

A vertical strip on the left side of the slide shows several horizontal wooden planks of varying shades of brown and tan, with visible wood grain and knots.

# UNIVERSIDAD DE CUENCA

## Facultad de Arquitectura y Urbanismo Carrera de Arquitectura

**Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de las  
especies maderables no registradas por el ministerio  
del ambiente en la provincia de Morona Santiago**









**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

**Facultad de Arquitectura y Urbanismo  
Carrera de Arquitectura**

**Análisis de las propiedades físicas y mecánicas de las especies maderables no registradas por el ministerio del ambiente en la provincia de Morona Santiago**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de arquitecto**

**Autor**

**Edwin David Valdez Siavichay  
C.I. 010417760-5  
Correo: edavid.valdezs@gmail.com**

**Director**

**Arq. Andrés Esteban Sánchez Torres  
C.I. 010332344-0**

**Cuenca, 05 de julio del 2021**







## RESUMEN

La construcción arquitectónica es un trabajo de creación, lo que significa que además de nuevos diseños, se precisa encontrar nuevos materiales naturales, que se adapten a las necesidades actuales, y al mismo tiempo, minimicen el impacto negativo en la naturaleza. Este trabajo contribuye a este fin, pues describe el proceso que se ha llevado a cabo para elaborar un catálogo de las propiedades de especies maderables que se encuentran en la provincia de Morona Santiago, Ecuador y que al año 2020, no estaban aún registradas en el Ministerio del Ambiente.

Se recolectaron veintiséis especies maderables que se encontraron en la provincia de Morona Santiago, de éstas, se seleccionaron seis, con el objetivo de estudiar el contenido de humedad, la resistencia a la flexión estática, la compresión paralela y perpendicular a la fibra y la densidad anhidra.

La determinación de las diferentes propiedades como dimensiones de probetas, velocidad de las máquinas y temperatura del horno, se basó en los métodos de:

- La Norma del Instituto de Normalización de Chile (INN) 176/1,
- La Norma Instituto de Normalización de Chile (INN) 176/2 del año 1984,
- La Norma American Society for Testing and Materials (ASTM) D143-94 Wood.

En base al estudio y comparación de estas normas, se realizó un trabajo de laboratorio con las seis especies maderables priorizadas, en base a dicho trabajo, se exhibe, en el presente documento, el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de las mismas, se detallan los posibles usos. En resumen se puede afirmar que las que tienen mediana densidad y resistencia pueden ser usadas para el área de la construcción en la elaboración de elementos estructurales, en la fabricación de muebles y gabinetes, de molduras para el exterior, también para pisos, para entablados, así mismo, en la fabricación de puertas y ventanas. En cambio, las de menor densidad se pueden usar para fabricar elementos decorativos y también para el encofrado.

**Palabras claves: Propiedades Físicas - Mecánicas. Especies. Maderables. Densidad. Usos. Norma.**







## ABSTRACT

Architectural construction is a creative work, which means that in addition to new designs, it is necessary to find new natural materials, which adapt to current needs, and at the same time, minimize the negative impact on nature. This work contributes to this end, as it describes the process that has been carried out to prepare a catalog of the properties of timber species found in the province of Morona Santiago, Ecuador and that by 2020, were not yet registered in the Ministry of the Environment.

Twenty-six timber species that were found in the Morona Santiago province were collected, from these, six were selected, with the aim of studying the moisture content, resistance to static bending, compression parallel and perpendicular to the fiber and density. anhydrous.

The determination of the different properties such as specimen dimensions, machine speed and furnace temperature, was based on the methods of:

- The Standard of the Institute of Standardization of Chile (INN) 176/1,
- The Standard Instituto de Normalización de Chile (INN) 176/2 of the year 1984,
- American Society for Testing and Materials (ASTM) D143-94 Wood

Standard. Based on the study and comparison of these standards, a laboratory work was carried out with the six prioritized timber species, based on this work, the analysis of their physical and mechanical properties is exhibited in this document. they detail the possible uses. In summary, it can be affirmed that those with medium density and resistance can be used for the construction area in the elaboration of structural elements, in the manufacture of furniture and cabinets, of moldings for the exterior, also for floors, for decking, likewise, in the manufacture of doors and windows. On the other hand, those of lower density can be used to make decorative elements and also for formwork.

**Keywords: Physical. Mechanical Properties. Wood Species. Density. Uses Standard.**







**CONTENIDOS:**

- Introducción.....17
- Objetivo General.....19
- Objetivos Específicos.....19
- Hipótesis.....20
- Metodología.....21

**CAPITULO I**

- 1. La Madera.....24
  - 1.1. Ventajas.....24
  - 1.2. Clases de árboles.....25
    - 1.2.1. Maderas latifoliadas.....25
    - 1.2.2. Maderas coníferas.....26
  - 1.3. Composición química.....26
  - 1.4. Partes del tronco.....26
    - 1.4.1. Corteza.....26
    - 1.4.2. Floema.....27
    - 1.4.3. Cambium.....27
    - 1.4.4. Xilema.....27
    - 1.4.5. Albura.....27
    - 1.4.6. Duramen.....27
    - 1.4.7. Núcleo.....28
    - 1.4.8. Anillos de crecimiento.....28

- 1.5. Propiedades de la madera.....28
  - 1.5.1. Propiedades físicas.....30
    - 1.5.1.1. Anisotropía.....30
    - 1.5.1.2. Higroscopicidad.....30
    - 1.5.1.3. Densidad.....30
    - 1.5.1.4. Hendibilidad.....30
    - 1.5.1.5. Flexibilidad.....31
    - 1.5.1.6. Humedad.....31
    - 1.5.1.7. Dureza.....31
  - 1.5.2. Propiedades mecánicas.....31
    - 1.5.2.1. Resistencia a la flexión.....31
    - 1.5.2.2. Resistencia al cortante.....32
    - 1.5.2.3. Fatiga.....32
    - 1.5.2.4. Pandeo.....32
    - 1.5.2.5. Resistencia a la tracción.....32
    - 1.5.2.6. Resistencia a la compresión.....32

**CAPITULO II**

- 2. Determinación de propiedades físicas y mecánicas.....34
  - 2.1. Contenido de humedad (CH).....35
  - 2.2. Flexión estática.....36
  - 2.3. Compresión paralela al grano.....37
  - 2.4. Tenacidad.....38
  - 2.5. Compresión perpendicular al grano.....39

2.6. Dureza.....	40
2.7. Paralelo a la cizalla del grano.....	41
2.8. Clivaje.....	42
2.9. Tensión perpendicular a la fibra.....	43
2.10. Contracción radial y tangencial.....	44
2.11. Gravedad específica o la contracción en el volumen.....	44
2.12. Impacto de doblez.....	45
2.13. Tensión paralela a la fibra.....	45
2.14. Retirada de clavos.....	46
2.15. Densidad básica.....	46
2.16. Densidad referencial.....	46
2.17. Densidad normal.....	46
2.18. Densidad anhidra.....	47
2.19. Gráfica de normas para realizar ensayos de madera.....	47

### CAPITULO III

3. Obtención de probetas y elaboración de ensayos.....	49
3.1. Ubicación del aserrío.....	49
3.2. Obtención del material para las probetas.....	50
3.2.1. Listado de las seis muestras a analizar propiedades físicas y mecánicas.....	50
3.2.2. Listado de especies complementarias al catálogo.....	50
3.2.3. Equipos utilizados.....	51
3.3. Preparación de probetas para ensayos.....	52

3.3.1. Los tipos de ensayos a elaborar.....	52
3.3.2. Herramientas utilizadas para la preparación de las probetas.....	53
3.4. Muestras para ensayos.....	54
3.4.1. Muestras para ensayo de humedad y compresión paralela a la fibra.....	54
3.4.2. Muestras para ensayo de compresión perpendicular a la fibra.....	55
3.4.3. Muestras para ensayo flexión estática.....	55
3.5. Elaboración de ensayos.....	56
3.5.1. Contenido de humedad (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000 y norma Chilena INN176/1 of 1984).....	56
3.5.1.1 Formula para determinar el contenido de humedad.....	58
3.5.1.2 Resultados obtenidos de la prueba de contenido de humedad.....	58
3.5.1.3 Tabla de resultados de contenido de humedad.....	58
3.5.2. Densidad anhidra.....	59
3.5.3. Densidad básica.....	59
3.5.4. Tabla de resultados de densidad anhidra y básica.....	60
3.5.5. Compresión perpendicular a la fibra (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000).....	60
3.5.5.1 Resultados.....	62





3.5.5.2 Tabla de comparación de resultados.....	68	Morona Santiago.....	95
3.5.6. Compresión paralela a la fibra (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000).....	68	4.2. Catálogo de las propiedades físicas y mecánicas de las especies no registradas por el Ministerio del Ambiente en la Provincia de Morona Santiago.....	98
3.5.6.1 Resultados.....	70	Conclusiones.....	140
3.5.6.2 Tabla de comparación de resultados.....	76	Recomendaciones.....	143
3.5.7. Flexión estática (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000).....	76	Referencias bibliográficas.....	144
3.5.7.1 Tabla de resultados.....	78	Anexos.....	147
3.5.7.2 Fotografías de fracturas de las probetas.....	80		
3.6. Clasificación de la madera estructural.....	86		
3.7. Módulo de elasticidad.....	86		
3.8. Resumen de resultados de las especies maderables de la Provincia de Morona Santiago.....	87		
3.9. Clasificación de las especies según la JUNAC.....	89		
3.10 Tabla de información levantada en situ.....	90		
3.11 Tabla de posible edad de la especie para alcanzar el diámetro mínimo de corte.....	92		
 CAPITULO IV			
4. Elaboración del catálogo.....	94		
4.1. Diseño del catálogo.....	95		
4.1.1 Listado de especies maderables de la Provincia de			

## Cláusula de Propiedad Intelectual

---

EDWIN DAVID VALDEZ SIAVICHAY, autor/a del trabajo de titulación “ANÀLISIS DE LAS PROPIEDADES FÌSICAS Y MECÀNICAS DE LAS ESPECIES MADERABLES NO REGISTRADAS POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 05 de julio del 2021



EDWIN DAVID VALDEZ SIAVICHAY

C.I: 010417760-5



## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

EDWIN DAVID VALDEZ SIAVICHAY en calidad de autor/a y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS ESPECIES MADERABLES NO REGISTRADAS POR EL MINISTERIO DEL AMBIENTE EN LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 05 de julio del 2021

Edwin David Valdez Siavichay

C.I: 010417760-5

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios en primer lugar por permitirme culminar esta nueva etapa, a las autoridades de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca, al Arquitecto Andrés Sánchez por la apertura y el apoyo brindado durante este trabajo de investigación, a los técnicos docentes encargados de los laboratorios de la Facultad de Arquitectura por estar pendientes y ayudar en cualquier inquietud, amistades y conocidos que brindaron sus conocimientos y ayuda durante todo el proceso de investigación.



