unitaria:** Es el esfuerzo que soporta un cuerpo por unidad de superficie.
- **Tensión en el límite proporcionalidad:** Carga unitaria máxima a que se puede someter una materia sin que se produzcan deformaciones permanentes.
- **Tracción Perpendicular:** La resistencia a la tracción perpendicular a las fibras es aproximadamente dos veces la resistencia a la compresión

paralela. La resistencia a la tracción perpendicular es afectada significativamente por la inclinación al grano.

- **Vasos:** Son elementos de conducción, constituidos por células articuladas y que forman una estructura tubular.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de Investigación

El método utilizado en los ensayos de propiedades mecánicas, fue el método experimental a nivel de laboratorio, porque la variable nivel longitudinal del fuste varió a voluntad del investigador en estricto cumplimiento con las Normas Técnicas ASTM y NTP.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población estuvo constituida por todos los árboles de la especie *Simarouba amara* Aubl (Marupa) procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco con DAP mayores de 39 cm.

3.2.2. Muestra

La muestra para el estudio respectivo, estuvo representado por cinco (05) árboles *Simarouba amara* Aubl (Marupa), con una troza de cada uno de los tres (3) niveles longitudinales del fuste comercial, teniendo como criterio de selección el aspecto fitosanitario y el diámetro.

3.3. Procedimiento de Recolección de Datos

3.3.1. Selección de Árboles

Se seleccionaron cinco árboles tomando en consideración la buena conformación fitosanitaria del individuo, accesibilidad del lugar, asimismo se escogió árboles de diferentes diámetros, según las especificaciones de la Norma COPANT (1972) y bajo cuatro criterios.

- Árboles con un diámetro mínimo de 39 cm.
- El árbol con el mayor diámetro.
- El árbol con el menor diámetro.
- Y los dos restantes en el rango del menor y el mayor.

3.3.2. Toma de Datos Preliminar de los Árboles Seleccionados

Los árboles de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) seleccionados, fueron marcados con pintura roja y se midió el DAP, la altura total se estimó con un hipsómetro, esta información se registró en un formato previamente elaborado, también se registró información adicional del estado fitosanitario, forma del fuste, ahusamiento, asociación ecológica, descripción del sitio, etc.

3.3.3. Colección de Muestras Botánicas e Identificación

Para la identificación de la especie se tomaron las muestras botánicas fértiles las cuales fueron herborizadas de acuerdo a las técnicas recomendadas según NTP 251.008. La identificación se realizó en el herbario de IVITA – Estación Experimental de Pucallpa, mediante comparación con los patrones

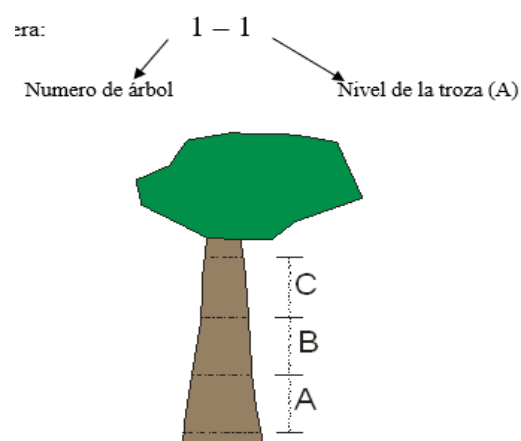
existentes en sus colecciones.

3.3.4. Tumbado, Trozado y Marcado de Trozas

Se tumbaron los árboles seleccionados con el uso de una motosierra, desramamos y cortamos en tres trozas correspondientes a los tres niveles longitudinales del fuste comercial árbol (basal o nivel 1, intermedio o nivel 2 y apical o nivel 3). Las trozas fueron marcadas con pintura esmalte, de la siguiente manera:

Figura 9

Distribución de las trozas a nivel longitudinal



Fuente: Amasifuen (2012).

3.3.5. Desembosque y Transporte Mayor

El desembosque de las trozas de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), se realizó en forma manual por “revocado” desde el tocón hasta el borde de la carretera. El transporte mayor se realizó mediante caminos desde el km 12 de la Carretera Fernando Belaunde Terry hasta el Taller de Carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali – Pucallpa.

3.3.6. Aserrío

Las trozas fueron aserradas en una sierra cinta portátil en tablones, se graficó y se marcaron con pintura, rotuladas según árbol de procedencia y nivel utilizando un código con tres números, el primero corresponde al número de árbol, el segundo al nivel longitudinal y el tercero al número de la pieza dentro de la troza, según las especificaciones de NTP 251.008.

3.3.7. Pre-habilitado

En el taller de carpintería de la Universidad Nacional de Ucayali – Pucallpa, con el uso de sierras de disco, se realizó el pre-habilitado de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) en piezas con dimensiones de 7 cm x 7 cm.

3.3.8. Secado de la Madera

La madera obtenida se secó al aire libre, y haciendo uso del detector de humedad (Higrómetro), se midió la humedad de tres muestras al azar, cada tiempo establecido hasta que las probetas alcanzaron la condición de humedad de equilibrio con el ambiente de la zona de Pucallpa según las especificaciones de la NTP 251.008.

3.3.9. Preparación de Probetas

De la madera seca al aire libre y pre habilitada se elaboraron las probetas propiamente dichas para los ensayos respectivos; teniendo en cuenta la orientación de las fibras (corte tangencial) como sigue: flexión estática: 2,5 cm x

2,5 cm x 41 cm; compresión paralela al grano: 5 cm x 5 cm x 20 cm; compresión perpendicular al grano y dureza: 5 cm x 5 cm x 15 cm; cizallamiento y tensión perpendicular al grano: 5 cm x 5 cm x 6,3 cm; clivaje: 5 cm x 5 cm x 9,5 cm.

3.3.10. Ejecución de Ensayos

A. Ensayo de Flexión Estática: Para este ensayo se tuvo en cuenta las siguientes características:

- 120 probetas con dimensiones de 2,5 cm x 2,5 cm x 41 cm.
- Cabezal de metal, con densidad no menor de 1 g/cm³.
- Dispositivos de apoyo, de metal de aproximadamente 5 cm x 5 cm.
- Se aplicó la carga en la cara tangencial más cercana a la médula. El eje del cabezal deberá coincidir con el centro de luz de la probeta.
- Velocidad de la carga de 2,5 mm/min.
- Se registró los datos de carga máxima (CM), carga en el límite proporcional (CLP) y deformación en el límite proporcional (DLP) observados en el software procesador "Test Navigator".
- Se dibujó y describió el tipo de falla.
- Aplicación de fórmulas.

Esfuerzo al límite proporcional

$$ELP = \frac{3 * P_1 * L}{2 * a * h^2} = \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Dónde:

ELP : Esfuerzo al límite proporcional.

P1 : Carga al límite proporcional en (Kg).

- L : Distancia entre soportes (cm).
a : Ancho de la probeta en (cm).
h : Espesor o altura de la probeta en (cm).

Módulo de Ruptura

$$MOR = \frac{3 * P_2 * L}{2 * a * h^2} = \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Dónde:

- MOR: Módulo de ruptura kg/cm².
P2 : Carga máxima en (Kg).
L : Distancia entre soportes en (cm).
a : Ancho de la probeta en (cm).
h : Espesor o altura de la probeta en (cm).

Módulo de Elasticidad

$$MOE = \frac{P_1 * L^3}{4 * a * h^3 * d}$$

Dónde:

- MOE : Módulo de elasticidad kg/cm².
P1 : Carga al límite proporcional en (Kg).
L : Distancia entre soportes en (cm).
a : Ancho de la probeta en (cm).
h : Espesor o altura de la probeta en (cm).
d : Deflexión al límite proporcional.

B. Ensayo de compresión paralela al grano: Para este ensayo se tuvo en cuenta las siguientes características:

- 45 probetas con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 20 cm.
- Cabezal con articulación esférica.
- Superficies de los extremos paralelas entre sí, y ángulo recto con el eje longitudinal de la probeta.
- Velocidad de ensayo de 0,6 mm/min.
- Se registrarán los datos de carga máxima (CM), carga en el límite proporcional (CLP) y deformación en el límite proporcional (DLP) observados en el software Test Navigator.
- Se dibujará e identificará el tipo de falla.
- Aplicación de fórmulas.

$$\text{Resistencia máxima} = \frac{P_2}{A} = \left(\frac{kg}{cm^2} \right)$$

Dónde:

Res. Max.: Resistencia máxima kg/cm².

P2 : Carga máxima en (Kg).

A : Área (cm²).

C. Ensayo de cizallamiento: Para este ensayo se tuvo en cuenta las siguientes características:

- 45 probetas de 5 cm x 5 cm x 6,3 cm.
- Cizalla.
- Probeta con cara A y B, perpendiculares al grano; y C tangencial en 50%

de las probetas y radial en el otro 50%.

- Velocidad de la cruceta móvil de 0,6 mm/min.
- Se registró la carga máxima (CM), observada en el software Test Navigator.
- Croquis de la falla.
- Aplicación de fórmula.

$$\text{Máxima resistencia al corte} = \frac{P_2}{A} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde:

Res. Max. Al corte: Resistencia máxima kg/cm².

P2 : Carga máxima en (Kg).

A : Área (cm²).

D. Ensayo de compresión perpendicular al grano: Para este ensayo se tuvo en cuenta las siguientes características:

- 45 probetas con dimensiones de 5 cm x 5 cm x 15 cm.
- Base maciza con deformímetro acoplado y bloque metálico de presión.
- Probetas orientadas con respecto a los anillos de crecimiento.
- Se aplicó la carga en la cara radial.
- Velocidad de ensayo de 0.3 mm/min.
- Se registró las cargas y acortamientos hasta que la penetración de la placa metálica de presión sea de 2,5 mm; observados en el software Test Navigator.
- Aplicación de fórmula.

$$ELP = \frac{\text{carga en el límite proporcional}}{\text{ancho pieza metálica} * \text{espesor probeta}} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde:

ELP = Esfuerzo en el límite proporcional (kg/cm²).

E. Ensayo de Dureza: Para este ensayo se tuvo en cuenta las siguientes características:

- 45 probetas de 5 cm x 5 cm x 15 cm.
- Cabezal: con semi-esfera de acero de 1,13 cm de diámetro, vástago cilíndrico.
- Los ensayos se hicieron en los extremos y en las caras de la probeta en el orden: 1 penetración en cada uno de los extremos, 1 penetración en cada una de las caras tangenciales, 1 penetración en cada una de las caras radiales.
- Velocidad constante de 6 mm/min.
- Los valores de penetración se expresaron directamente en kilogramos.
- Se registraron el valor de cada una de las penetraciones, así como el promedio de los valores homólogos; observado en el software Test Navigator.

Los datos para el ensayo de dureza se obtuvieron directamente de la máquina, expresados en kilogramos (kg) y hacer un cálculo adicional, para determinar la superficie de la huella.

$$HB = \frac{P}{S}$$

En la práctica se suele utilizar la siguiente formulación de trabajo, más simplificada:

$$HB = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

Dónde:

DB = Dureza de Brinell, en kg/mm².

"S" = Superficie de la huella que queda sobre el material ensayado, que resulta ser un casquete esférico, se expresa en cm².

"P" = La fuerza, se expresa en kg.

"d" = Es el diámetro medio de la huella en superficie del material ensayado, en mm.

F. Ensayo de Clivaje: Para este ensayo se tuvo en cuenta las siguientes características:

- 45 probetas de 5 cm x 5 cm x 9.5 cm.
- Cabezal con sujetadores: una pieza de 20 cm de longitud, una pieza de 13,5 cm de longitud.
- Se hizo en la superficie radial y tangencial.
- Velocidad constante de 2,5 mm/min.
- Se dibujó la falla.
- Los valores de carga máxima fueron expresados directamente en la máquina - software Test Navigator.

$$\text{Esfuerzo máximo} = \frac{P_2}{b} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde

P2 : Carga máxima en (Kg).

b : Ancho de probeta (mm).

G. Ensayo de Tensión Perpendicular al Grano: Para este ensayo se tuvo en cuenta las siguientes características:

- 45 probetas de 5 cm x 5 cm x 6,3 cm
- Cabezal con sujetadores
- Se hizo en la superficie radial y tangencial
- Velocidad constante de 2,5 mm/min.
- Se dibujó la falla.
- Los valores de carga máxima fueron expresados directamente en la máquina - software Test Navigator.

$$\text{Esfuerzo máximo} = \frac{P_2}{A} = \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

Dónde:

P2 : Carga máxima en (Kg).

A : Área (cm²).

3.4. Técnicas e Instrumentos para Recolección de Datos

3.4.1. Técnica

La técnica para la recolección de datos que se utilizó en la investigación fue la Observación directa a nivel de laboratorio, evaluación-experimental; para

determinar la influencia de los niveles longitudinales del fuste en las propiedades mecánicas de la especie de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa), procedente del Fundo San Agustín - distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, departamento de Huánuco.

3.4.2. Instrumentos

Los instrumentos que se emplearon fueron formatos denominados: fichas de toma de datos y tabla de toma de datos.

3.5. Procesamiento para Recolección de Datos

Los datos fueron procesados mediante el uso de los programas Microsoft Excel XP para Windows y SPSS Statistics 1.9 para Windows. Para cada ensayo mecánico se determinaron los siguientes estadígrafos: promedio aritmético, desviación estándar, coeficiente de variación.

3.6. Tratamiento de Datos

Se determinaron los valores promedios, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables dependientes. Se determinó si existen influencia significativa de los niveles longitudinales en las propiedades mecánicas de la madera *Simarouba Amara* Aubl (Marupa) se realizó el Análisis de varianza unifactorial (ANVA₁) y Prueba Tukey.

Tabla 6***Análisis de varianza unifactorial***

Fuente de variación	GL	SC	CM	F_{Obs.}
Entre niveles de fuste	2	SCa	CMa	
Error	12	SCr	CMr	
Total	14	SCT		

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Propiedades Mecánicas de la Madera de *Simarouba amara* Aubl (MARUPA)

4.1.1. Flexión Estática

A. Esfuerzo en el Límite Proporcional (ELP)

En la tabla 7 y la figura 10 muestran los valores promedios del esfuerzo en el límite proporcional de la carga (ELP), de la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variabilidad, cuyos valores se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal.

Tabla 7

Esfuerzo en el límite proporcional por niveles del fuste de la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa)

ÁRBOL Nº	NIVEL 1 Kgf/cm ²	NIVEL 2 Kgf/cm ²	NIVEL 3 Kgf/cm ²	X Kg/cm ²
1	190,32	131,57	228,89	
2	180,12	182,46	128,31	
3	223,15	184,64	219,56	
4	228,17	214,73	213,88	
5	267,60	200,82	205,23	
Promedio	217,87	182,85	199,18	200
S	34,61	31,51	40,54	35,55
CV (%)	15,88	17,23	20,35	17,82

En la tabla 8, se aprecia el análisis de varianza del esfuerzo en el límite proporcional de la carga por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que no existen diferencia significativas entre los valores promedios del esfuerzo en el límite proporcional de la carga, por niveles longitudinales del fuste.

Por lo tanto, se puede afirmar que los niveles del fuste no tienen influencia significativa sobre los valores del esfuerzo en el límite proporcional de la carga, por consiguiente se puede considerar 200 kgf/cm² como valor único del esfuerzo en el límite proporcional de la carga (ELP) de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) con un coeficiente de variación 17,82%.