## **DEDICATORIA**

Este trabajo dedico a toda mi familia, a mi esposa y mi hija que han estado apoyándome incondicionalmente y son mis motores para seguir adelante, a la familia de mi esposa que han estado pendientes muchas gracias a todos y todas.







## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo habla de manera general acerca de la madera, y específicamente sobre algunas especies maderables de la provincia de Morona Santiago, que aún no se encuentran registradas por la entidad competente.

Se recolectaron muestras maderables in situ, para luego analizarlas en el laboratorio con el fin de obtener las propiedades físicas y mecánicas que son: contenido de humedad, densidad anhidra, flexión estática, compresión paralela y perpendicular a la fibra.

El primer capítulo muestra variables sobre la madera a nivel general: cuáles son sus ventajas, cómo se clasifican los árboles, cuáles son las partes del tronco y sus propiedades físicas y mecánicas, entre otras. Se hace énfasis en que la madera es un recurso natural renovable, siempre que haya un adecuado manejo.

El segundo capítulo analiza dos normas para la elaboración de los ensayos referentes a la madera, 1) la Norma American Society for Testing and Materials (ASTM) D143-94 Wood y 2) la Norma del Instituto de Normalización de Chile (INN) 176/1 – 176/2 de 1984. En ellas se encuentran aspectos como: velocidad de ensayo, tamaño de probetas, temperatura y tiempo de secado al horno, así mismo, la fórmula para determinar las diferentes densidades. Después del análisis se ha procedido a realizar un cuadro comparativo de las normas citadas para complementarlas, pues la primera que se cita, es la norma internacional, la segunda es la norma chilena, que detalla mucho más los procesos, los ensayos y las herramientas que se deben utilizar.

El tercer capítulo es una concreción de los análisis, en éste se muestran los diferentes procedimientos ejecutados para realizar cada uno de los ensayos, la preparación de las probetas en los tamaños requeridos, las herramientas que se utilizaron. Además, se presenta una memoria fotográfica de los procesos; los resultados de cada ensayo, los diagramas de esfuerzo y las tablas de resultados. Para completar este capítulo se han insertado dos cuadros, el primero es sobre la clasificación de las especies maderables según la JUNAC; el segundo corresponde a la información general de cada especie (tamaño, diámetro, tiempo de crecimiento, usos y precios en el mercado).

El capítulo cuarto comprende el Catálogo de las seis nuevas Especies Maderables de la provincia de Morona Santiago, en todos sus aspectos. Allí consta el nombre científico de cada especie, la familia a la que pertenece, el nombre común, los resultados de los ensayos, los costos, la imagen de cada árbol, los posibles usos y las imágenes de la madera natural y de la madera tratada. Hay que recordar que se encontraron veintiséis especies, sólo seis fueron seleccionadas para los análisis. Sin embargo, en este capítulo, también se encuentra la información total de las veinte especies faltantes, en cuanto a características, pues no se han hecho los ensayos necesarios para determinar las propiedades.

A manera de conclusión de la introducción, se puede afirmar que este trabajo es un aporte al conocimiento, de las seis especies maderables, detalladas en el Catálogo; pues, por las características del territorio del que forman parte, son diferentes a las especies maderables de otros climas. Se hacía imprescindible estudiarlas, conocerlas, para asegurar un uso profesional y adecuado.





## **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un catálogo con las propiedades de las especies no registradas en el Ministerio del Ambiente de la provincia de Morona Santiago.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Gestionar las muestras de las especies maderables.

Realizar ensayos para obtener las propiedades físicas y mecánicas de las muestras.

Analizar y contrastar los datos obtenidos.

Elaborar el catálogo de las especies.

## **HIPÓTESIS**

- Mediante la obtención de las propiedades de las especies maderables objeto de estudio, sería posible proponer sus usos favorables, así como recomendaciones para su protección o tala controlada.





## METODOLOGÍA

El presente trabajo es de tipo investigativo, para ello se realizó el estudio de algunos especímenes maderables provenientes de la Provincia de Morona Santiago, específicamente de aquellos que no se encuentran registrados en el catálogo del Ministerio del Ambiente.

Esta investigación tiene 6 fases:

### 1. Recopilación de información:

Revisión y análisis de información pertinente encontrada en libros, trabajos de investigación hechos a nivel local, nacional e internacional, con el objetivo de recopilar información sobre la madera, en sus características, los tipos, qué ventajas presentan, qué propiedades físicas y mecánicas poseen.

### 2. Análisis y estudio de normas:

Revisión de las diferentes normas existentes relacionadas a la madera, de las cuales se pudo obtener la información necesaria para los diferentes ensayos, como dimensiones de las probetas, velocidad de máquina, colocación de las probetas, temperatura y tiempo de secado en el horno.

### 3. Obtención de las probetas:

Las muestras para los diferentes ensayos se obtuvieron en el cantón Sucúa de la provincia de Morona Santiago. Con las mismas se realizaron los diferentes ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas; también, con ayuda de libros y personas conocedoras de la madera, se obtuvieron los nombres científicos y familias de las diferentes especies obtenidas.

### 4. Elaboración de los ensayos:

Para la elaboración de los ensayos se utilizó la información recopilada y analizada de las normas referentes a la madera y los equipos existentes en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca.

### 5. Análisis de resultados:

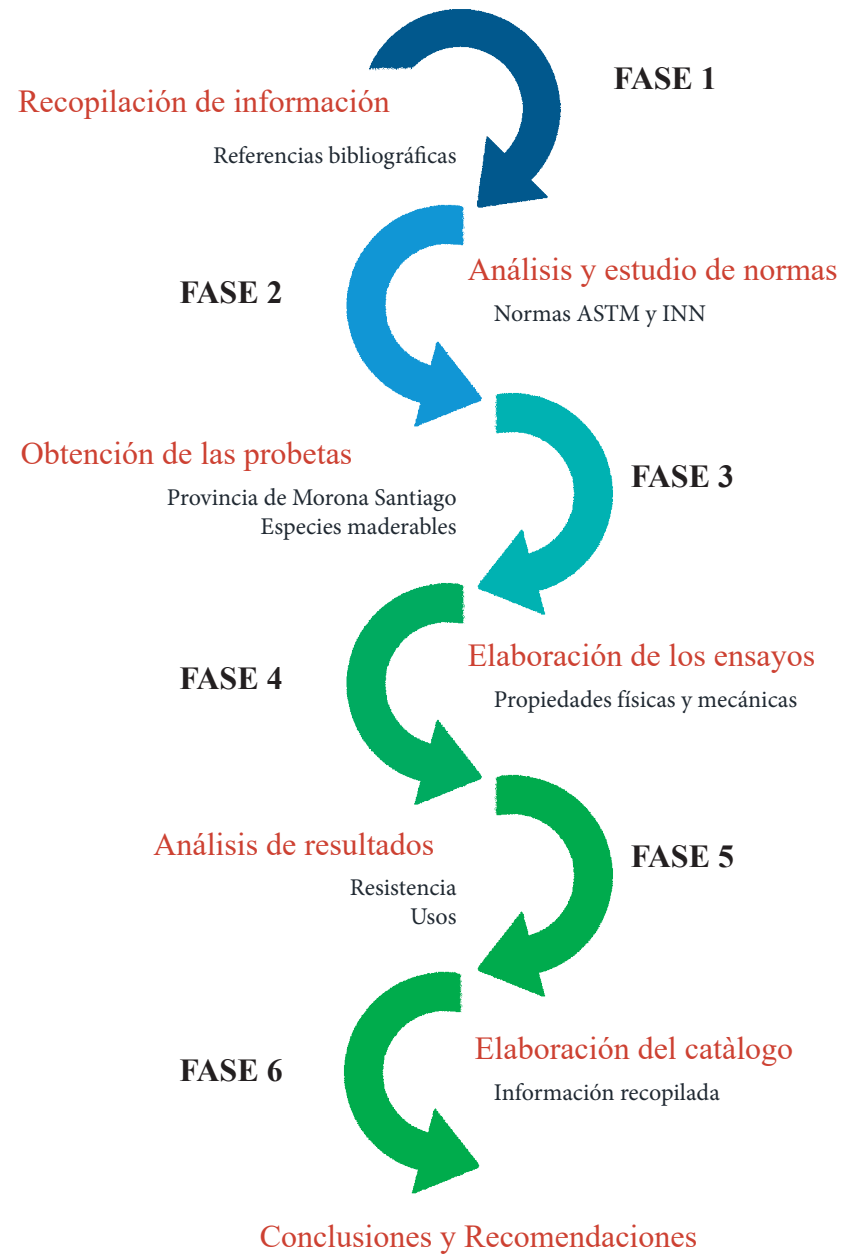
Se analizaron los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos, para así pasar a proponer los diferentes usos que se pueden dar a las especies maderables, según su densidad y resistencia a los diferentes esfuerzos.

### 6. Catálogo:

Se elaboró un catálogo a partir de la información recopilada sobre las seis especies maderables de la Provincia de Morona Santiago, también, se incluyeron los datos de los ensayos y fotografías de las especies con su color y textura tanto en su estado natural, como en el estado tratado o terminado.

La importancia de esta investigación consiste en que se da a conocer todo lo relacionado a las seis especies de madera existentes en la Provincia de Morona Santiago para su uso en la construcción arquitectónica.

# METODOLOGÍA







## CAPITULO I

# LA MADERA



## 1. LA MADERA

Es un recurso forestal renovable de bosques nativos o de plantaciones forestales. Si este recurso se maneja con conciencia y bajo el concepto de sustentabilidad, se podrá conservar, caso contrario se degradará y podrá extinguirse. (NEC, 2011)

La flora del Ecuador está catalogada en 18.198 especies vegetales (Neill y Ulloa, 2011) de las cuales muy pocas han sido estudiadas profundamente (NEC, 2011). Para el uso de la madera en el área de la construcción, el material debe proceder de bosques nativos manejados sustentablemente, de preferencia de plantaciones forestales cuyos volúmenes (mínimo 250 m<sup>3</sup>/ha), sean mayores que las de un bosque nativo (20 a 25 m<sup>3</sup>/Ha)” (NEC, 2011). En cálculos estimados, el país consume actualmente 5 millones de metros cúbicos/año de madera rolliza para diferentes usos: tableros contrachapados, muebles, construcción en general, leña y carbón; cuya fuente principal de abastecimiento es el bosque nativo, que alcanza un 70% (3.5 millones de m<sup>3</sup>) y el restante 30% de plantaciones forestales (NEC, 2011).

En los albores de la humanidad, las especies maderables no eran procesadas, más allá del descortezado y moldeado. Incluso retrocediendo en el tiempo, la madera se utilizaba para producir fuego y pequeñas cabañas para protegerse de los animales grandes, del tiempo. Al pasar la Edad de Piedra y la Edad de los Metales, se mejoraron los utensilios de trabajo y, con la llegada de la tecnología, se produjeron varias herramientas como las sierras, tornos, lijás etc., que diversificaron su uso permitiendo la fabricación de armas, utensilios, construcción de puentes, embarcaciones, depósitos, tuberías, muebles y elementos de máquinas.

Las herramientas más avanzadas permitieron un mejor trabajo con la madera, adecuándola a los diferentes usos y otorgándole un mejor acabado. También aparecieron tratamientos físicos- químicos que permiten la creación de nuevos productos, como tableros contrachapados, tableros de fibras, etc. Estos tratamientos ayudaron a utilizar la madera maciza bajo condiciones que normalmente la deterioran y contribuyen a la pérdida de cualidades o a la presencia de agentes biológicos o de humedad, entre otros.

La madera está dotada de propiedades y características que la distinguen de otros materiales, como el acero y el hormigón y aunque muchos de ellos pueden igualar o superar sus propiedades, ninguno tiene todas sus cualidades reunidas.

### 1.1. Ventajas

- Tiene un amplio rango de pesos específicos.
- Puede dársele cualquier forma.
- Ofrece gran variedad de texturas y colores.
- Su costo es menor respecto a otros materiales como el hormigón y el acero.
- Es el material que menos energía consume para su elaboración.
- Si se utiliza correctamente como un recurso renovable, es inagotable.



### 1.2. CLASES DE ÁRBOLES

Los árboles se dividen en dos especies según su estructura celular: conífera y latifoliada. Una de las diferencias notorias entre maderas coníferas y latifoliadas es el comportamiento mecánico, este comportamiento es aquel relacionado con la resistencia y rigidez (capacidad para experimentar deformación) (PADT-REFORT,1984).(Fig.1)

#### 1.2.1 Maderas latifoliadas

La madera tiene una estructura anatómica heterogénea, constituida por diferentes células leñosas, tales como: los vasos o poros que tienen la función de conducción del agua y sales minerales. Estas células forman del 6-50% del volumen total de la madera, siendo este porcentaje mayor en las maderas blandas y porosas. También existen fibras que son células adaptadas a la función mecánica y que forman el 50% o más del volumen de la madera; a mayor porcentaje de fibras, mayor densidad y, por tanto, mayor resistencia mecánica. Asimismo, se observan células de parénquima que tienen la función de almacenamiento de sustancias de reserva y forman un tejido leñoso blando; en muchas especies tropicales superan el 50 % del volumen total (PADT-REFORT,1984). (Fig.2)

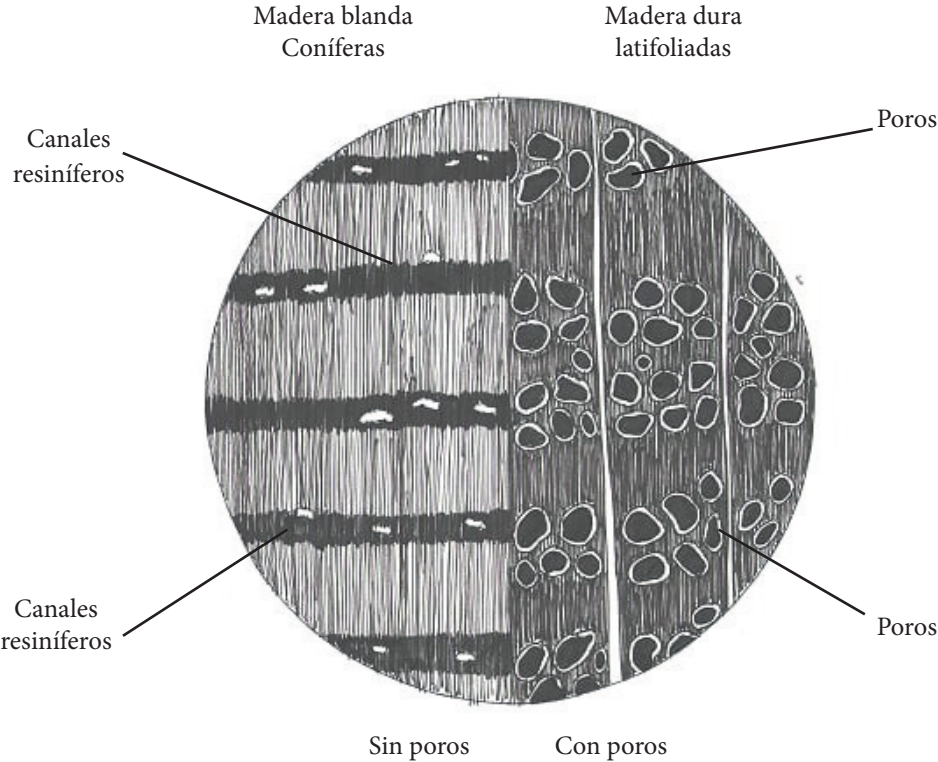


Fig. 1 Re-dibujo clases de arboles (David Valdez)

Fuente: Maderea (2015)



## 1.2.2 Maderas coníferas

Tienen una estructura anatómica homogénea y están constituidas por elementos leñosos llamados traqueidas, éstas forman del 80- 90% del volumen total de la madera y tienen la función de resistencia y conducción. Asimismo, presentan células de parénquima en menor proporción (PADT-REFORT,1984). (Fig.3)

## 1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

La madera está constituida por los siguientes elementos: Carbono (C) 49%; Hidrogeno (H) 6%; Oxigeno (O) 44%; Nitrógeno (N) y minerales 1%. La combinación de estos elementos forma los siguientes componentes: Celulosa (40-50 %), Hemicelulosa (5-25 %) y la Lignina (20-40 %) (PADT-REFORT,1984).

## 1.4. PARTES DEL TRONCO DE UN ÁRBOL

En un corte transversal del tronco de un árbol se puede observar la estructura interior que está formada por las siguientes partes. (Fig.4)

### 1.4.1. Corteza

Es la capa externa de los tallos y de raíces de plantas leñosas. Cura y protege al vegetal contra el desecamiento, ataques fúngicos o el fuego; además cumple la función de almacenamiento y conducción de nutrientes. Su peso puede alcanzar cerca del 10% al 15% del peso total del árbol.

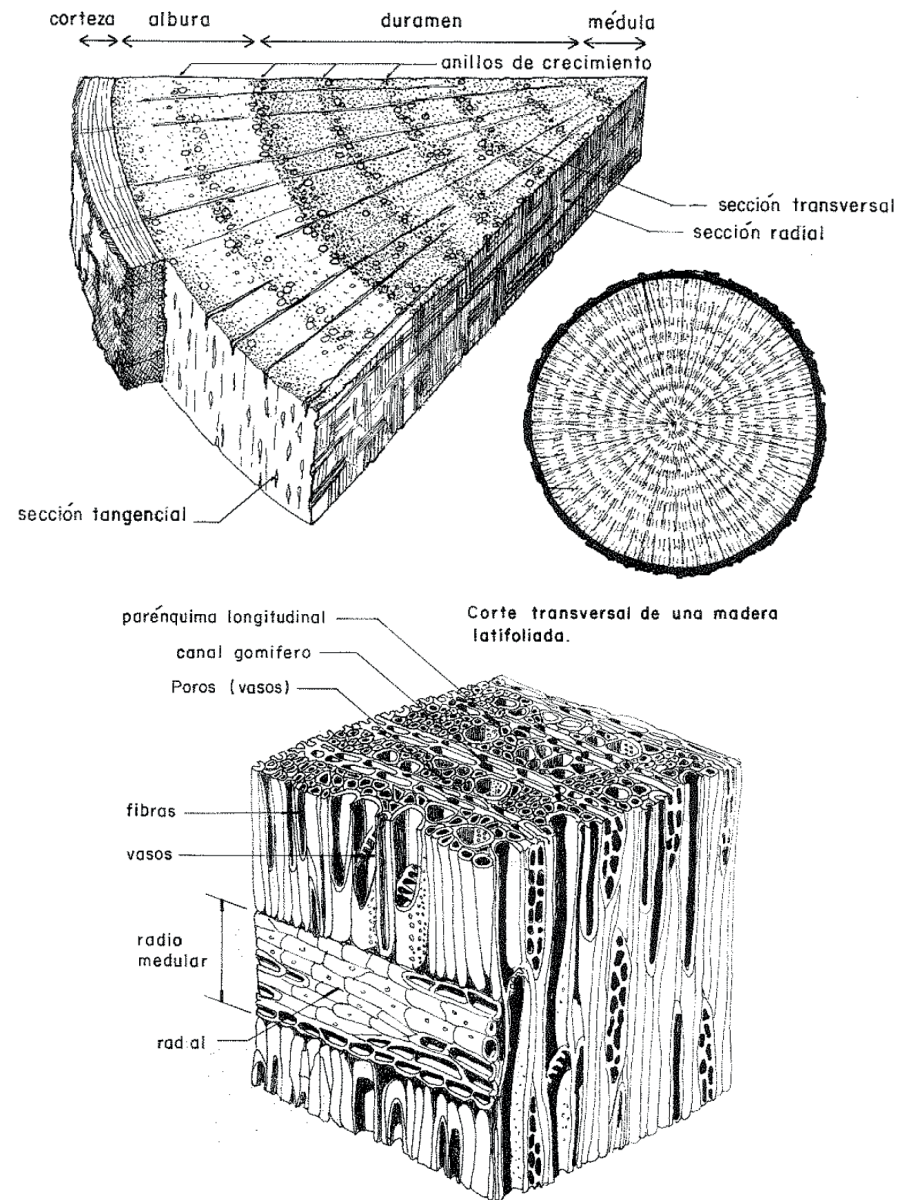


Fig. 2 Estructura anatómica de las maderas latifoliadas (tropicales). (PADT-REFORT,1984)