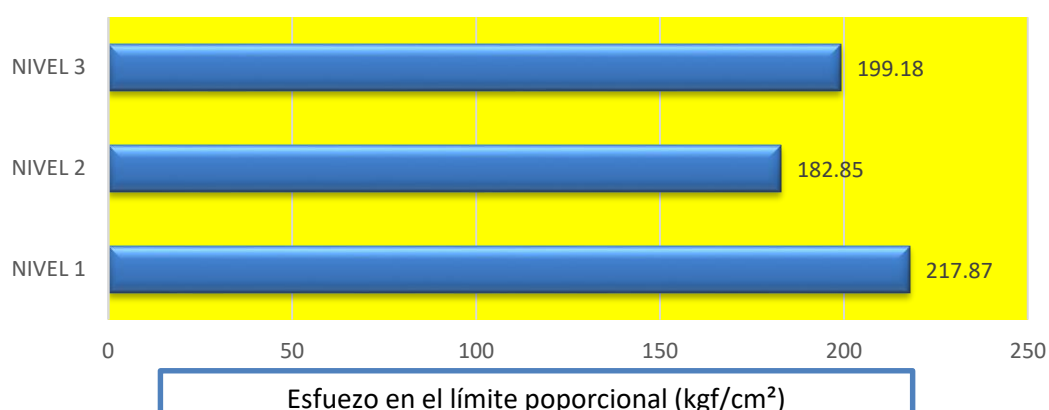
Tabla 8

Análisis de varianza del esfuerzo en el límite proporcional de la carga de la madera de Simarouba amara Aubl

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _{obs}	F _{0.95}	
Entre niveles del fuste	2	3071,74	1535,87	1,202	3,81	N.S.
Error	12	15335,49	1277,965			
Total	14	18407,23				

Figura 10

Esfuerzo en el límite proporcional de la carga de la madera de Simarouba amara Aubl por niveles del fuste



El resultado obtenido sobre el esfuerzo en el límite proporcional, indica que la carga máxima a la que puede someterse la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa) sin que sufra deformaciones permanentes (límite elástico) es en promedio de 200 kgf/cm².

Si se compara el resultado obtenido sobre el esfuerzo en el límite proporcional de la carga (200 kgf/cm²), se puede decir que este valor es inferior al obtenido por Aróstegui y Sato (1982) (253,5 – 277,9 kgf/cm²) para la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), mientras que Vilcayauri (2009) encontró un valor de 290,5 kgf/cm², superior al valor encontrado para la madera de la zona de Macuya.

B. Módulo de Ruptura (MOR)

La tabla 9 y la figura 11 muestran los valores promedios del módulo de ruptura (MOR), de la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variabilidad, cuyos valores se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal.

Tabla 9

Módulo de ruptura por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl

ÁRBOL Nº	Nivel 1 Kgf/cm ²	Nivel 2 Kgf/cm ²	Nivel 3 Kgf/cm ²
1	377,25	243,03	340,0
2	322,25	334	276,08
3	412,5	284,73	340,75
4	439,5	308	342,25
5	439,5	379.75	348,75
PROM	386	310	330
S	44,16	51,40	30,10
CV (%)	11,45	16,59	9,13

Figura 11

Módulo de ruptura por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl

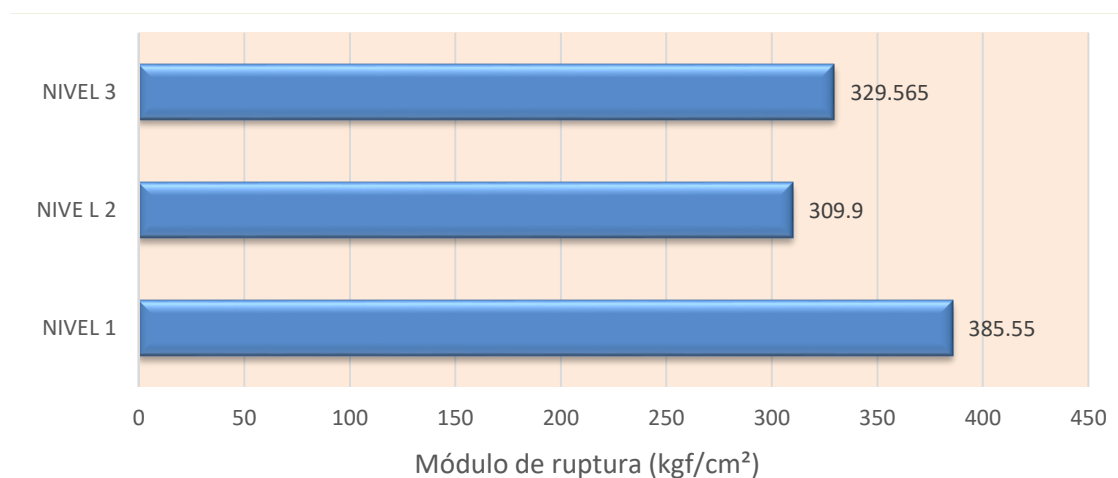


Tabla 10

Análisis de varianza de módulo de ruptura de la madera de Simarouba amara Aubl

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F _{obs.}	F _{tab.}
Entre niveles del fuste	2	15406,59	7703,30	4,203	3,81 *
Error	12	21992,81	1823,73		
Total	14	37399,40			

En la tabla 10 se aprecia el análisis de varianza del módulo de ruptura (MOR) por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que, si existen diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de ruptura, por niveles longitudinales del fuste. Para verificar entre qué niveles longitudinales del fuste se encuentran las diferencias se realizó la prueba de Tukey.

Tabla 11

Resumen de la prueba de Tukey del módulo de ruptura de la madera de *Simarouba amara Aubl (Marupa)*

NIVEL 1	NIVEL 3	NIVEL 2
386 kgf/cm ²	330 kgf/cm ²	310 kgf/cm ²
a	a	
	b	b

En la tabla 11, se aprecia que no existe diferencias significativas entre los valores del módulo de ruptura del nivel 1 (basal) y del nivel 3 (apical), pero si difieren y son superiores al valor del nivel 2 (medio); así mismo se observa que tampoco existe diferencias significativas entre módulo de ruptura del nivel 3 (apical) y del nivel 2 (medio), pero si difieren y son inferiores al valor del nivel 1 (basal).

Si se compara el resultado obtenido sobre el módulo de ruptura (MOR) (310 - 386 kg/cm² dependiendo del nivel del fuste) se puede decir que estos valores son ligeramente inferiores al obtenido por Aróstegui (1982) (427.0 kgf/cm²) y muy cerca a los valores obtenidos por Vilcayauri (2009) (380 kgf/cm²). Así mismo, de acuerdo a la escala mencionada por WWF (2006), la madera de *Simarouba amara Aubl (Marupa)* presenta bajo módulo de ruptura, resultando una madera de calidad baja en esta propiedad.

B. Módulo de Elasticidad (MOE)

La tabla 12 y la figura 11 muestran los valores promedios del módulo de elasticidad (MOE), de la madera de *Simarouba amara Aubl (Marupa)* por niveles

longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variación, cuyos valores se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal.

Tabla 12

Módulo de elasticidad (MOE) por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

ÁRBOL Nº	Nivel 1 Kgf/cm ²	Nivel 2 Kgf/cm ²	Nivel 3 Kgf/cm ²	Kgf/cm ²
1	51100	50625	55425	
2	55700	58025	57300	
3	57325	58275	63850	
4	62325	56925	55325	
5	68875	65750	65075	
PROM	59065	57920	59395	58793
S	6794,40	5377,10	4712,33	5627
CV (%)	11,50	9,28	7,93	9,57

Figura 12

Módulo de elasticidad por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

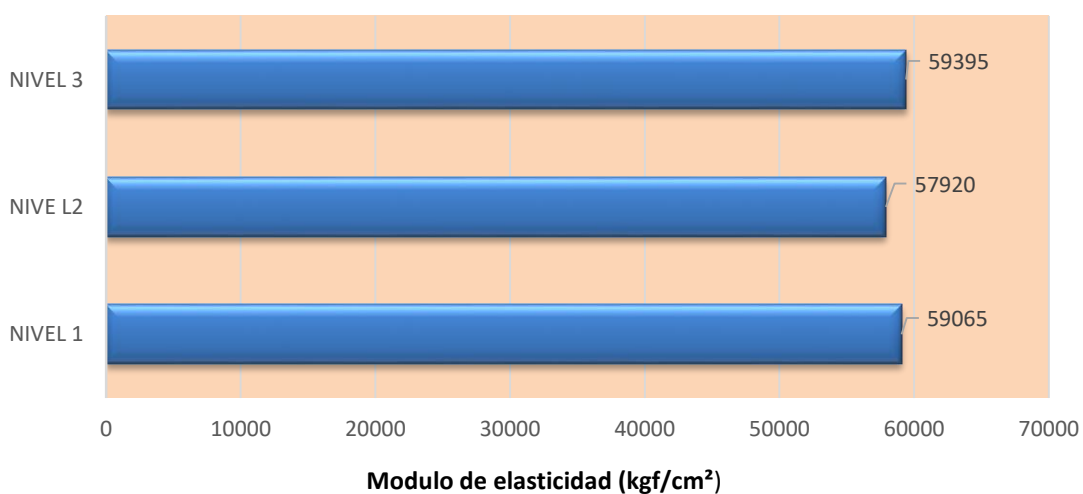


Tabla 13**Análisis de varianza de módulo de elasticidad de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa)**

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F _{obs.}	F _{tab.}
Entre niveles del Fuste	2	5992583,3	29962916,6	0,092	3,81 N.S
Error	13	389133000,0	32427750,0		
Total	14	395125583,3			

En la tabla 13, se aprecia el análisis de varianza del módulo de elasticidad (MOE) de la madera de “Marupa”, cuyos resultados indican que no existen diferencia significativas entre los valores promedios del módulo de elasticidad, por niveles longitudinales del fuste; en consecuencia se puede afirmar que los niveles del fuste no tienen influencia significativa sobre los valores módulo de elasticidad, por consiguiente se puede considerar 58793,33 kgf/cm² con un coeficiente de variación 9,57%, como valor único de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), en lo que a módulo de elasticidad se refiere.

Si se compara el resultado obtenido sobre el módulo de elasticidad (MOE) (58,79 t/cm²), se puede decir que este valor es inferior al obtenido por Aróstegui (1982) (76 t/cm²) y al de Vilcayauri (2009) (72,91 t/cm²). Además, de acuerdo a la escala mencionada por WWF (2006), la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) presenta el módulo de elasticidad baja y por lo tanto es considerada como madera muy flexible.

4.1.2 Compresión Perpendicular al Grano

En la tabla 14 y la figura 13 muestran los valores promedios de la

resistencia a la compresión perpendicular al grano, de la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variación, cuyos valores se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal.

Tabla 14

Resistencia máxima a la compresión perpendicular al grano por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl

ÁRBOL Nº	Nivel 1 Kgf/cm ²	Nivel 2 Kgf/cm ²	Nivel 3 Kgf/cm ²
1	54.91	44.87	59.46
2	42.15	40.42	46.36
3	41.38	40.93	47.33
4	49.94	43.97	60.00
5	45.53	45.76	63.88
PROM	47	43	55
S	5.66	2.39	8.01
CV (%)	12.10	5.53	14.45

Figura 13

Resistencia máxima a la compresión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

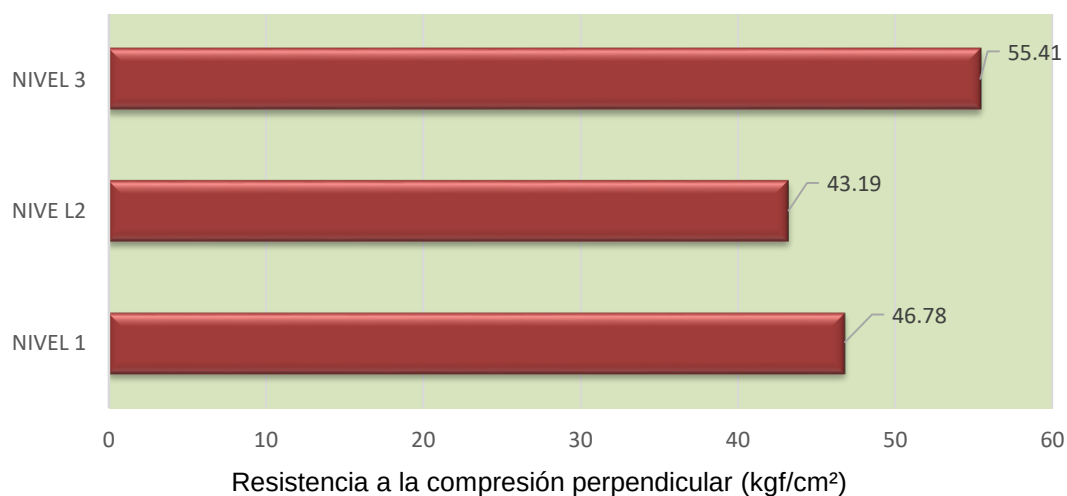


Tabla 15

Análisis de varianza de la resistencia a la compresión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _{obs}	F _{tab}
Entre niveles del fuste	2	394.14	197.07	6.287	3.81 **
Error	12	407.51	33.96		
TOTAL	14	801.65			

En la tabla 15 se aprecia el análisis de varianza de la resistencia a la compresión perpendicular al grano por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que, si existen diferencias altamente significativas entre los valores promedios de la resistencia a la compresión perpendicular al grano, por niveles longitudinales del fuste. Para verificar entre que niveles longitudinales del fuste se encuentran las diferencias se realizó la prueba de Tukey.

Tabla 16

Prueba de Tukey de la resistencia a la compresión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl

NIVEL 3	NIVEL 1	NIVEL 2
55 kgf/cm ²	47 kgf/cm ²	43 kgf/cm ²
A	a	b
	b	b

En la tabla 16 se aprecia que no existe diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la compresión perpendicular al grano del nivel 3 y del nivel 1, pero si difieren y son superiores al valor del nivel 2; así mismo se observa que tampoco existe diferencias significativas entre la resistencia a la compresión perpendicular al grano del nivel 1 y del nivel 2, pero si difieren y son inferiores al valor del nivel 3.

Si se hace la comparación del resultado obtenido sobre la resistencia a la compresión perpendicular al grano (43 - 55 kg/cm² dependiendo del nivel del fuste), se puede decir que estos valores resultaron superiores al obtenido por Aróstegui (1982) (33 kgf/cm²) y por Vilcayauri (2009) (32,71 kgf/cm²), lo que de acuerdo a la escala mencionada por WWF (2006), lo que le convierte en madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) en madera de baja resistencia, mientras que con los valores obtenidos esta madera se convierte en una de mediana resistencia a la compresión perpendicular al grano.

4.1.3. Compresión Paralela al Grano

La tabla 17 y la figura 14 muestran los valores promedios de la resistencia a la compresión paralela al grano, de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variación, cuyos valores se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal.