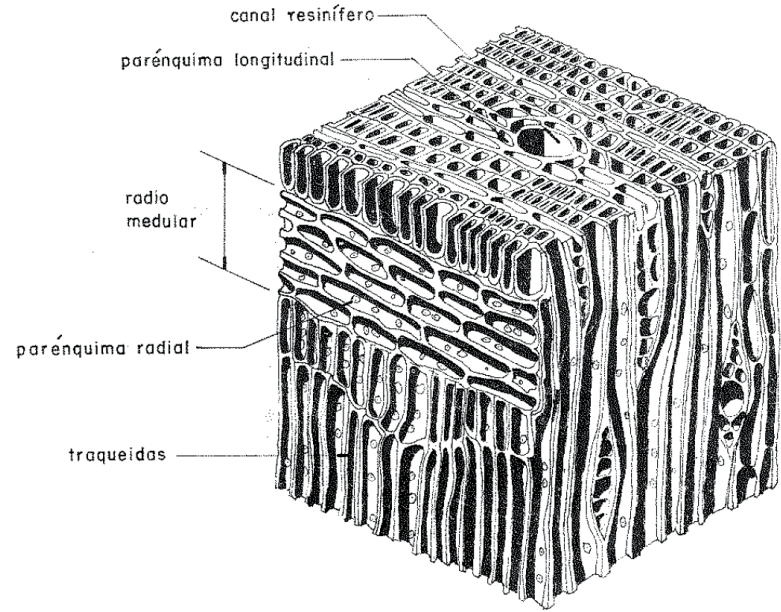
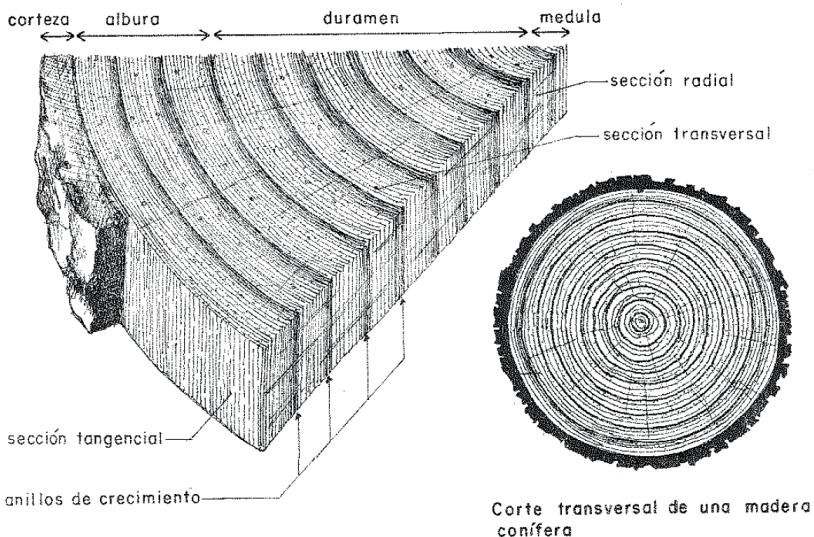


Fig. 3 Estructura anatómica de las maderas coníferas. (PADT-REFORT,1984)

### 1.4.2. Líber o floema

Está situado entre la albura y la corteza. Contiene conductos llamados tubos cribosos por los que se transporta la savia.

### 1.4.3. Cambium

Es la capa de células que origina xilema y floema. Su objetivo es el crecimiento diametral del tronco.

### 1.4.4. Xilema

Es la sección del tronco que constituye la madera propiamente dicha, se compone de madera joven llamada albura y madera que a llegado a su desarrollo completo llamado duramen.

### 1.4.5. Albura

Es la parte activa de la xilema que, en el árbol vivo, contiene células vivas y material de reserva. Conduce gran cantidad de agua y de sales en solución desde la raíz a las hojas. Provee rigidez al tallo y sirve de reservorio de sustancias. Tiene menos resistencia que el duramen y generalmente es de color más claro.

### 1.4.6. Duramen

Es el leño biológicamente inactivo, con funciones de sostén que ocupa la porción del tronco entre la médula y la albura. Generalmente de estructura más compacta, resistente al ataque de hongos e insectos y de coloración más oscura que la albura debido al depósito

de taninos, resinas, grasas, carbohidratos, entre otras sustancias. Las sustancias químicas que causan cambios de color en las paredes celulares muertas de la madera dura se llaman extractivos y la preservan de insectos y hongos.

#### **1.4.7. Núcleo o médula**

Es la parte central del tronco, constituida por tejido flojo y poroso. Igual que el duramen, es madera muerta, de la que parten radios medulares hacia la periferia. Generalmente es de pequeña dimensión y se desecha en los procesos de elaboración de la madera debido a que sus características físico- mecánicas son deficientes.

#### **1.4.8. Anillos de crecimiento**

Indican el incremento anual del árbol o su edad. Un análisis de los anillos de crecimiento permite conocer si el árbol tuvo un crecimiento rápido (anillos bien espaciados), o lento (pequeño espacio entre anillos); o también, es un indicador de aquellos años que han sido desfavorables (espacios menores) o beneficios (espacios mayores) para la planta. En general, las maderas blandas y resinosas tienen los anillos más amplios y apreciables que las maderas duras por ser de mayor densidad. Dada la forma tronco-cónica del árbol, los anillos anuales se aprecian mejor en el tronco en la zona más próxima a las raíces, y permiten determinar la calidad de la madera dentro de la especie.

### **1.5. PROPIEDADES DE LA MADERA**

Es imprescindible conocer las propiedades de la madera para

comprender de una manera eficaz su comportamiento. Éstas varían según la especie, el desarrollo del árbol, la sección, la edad de corte, el grado de humedad y la dirección de la fibra.

La estructura y las propiedades varían en sus diferentes direcciones, lo cual obliga a tener presente la orientación de las solicitaciones con relación al material: paralela y perpendicular a la fibra.

Las propiedades generales, físicas y mecánicas, aún para una misma especie, tienen un amplio margen de variabilidad debido a las condiciones de crecimiento del árbol y están relacionadas con la latitud, la calidad del suelo, las características geográficas (altitud, temperatura y precipitación), la procedencia de los bosques nativos o plantados, el manejo silvicultura, etc. La madera proveniente de la albura del árbol que posee en general, propiedades de resistencia mecánica y al ataque de hongos e insectos, menores que la madera de duramen (NEC,2011).

Cada pieza es un reflejo de todos los factores que influenciaron su crecimiento: anillos de crecimiento, densidad, sentido de la fibra, nudos, depósitos, ataques de hongos e insectos, fendas, bolsa de resinas, etc. El tratamiento dado a los elementos como el apeo, transporte, secado, aserrado, inmunización y labrado pueden presentar diversos defectos visuales que no afectan su resistencia.



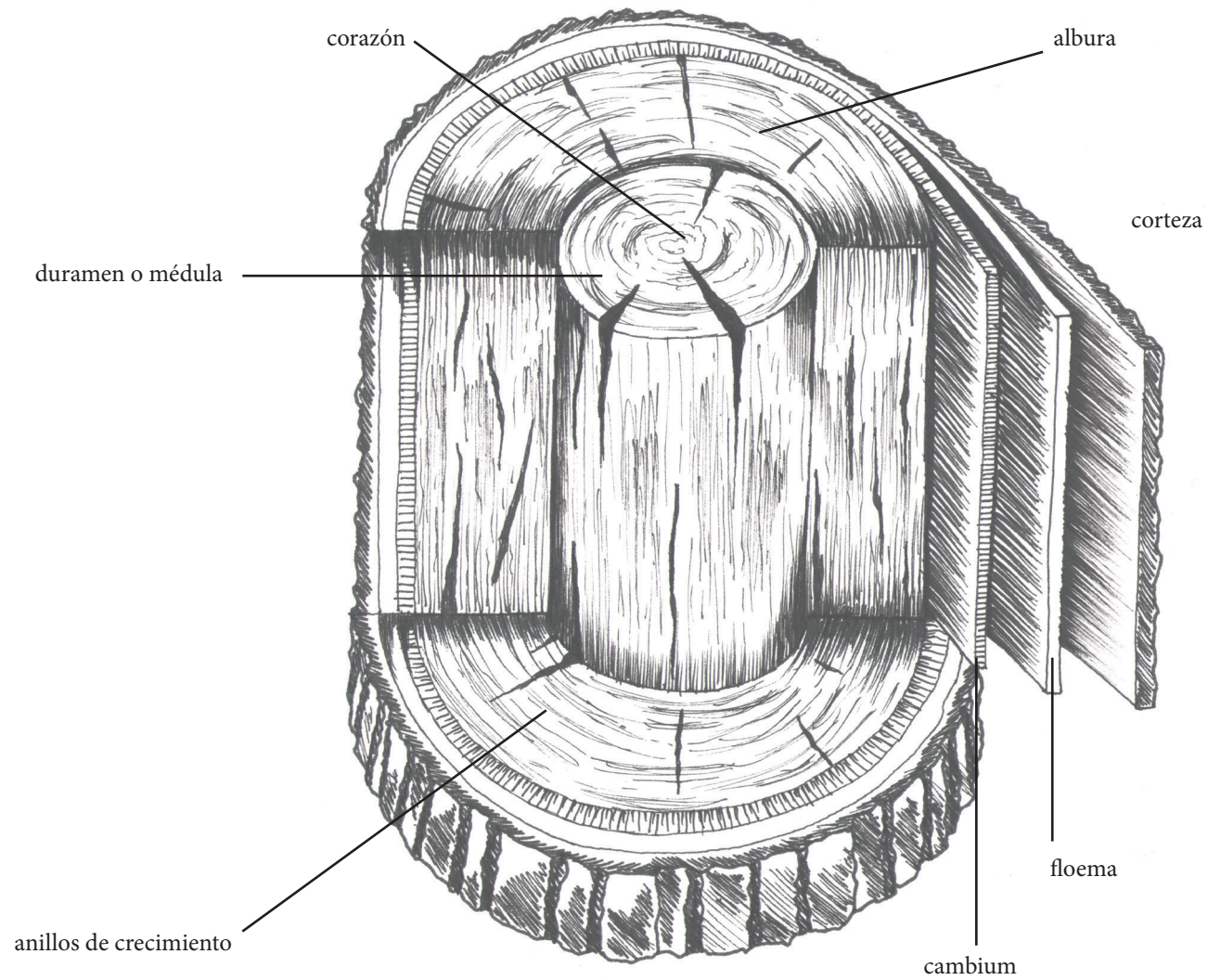


Fig. 4 Re-dibujo sección del tronco de un árbol (David Valdez)

Fuente: Ikonet (2020)

## 1.5.1. PROPIEDADES FÍSICAS

### 1.5.1.1. Anisotropía

Esta propiedad es donde su estructura y propiedades varían en las diferentes direcciones (axial, radial, tangencial), puesto que no es un material homogéneo.

La axial es paralela a la dirección de crecimiento del árbol (dirección de las fibras).

La radial es perpendicular a la axial. Es la dirección de los radios y corta al eje del árbol.

La dirección tangencial es paralela a la radial, en la dirección de la fibra y cortando los anillos anuales.

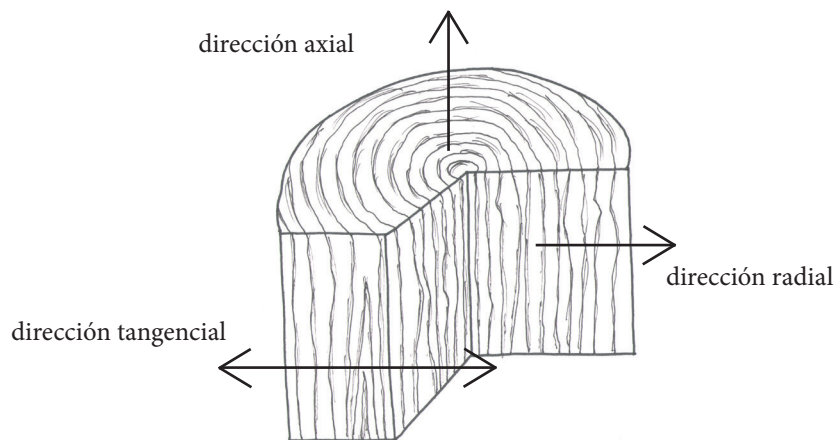


Fig. 5 Redibujo principales direcciones de la madera (David Valdez)

Fuente: Greemap (1995)

### 1.5.1.2. Higroscopicidad

Es la capacidad para absorber la humedad del medio ambiente. Dependiendo del tipo de madera y de su punto de saturación, el exceso de humedad produce hinchazón. La pérdida de humedad durante el secado de la madera contrae las fibras de manera diferente en las tres direcciones, la contracción axial es la menos afectada (promedia el 0.3% según las especies), la contracción tangencial (paralelo a los anillos de crecimiento) es aproximadamente el doble de la radial.

### 1.5.1.3. Densidad

Es la relación que existe entre la masa y el volumen, cuanto más leñoso sea el tejido de una madera y compactas sus fibras, tendrá menos espacio libre dentro de éstas, por lo que pesará más que un trozo de igual tamaño de una madera con vasos y fibras grandes.

La densidad varía con la humedad, mientras la madera verde tiene valores de 50% a 60% de humedad y ésta se reduce durante el secado. Según esta propiedad se puede clasificar en pesadas, ligeras y muy ligeras teniendo en cuenta que las duras son más densas.

### 1.5.1.4. Hendibilidad

Es la resistencia al esfuerzo de tracción transversal antes de romperse por separación de sus fibras. La madera de fibras largas, con nudos o verde es más hendible.

### 1.5.1.5. Flexibilidad

Es la capacidad para doblarse o deformarse sin romperse y retornar a su forma inicial. Las maderas verdes y jóvenes son más flexibles que las secas o viejas.

### 1.5.1.6. Humedad

Hace referencia a la masa de agua contenida en una pieza de madera, expresada en tanto por ciento, respecto de la propia masa de esta pieza en estado anhidra. Este factor influye en el comportamiento de la madera sobre su durabilidad, resistencia, peso y dimensiones, entre otros aspectos.

### 1.5.1.7. Dureza

Es la resistencia al desgaste, rayado, clavado, corte con herramientas, etc. Y varía según la especie del árbol. La madera del duramen es más dura que la de la albura y la madera seca es más dura que la verde.

Según su dureza, la madera se clasifica en:

Maderas duras: son aquellas que proceden de árboles de un crecimiento lento, de hoja caduca, por lo que son más densas.

Maderas blandas: las maderas de coníferas son más livianas y menos densas que las duras.

Maderas semiduras: muchas maderas no se las puede clasificar en

las categorías anteriores por tener una densidad y resistencia variadas.

Algunas maderas de especies duras o blandas presentan mayor o menor resistencia, lo que las hace más fáciles o difíciles de trabajar.

Para la clasificación se debe tomar en cuenta la facilidad o dificultad que en general presentan las maderas para el trabajo con herramientas.

## 1.5.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

### 1.5.2.1. Resistencia a la flexión

El esfuerzo aplicado en la dirección perpendicular a las fibras. Produce un acortamiento de las superiores y un alargamiento a las inferiores, adoptando valores máximos en las fibras externas de la pieza y nulos en las neutras (Fig.6).

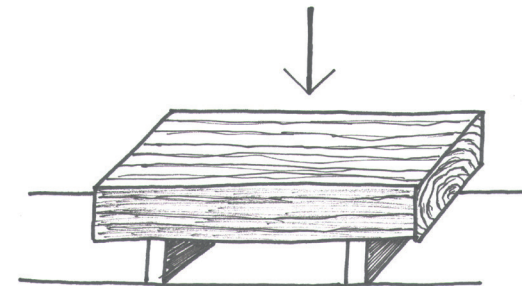


Fig. 6 Esfuerzo a flexión (David Valdez)



### 1.5.2.2. Resistencia al cortante

Es la capacidad de soportar fuerzas en paralelo a las fibras. Perpendicularmente a ellas no se produciría la rotura debido a que la resistencia en esta dirección es alta y la madera se rompe antes por otro efecto (Fig.7).

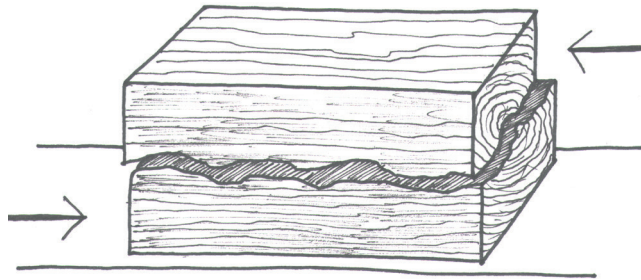


Fig. 7 Esfuerzo al cortante (David Valdez)

### 1.5.2.3. Fatiga

El límite de fatiga es la tensión máxima que puede soportar una pieza sin romperse.

### 1.5.2.4. Pandeo

Se produce cuando se supera la resistencia de las piezas sometidas al esfuerzo de compresión en el sentido de sus fibras al generar una fuerza perpendicular a éstas, produciendo que se doble en la zona de menor resistencia (Fig.8).

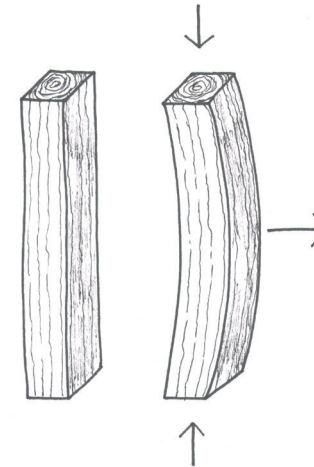


Fig. 8 Esfuerzo al pandeo (David Valdez)

### 1.5.2.5. Resistencia a la tracción

La mayor resistencia es en dirección paralela a las fibras, motivada por la elevada resistencia que las cadenas de celulosa presentan ante esta sollicitación mecánica. La rotura en tracción se produce de forma imprevista.

### 1.5.2.6. Resistencia a la compresión

Ésta aumenta al disminuir el grado de humedad o cuando la madera tiene mayor peso específico. La dirección del esfuerzo al que se somete también influye en la resistencia a la compresión, la madera resiste más al esfuerzo ejercido en la dirección de sus fibras y disminuye a medida que se ejerce atravesando la dirección de las fibras (Fig.9 y 10).

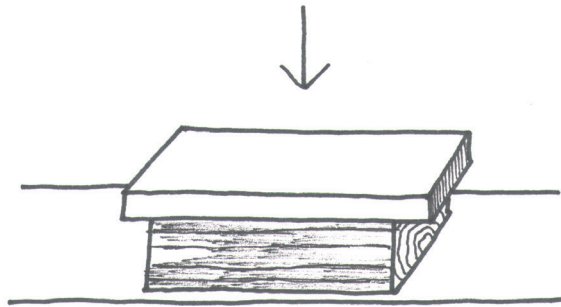


Fig. 9 Compresión perpendicular al grano (David Valdez)

El fracaso de la madera a compresión no resulta claro, ya que lo que se produce en la práctica es un aplastamiento de las fibras.

Las elevadas resistencias a compresión perpendicular son bastante frecuentes por mal dimensionamiento de los apoyos, no obstante, los fallos rara vez son catastróficos ya que solo se puede producir un cierto aplastamiento de las fibras.

El fallo por compresión paralela sí puede llegar a ser catastrófico, por la pérdida de verticalidad que conlleva, sobre todo en el caso de pilares y columnas.

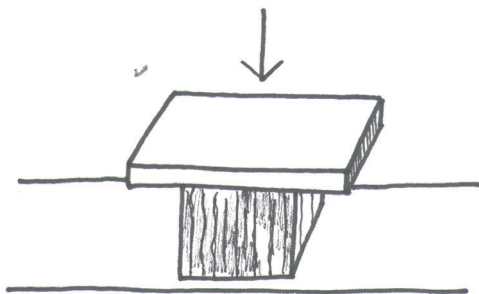


Fig. 10 Compresión paralela al grano (David Valdez)



## CAPITULO II

# DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS





## 2. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

El presente capítulo contiene el estudio de dos normas, que permiten la elaboración de los ensayos; así se determinan las diferentes propiedades físicas y mecánicas del recurso natural renovable que es la madera.

Para este análisis se toma en cuenta la norma internacional American Society for Testing and Materials (ASTM) y la del Instituto Nacional de Normalización de Chile (INN).

La norma American Society for Testing and Materials (ASTM) es una norma internacional.

En Chile, la construcción con madera tiene mayores aplicaciones, y está basada en la norma ASTM, ésta es la razón por la cual la norma chilena contiene información más detallada para cada ensayo.

La norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC - estructura de madera) está elaborada mediante las normas ASTM Internacional.

En consecuencia, se realizaron estudios para los diferentes ensayos basados en las Normas ASTM y la INN Chilena, observándose que se complementan entre ellas.