Tabla 17

Resistencia máxima a la compresión paralela al grano por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl

ÁRBOL Nº	Nivel 1 Kgf/cm ²	Nivel 2 Kgf/cm ²	Nivel 3 Kgf/cm ²	X Kgf/cm ²
1	227.6	229.1	255.4	
2	253.9	233.6	256.3	
3	227.6	267.7	214.4	
4	214.4	262.8	272.3	
5	307.5	286.9	270.9	
PROM	246.20	256.01	253.85	252
S	37.15	24.32	23.42	28.3
CV (%)	15.09	9.50	9.23	11.3

Figura 14

Resistencia máxima a la compresión paralela al grano de la madera *Simarouba amara Aubl* (Marupa)

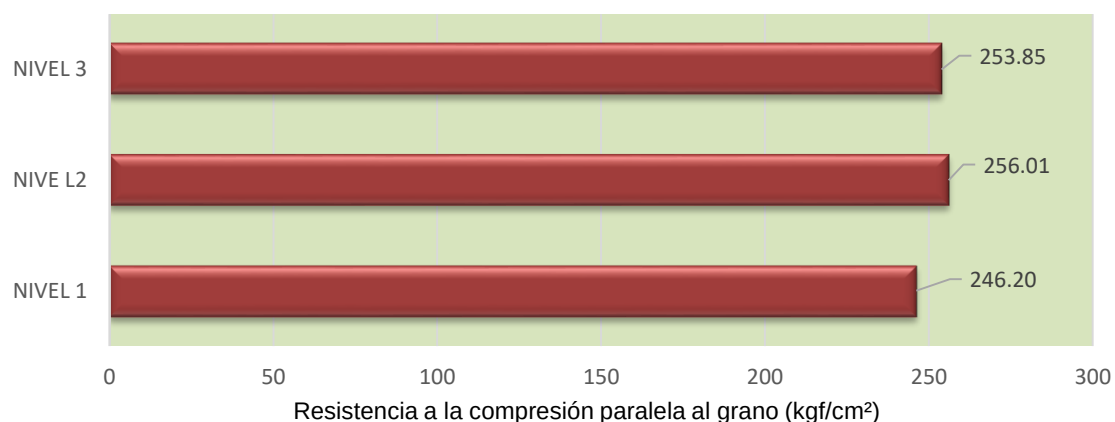


Tabla 18

Análisis de varianza de la resistencia a la compresión paralela al grano de la madera de *Simarouba amara Aubl*

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F _{obs}	F _{tab}
Entre niveles del fuste	2	265.90	132.95	0.158	3.81 N.S.
Error	12	10079.83	839.99		
TOTAL	14	10345.73			

En la tabla 18, se aprecia el análisis de varianza de la resistencia a la compresión paralela al grano por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que no existen diferencia significativas entre los valores promedios de la resistencia a la compresión paralela al grano por niveles longitudinales del fuste; en consecuencia se puede afirmar que los niveles del fuste no tienen influencia significativa sobre los valores de la resistencia a la compresión paralela al grano, por consiguiente se puede considerar 252 kg/cm² con un coeficiente de variación 11.3%, como valor único promedio de la madera de *Simarouba amara Aubl* (Marupa), en lo que a resistencia a la compresión paralela al grano se refiere (Tabla 17).

Si se hace la comparación del resultado obtenido sobre la resistencia a la compresión paralela al grano (252 kg/cm²), se puede decir que este valor resultó superior al obtenido por Aróstegui (1982) (159.0 kg/cm²) (baja resistencia), pero similar al obtenido por Vilcayauri (2009) (267,84 kgf/cm²) y que de acuerdo a la escala mencionada por WWF (2006), la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) en este caso presenta mediana resistencia a la compresión paralela al grano.

4.1.4. Clivaje

Tabla 19

Resistencia al clivaje por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

ÁRBOL Nº	Nivel 1 Kgf/mm	Nivel 2 Kgf/mm	Nivel 3 Kgf/mm	X Kgf/mm
1	2.38	2.04	1.46	
2	1.70	1.04	1.53	
3	1.77	1.98	1.60	
4	2.43	2.69	2.59	
5	3.07	3.33	2.95	
PROM	3.03	2.96	2.70	2.9
S	0.74	1.15	0.92	0.94
CV (%)	24.52	38.89	34.15	32.52

La tabla 19 y la figura 15 muestran los valores promedios de resistencia al clivaje, de la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variación, cuyos valores son altos en los niveles 2 y 3 superando el 30%, indicando valores con rangos muy amplios en la resistencia al clivaje; mientras que el coeficiente de variación del nivel 1 se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal.

Figura 15

Resistencia al clavaje de la madera de simaruba amara Aubl (Marupa)

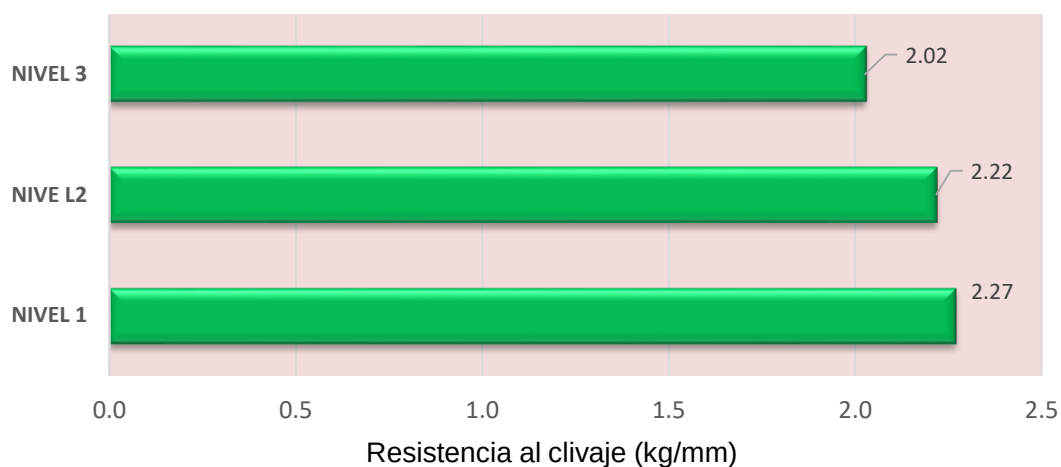


Tabla 20

Análisis de varianza de la resistencia al clavaje al grano de la madera de Simarouba amara Aubl

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _{obs}	F _{tab}
Entre niveles del fuste	2	0.16	0.08	0.161	3.81 n.s.
Error	12	6.11	0.51		
Total	14	6.28			

En la tabla 20, se aprecia el análisis de varianza de la resistencia al clavaje por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que no existen diferencia significativas entre los valores promedios de la resistencia al clavaje por niveles longitudinales del fuste; en consecuencia se puede afirmar que los niveles del fuste no tienen influencia significativa sobre los valores de la resistencia al clavaje, por consiguiente se puede considerar 2.90 kg/mm (29 kg/cm) con un coeficiente de variación 32.52%, como valor único de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), en lo que a resistencia al clavaje se refiere.

Si se hace la comparación del resultado obtenido sobre la resistencia al clavaje (2.90 kg/mm o 29 kgf/cm), se puede decir que este valor resultó inferior

al obtenido por Aróstegui y Sato (1970) (34.29 kg/cm) resultando una madera poco hendible, pero si se compara con el valor obtenido por Vilcayauri (2009) (2.71 kgj/mm o 27.19 kgf/cm) se puede decir que los valores son similares y que de acuerdo a la clasificación de Vignote y Martínez (2006) la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) resultó medianamente hendible.

4.1.5. Tensión Perpendicular al Grano

La tabla 21 y la figura 16 muestran los valores promedios de la resistencia a la tensión perpendicular al grano, de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variación, cuyos valores son muy altos (> 30%) encontrándose por encima de los valores considerados para una población normal. Por consiguiente, los rangos de los valores de resistencia a la tensión perpendicular al grano, son muy amplios, debiéndose tomar con reserva.

Tabla 21

Resistencia a la tensión perpendicular al grano por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

ÁRBOL Nº	Nivel 1 Kg/cm ²	Nivel 2 Kg/cm ²	Nivel 3 Kg/cm ²	X Kg/cm ²
1	36.80	31.11	26.56	
2	15.45	6.12	16.00	
3	11.07	16.92	13.20	
4	24.12	20.98	30.02	
5	18.25	25.43	27.41	
PROM	21.14	20.11	22.64	21
S	9.95	9.43	7.51	8.97
CV (%)	47.08	46.90	33.20	42.39

Figura 16

Resistencia a la tensión perpendicular al grano de la madera Simarouba amara Aubl (Marupa)

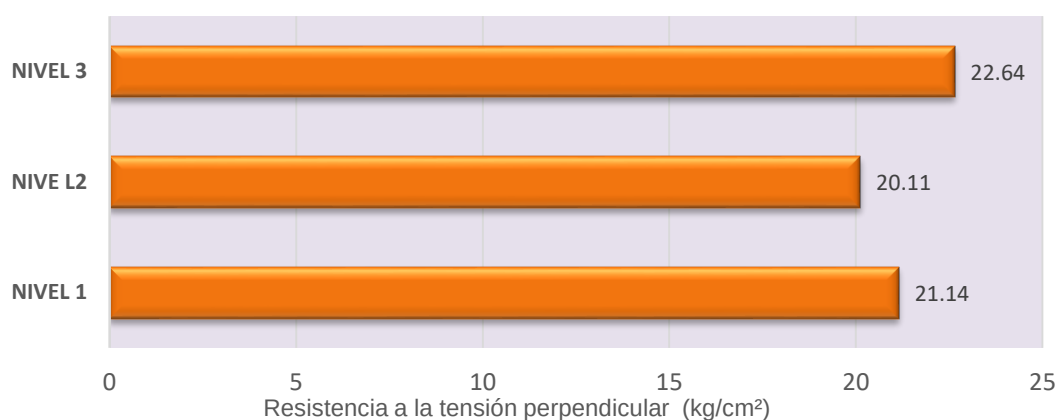


Tabla 22

Análisis de varianza de la resistencia a la tensión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _{obs}	F _{tab}
Entre niveles del fuste	2	16.13	8.06	0.099	3.81 n.s.
Error	12	978.01	81.50		
Total	14	994.13			

En la tabla 22, se aprecia el análisis de varianza de la resistencia a la tensión perpendicular al grano por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que no existen diferencia significativas entre los valores promedios de la resistencia a la tensión perpendicular al grano por niveles longitudinales del fuste; en consecuencia se puede afirmar que los niveles del fuste no tienen influencia significativa sobre los valores de la resistencia a la tensión perpendicular al grano, por consiguiente se puede considerar 21 kg/cm² con un coeficiente de variación 42.39% (muy alto), como valor único de la madera de *Simarouba amara Aubl* (Marupa), en lo que a resistencia a la tensión perpendicular al grano se refiere (Tabla 21).

Si se hace la comparación del resultado obtenido sobre la resistencia a la tensión perpendicular al grano (21 kg/ cm²), se puede decir que este valor resultó ligeramente inferior al obtenido por Aróstegui y Sato (1982) (25.03 - 27.74 kg/cm²) y muy similar al valor promedio obtenido por Vilcayauri (2009) de 21.09 kgf/cma², para la madera de misma especie y que de acuerdo a la clasificación de Vignote y Martínez (2006) la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) resultó baja adherencia.

4.1.6. Dureza

La tabla 23 y la figura 17 muestran los valores promedios de la dureza de lados y la dureza de extremos de la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variación, cuyos valores se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal (< 30%).

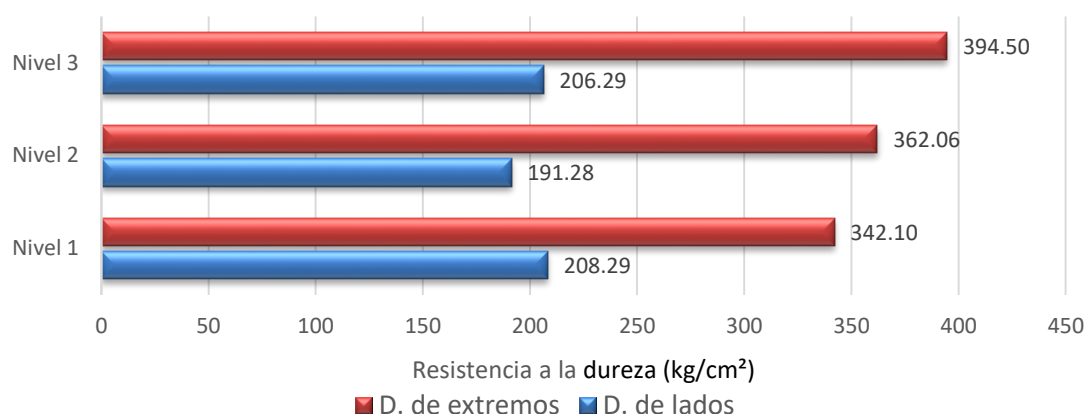
Tabla 23

Dureza de lados y dureza de extremos por niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

Árbol N°	Dureza de lados			Dureza de extremos		
	Nivel 1 Kgf/cm ²	Nivel 2 Kgf/cm ²	Nivel 3 Kgf/cm ²	Nivel 1 Kgf/cm ²	Nivel 2 Kgf/cm ²	Nivel 3 Kgf/cm ²
1	212.17	217.38	230.45	411.88	428.88	519.13
2	187.12	173.6	177.68	365.5	274.79	326.63
3	222.26	190.73	192.12	314.75	344.38	328
4	222.26	176.14	220.21	362.63	353	426
5	197.66	198.56	210.99	255.76	409.25	372.75
Promed.	208	191	206	342	362	395
S	15.54	17.86	21.32	59.24	60.63	80.66
C.V. (%)	7.46	9.34	10.34	17.32	16.75	20.45

Figura 17

Resistencia a la dureza de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)



En la tabla 24 se aprecia el análisis de varianza de la resistencia a la dureza de lados y de extremos por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que existe diferencias altamente significativas entre los valores de las secciones, es decir entre los valores de dureza de lados y la dureza de extremos, resultando que la dureza de extremos es superior a la dureza de lados, tal como se aprecia en la tabla 23.

Tabla 24

Análisis de varianza de la dureza de las secciones y niveles del fuste de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _{obs}	F _{0,95}	F _{0,99}
Entre secciones	1	202372,7	202372,7	82,56	4,26	7,82 **
Entre Niveles	2	4000,1	2000,05	0,82	3,4	n.s.
Int. secciones x niveles	2	3858,06	1929,03	0,79	3,4	n.s.
Error	24	58829,52	2451,23			
Total	29	269060,38				

De igual forma la tabla 24 muestra que no existen diferencia significativas entre los valores promedios tanto de la dureza de lados como la de extremos

por niveles longitudinales del fuste, en consecuencia se puede afirmar que los niveles del fuste no tienen influencia significativa sobre los valores de la dureza, por consiguiente se puede considerar valores únicos de 201.95 kgf/cm² para la dureza de lados y 366.22 kgf/cm² para la dureza de extremos en la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa).

Tabla 25

Resumen de la resistencia promedio a la dureza de lados y de extremos de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

Dureza	Nivel 1 Kgf/cm²	Nivel 2 Kgf/cm²	Nivel 3 Kgf/cm²	X Kgf/cm²
Dureza de lados	208	191	206	202
Dureza de extremos	342,1	362,06	394,5	366,22
X (Kg/cm ²)	275	277	300	

Si se compara los resultados obtenidos sobre la dureza de lados (202 kg/cm²), se puede decir que este valor resultó similar al obtenido por Aróstegui (1982) 204 kgf/cm² y que de acuerdo a la escala mencionada por WWF (2006), la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) presenta baja dureza de lados.

Con relación al valor obtenido sobre la dureza de extremos (366 Kg), comparado con los valores obtenidos por Aróstegui (1982) (322 kg/cm² – 347 kg/cm²) y Vilcayauri (2009) 153,8 kgf/cm² en dureza de lados y 285,11 kgf/cm² en dureza de extremos, se puede decir que el valor obtenido es ligeramente superior a los obtenidos los mencionados autores y que de acuerdo a la escala mencionada por WWF (2006), la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) presenta mediana dureza de extremos.

4.1.7. Cizallamiento Paralelo a las Fibras

La tabla 26 y la figura 18 muestran los valores promedios de la resistencia al cizallamiento, de la madera de *Simarouba amara* Aub (Marupa) por niveles longitudinales del fuste; así mismo se aprecia sus respectivos coeficientes de variación, cuyos valores se encuentran dentro de los valores considerados para una población normal.