Ensayo	American Society for Testing and Materials (ASTM)	Instituto de Normalización de Chile (INN)
<b>2.1 Contenido de humedad</b>	Secado al horno a 103 +/- 2 C Hasta conseguir la masa homogénea. Sacar toda astilla de la probeta. Debe ser pesada en una balanza precisión de 0.1g. Dimensión probetas 25x25x100mm	Es la cantidad de agua incluida en la madera, expresada en porcentaje de masa anhidra. Estufa de secado con circulación de Aire, regulable a 103° +/- 2°C durante 24 horas. Desecador. Recipientes de vidrio. 2 probetas para el ensayo de cada muestra. Dimensión probetas 25x25x100mm +/-5mm
La fórmula para determinar el contenido de humedad es: $CH = \frac{(M1 - M2)}{M2} \times 100\%$		Método Xilohigrometro Este método es aplicable para madera con un contenido de humedad entre 7% y 28% y no requiere cortar probetas.
Donde: CH: contenido de humedad. M1: masa de la probeta antes del secado (g) M2: masa de la probeta después del secado (g)		Xilohigrometro con una medición individual con un error no mayor de 2% a contenidos de humedad 7% y 28 %



Ensayo	American Society for Testing and Materials (ASTM)	Instituto de Normalización de Chile (INN)
--------	---	---

**2.2. Flexión estática**

Dimensión  
 Primer Método  
 Probetas de 50x50x760 mm  
 Centro de carga a 710mm  
 Velocidad de carga 0.10 pulg/min  
 2.5 mm/min  
 Segundo Método  
 Probetas de 25x25x410 mm  
 Centro de carga a 360 mm  
 Velocidad de carga 0.05 pulg/min  
 1.3 mm/min

El método se basa en aplicar una carga continua, a una velocidad constante, en la mitad de la luz de la probeta.  
 Máquina para ensayos de flexión  
 Extensómetro  
 Dimensiones de probetas  
 Primer método: 50x50x760 mm, precisión de +/-0.3%  
 Centro de carga a 700mm  
 Segundo Método: 25x25x410mm  
 Centro de carga a 350mm  
 Fibras paralelas a la mesa de trabajo.  
 Velocidad de ensayo 2.5mm/min no variando más allá de 25%.

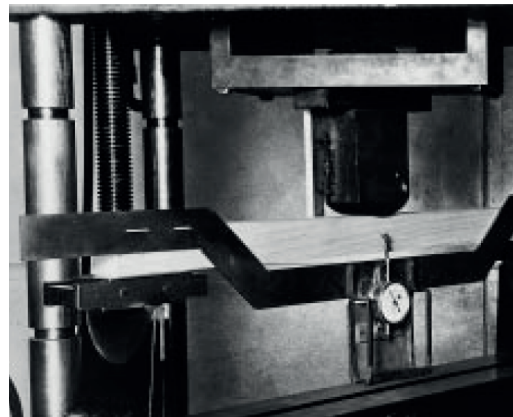


Fig. 11 Ensamblaje de prueba de flexión estática que muestra el método de aplicación de la carga, la muestra apoyada en rodillos y los bordes de la cuchilla ajustables lateralmente y el método de medición de la deflexión en el eje neutral por medio de un yugo y un accesorio de dial (la escala ajustable montada en el cabezal de carga se usa para medir los incrementos de deformación más allá de la capacidad del dial.)

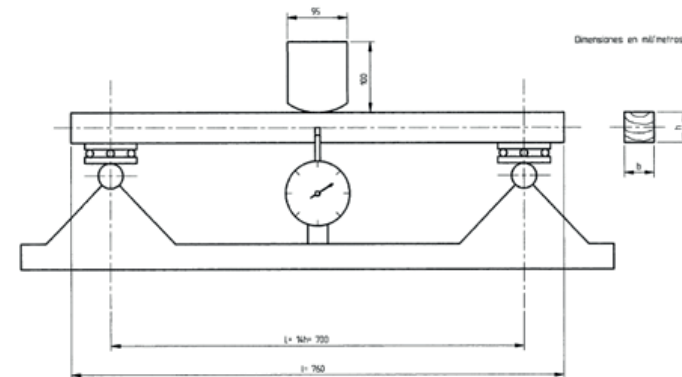


Fig. 12 Esquema de ensayo de flexión estática.





Ensayo	American Society for Testing and Materials (ASTM)	Instituto de Normalización de Chile (INN)
--------	---	---

**2.3. Compresión paralela al grano**

Dimensiones  
 Primer Método  
 Probetas de 50x50x200 mm  
 Segundo Método  
 Probetas de 25x25x100 mm  
 Velocidad de ensayo de 0.003pulg/mm  
 0.003 mm/mm  
 Usar el compresómetro tipo rodillo.

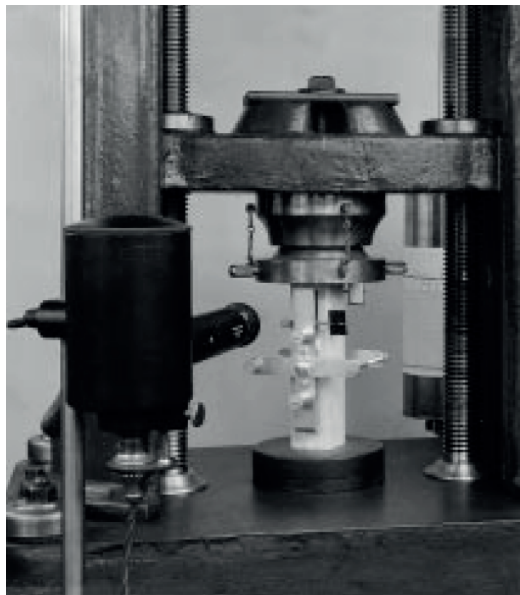


Fig. 13 Ensamblaje de prueba de compresión paralela a grano que muestra el método de medición de deformaciones por medio de un compresómetro de tipo rodillo.

El método se basa en aplicar, sobre una sección transversal extrema de la probeta, una carga continua de dirección paralela a la fibra de la madera.  
 Dimensión de probetas 50x50x200mm  
 Medidos con una precisión de 0.3%.  
 Secciones transversales extremas de la probeta deben ser paralelas entre si.  
 Velocidad de carga 06 mm/min  
 Segundo método  
 Dimensión probetas  
 25x25x100 mm

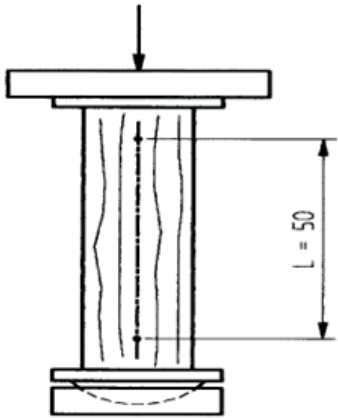


Fig. 14 Ensayo de compresión paralela a las fibras. Método secundario.

**2.4. Tenacidad** Dimensión probetas  
20x20x208 mm  
Longitud de tramo 9.47 pulg / 240mm  
Maza de aluminio radio de 3/4 pulg – 19mm maquina tipo péndulo.

El método se basa en aplicar una carga instantánea en una cara de la probeta, registrando la energía absorbida en el golpe a través del trabajo mecánico realizado.

Las probetas deben ser paralelepípedos rectos de 20x20x280mm precisión del 0.3%

La probeta debe tener su eje longitudinal paralelo a las fibras.

Luz de ensayo 240mm ejercer la carga en el centro.

Colocar el péndulo a 15°.

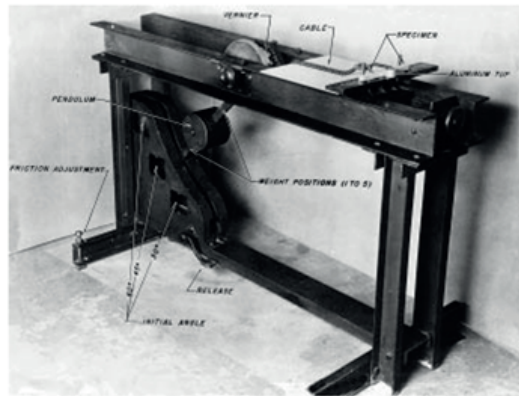


Fig. 15 Conjunto de prueba de tenacidad

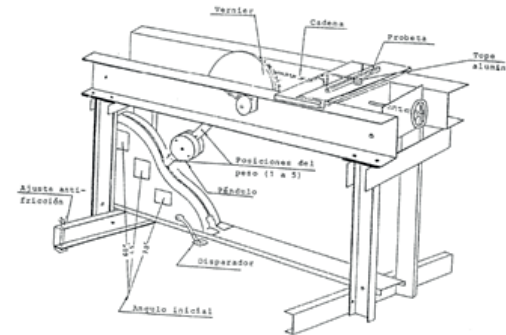


Fig.16 Péndulo para ensayo de tenacidad.



**Ensayo American Society for Testing and Materials (ASTM) Instituto de Normalización de Chile (INN)**

**2.5. Compresión perpendicular al grano**

Dimensión de probetas 50x50x150mm  
Carga transmitir sobre una placa metálica de 50 mmx50mm  
Anillos de crecimiento paralela a la mesa de ensayo.  
Velocidad de prueba 0.012 pulg – 0.305 mm/min.

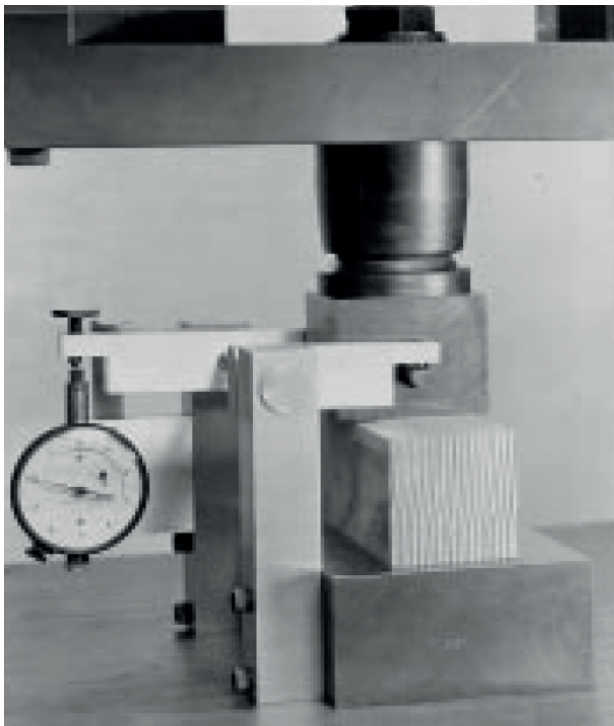


Fig. 17 Conjunto de prueba de compresión perpendicular al grano que muestra el método de aplicación de la carga y la medición de la deformación por medio de un compresómetro de tipo promediado.

El método se basa en aplicar, sobre una cara radial de la probeta, una carga continua de dirección perpendicular a dicha cara hasta llegar a su punto máximo.  
Transferir la carga en una placa de 50mm de ancho y de un espesor no inferior a 15 mm.  
Extensómetro sensibilidad de 0.002mm  
Dimensión probetas 50x50x150mm Su eje longitudinal paralelo a la dirección de la fibra.  
Velocidad de ensayo 0.3 mm/min.

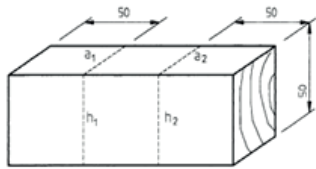


Fig. 18 Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.

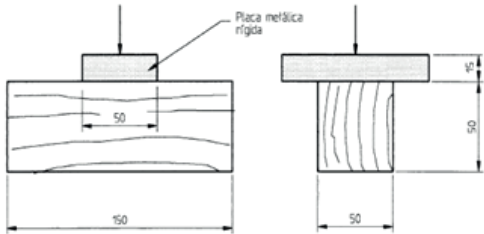


Fig. 19 Medición del alto a y altura h, en la probeta.

Ensayo	American Society for Testing and Materials (ASTM)	Instituto de Normalización de Chile (INN)
--------	---	---

**2.6. Dureza**

Dimensión de probetas  
50x50x150 mm  
Bola de 0.444 in – 1.3 mm de diámetro  
El ensayo consiste en que la bola penetre a la madera hasta la mitad de su diámetro.  
Dos golpes a lado tangencial – al radial y uno a cada extremo.  
Velocidad de carga 0.25 pulg / 6mm/min.

Método JANKA  
El método se basa en aplicar una carga continua sobre las caras de la probeta con el propósito de hacer penetrar en la madera una esfera de acero de 11.3 mm de diámetro, hasta la mitad de su diámetro.  
Las probetas deben tener la dimensión de 50x50x150 mm con una precisión de 0.3%  
El eje longitudinal debe ser paralelo a las fibras.  
Velocidad de carga 6mm/min, no varía más de un 25%.

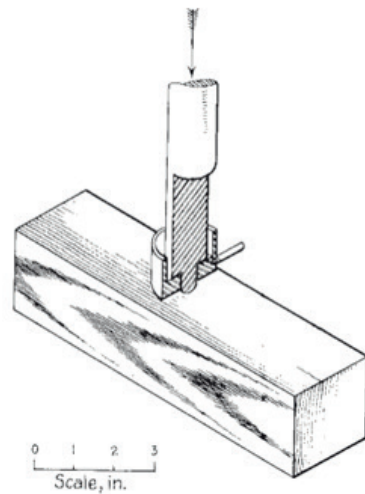


Fig. 20 Esquema del método de realización de la prueba de dureza.

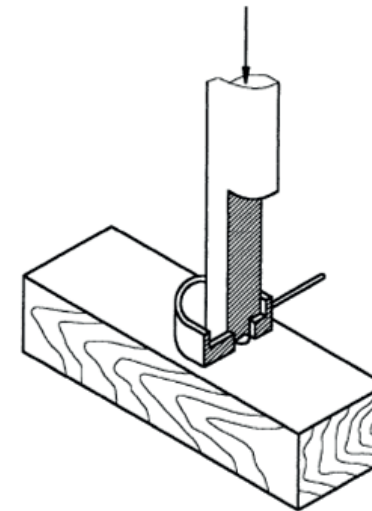


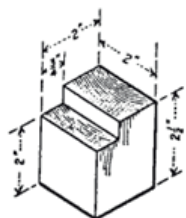
Fig. 21 Dispositivo de carga del ensayo de dureza



<b>Ensayo</b>	<b>American Society for Testing and Materials (ASTM)</b>	<b>Instituto de Normalización de Chile (INN)</b>
---------------	--	--

**2.7. Paralelo a la cizalla del grano**

Dimensión de probetas  
 50x50x63 mm  
 Velocidad de carga 0.024 pulg / 0.6mm/min  
 Las muestras deben ser cortada como indica la figura.



Metric Equivalents			
in.	3/4	2	2 1/2
mm	20	50	63

Fig.22 Espécimen de prueba de cizallamiento paralelo al grano



Fig. 23 Ensamblaje de prueba de corte paralelo al grano que muestra el método de aplicación de la carga a través del asiento ajustable para proporcionar una distribución lateral uniforme de la carga.

Carga por unidad de superficie que es necesaria para provocar la ruptura de la probeta. La falla se materializa como un deslizamiento de una parte de la probeta sobre otra adyacente, en el sentido de la fibra de la madera.

Las probetas deben ser paralelepípedos rectos de 50x50x65 mm con una precisión de  $\pm 0.3\%$   
 Estas son cortadas en uno de sus caras superiores.  
 Plano de falla por cizalle de 50mm x 50 mm.

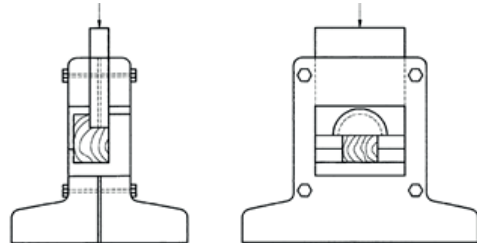


Fig.24 Dispositivo para el ensayo de cizalle.

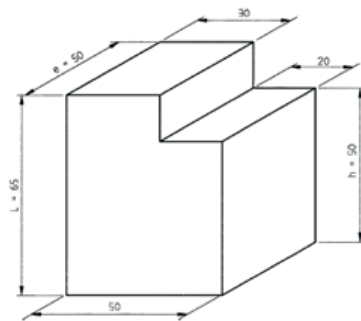


Fig. 25 Forma y dimensiones de la probeta de cizalle



**2.8. Clivaje**

Dimensión de probetas de 50x50x95 mm  
 Velocidad de carga  
 0.10 pulg/min  
 2.5 mm/min

Carga por unidad de ancho que es necesaria para provocar el rajamiento de la madera.

Las probetas deben ser palelepipedos rectos 50x50x95 mm con precisión de 0.3%, realizamos una perforación con el propósito de producir un plano de falla por clivaje de 50 mm de ancho. Velocidad de ensayo 2.5mm/min no variado más de un 25%.

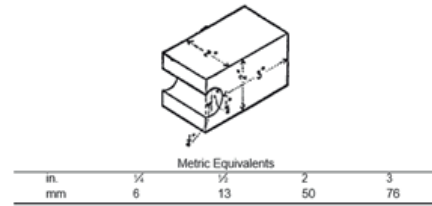


Fig. 26 Muestra de prueba de clivaje.

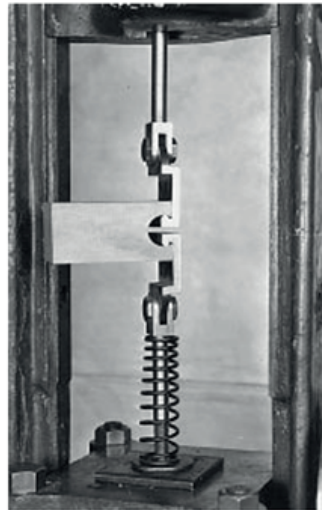


Fig. 27 Conjunto de prueba de clivaje

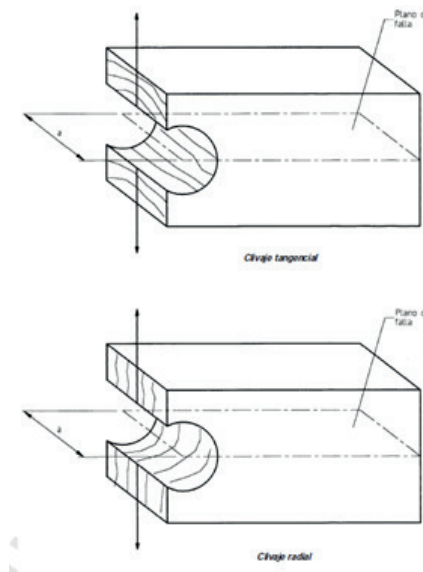


Fig. 28 Orientación de los anillos en el clivaje.



Ensayo	American Society for Testing and Materials (ASTM)	Instituto de Normalización de Chile (INN)
--------	---	---

**2.9. Tensión perpendicular a la fibra**

Se toma en cuenta solo carga máxima.  
 Velocidad de la cruceta es de 0.10 pulg/ min  
 2.5mm/min  
 Dimensión de las probetas es de 50x50x63mm  
 Con agujeros para la sujeción en el ensayo.

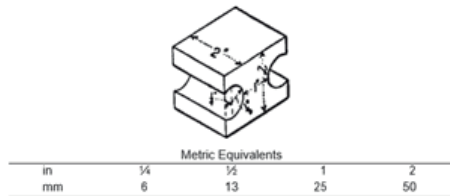


Fig. 29 Muestra de prueba de tensión perpendicular al grano

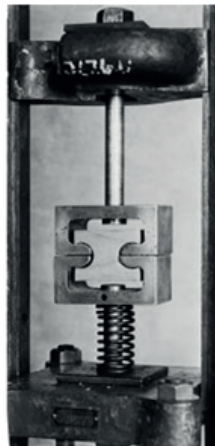


Fig. 30 Conjunto de prueba de tensión perpendicular al grano

Se basa en aplicar una carga continua de tracción de dirección perpendicular a las fibras de la madera hasta llegar al punto de falla de la probeta.

Para el ensayo se usa dos mordazas para tomar la probeta.  
 Dimensión de las probetas son de 50x50x63 mm con una medición de precisión del +/-0.3%  
 Con agujeros en sus extremos para producir una falla por tracción de 25mmx50mm.  
 Velocidad de ensayo 2.5mm/min.

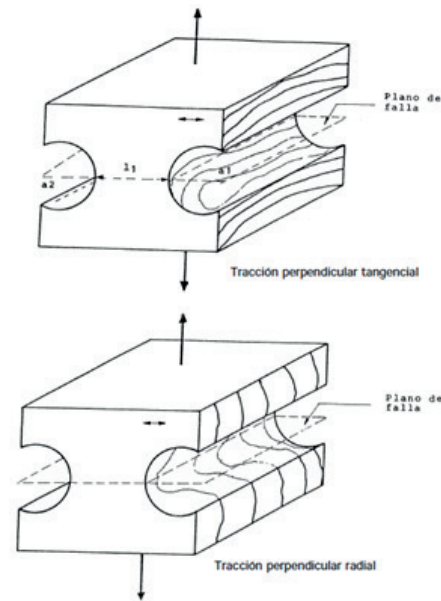


Fig. 31 Orientación de los anillos en la tracción perpendicular a las fibras.