Tabla 26

Resistencia al cizallamiento de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

ÁRBOL Nº	NIVEL 1 Kg/cm ²	NIVEL 2 Kg/cm ²	NIVEL 3 Kg/cm ²	X Kg/cm ²
1	53.25	43.75	51.84	
2	49.69	59.04	48.58	
3	46.46	49.1	47.26	
4	61.05	75.97	66.81	
5	64.9	60.69	55.75	
X	55.07	57.71	54.05	56
s	7.73	12.38	7.85	9.32
CV (%)	14.04	21.45	14.53	16.67

Figura 18

Resistencia al cizallamiento de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

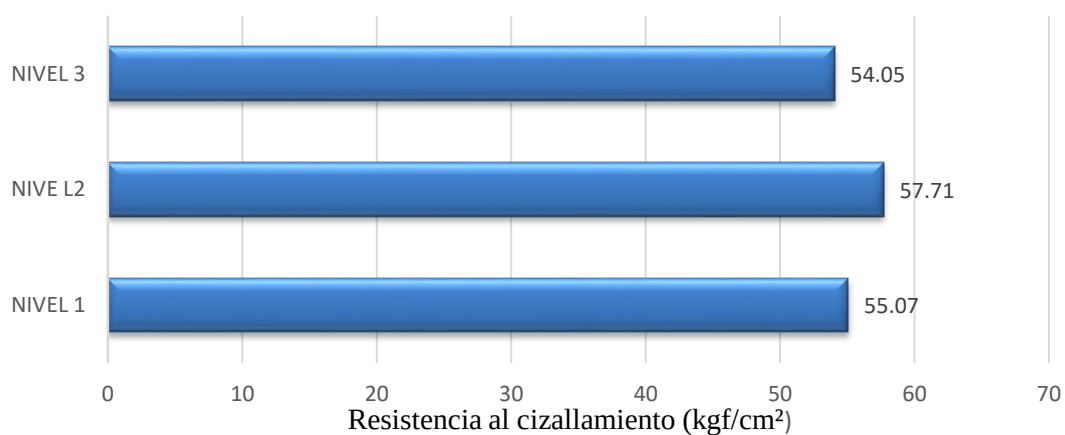


Tabla 27**Análisis de varianza de la resistencia al cizallamiento de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa)**

Fuente de variación	GL	SC	CM	F _{obs}	F _{tab}	
Entre niveles del fuste	2	35.70	17.85	0.195	3.81	n.s.
Error	12	1098.73	91.56			
Total	14	1134.44				

En la tabla 27 se aprecia el análisis de varianza de la resistencia al cizallamiento por niveles longitudinales del fuste, cuyos resultados indican que no existen diferencias significativas entre los valores promedios de la resistencia al cizallamiento por niveles longitudinales del fuste; en consecuencia se puede afirmar que los niveles del fuste no tienen influencia significativa sobre los valores de la resistencia al cizallamiento, por consiguiente se puede considerar 56 kg/cm² con un coeficiente de variación 16.67%, como valor único de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), en lo que a resistencia al cizallamiento se refiere (Tabla 26).

Si se realiza una comparación de los resultados obtenidos sobre la resistencia al cizallamiento (56 kgf/cm²), se puede decir que este valor resultó similar al obtenido por Aróstegui (1982) (57 kgf/cm²) y que de acuerdo a la escala mencionada por WWF (2006), la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa) presenta baja resistencia al cizallamiento paralelo a las fibras.

4.2. Resumen de las Propiedades Mecánicas Promedio

La tabla 28 muestra el resumen de las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), por niveles longitudinales del fuste del árbol, determinadas en el presente estudio.

Tabla 28

Resumen de las propiedades mecánicas de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa), por niveles longitudinales del fuste

PROPIEDADES MECÁNICAS	COMPONENTE	UNID.	NIVEL DEL FUSTE	VALOR PROMEDIO
Flexión estática	Esfuerzo en Límite Proporcional (ELP)	Kgf/cm ²	N1	200
			N2	
			N3	
	Módulo de ruptura (MOR)	Kgf/cm ²	N1	358
			N3	Baja res. 320 Baja res.
			N2	
	Módulo de Elasticidad (MOE)	Kgf/cm ²	N1	58793 Muy flexible
			N2	
			N3	
Compresión perpendicular al grano		Kgf/cm ²	N1	51
			N3	Mediana 45
			N2	Mediana
Compresión paralela al grano		Kgf/cm ²	N1	352
			N2	Mediana
			N3	
Clivaje		Kgf/cm	N1	29
			N2	Medianamente
			N3	hendible
Tensión perpendicular al grano		Kgf/cm ²	N1	21
			N2	Baja adherencia
			N3	
Dureza	Dureza de lados	Kgf/cm ²	N1	202
			N2	Mediana dureza
			N3	
	Dureza de extremos	Kgf/cm ²	N1	366
			N2	Mediana dureza
			N3	
Cizallamiento paralelo a las fibras		Kgf/cm ²	N1	56
			N2	Baja resistencia
			N3	

4.3. Posibilidad de Uso de la Madera

Por sus características mecánicas que presenta, en su mayoría de baja o medianamente resistente, le vuelven a la madera de *Simarouba amara* Aubl

(Marupa) no apropiada para uso estructural, con una amplia gama de empleos y uso no estructural como la elaboración de molduras, muebles ligeros, revestimientos, carpinterías interiores, instrumentos de música (teclas de piano, piezas de órgano), embalajes y juguetes, principalmente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En cuanto a las propiedades mecánicas de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), se encontró que en las propiedades de módulo de ruptura (MOR) y compresión perpendicular al grano presentan diferencias significativas entre los valores por niveles longitudinales del fuste, el nivel 1 y el 3, el 3 con el 2 no difieren entre sí, encontrando diferencias solo entre el nivel 1 y el 2, resultando la madera por el MOR de baja resistencia y por la compresión perpendicular de mediana resistencia.
- Respecto al objetivo específico 1, referente a la resistencia a la **flexión estática** de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), se concluye que no existe diferencias significativas entre los valores del esfuerzo en el límite proporcional (ELP) por niveles longitudinales del fuste; tomando como valor único 199,97 kgf/cm² con un CV 17,82%. Referente a la **compresión perpendicular** al grano; se concluye que existe diferencias significativas entre los valores de resistencia; tal es así que el nivel 3 y el nivel 1 no difieren entre sí, pero ambos difieren y son superiores al valor del nivel 2, pero no existe diferencias significativas entre la resistencia entre el nivel 1 y el nivel 2, pero ambos difieren y son inferiores al valor del nivel 3, por lo tanto, la madera fue considerada como de mediana resistencia. Además, no existe diferencias significativas entre los valores de la resistencia a la **compresión paralela** al grano por niveles longitudinales del fuste; en consecuencia, se puede considerar 252 kg/cm² con un

coeficiente de variación 11,3%, como valor único de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), considerándose como una madera de mediana resistencia. Entre los valores de la resistencia al clavaje por niveles longitudinales del fuste; se concluye que no existe diferencias significativas en consecuencia, se puede considerar 2,90 kg/mm o 29 kg/cm con un coeficiente de variación 32,52%, como valor único de resistencia al clavaje de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa). Asimismo, entre los valores de la resistencia a la **tensión perpendicular** al grano por niveles longitudinales del fuste; se concluye que no existen diferencias significativas en consecuencia, se puede considerar 21,30 kg/cm² con un coeficiente de variación 42,39%, como valor único de la resistencia a la tensión perpendicular al grano de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), valores que le vuelve a la madera como de baja adherencia. Por otro lado, se concluye que existe diferencias altamente significativas entre los valores de **dureza** de lados y la dureza de extremos; la dureza de extremos es superior a la dureza de lados. Tal es así que no existe diferencias significativas entre los valores promedios tanto de la dureza de lados como la de extremos por niveles longitudinales del fuste, en consecuencia, se puede considerar valores únicos de 201,95 kgf/cm² para la dureza de lados, considerado como de baja dureza de lados y 366,22 kgf/cm² para la dureza de extremos en la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa). Finalmente, se concluye que no existe diferencias significativas entre los valores de la resistencia al **cizallamiento** por niveles longitudinales del fuste; en consecuencia, se puede considerar 55,61 kg/cm² con un coeficiente de variación 16,67%, como valor único de la

resistencia al cizallamiento de la madera de *Simarouba amara* Aubl (Marupa), considerado como de baja resistencia.

- Respecto al objetivo específico 2, se concluye que la especie *Simarouba amara* Aubl (Marupa) se puede utilizar para la fabricación de muebles ligeros que no resistan grandes esfuerzos o peso, debido a sus características mecánicas que presenta en su mayoría de baja o medianamente resistente.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios sobre plantaciones de diferentes edades de la especie *Simarouba amara* Aubl (Marupa) con la finalidad de comparar el comportamiento de las propiedades mecánicas entre plantaciones jóvenes y maduras a nivel longitudinal.
- Profundizar el estudio sobre el efecto del nivel de longitud de tallo en las propiedades mecánicas de otras especies; considerando y tomando como antecedente la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amasifuen Lozano, G. (2012). Determinación de las principales propiedades físicas y mecánicas de la madera por niveles longitudinales del fuste de *Tachigali setifera* Ducke (ucshaquiro colorado) proveniente del Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR) – Macuya. Tesis para optar título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional de Ucayali. Pucallpa. Perú.
- Aróstegui, A. (1982). Recopilación y análisis de estudio tecnológicos de maderas Peruanas. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 fortalecimiento de los programas de desarrollo forestal en selva central. Documento de trabajo N° 2. Lima - Perú. 57 p.
- Aróstegui, A. & Sato, A. (1970). Propiedades físico mecánicas y usos de dos especies de Podocarpus (*P. rospiglosi* pilger: *P. montanus* var *meridensis* Bucholz y Gray). Revista Forestal del Perú. V4 (1-2):1-10.
- ASTM D143 (2016). Annual Book of ASTM, American Society for Testing Material, ASTM D143 – 94, Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber (Strip Method).
- Bustamante, M. F. (2018). Caracterización Térmica y Mecánica de Materiales de Construcción más usados en Ecuador. Materiales para piso y Pared. Universidad Internacional SEK, Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Casas Pasachoa, O. L., Chaparro Pulido, C. A., Cubides Echevarria, M. K., Duarte Rodríguez, I. E. & Luna Colina, H. F. (2013). Maderas, Determinación de la resistencia a la compresión perpendicular al grano. Consultado el 05 de febrero del 2019. Disponible en:
https://www.academia.edu/36034282/Determinacion_a_la_resistencia_a_la_compresion

- Crespo Gutiérrez, R., Jiménez Romero, E., Suatunce Cunuhay, P., Law Blanco, G. & Sánchez Fonseca, C. (2008). Análisis comparativo de las propiedades físico – mecánicas de la madera de Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* Fish. Mey) de Quevedo y Balzar. Revista Ciencia y Tecnología. Vol 1. N° 2.
- Díaz Méndez, P. P. (2005). Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de *Nothofagus glauca* (hualo) proveniente de la zona de Cauquenes. Talca.
- Esau, K. (1959). Anatomía vegetal. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 729 p.
- Editorial Blume. (1980). La madera. Barcelona, España. 273 p.
- Fachín, C. (1986). Estudio de las propiedades físico-mecánicas y su variación en el tronco de la *Parkia velutina* R. Benth (Pashaco curtidor), en las plantaciones de Jenaro Herrera. Tesis Ingeniero Forestal. UNAP. Iquitos-Perú.
- Flores Bendeزú, Y. (2014). Árboles nativos de la región de Ucayali, 4ta edición. Pucallpa – Perú.
- Hermoso Prieto, E. (2001). Caracterización mecánica de la madera estructural de *Pinus sylvestris* L. Tesis Doctoral. Escuela Técnico Superior de Ingenieros de Montes. Madrid – España.
- Ingemecánica. (2020). Medición de dureza de los materiales.
- INRENA. (2008). Perú Forestal en números 2007. Centro de Innovación Forestal (CIF). Ministerio de Agricultura. 91 p.
- JUNAC. (1981). Descripción general y anatómica de 105 maderas del Grupo Andino. Cali - Colombia, Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales. 442 p.

- JUNAC. (2000). Manual de diseño para maderas del grupo andino. PAD- REFORT. Lima, Perú.
- Kollman, F. (1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones. Tomo I. traducción de la 2ª edición. Ministerio de Agricultura. Instituto Forestal de Investigación, experiencias y Servicios de la madera. Madrid, España. 647 p.
- Lamadera.net. (2021). ¿La madera es anisotrópica?
- Lascurain, M., Ángeles, G., Ortega, F., Ordóñez, V., Ambrosio, M. & Avendaño, S. (2007). Características anatómicas y propiedades mecánicas de la madera de *Oecopetalum mexicanum* Greenm. & C.H. Thomps. (Icacinaceae) de la sierra de Misantla, Veracruz, México. Madera y Bosques 13(2):Pp.3-95.
- Nájera, J., Vargas, Z., Méndez, J. & Graciano, J. (2005). Propiedades físicas y mecánicas de la madera en *Quercus laeta* Liemb. Del salto, Durango. Universidad Autónoma Indígena de México. El fuerte – México. Revista Ra Ximbai Vol1. N°003. Pp. 559-576.
- Ninin, L. (1984). Texto de labrado mecanizado. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Publicaciones. Mérida. 89 p.
- Noticias Habitat. (2017). Finaliza el proyecto Proinnomadera, que ofrece nuevas oportunidades para los sectores agrícola, forestal y de Biomasa de la Comunidad Valenciana.
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales – OIMT. (2009). Manual de la OIMT para la formulación de proyectos. Serie IG 13. Tercera edición.
- Oshiro Chinen, M. (2016). Ficha estándar de familia del catálogo de bienes, servicios y obras del MEF.
- Palacios, M. (1974). Estudio comparativo de la longitud, diámetro, diámetro de lumen y grosor de las paredes de fibras leñosas del *Alnus jorullensis* HBK y *Eucalyptus*

- globulus* Labill. Tesis Ingeniero Forestal. UNCP – Huancayo, Perú. 55 p.
- Panshin, A. & De Zeeuw, C. (1980). Textbook of Wood Technology. 4th Edic. Mc.-Graw. Hill, New Cork. 450 p.
- Patiño, F. (2002). Propiedades físico mecánicas de *Simaroba amara* Aubl. (Marupa) proveniente de plantaciones de diferentes edades. Tesis Ingeniero Forestal. UNALM. Lima – Perú. 46 p.
- Portal Cahuana, L. A. (2010). Maderas de la región Madre de Dios – Perú. Obtenido de:
- <http://maderasdemadrededios.blogspot.com/p/propiedades-mecanicas.html>
- Real Academia Española. (2020). Diccionario de la lengua española.
- Reynel, C. (2003). Árboles útiles de la Amazonía Peruana. Manual con apuntes de identificación, ecología y propagación de las especies. Perú.
- Rivero, J. (2018). Propiedades Físico-Mecánicas de *Gmelina arborea* Roxb. y *Tectona grandis* Linn. Consultado el 05 de setiembre del 2020. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos16/gmelina-arborea/gmelina-arborea.shtml>
- Spavento, E. M., Kell, G. D. & Monteoliva, S. (2008). Propiedades mecánicas de la madera curso de Xilotecnología, Argentina.
- Serrano, R. & Sáenz, M. (2001). Trabajabilidad de Teca (*Tectona grandis*) de Costa Rica y Panamá”. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, Centro de Investigaciones en Integración Bosque Industria. Cartago, Costa Rica.
- Suirezs, T. M. & Berger, G. (2009). Descripciones de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. Disponible en: https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitales/f5_978-950-579-

- Taquire, A. (1987). Propiedades Físicas a nivel radial, longitudinal y comportamiento al cepillado, moldurado, taladrado y lijado de *Guazuma crinita* Mart. (Bolina blanca) Pucallpa. Tesis Ingeniero Forestal. UNCP – Huancayo, Perú. 180 p.
- Tesauro. (2013). Biblioteca Agrícola Nacional de los Estados Unidos.
- Triana Gómez, M. A., González Roso, G. & Paspur Posso, S. D. (2008). Estudio de las propiedades mecánicas de la madera de palosangre (*Brosimum rubescens* taub.), Procedencia: Leticia, Amazonas. Revista Colombia Forestal Vol. 11.
- Valero, U., Reyes, E., León, W. & Garay, D. (2002). Relación entre anatomía y propiedades físico – mecánicas de la especie *Tectona grandis* proveniente de los llanos occidentales de Venezuela. Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Revista Forestal Venezolana.
- Vilcayauri, E. (2009). Propiedades físico-mecánicas de *Simarouba amara* Aubl. (Marupa) proveniente de las plantaciones de la Estación Alexander Von Humboldt. Tesis para optar el título de Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Vignote, S. & Jiménez, F. (1996). Tecnología de la madera. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid-España. 602 p.
- Vignote Peña, S. & Martínez Rojas, I. (2006). Tecnología de la madera. 3ª edición Revisada y ampliada. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. Barcelona.
- WWF. (2006). Guía de Procesamiento Industrial. Fabricación de Muebles con maderas Poco Conocidas – LKS.
- WWF. (2008). Guía de Procesamiento Industrial. Fabricación de Muebles con Maderas Poco Conocidas. Visto el 09 de julio del 2021 y extraído de

[https://docplayer.es/9625043-Marupa-simarouba-amara-fabricacion-de-muebles-con-maderas-poco-conocidas-lks-guia-de-ra procesamiento-industrial-1-guia-de-procesamiento-industrial.html](https://docplayer.es/9625043-Marupa-simarouba-amara-fabricacion-de-muebles-con-maderas-poco-conocidas-lks-guia-de-ra-procesamiento-industrial-1-guia-de-procesamiento-industrial.html)

ANEXOS

ANEXO 1

FLEXIÓN ESTÁTICA

Tabla 1A

Datos iniciales de flexión estática de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

Nº	Especie	Muestra No.	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	MOR (Kg/cm ²)	MOE (kg/cm ²)	CLP (Kg)	C MAX (Kg)	DLP (cm)	ELP kg/cm ²
1	Marupa	M1T1N1	2.5625	2.568	6.58	428	49800	81.4	134	0.439	260.11
2	Marupa	M1T1N2	2.57	2.553	6.56	464	52700	65.6	143.9	0.34	211.48
3	Marupa	M1T1S1	2.581	2.563	6.62	313	57400	48	98.4	0.225	152.88
4	Marupa	M1T1S2	2.584	2.551	6.59	304	44500	42.6	94.6	0.26	136.80
						377.25	51100				190.32
5	Marupa	M2T1N1	2.6365	2.644	6.97	404	55500	83	138.1	0.358	243.18
6	Marupa	M2T1N2	2.678	2.655	7.11	346	56900	65.9	120.9	0.269	188.51
7	Marupa	M2T1S1	2.632	2.67	7.03	241	53300	46.1	83.8	0.201	132.67
8	Marupa	M2T1S2	2.643	2.636	6.97	298	57100	53.1	101.3	0.224	156.14
						322.25	55700				180.12
9	Marupa	M3T1N1	2.575	2.521	6.49	394	48800	85.3	119.3	0.495	281.46
10	Marupa	M3T1S1	2.546	2.533	6.45	436	70800	78	131.8	0.311	257.85
11	Marupa	M3T1S1	2.552	2.562	6.54	373	47200	59.4	115.7	0.342	191.49
12	Marupa	M3T1S2	2.534	2.522	6.39	302	62500	48.3	90.1	0.222	161.82
						376.25	57325				223.15
13	Marupa	M4T1N1	2.565	2.552	6.55	466	78400	90.7	144.3	0.317	293.19
14	Marupa	M4T1N2	2.568	2.583	6.63	363	52900	49.7	115.1	0.248	156.64
15	Marupa	M4T1S1	2.552	2.541	6.48	456	61300	80.3	139.2	0.365	263.16
16	Marupa	M4T1S2	2.581	2.563	6.62	365	56700	62.7	114.7	0.296	199.70
						412.5	62325				228.17
17	Marupa	M5T1N	2.552	2.531	6.46	427	71900	85.2	129.3	0.334	281.43
18	Marupa	M5T1N2	2.565	2.538	6.51	492	65700	88.3	150.4	0.374	288.59
19	Marupa	M5T1S1	2.536	2.55	6.47	475	71700	95	145	0.367	311.09
20	Marupa	M5T1S2	2.587	2.568	6.64	364	66200	59.8	115	0.241	189.28
						439.5	68875				267.60
21	Marupa	M1T2N1	2.6515	2.636	6.99	281	48300	54.2	95.8	0.27	158.86
22	Marupa	M1T2N2	2.648	2.684	7.11	289	50000	64.7	102	0.295	183.15
23	Marupa	M1T2S1	2.583	2.584	6.67	211	47200	37.5	67.2	0.208	117.41
24	Marupa	M1T2S2	2.566	2.589	6.64	191.1	57000	21.3	60.9	0.0979	66.87
						243.03	50625				131.57
25	Marupa	M2T2N1	2.663	2.635	7.02	292	63600	65.3	100.1	0.246	190.71
26	Marupa	M2T2N2	2.649	2.635	6.98	356	59500	72	121.2	0.291	211.39
27	Marupa	M2T2S1	2.627	2.653	6.97	332	56000	52.5	113.7	0.223	153.33
28	Marupa	M2T2S2	2.601	2.659	6.92	356	53000	59.4	121.4	0.267	174.42

						334	58025				182.46
29	Marupa	M3T2N1	2.487	2.57	6.39	367	65000	58.4	111.7	0.249	191.98
30	Marupa	M3T2N2	2.558	2.534	6.48	342	61900	73.2	103.9	0.332	240.65
31	Marupa	M3T2S1	2.576	2.571	6.62	192.9	54600	24.8	60.8	0.121	78.65
32	Marupa	M3T2S2	2.553	2.565	6.55	237	51600	70.7	73.9	0.371	227.29
						284.73	58275				184.64
33	Marupa	M4T2N1	2.553	2.544	6.49	426	58500	82.4	130.4	0.391	269.30
34	Marupa	M4T2N2	2.569	2.536	6.51	344	57900	73.5	105.3	0.353	240.23
35	Marupa	M4T2S1	2.56	2.541	6.5	257	59500	69.7	78.6	0.326	227.71
36	Marupa	M4T2S2	2.653	2.663	7.06	205	51800	42.4	71.6	0.1906	121.70
						308	56925				214.73
37	Marupa	M5T2N1	2.588	2.579	6.67	336	72600	49.2	107	0.178	154.34
38	Marupa	M5T2N2	2.587	2.547	6.59	443	63300	48.4	137.5	0.209	155.73
39	Marupa	M5T2S1	2.582	2.554	6.59	376	64000	90.1	117.3	0.382	288.88
40	Marupa	M5T2S2	2.599	2.551	6.63	364	63100	64	114.1	0.274	204.34
						379.75	65750				200.82
41	Marupa	M1T3N1	2.583	2.582	6.67	315	56000	78.7	100.5	0.369	246.79
42	Marupa	M1T3N2	2.572	2.562	6.59	327	55200	80.6	102.1	0.394	257.81
43	Marupa	M1T3S1	2.589	2.573	6.66	402	57300	70.9	127.5	0.327	223.37
44	Marupa	M1T3S2	2.569	2.593	6.66	316	53200	60	101.2	0.293	187.58
						340.0	55425				228.89
45	Marupa	M2T3N1	2.634	2.634	6.94	251	62000	31.2	85.1	0.122	92.19
46	Marupa	M2T3N2	2.675	2.642	7.07	124.3	48500	17.9	43	0.0872	51.77
47	Marupa	M2T3S1	2.64	2.61	6.89	312	59900	45.8	104	0.1897	137.52
48	Marupa	M2T3S2	2.562	2.573	6.59	417	58800	72.8	130.9	0.331	231.77
						276.08	57300				128.31
49	Marupa	M3T3N1	2.525	2.586	6.53	271	65600	54	84.8	0.22	172.69
50	Marupa	M3T3N2	2.599	2.587	6.72	461	63100	102.8	148.5	0.422	319.14
51	Marupa	M3T3S1	2.529	2.559	6.47	234	58500	59.7	71.8	0.281	194.66
52	Marupa	M3T3S2	2.59	2.567	6.65	397	68200	60.6	125.5	0.237	191.74
						340.75	63850				219.56
53	Marupa	M4T3N1	2.626	2.621	6.88	281	57500	78.7	93.9	0.338	235.58
54	Marupa	M4T3N2	2.591	2.536	6.57	403	56500	61.9	124.3	0.303	200.59
55	Marupa	M4T3S1	2.641	2.641	6.97	374	49600	76.2	127.6	0.368	223.38
56	Marupa	M4T3S2	2.555	2.531	6.47	311	57700	59.4	94.4	0.29	195.98
						342.25	55325				213.88
57	Marupa	M5T3N1	2.574	2.575	6.63	479	69600	79.1	151.3	0.302	250.27
58	Marupa	M5T3N2	2.599	2.586	6.72	346	64800	60.6	111.5	0.243	188.28
59	Marupa	M5T3S1	2.572	2.54	6.53	266	62900	59.1	81.7	0.26	192.33
60	Marupa	M5T3S2	2.595	2.578	6.69	304	63000	60.7	97.1	0.253	190.05
						348.75	65075				205.23

ANEXO 2

COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

Tabla 2A

Datos iniciales de compresión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

N°	Muestra No.	Ancho (cm)	Ancho(cm)	Espesor (cm)	Área (cm²)	CLP (Kg)	C MAX (Kg)	DLP (cm)	MOR (kg/cm²)	ELP
1	MARUPA	M1-T1-N1T	5.06	5.181	26.2	1077	1648	0.0498	62.90	41.11
2	MARUPA	M1-T1-N2R	5.06	5.024	25.4	685	1817	0.01256	71.54	26.97
3	MARUPA	M1-T1-N2-TG	5.06	5.201	26.3	474	1698	0.01156	64.56	18.02
4	MARUPA	M1-T1-N2-RD	5.06	5.039	25.5	229	842	0.00878	33.02	8.98
5	MARUPA	M1-T1-S1-TG	5.06	4.988	25.2	430	1540	0.00916	61.11	17.06
6	MARUPA	M1-T1-S2-TG	5.06	4.993	25.3	557	1411	0.01386	55.77	22.02
7	MARUPA	M1-T1S2RD	5.06	5.11	25.9	250	919	0.00876	35.48	9.65
									54.91	20.54
16	MARUPA	M2T1N1TG	5.06	4.999	25.3	402	1614	0.00899	63.79	15.89
17	MARUPA	M2T1N2RD	5.06	5.013	25.4	157.7	726	0.00865	28.58	6.21
18	MARUPA	M2T1S1-TG	5.06	5.01	25.4	345	1205	0.00967	47.44	13.58
19	MARUPA	M2T1S2-RD	5.06	5.036	25.5	95.6	734	0.00442	28.78	3.75
									42.15	9.86
28	MARUPA	M3T1N1-TG	5.06	4.986	25.2	162.2	1225	0.00458	48.61	6.44
29	MARUPA	M3T1N2-RD	5.06	5.062	25.6	265	977	0.00916	38.16	10.35
30	MARUPA	M3T1S1-RD	5.06	4.97	25.1	246	1058	0.00878	42.15	9.80
31	MARUPA	M3T1S2TG	5.06	4.972	25.2	224	922	0.00764	36.59	8.89
									41.38	8.87
40	MARUPA	M4T1N1-RD	5.06	5.18	26.2	320	1162	0.00777	44.35	12.21
41	MARUPA	M4T1N2-TG	5.06	4.998	25.3	192.7	882	0.00662	34.86	7.62
42	MARUPA	M4T1S1-RD	5.06	4.995	25.3	789	1833	0.01922	72.45	31.19
43	MARUPA	M4T1S2TG	5.06	5.039	25.5	374	1226	0.0117	48.08	14.67
									49.94	16.42
51	MARUPA	M5T1N1-RD	5.06	5.022	25.4	437	1615	0.0105	63.58	17.20
52	MARUPA	M5T1N2TG	5.06	5.031	25.5	153	735	0.00776	28.82	6.00
53	MARUPA	M5T1S1RD	5.06	5.048	25.5	304	1264	0.00929	49.57	11.92
54	MARUPA	M5T1S2TG	5.06	5.195	26.3	191.8	1056	0.00674	40.15	7.29
									45.53	10.60
8	MARUPA	M1-T2N1-TG	5.06	5.005	25.3	549	1426	0.01349	56.36	21.70
9	MARUPA	M1-T2N2-RD	5.06	5.041	25.5	193	666	0.00993	26.12	7.57
10	MARUPA	M1-T2S1TG	5.06	4.99	25.2	437	1319	0.01043	52.34	17.34
11	MARUPA	M1-T2S2-RD	5.06	5.057	25.6	298	1143	0.00772	44.65	11.64
									44.87	14.56

20	MARUPA	M2T2S2RD	5.06	5.005	25.3	123.3	708	0.00764	27.98	4.87
25	MARUPA	M2T2S1-TG	5.06	5.044	25.5	551	1572	0.01718	61.65	21.61
26	MARUPA	M2T2N2-RD	5.06	5.027	25.4	116.2	571	0.007	22.48	4.57
27	MARUPA	M2T2N1-RD	5.06	5.036	25.5	137.8	1264	0.00579	49.57	5.40
									40.42	9.12
32	MARUPA	M3T2N1-TG	5.06	5.008	25.3	309	1383	0.00914	54.66	12.21
33	MARUPA	M3T2N2RD	5.06	5.011	25.4	231	930	0.00852	36.61	9.09
34	MARUPA	M3T2S1-TG	5.06	5.036	25.5	229	1043	0.00751	40.90	8.98
35	MARUPA	M3T2S2RD	5.06	5.015	25.4	219	801	0.00929	31.54	8.62
									40.93	9.73
44	MARUPA	M4T2N1-RD	5.06	5.007	25.3	618	1636	0.01507	64.66	24.43
45	MARUPA	M4T2N1-TG	5.06	5.014	25.4	564	1084	0.01883	42.68	22.20
46	MARUPA	M4T2S1-RD	5.06	5.013	25.4	177.2	681	0.00751	26.81	6.98
47	MARUPA	M4T2S2-TG	5.06	4.976	25.2	359	1052	0.01591	41.75	14.25
									43.97	16.96
55	MARUPA	M5T2N1-RD	5.06	4.998	25.3	169	914	0.00776	36.13	6.68
56	MARUPA	M5T2N2-TG	5.06	5.003	25.3	341	1308	0.00967	51.70	13.48
57	MARUPA	M5T2S1-RD	5.06	5.035	25.5	405	1586	0.0098	62.20	15.88
58	MARUPA	M5T2S2TG	5.06	5.03	25.5	203	842	0.00864	33.02	7.96
									45.76	11.00
12	MARUPA	M1-T3-N1	5.06	5.025	25.4	411	1580	0.00929	62.20	16.18
13	MARUPA	M1-T3-N2-RD	5.06	5.018	25.4	309	1123	0.0098	44.21	12.17
14	MARUPA	M1-T3-S1TG	5.06	5.021	25.4	739	1960	0.01321	77.17	29.09
15	MARUPA	M1-T3-S2-RD	5.06	5.028	25.4	403	1378	0.01252	54.25	15.87
									59.46	18.33
21	MARUPA	M2T3N1-TG	5.06	5	25.3	413	1202	0.01374	47.51	16.32
22	MARUPA	M2T3N2-RD	5.06	5.029	25.4	117.4	781	0.00662	30.75	4.62
23	MARUPA	M2T3S1-TG	5.06	4.989	25.2	306	1502	0.00725	59.60	12.14
24	MARUPA	M2T3S2-RD	5.06	5.055	25.6	211	1218	0.00713	47.58	8.24
									46.36	10.33
36	MARUPA	M3T3N1-TG	5.06	5.008	25.3	526	1515	0.01336	59.88	20.79
37	MARUPA	M3T3N2RD	5.06	5.033	25.5	212	763	0.01171	29.92	8.31
38	MARUPA	M3T3S1TG	5.06	5.038	25.5	252	1311	0.00738	51.41	9.88
39	MARUPA	M3T3S2RD	5.06	5.004	25.3	228	1217	0.00611	48.10	9.01
									47.33	12.00
48	MARUPA	M4T3N1-RD	5.06	4.963	25.1	644	2010	0.01786	80.08	25.66
49	MARUPA	M4T3S1-RD	5.06	5.044	25.5	217	1069	0.00685	41.92	8.51
50	MARUPA	M4T3S2-TG	5.06	4.993	25.3	354	1467	0.00891	57.98	13.99
									60.00	16.05
59	MARUPA	M5T3N1-RD	5.06	5.038	25.5	335	1176	0.00958	46.12	13.14
60	MARUPA	M5T3N2TG	5.06	5.034	25.5	699	2120	0.01514	83.14	27.41
61	MARUPA	M5T3S1RD	5.06	5	25.3	111.7	805	0.00496	31.82	4.42
62	MARUPA	M5T3S2TG	5.06	5	25.3	626	2390	0.01615	94.47	24.74
									63.88	17.43

ANEXO 3

COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO

Tabla 3A

Datos iniciales de compresión paralela al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

N°	Especie	Muestra No.	Ancho(cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	CLP (Kg)	C MAX (Kg)	DLP (cm)	Resistencia kg/cm ²
1	MARUPA	M1T1N1	5	5	25	5310	5650	0.1484	226
2	MARUPA	M1T1N2	5	5	25	3660	5610	0.0719	224.4
3	MARUPA	M1T1S1	5	5	25	3900	5670	0.0774	226.8
4	MARUPA	M1T1S2	5	5	25	1992	5830	0.0338	233.2
									227.6
5	MARUPA	M2T1N1	5	5	25	5540	6360	0.1242	254.4
6	MARUPA	M2T1N2	5	5	25	4570	6510	0.1152	260.4
7	MARUPA	M2T1S1	5	5	25	1921	6630	0.039	265.2
8	MARUPA	M2T1S2	5	5	25	1542	5890	0.031	235.6
									253.9
9	MARUPA	M3T1N3	5	5	25	5390	5760	0.1144	230.4
10	MARUPA	M3T1S1	5	5	25	1125	5640	0.01714	225.6
11	MARUPA	M3T1S2	5	5	25	4930	5670	0.1189	226.8
									227.6
12	MARUPA	M4T1N2	5	5	25	1650	6150	0.0223	246
13	MARUPA	M4T1S1	5	5	25	1626	4140	0.0281	165.6
14	MARUPA	M4T1S2	5	5	25	4370	5790	0.0672	231.6
									214.4
15	MARUPA	M5T1N1	5	5	25	908	7630	0.0248	305.2
16	MARUPA	M5T1N2	5	5	25	5390	7490	0.1084	299.6
17	MARUPA	M5T1S1	5	5	25	6420	7730	0.1039	309.2
18	MARUPA	M5T1S2	5	5	25	6030	7900	0.1281	316
									307.5
19	MARUPA	M1T2-N1	5	5	25	1598	5310	0.0286	212.4
20	MARUPA	M1T2-N2	5	5	25	4220	5950	0.1028	238
21	MARUPA	M1T2-S1	5	5	25	3980	5920	0.0911	236.8
									229.067
22	MARUPA	M2T2N1	5	5	25	856	5630	0.01435	225.2
23	MARUPA	M2T2N2	5	5	25	1459	6040	0.0252	241.6
24	MARUPA	M2T2S1	5	5	25	3660	5650	0.0758	226
25	MARUPA	M2T2S2	5	5	25	1537	6040	0.0268	241.6
									233.6
26	MARUPA	M3T2N1	5	5	25	6310	6320	0.334	252.8

27	MARUPA	M3T2N2	5	5	25	5700	7560	0.1017	302.4
28	MARUPA	M3T2S1	5	5	25	4200	6390	0.1011	255.6
29	MARUPA	M3T2S2	5	5	25	3680	6500	0.0762	260
									267.7
30	MARUPA	M4T2N1	5	5	25	4230	6540	0.0766	261.6
31	MARUPA	M4T2S1	5	5	25	4340	6450	0.0941	258
32	MARUPA	M4T2S2	5	5	25	4300	6720	0.0882	268.8
									262.8
33	MARUPA	M5T2N1	5	5	25	1853	6950	0.0371	278
34	MARUPA	M5T2N2	5	5	25	4960	7490	0.1055	299.6
35	MARUPA	M5T2S1	5	5	25	5050	6730	0.08	269.2
36	MARUPA	M5T2S2	5	5	25	6340	7520	0.1269	300.8
									286.9
37	MARUPA	M1T3N1	5	5	25	3730	6020	0.0887	240.8
38	MARUPA	M1T3N2	5	5	25	4640	7020	0.0989	280.8
39	MARUPA	M1T3S1	5	5	25	4160	5700	0.0892	228
40	MARUPA	M1T3S2	5	5	25	6330	6800	0.1638	272
									255.4
41	MARUPA	M2T3N1	5	5	25	2080	6660	0.0349	266.4
42	MARUPA	M2T3N2	5	5	25	4330	5840	0.1145	233.6
43	MARUPA	M2T3S1	5	5	25	997	5210	0.01631	208.4
44	MARUPA	M2T3S2	5	5	25	5950	7920	0.0912	316.8
									256.3
45	MARUPA	M3T3N1	5	5	25	1371	4710	0.01855	188.4
46	MARUPA	M3T3N2	5	5	25	4910	5410	0.1253	216.4
47	MARUPA	M3T3S1	5	5	25	3830	5290	0.0863	211.6
48	MARUPA	M3T3S2	5	5	25	5930	6110	0.1573	244.4
49	MARUPA	M3T3S2	5	5	25	2920	5280	0.0588	211.2
									214.4
50	MARUPA	M4T3N1	5	5	25	5470	6540	0.1054	261.6
51	MARUPA	M4T3S1	5	5	25	7050	7050	0.235	282
52	MARUPA	M4T3S2	5	5	25	4830	6830	0.1082	273.2
									272.267
53	MARUPA	M5T3N1	5	5	25	6650	7950	0.1129	318
54	MARUPA	M5T3N2	5	5	25	5650	7090	0.1084	283.6
55	MARUPA	M5T3S1	5	5	25	1462	5730	0.0213	229.2
56	MARUPA	M5T3S2	5	5	25	4400	6320	0.0947	252.8
									270.9

ANEXO 4

CLIVAJE

Tabla 4A

Datos iniciales de clivaje de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

N°	Especie	muestra No.	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm²)	C MAX (Kg)	Resistencia Kg/mm
1	Marupa	M1T1N1-RD	5.084	7.582	38.5	119	2.34
2	Marupa	M1T1S2-TG	5.082	7.457	37.9	155.2	3.05
3	Marupa	M1T1N2-TG	5.046	7.56	38.1	89.7	1.78
4	Marupa	M1T1S1-TG	5.128	7.37	37.8	120	2.34
							2.38
5	Marupa	M2T1N1-TG	5.006	7.408	37.1	116.7	2.33
6	Marupa	M2T1S1-RD	5.085	7.478	38	61.4	1.21
7	Marupa	M2T1N2-RD	5.035	7.47	37.6	77.9	1.55
							1.70
8	Marupa	M3T1N1-RD	5.029	7.421	37.3	137.4	2.73
9	Marupa	M3T1N2-TG	5.037	7.522	37.9	66.3	1.32
10	Marupa	M3T1S1-RD	5.029	7.421	37.3	72.5	1.44
11	Marupa	M3T1S2-TG	5.18	7.413	38.4	82.3	1.59
							1.77
14	Marupa	M4T1N1-RD	4.938	7.726	38.2	118	2.39
15	Marupa	M4T1N2-TG	5.095	7.485	38.1	122.9	2.41
16	Marupa	M4T1S1-RD	5.065	7.731	39.2	123.9	2.45
17	Marupa	M4T1N1-RD	5.035	7.534	37.9	124.5	2.47
							2.43
19	Marupa	M5T1N1-RD	4.926	7.46	36.7	150.7	3.06
20	Marupa	M5T1N2-TG	4.937	7.433	36.7	212	4.29
21	Marupa	M5T1S1-RD	5.128	7.37	37.8	100.3	1.96
22	Marupa	M5T1S2-TG	4.9	7.56	37	144.6	2.95
							3.07
23	Marupa	M1T2N1-RD	5.128	7.37	37.8	116.6	2.27
24	Marupa	M1T2N2-TG	5.017	7.63	38.3	136	2.71
25	Marupa	M1T2S1-TG	5.062	7.615	38.5	112.2	2.22
26	Marupa	M1T2S2-TG	4.978	7.294	36.3	47.3	0.95
							2.04
27	Marupa	M2T2N1-RD	5.007	7.386	37	56.9	1.14
28	Marupa	M2T2N2-TG	5.042	7.291	36.8	35.5	0.70
29	Marupa	M2T2S1-RD	5.058	7.686	38.9	77.7	1.54
30	Marupa	M2T2S2-TG	5.037	7.522	37.9	39.9	0.79
							1.04
31	Marupa	M3T2N1-RD	5.084	7.69	39.1	142	2.79
32	Marupa	M3T2N2-TG	5.037	7.522	37.9	67.8	1.35

33	Marupa	M3T2S1-RD	5.007	7.387	37	120.7	2.41
34	Marupa	M3T2S2-TG	5.041	7.291	36.8	69.6	1.38
							1.98
35	Marupa	M4T2N2-TG	5.118	7.413	37.9	58.7	1.15
36	Marupa	M4T2S1-RD	5.006	7.408	37.1	144.1	2.88
37	Marupa	M4T2S2-TG	5.078	7.469	37.9	205	4.04
							2.69
38	Marupa	M5T2N1-RD	4.845	7.567	36.7	178.9	3.69
39	Marupa	M5T2N2-TG	4.905	7.415	36.4	187.5	3.82
40	Marupa	M5T2S1-RD	4.988	7.455	37.2	149.3	2.99
41	Marupa	M5T2S2-TG	4.905	7.415	36.4	138.7	2.83
							3.33
42	Marupa	M1T3S1-TG	5.047	7.376	37.2	113.5	2.25
43	Marupa	M1T3S2-TG	5.079	7.469	37.9	33.6	0.66
							1.46
44	Marupa	M2T3N1-RD	5.118	7.413	37.9	21.3	0.42
45	Marupa	M2T3N2-TG	5.012	7.514	37.7	62.1	1.24
46	Marupa	M2T3S1-TG	5.065	7.731	39.2	97.2	1.92
47	Marupa	M2T3S2-RD	5.035	7.554	38	128.8	2.56
							1.53
48	Marupa	M3T3N1-RD	5.034	7.47	37.6	107.7	2.14
49	Marupa	M3T3N2-TG	5.077	7.564	38.4	44.4	0.87
50	Marupa	M3T3S1-RD	5.055	7.509	38	133.6	2.64
51	Marupa	M3T3S2-TG	5.006	7.408	37.1	36.4	0.73
							1.60
52	Marupa	M4T3N1-RD	5.118	7.413	37.9	111.7	2.18
53	Marupa	M4T3N2-TG	5.047	7.375	37.2	102.6	2.03
54	Marupa	M4T3S1-RD	5.006	7.408	37.1	196.7	3.93
55	Marupa	M4T3S2-TG	5.037	7.522	37.9	110.8	2.20
							2.59
56	Marupa	M5T3N1-RD	4.903	7.539	37	110.2	2.25
57	Marupa	M5T3N2-TG	4.911	7.645	37.5	178.9	3.64
58	Marupa	M5T3S1-RD	5.067	7.47	37.9	129.9	2.56
59	Marupa	M5T3S2-TG	4.975	7.498	37.3	167	3.36
							2.95

ANEXO 5

TENSIÓN PERPENDICULAR AL GRANO

Tabla 5A

Datos iniciales de tensión perpendicular al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

N°	Especie	Muestra No.	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	C MAX (Kg)	Resistencia Kg/cm ²
1	MARUPA	M1T1N1	4.84	2.62	12.68	352	27.76
2	MARUPA	M1T1N2	4.87	2.46	11.98	511	42.65
3	MARUPA	M1T1S1	5	2.62	13.1	380	29.01
4	MARUPA	M1T1S2	4.97	2.51	12.47	596	47.79
							36.80
5	MARUPA	M2T1N1	4.93	2.48	12.23	175	14.31
6	MARUPA	M2T1N2	4.94	2.53	12.5	375	30.00
7	MARUPA	M2T1S1	5.08	2.41	12.24	160.5	13.11
8	MARUPA	M2T1S2	4.95	2.51	12.42	54.6	4.40
							15.45
9	MARUPA	M3T1N1	4.97	2.53	12.57	40.8	3.25
10	MARUPA	M3T1N2	4.94	2.53	12.5	235	18.80
11	MARUPA	M3T1S1	5.08	2.53	12.85	143.6	11.18
							11.07
12	MARUPA	M4T1N1	4.85	2.42	11.74	334	28.45
13	MARUPA	M4T1S1	4.93	2.48	12.23	378	30.91
14	MARUPA	M4T1S1	4.95	2.51	12.42	161.5	13.00
							24.12
15	MARUPA	M5T1N1	5.04	2.53	12.75	308	24.16
16	MARUPA	M5T1N2	5.04	2.5	12.6	158.5	12.58
17	MARUPA	M5T1S1	4.97	2.53	12.57	171	13.60
18	MARUPA	M5T1S2	5.03	2.5	12.58	285	22.66
							18.25
19	MARUPA	M1T2N1	4.94	2.52	12.45	149.6	12.02
20	MARUPA	M1T2N2	5.02	2.54	12.75	490	38.43
21	MARUPA	M1T2S1	5.04	2.59	13.05	263	20.15
22	MARUPA	M1T2S2	4.83	2.53	12.22	658	53.85
							31.11
23	MARUPA	M2T2N1	4.81	2.89	13.9	169.3	12.18
24	MARUPA	M2T2N2	4.97	2.63	13.07	28.7	2.20
25	MARUPA	M2T2S1	4.95	2.51	12.42	49.6	3.99
							6.12
26	MARUPA	M3T2N1	5.08	2.53	12.85	273	21.25
27	MARUPA	M3T2N2	5.03	2.53	12.73	279	21.92
28	MARUPA	M3T2S1	4.97	2.51	12.47	94.9	7.61

							16.92
29	MARUPA	M4T2N1	4.9	2.54	12.45	260	20.88
30	MARUPA	M4T2N2	5	2.52	12.6	376	29.84
31	MARUPA	M4T2S1	4.98	2.51	12.5	293	23.44
32	MARUPA	M4T2S2	4.9	2.51	12.3	119.9	9.75
							20.98
33	MARUPA	M5T2N1	5.04	2.5	12.6	337	26.75
34	MARUPA	M5T2N2	5.03	2.48	12.47	259	20.77
35	MARUPA	M5T2S1	5.02	2.47	12.4	362	29.19
36	MARUPA	M5T2S2	5.07	2.54	12.88	322	25.00
							25.43
37	MARUPA	M1T3N1	4.96	2.48	12.3	310	25.20
38	MARUPA	M1T3N2	4.96	2.63	13.04	390	29.91
39	MARUPA	M1T3S1	4.98	2.54	12.65	218	17.23
40	MARUPA	M1T3S2	4.85	2.42	11.74	398	33.90
							26.56
41	MARUPA	M2T3N1	4.98	2.54	12.65	191.3	15.12
42	MARUPA	M2T3N2	4.9	2.83	13.87	122.2	8.81
43	MARUPA	M2T3S1	4.94	2.53	12.5	272	21.76
44	MARUPA	M2T3S2	4.97	2.53	12.57	230	18.30
							16.00
45	MARUPA	M3T3N1	4.84	2.51	12.15	69.3	5.70
46	MARUPA	M3T3S1	4.81	2.53	12.17	170.3	13.99
47	MARUPA	M3T3S1	4.81	2.53	12.17	179.1	14.72
48	MARUPA	M3T3S2	4.9	2.52	12.35	227	18.38
							13.20
49	MARUPA	M4T3N2	4.97	2.53	12.57	429	34.13
50	MARUPA	M4T3S1	4.82	2.53	12.19	395	32.40
43	MARUPA	M4T3S2	4.91	2.5	12.28	289	23.53
							30.02
52	MARUPA	M5T3N1	5.04	2.5	12.6	285	22.62
53	MARUPA	M5T3N2	4.96	2.48	12.3	373	30.33
54	MARUPA	M5T3S1	4.83	2.53	12.22	255	20.87
55	MARUPA	M5T3S2	4.89	2.54	12.42	445	35.83
							27.41

ANEXO 6

DUREZA DE LADOS

Tabla 6A

Datos iniciales de dureza de lados de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

N°	Especie	Muestra No.	Ancho(cm)	Espesor(cm)	Área(cm ²)	C MAX (Kg)
1	MARUPA	M1T1N1-L1	5	5	25	279
2	MARUPA	M1T1N1-L2	5	5	25	178.9
3	MARUPA	M1T1N1-L3	5	5	25	209
4	MARUPA	M1T1N1-L4	5	5	25	175.6
7	MARUPA	M1T1N2-L1	5	5	25	212
8	MARUPA	M1T1N2-L2	5	5	25	187.3
9	MARUPA	M1T1N2-L3	5	5	25	188.5
10	MARUPA	M1T1N2-L4	5	5	25	174.9
13	MARUPA	M1T1S1-L1	5	5	25	282
14	MARUPA	M1T1S1-L2	5	5	25	250
15	MARUPA	M1T1S1-L3	5	5	25	272
16	MARUPA	M1T1S1-L4	5	5	25	210
19	MARUPA	M1T1S2-L1	5	5	25	210
20	MARUPA	M1T1S2-L2	5	5	25	153.5
21	MARUPA	M1T1S2-L3	5	5	25	208
22	MARUPA	M1T1S2-L4	5	5	25	204
						212.17
23	MARUPA	M2T1N1-L1	5	5	25	249
24	MARUPA	M2T1N1-L2	5	5	25	177.4
25	MARUPA	M2T1N1-L3	5	5	25	162.3
26	MARUPA	M2T1N1-L4	5	5	25	257
27	MARUPA	M2T1N2-L1	5	5	25	141.3
28	MARUPA	M2T1N2-L2	5	5	25	196.5
29	MARUPA	M2T1N2-L3	5	5	25	143.9
30	MARUPA	M2T1N2-L4	5	5	25	132.1
31	MARUPA	M2T1S1-L1	5	5	25	213
32	MARUPA	M2T1S1-L2	5	5	25	413
33	MARUPA	M2T1S1-L3	5	5	25	166.8
34	MARUPA	M2T1S1-L4	5	5	25	163.5
35	MARUPA	M2T1S2-L1	5	5	25	163.2
36	MARUPA	M2T1S2-L2	5	5	25	180.4
37	MARUPA	M2T1S2-L3	5	5	25	129.4
38	MARUPA	M2T1S2-L4	5	5	25	105.1
						187.12
39	MARUPA	M3T1N1-L1	5	5	25	158.3

40	MARUPA	M3T1N1-L2	5	5	25	196.3
41	MARUPA	M3T1N1-L3	5	5	25	200
42	MARUPA	M3T1N1-L4	5	5	25	121.9
43	MARUPA	M3T1N2-L1	5	5	25	290
44	MARUPA	M3T1N2-L2	5	5	25	199.1
45	MARUPA	M3T1N2-L3	5	5	25	173.2
46	MARUPA	M3T1N2-L4	5	5	25	235
47	MARUPA	M3T1S1-L1	5	5	25	325
48	MARUPA	M3T1S1-L2	5	5	25	189.7
49	MARUPA	M3T1S1-L3	5	5	25	288
50	MARUPA	M3T1S1-L4	5	5	25	230
51	MARUPA	M3T1S2-L1	5	5	25	177.4
52	MARUPA	M3T1S2-L2	5	5	25	221
53	MARUPA	M3T1S2-L3	5	5	25	393
54	MARUPA	M3T1S2-L4	5	5	25	158.2
						222.26
55	MARUPA	M4T1N1-L1	5	5	25	235
56	MARUPA	M4T1N1-L2	5	5	25	214
57	MARUPA	M4T1N1-L3	5	5	25	130.4
58	MARUPA	M4T1N1-L4	5	5	25	158.6
59	MARUPA	M4T1N2-L1	5	5	25	161.4
60	MARUPA	M4T1N2-L2	5	5	25	157.9
61	MARUPA	M4T1N2-L3	5	5	25	147.5
62	MARUPA	M4T1N2-L4	5	5	25	253
63	MARUPA	M4T1S1-L1	5	5	25	200
64	MARUPA	M4T1S1-L2	5	5	25	208
65	MARUPA	M4T1S1-L3	5	5	25	249
66	MARUPA	M4T1S1-L4	5	5	25	173.2
67	MARUPA	M4T1S1-L1	5	5	25	295
68	MARUPA	M4T1S2-L2	5	5	25	199.2
69	MARUPA	M4T1S2-L3	5	5	25	225
70	MARUPA	M4T1S2-L4	5	5	25	137.9
						222.26
71	MARUPA	M5T1N1-L1	5	5	25	198.3
72	MARUPA	M5T1N1-L2	5	5	25	195.9
73	MARUPA	M5T1N1-L3	5	5	25	228
74	MARUPA	M5T1N1-L4	5	5	25	204
75	MARUPA	M5T1S1-L1	5	5	25	188.8
76	MARUPA	M5T1S1-L2	5	5	25	146.5
77	MARUPA	M5T1S1-L3	5	5	25	187.8
78	MARUPA	M5T1S1-L4	5	5	25	232
						197.66
79	MARUPA	M1T2N1-L1	5	5	25	223
80	MARUPA	M1T2N1-L2	5	5	25	194.3
81	MARUPA	M1T2N1-L3	5	5	25	263

82	MARUPA	M1T2N1-L4	5	5	25	134.3
83	MARUPA	M1T2N2-L1	5	5	25	188.5
84	MARUPA	M1T2N2-L2	5	5	25	160.6
85	MARUPA	M1T2N2-L3	5	5	25	154.3
86	MARUPA	M1T2N2-L4	5	5	25	272
87	MARUPA	M1T2S1-L1	5	5	25	270
88	MARUPA	M1T2S1-L2	5	5	25	195.3
89	MARUPA	M1T2S1-L3	5	5	25	191
90	MARUPA	M1T2S1-L4	5	5	25	284
91	MARUPA	M1T2S2-L1	5	5	25	239
92	MARUPA	M1T2S2-L2	5	5	25	247
93	MARUPA	M1T2S2-L3	5	5	25	264
94	MARUPA	M1T2S2-L4	5	5	25	197.7
						217.38
95	MARUPA	M2T2N1-L1	5	5	25	210
96	MARUPA	M2T2N1-L2	5	5	25	189.8
97	MARUPA	M2T2N1-L3	5	5	25	166.1
98	MARUPA	M2T2N1-L4	5	5	25	196.3
99	MARUPA	M2T2N2-L1	5	5	25	145.5
100	MARUPA	M2T2N2-L2	5	5	25	163.6
101	MARUPA	M2T2N2-L3	5	5	25	126.5
102	MARUPA	M2T2N2-L4	5	5	25	146.1
103	MARUPA	M2T2S1-L1	5	5	25	260
104	MARUPA	M2T2S1-L2	5	5	25	212
105	MARUPA	M2T2S1-L3	5	5	25	215
106	MARUPA	M2T2S1-L4	5	5	25	217
107	MARUPA	M2T2S2-L1	5	5	25	134.9
108	MARUPA	M2T2S2-L2	5	5	25	133.1
109	MARUPA	M2T2S2-L3	5	5	25	145.3
110	MARUPA	M2T2S2-L4	5	5	25	116.4
						173.6
111	MARUPA	M3T2N1-L1	5	5	25	183
112	MARUPA	M3T2N1-L2	5	5	25	172.9
113	MARUPA	M3T2N1-L3	5	5	25	256
114	MARUPA	M3T2N1-L4	5	5	25	191.2
115	MARUPA	M3T2N2-L1	5	5	25	176.6
116	MARUPA	M3T2N2-L2	5	5	25	237
117	MARUPA	M3T2N2-L3	5	5	25	162.1
118	MARUPA	M3T2N2-L4	5	5	25	275
119	MARUPA	M3T2S2-L1	5	5	25	143.1
120	MARUPA	M3T2S2-L2	5	5	25	155.7
121	MARUPA	M3T2S2-L3	5	5	25	221
122	MARUPA	M3T2S2-L4	5	5	25	183.7
123	MARUPA	M3T2S1-L1	5	5	25	216
124	MARUPA	M3T2S1-L2	5	5	25	184.4

125	MARUPA	M3T2S1-L3	5	5	25	135.8
126	MARUPA	M3T2S1-L4	5	5	25	158.2
						190.73
127	MARUPA	M4T2N1-L1	5	5	25	246
128	MARUPA	M4T2N1-L2	5	5	25	186.9
129	MARUPA	M4T2N1-L3	5	5	25	218
130	MARUPA	M4T2N1-L4	5	5	25	148.2
131	MARUPA	M4T2S1-L1	5	5	25	144.5
132	MARUPA	M4T2S1-L2	5	5	25	123.1
133	MARUPA	M4T2S1-L3	5	5	25	181.6
134	MARUPA	M4T2S1-L4	5	5	25	160.8
						176.14
135	MARUPA	M5T2N1-L1	5	5	25	184.6
136	MARUPA	M5T2N1-L2	5	5	25	192.1
137	MARUPA	M5T2N1-L3	5	5	25	209
138	MARUPA	M5T2N1-L4	5	5	25	162.4
139	MARUPA	M5T2S1-L1	5	5	25	195.1
140	MARUPA	M5T2S1-L2	5	5	25	203
141	MARUPA	M5T2S1-L3	5	5	25	167.3
142	MARUPA	M5T2S1-L4	5	5	25	275
						198.56
143	MARUPA	M1T3N1-L1	5	5	25	286
144	MARUPA	M1T3N1-L2	5	5	25	218
145	MARUPA	M1T3N1-L3	5	5	25	316
146	MARUPA	M1T3N1-L4	5	5	25	199.8
147	MARUPA	M1T3N2-L1	5	5	25	232
148	MARUPA	M1T3N2-L2	5	5	25	237
149	MARUPA	M1T3N2-L3	5	5	25	257
150	MARUPA	M1T3S1-L1	5	5	25	196.6
151	MARUPA	M1T3S1-L2	5	5	25	210
152	MARUPA	M1T3S1-L3	5	5	25	229
153	MARUPA	M1T3S1-L4	5	5	25	152.9
154	MARUPA	M1T3S2-L1	5	5	25	225
155	MARUPA	M1T3S2-L2	5	5	25	278
156	MARUPA	M1T3S2-L3	5	5	25	232
157	MARUPA	M1T3S2-L4	5	5	25	187.5
						230.45
158	MARUPA	M2T3N1-L1	5	5	25	133.6
159	MARUPA	M2T3N1-L2	5	5	25	183.8
160	MARUPA	M2T3N1-L3	5	5	25	178.1
161	MARUPA	M2T3N1-L4	5	5	25	129.2
162	MARUPA	M2T3N2-L1	5	5	25	101.7
163	MARUPA	M2T3N2-L2	5	5	25	137.2
164	MARUPA	M2T3N2-L3	5	5	25	157.5
165	MARUPA	M2T3N2-L4	5	5	25	192.9

166	MARUPA	M2T3S1-N1	5	5	25	198.9
167	MARUPA	M2T3S1-L2	5	5	25	206
168	MARUPA	M2T3S1-L3	5	5	25	118.2
169	MARUPA	M2T3S1-L4	5	5	25	156.8
170	MARUPA	M2T3S2-L1	5	5	25	300
171	MARUPA	M2T3S2-L2	5	5	25	206
172	MARUPA	M2T3S2-L3	5	5	25	224
173	MARUPA	M2T3S2-L4	5	5	25	219
						177.68
174	MARUPA	M3T3N1-L1	5	5	25	226
175	MARUPA	M3T3N1-L2	5	5	25	165.7
176	MARUPA	M3T3N1-L3	5	5	25	187.1
177	MARUPA	M3T3N1-L4	5	5	25	233
178	MARUPA	M3T3N2-L1	5	5	25	100.6
179	MARUPA	M3T3N2-L2	5	5	25	173
180	MARUPA	M3T3N2-L3	5	5	25	119.2
181	MARUPA	M3T3S1-L1	5	5	25	193.2
182	MARUPA	M3T3S1-L2	5	5	25	304
183	MARUPA	M3T3S1-L3	5	5	25	238
184	MARUPA	M3T3S1-L4	5	5	25	180.6
185	MARUPA	M3T3S2-L1	5	5	25	170.3
186	MARUPA	M3T3S2-L2	5	5	25	178.9
187	MARUPA	M3T3S2-L3	5	5	25	216
188	MARUPA	M3T3S2-L4	5	5	25	196.2
						192.12
189	MARUPA	M4T3N1-L1	5	5	25	219
190	MARUPA	M4T3N1-L2	5	5	25	178.7
191	MARUPA	M4T3N1-L3	5	5	25	248
192	MARUPA	M4T3N1-L4	5	5	25	215
193	MARUPA	M4T3S1-L1	5	5	25	228
194	MARUPA	M4T3S1-L2	5	5	25	211
195	MARUPA	M4T3S1-L3	5	5	25	216
196	MARUPA	M4T3S1-L4	5	5	25	246
						220.21
197	MARUPA	M5T3N1-L1	5	5	25	196.4
198	MARUPA	M5T3N1-L2	5	5	25	247
199	MARUPA	M5T3N1-L3	5	5	25	187.6
200	MARUPA	M5T3N1-L4	5	5	25	260
201	MARUPA	M5T3S1-L1	5	5	25	263
202	MARUPA	M5T3S1-L2	5	5	25	156.7
203	MARUPA	M5T3S1-L3	5	5	25	166.2
204	MARUPA	M5T3S1-L4	5	5	25	211
						210.99

DUREZA DE EXTREMOS

Tabla 7A

Datos iniciales de dureza de extremos de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

N°	Especie	Muestra No.	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	C MAX (Kg)
1	MARUPA	M1T1N1-L5	5	5	25	427
2	MARUPA	M1T1N1-L6	5	5	25	373
3	MARUPA	M1T1N2-L5	5	5	25	393
4	MARUPA	M1T1N2-L6	5	5	25	353
5	MARUPA	M1T1S1-L5	5	5	25	490
6	MARUPA	M1T1S1-L6	5	5	25	416
7	MARUPA	M1T1S2-L5	5	5	25	426
8	MARUPA	M1T1S2-L6	5	5	25	417
						411.88
9	MARUPA	M2T1N1-L5	5	5	25	297
10	MARUPA	M2T1N1-L6	5	5	25	297
11	MARUPA	M2T1N2-L5	5	5	25	286
12	MARUPA	M2T1N2-L6	5	5	25	1054
13	MARUPA	M2T1S1-L5	5	5	25	300
14	MARUPA	M2T1S1-L6	5	5	25	279
15	MARUPA	M2T1S2-L5	5	5	25	207
16	MARUPA	M2T1S2-L6	5	5	25	204
						365.5
17	MARUPA	M3T1N1-L5	5	5	25	331
18	MARUPA	M3T1N1-L6	5	5	25	295
19	MARUPA	M3T1N2-L5	5	5	25	343
20	MARUPA	M3T1N2-L6	5	5	25	325
21	MARUPA	M3T1S1-L5	5	5	25	337
22	MARUPA	M3T1S1-L6	5	5	25	291
23	MARUPA	M3T1S2-L5	5	5	25	339
24	MARUPA	M3T1S2-L6	5	5	25	257
						314.75
25	MARUPA	M4T1N1-L5	5	5	25	279
26	MARUPA	M4T1N1-L6	5	5	25	531
27	MARUPA	M4T1N2-L5	5	5	25	338
28	MARUPA	M4T1N2-L6	5	5	25	292
29	MARUPA	M4T1S1-L5	5	5	25	358
30	MARUPA	M4T1S1-L6	5	5	25	422
31	MARUPA	M4T1S2-L5	5	5	25	321
32	MARUPA	M4T1S2-L6	5	5	25	360
						362.63
33	MARUPA	M5T1N1-L5	5	5	25	358

34	MARUPA	M5T1N1-L6	5	5	25	333
35	MARUPA	M5T1S1-L1	5	5	25	188.8
36	MARUPA	M5T1S1-L2	5	5	25	146.5
37	MARUPA	M5T1S1-L3	5	5	25	187.8
38	MARUPA	M5T1S1-L4	5	5	25	232
39	MARUPA	M5T1S1-L5	5	5	25	310
40	MARUPA	M5T1S1-L6	5	5	25	290
						255.76
41	MARUPA	M1T2N1-L5	5	5	25	319
42	MARUPA	M1T2N1-L6	5	5	25	353
43	MARUPA	M1T2N2-L5	5	5	25	450
44	MARUPA	M1T2N2-L6	5	5	25	608
45	MARUPA	M1T2S1-L5	5	5	25	351
46	MARUPA	M1T2S1-L6	5	5	25	449
47	MARUPA	M1T2S2-L5	5	5	25	411
48	MARUPA	M1T2S2-L6	5	5	25	490
						428.88
49	MARUPA	M2T2N1-L5	5	5	25	291
50	MARUPA	M2T2N1-L6	5	5	25	319
51	MARUPA	M2T2N2-L5	5	5	25	259
52	MARUPA	M2T2N2-L6	5	5	25	177.3
53	MARUPA	M2T2S1-L5	5	5	25	360
54	MARUPA	M2T2S1-L6	5	5	25	347
55	MARUPA	M2T2S2-L5	5	5	25	193
56	MARUPA	M2T2S2-L6	5	5	25	252
						274.79
57	MARUPA	M3T2N1-L5	5	5	25	339
58	MARUPA	M3T2N1-L6	5	5	25	301
59	MARUPA	M3T2N2-L5	5	5	25	366
60	MARUPA	M3T2N2-L6	5	5	25	296
61	MARUPA	M3T2S1-L5	5	5	25	296
62	MARUPA	M3T2S1-L6	5	5	25	257
63	MARUPA	M3T2S2-L5	5	5	25	372
64	MARUPA	M3T2S2-L6	5	5	25	528
						344.38
65	MARUPA	M4T2N1-L5	5	5	25	321
66	MARUPA	M4T2N1-L6	5	5	25	378
249	MARUPA	M4T2S1-L5	5	5	25	349
250	MARUPA	M4T2S1-L6	5	5	25	364
						353
279	MARUPA	M5T2N1-L5	5	5	25	419

280	MARUPA	M5T2N1-L6	5	5	25	370
285	MARUPA	M5T2S1-L5	5	5	25	476
286	MARUPA	M5T2S1-L6	5	5	25	372
						409.25
53	MARUPA	M1T3N1-L5	5	5	25	450
54	MARUPA	M1T3N1-L6	5	5	25	364
58	MARUPA	M1T3N2-L5	5	5	25	412
59	MARUPA	M1T3N2-L6	5	5	25	442
64	MARUPA	M1T3S1-L5	5	5	25	355
65	MARUPA	M1T3S1-L6	5	5	25	516
70	MARUPA	M1T3S2-L5	5	5	25	1133
71	MARUPA	M1T3S2-L6	5	5	25	481
						519.13
72	MARUPA	M2T3N1-L5	5	5	25	322
73	MARUPA	M2T3N1-L6	5	5	25	317
74	MARUPA	M2T3N2-L5	5	5	25	257
75	MARUPA	M2T3N2-L6	5	5	25	265
76	MARUPA	M2T3S1-L5	5	5	25	320
77	MARUPA	M2T3S1-L6	5	5	25	319
78	MARUPA	M2T3S2-L5	5	5	25	361
79	MARUPA	M2T3S2-L6	5	5	25	452
						326.63
80	MARUPA	M3T3N1-L5	5	5	25	316
89	MARUPA	M3T3N1-L6	5	5	25	339
82	MARUPA	M3T3N2-L5	5	5	25	302
83	MARUPA	M3T3N2-L6	5	5	25	307
84	MARUPA	M3T3S1-L5	5	5	25	388
85	MARUPA	M3T3S1-L6	5	5	25	340
86	MARUPA	M3T3S2-L5	5	5	25	292
87	MARUPA	M3T3S2-L6	5	5	25	340
						328
88	MARUPA	M4T3N1-L5	5	5	25	412
89	MARUPA	M4T3N1-L6	5	5	25	469
90	MARUPA	M4T3S1-L5	5	5	25	406
91	MARUPA	M4T3S1-L6	5	5	25	417
						426
92	MARUPA	M5T3N1-L5	5	5	25	349
93	MARUPA	M5T3N1-L6	5	5	25	411
94	MARUPA	M5T3S1-L5	5	5	25	351
95	MARUPA	M5T3S1-L6	5	5	25	380
						372.75

ANEXO 7

CIZALLAMIENTO PARALELO AL GRANO

Tabla 8A

Datos iniciales de cizallamiento paralelo al grano de la madera de Simarouba amara Aubl (Marupa)

N°	Especie	Muestra No.	Ancho cm	Espesor cm	Área cm²	CMAX kg	Resistencia (kg/cm²)
1	Marupa	M1T1N1	5.038	5.073	25.6	1057	41.29
2	Marupa	M1T1S1	4.845	5.013	24.3	1380	56.79
3	Marupa	M1T1S2	4.992	5.063	25.3	1560	61.66
							53.25
4	Marupa	M2T1S2	4.936	5.03	24.8	1250	50.40
5	Marupa	M2T1N2	4.975	5.11	25.4	1455	57.28
6	Marupa	M2T1S1	4.862	5.08	24.7	1022	41.38
							49.69
7	Marupa	M3T1S3	4.96	5.013	24.9	1114	44.74
8	Marupa	M3T1N3	4.982	5.049	25.2	1214	48.17
							46.46
9	Marupa	M4T1S2	4.985	5.061	25.2	1257	49.88
10	Marupa	M4T1N2	5.064	5.038	25.5	1893	74.24
11	Marupa	M4T1S3	4.945	5.065	25	1476	59.04
							61.05
12	Marupa	M5T1N1	4.99	5.082	25.4	1470	57.87
13	Marupa	M5T1S3	4.97	4.974	24.7	1919	77.69
14	Marupa	M5T1N2	5.064	5.072	25.7	1520	59.14
							64.90
15	Marupa	M1T2S2	4.946	5.024	24.8	1085	43.75
							43.75
16	Marupa	M2T2N2	4.972	5.116	25.4	1713	67.44
17	Marupa	M2T2S2	4.959	5.109	25.3	1520	60.08
18	Marupa	M2T2S3	4.945	5.017	24.8	1230	49.60
							59.04
19	Marupa	M3T2N2	4.962	5.023	24.9	1199	48.15
20	Marupa	M3T2N3	5.008	5.04	25.2	1091	43.29
21	Marupa	M3T2S1	4.935	4.909	24.2	1360	56.20
22	Marupa	M3T2S1	4.998	5.159	25.8	1258	48.76
							49.10
23	Marupa	M4T3S3	5.019	4.911	24.6	2060	83.74
24	Marupa	M4T2S2	5.002	4.856	24.3	1626	66.91
25	Marupa	M4T2N1	4.918	4.907	24.1	1862	77.26
							75.97
26	Marupa	M5T2N2	4.99	4.997	24.9	1352	54.30

27	Marupa	M5T2N3	4.983	5.023	25	1677	67.08
							60.69
28	Marupa	M1T3S2	4.935	4.987	24.6	1596	64.88
29	Marupa	M1T3S1	5.061	5.048	25.5	1189	46.63
30	Marupa	M1T3N1	4.997	4.998	25	1100	44.00
							51.84
31	Marupa	M2T3S1	5.082	5.047	25.6	1200	46.88
32	Marupa	M2T3N2	4.856	5.057	24.6	1250	50.81
33	Marupa	M2T3N1	5.103	5.065	25.8	1240	48.06
							48.58
34	Marupa	M3T3S2	4.95	5.006	24.8	1032	41.61
35	Marupa	M3T3S1	5.005	4.945	24.7	1045	42.31
36	Marupa	M3T3N1	5.035	5.03	25.3	1464	57.87
							47.26
37	Marupa	M4T3S1	4.988	4.967	24.8	1476	59.52
38	Marupa	M4T3N2	5.035	5.046	25.4	2090	82.28
39	Marupa	M4T3S2	4.892	5.104	25	1466	58.64
							66.81
40	Marupa	M5T3N1	5.017	4.917	24.7	1519	61.50
41	Marupa	M5T3N2	4.985	4.929	24.6	1230	50.00
							55.75

ANEXO 8

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 1A. Probetas para los ensayos mecánicos de la madera de marupa.



Figura 2A. Probetas para los ensayos mecánicos de la madera de marupa.

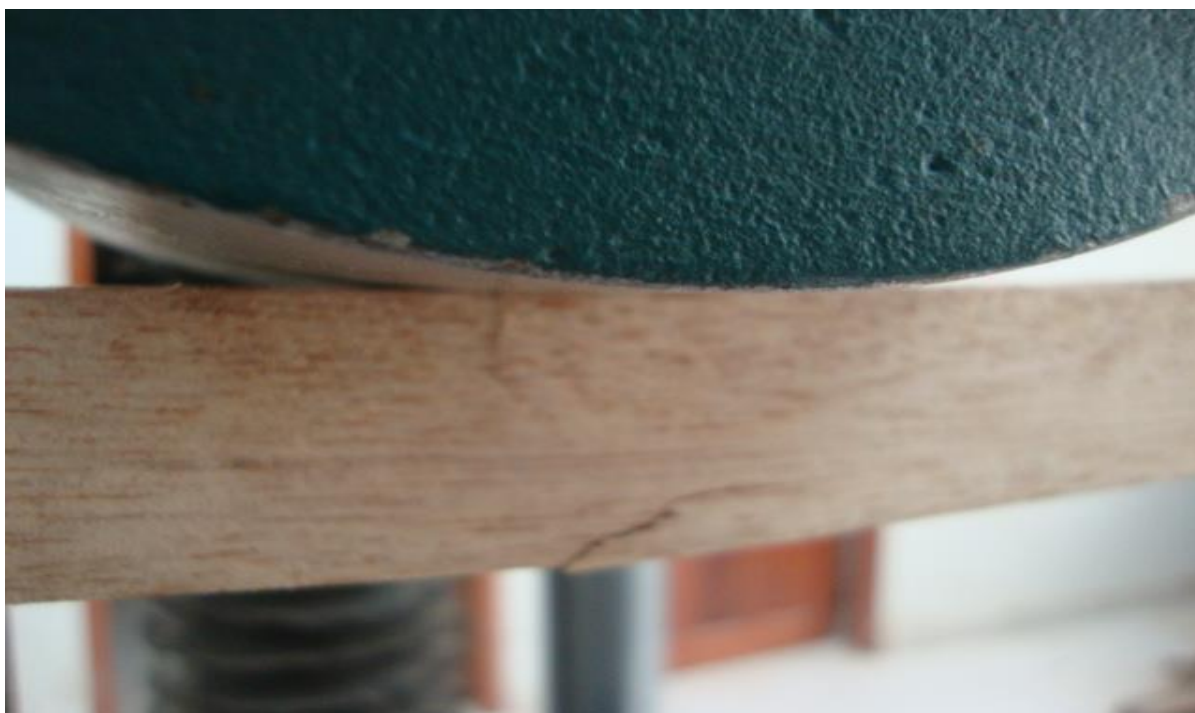


Figura 3A. Ensayo de flexión estática.



Figura 4A. Tipos de fallas en el ensayo de flexión estática.



Figura 5A. Ensayo de tensión perpendicular.



Figura 6A. Ensayo de dureza de extremos.

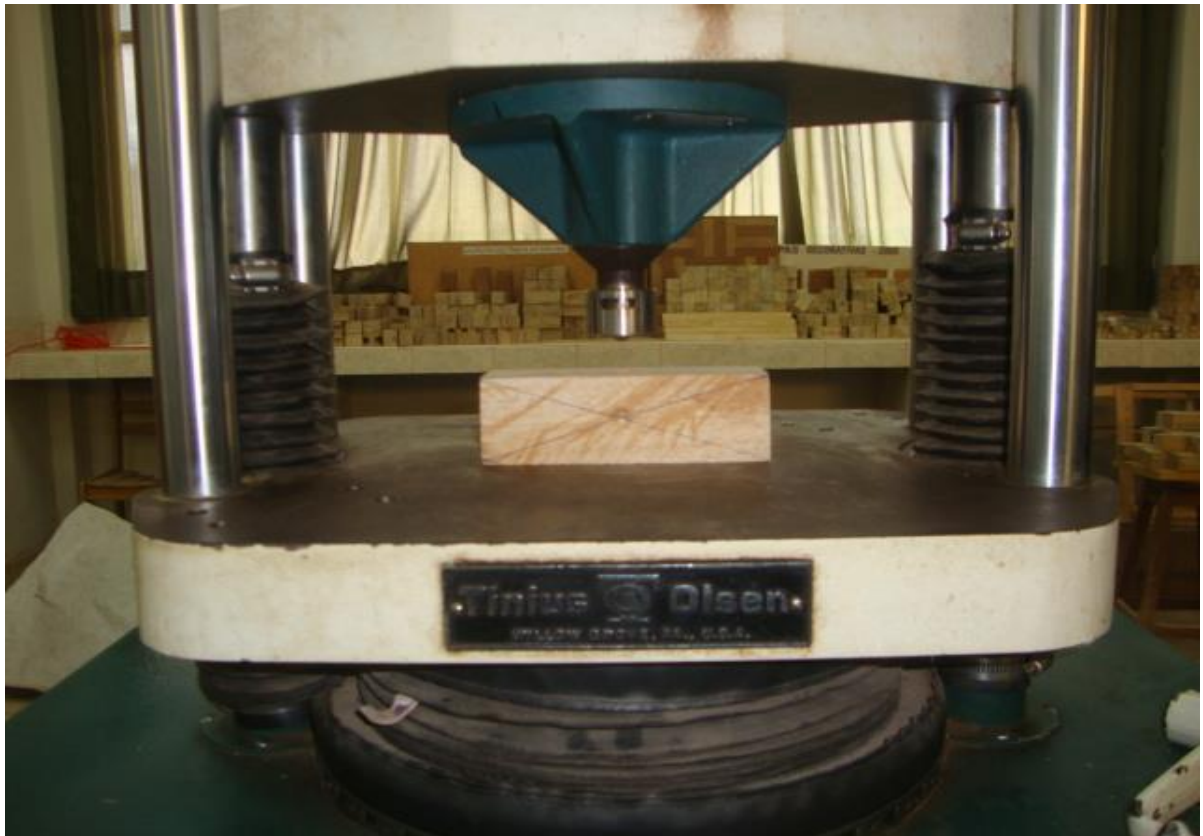


Figura 7A. Ensayo de dureza de lados.



Figura 8A. Ensayo de compresión perpendicular al grano.



Figura 9A. Ensayo de compresión paralela al grano.



Figura 10A. Ensayo de compresión paralela al grano.



Figura 11A. Ensayo de clivaje.



Figura 12A. Ensayo de cizallamiento paralelo al grano.



Figura 13A. Tipos de fallas en el ensayo de cizallamiento paralelo al grano.



Figura 14A. Tipos de fallas en el ensayo de cizallamiento paralelo al grano.