Ensayo	American Society for Testing and Materials (ASTM)	Instituto de Normalización de Chile (INN)
--------	---	---

**2.10. Contracción radial y tangencial**

Dimensión de las probetas de 25x25x100 mm en tiras.  
 En tablero de 25x100mm.  
 Debe ser muestras verdes.  
 Estufa a 103° +/- 3C



Fig. 32 Conjunto de prueba de contracción radial y tangencial.

Disminución de dimensiones que sufre la madera al perder humedad bajo el punto de saturación de las fibras.  
 Dimensión de probetas de 25x25x100mm  
 Anillos de crecimiento deben ser paralelos a dos caras opuestas de la probeta.  
 Estufa para madera 103° +/- 2C.  
 Desecador.

**2.11. Gravedad específica o la contracción en el volumen**

Muestras verdes con dimensiones de 50x50x150 mm.  
 Con un contenido de humedad de 12%. Las muestras pueden ser secadas en el horno a 103 C.



Fig. 33 Configuración de prueba de gravedad específica y contracción en volumen.



**Ensayo American Society for Testing and Materials (ASTM)**

**2.12. Impacto de doblez** Dimensiones probetas  
50x50x760 mm  
Lapso de carga 28 pulg / 710 mm  
Peso de martillo 50 lbf



Fig. 34 Máquina de impacto Hatt-Turner, ilustrando el método de realización de la prueba de flexión por impacto.

**Ensayo American Society for Testing and Materials (ASTM)**

**2.13. Tensión paralela a la fibra** Se produce con dos agarraderas, la deformación se mide cada 2pulg y deformaciones cada 0.0001 pulg.  
Velocidad cruceta 0.05 pulg – 1mm/min  
Se toma en cuenta solo la carga máxima.  
Dimensión de las probetas  
25 x 25 x 460 mm



Fig. 35 Ensamblaje de prueba de tensión paralela al grano que muestra los agarres y el uso de un extensómetro de longitud calibrada de 50 mm (2 pulg.) Para medir la deformación.



Ensayo	American Society for Testing and Materials (ASTM)
--------	---

**2.14. Retirada de clavos** Clavos de 0.0985 pulg – 2.5 mm de diámetro. Clavos con punta de diamante, los clavos deben estar colocados perpendicularmente de la cara de las muestras con una penetración de 1 1/4” - 32mm, 2 clavos en la cara tangencial y radial, 1 cada extremo. Velocidad de ensayo de 2mm/min.

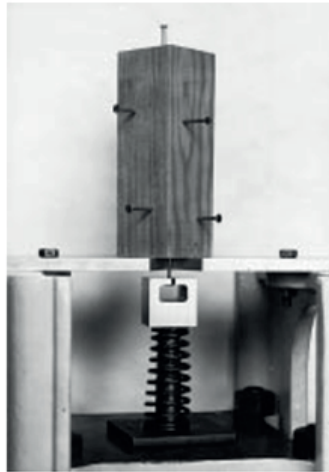


Fig. 36 Conjunto de prueba de extracción del clavo que muestra la muestra en posición para la extracción del clavo clavado en un extremo de la muestra.

Ensayo	Instituto de Normalización de Chile (INN)
--------	---

**2.15. Densidad básica** Densidad básica: relación entre masa de la probeta en estado anhidro y el volumen de la probeta en estado verde.  
Dimensiones de probetas 25x25x100 mm.

La fórmula para determinar la densidad básica es:

$$D_{o,g} = \frac{M_o}{V_g} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Donde:

$D_{o,g}$ : densidad básica (g/cm<sup>3</sup>)

$M_o$ : masa de probeta después del secado (g)

$V_g$ : volumen de la probeta antes del secado (cm<sup>3</sup>)

Ensayo	Instituto de Normalización de Chile (INN)
--------	---

**2.16. Densidad referencial** Densidad referencial: determinar la masa y el volumen de la probeta al contenido de humedad H:30%.  
Dimensiones de probetas 25x25x100 mm.

**2.17. Densidad normal** Densidad normal: relación entre la masa y volumen determinados ambos a un contenido de humedad igual al 12%.

Dimensiones de probetas 25x25x100 mm.



Ensayo	Instituto de Normalización de Chile (INN)	La fórmula para determinar la densidad anhidra es:
<b>2.18. Densidad anhidra</b>	Densidad anhidra: relación entre la masa y el volumen de la probeta en el estado anhidro. Dimensiones de probetas 25x25x100 mm.	$D_{o,o} = \frac{M_o}{V_o} \text{ (g/cm}^3\text{)}$

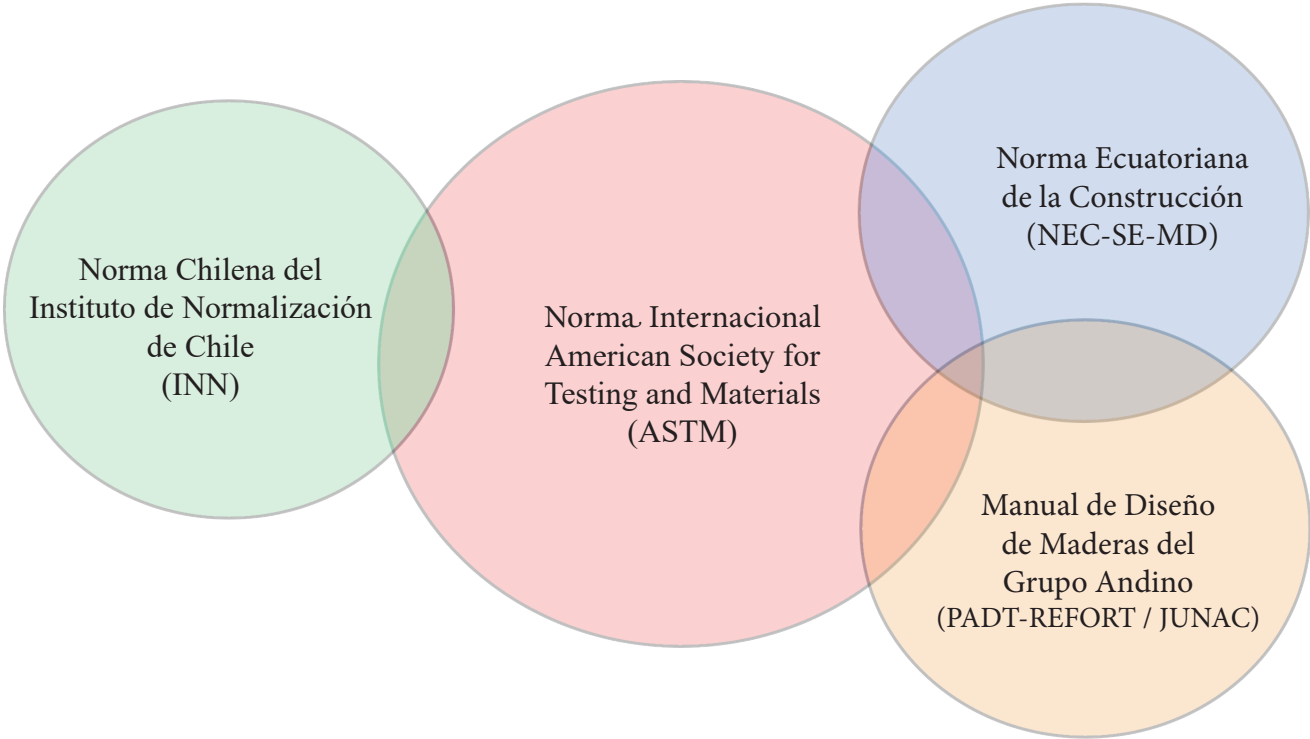
Donde:  
 Do,o: densidad anhidra (g/cm3)  
 Mo: masa de probeta después del secado (g)  
 Vo: volumen de la probeta después del secado (cm3)

**2.19 Gráfica de normas para realizar ensayos en madera**

En esta representación gráfica, para realizar ensayos de madera, se tiene como norma principal la Internacional American Society for Testing and Materials (ASTM).

La norma Ecuatoriana de la Construcción, está basada en el Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino (JUNAC) y en la norma Internacional ASTM.

El Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino (PADT-REFORT / JUNAC) y la norma chilena del Instituto de Normalización de Chile (INN), para su elaboración tiene como referencia la norma internacional ASTM, cabe señalar que la norma chilena tiene un desarrollo más profundo de cada uno de los ensayos.





## CAPITULO III

# OBTENCIÓN DE PROBETAS Y ELABORACIÓN DE ENSAYOS





### 3. OBTENCIÓN DE PROBETAS Y ELABORACIÓN DE ENSAYOS

Las muestras fueron obtenidas en el cantón Sucúa perteneciente a la provincia de Morona Santiago, cantón que tiene una gran variedad de flora, que se constituye en una de sus riquezas. Existen bosques de clima subtropical húmedo, que es uno de sus principales atractivos; en dichos bosques se pueden encontrar diferentes especies arbóreas como: la palma, matapalos, caña guadúa, helecho arbóreo, orquídeas, heliconias, higüero, guayusa, fibra, cedro, entre otras (Gad Sucúa, 2019).

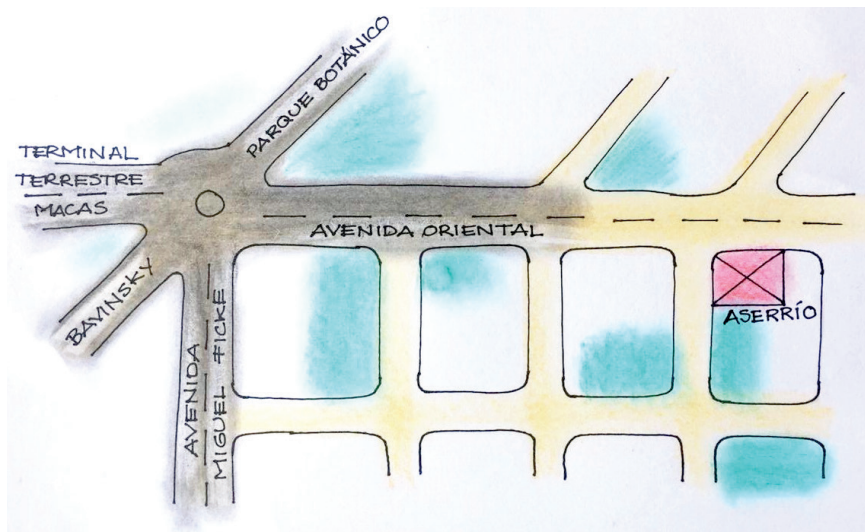


Fig. 37 Croquis ubicación aserrío (David Valdez)

### 3.1. UBICACIÓN DEL ASERRÍO



Fig. 38 Cantón Sucúa (Fuente Google Earth)



Fig. 39 Fotografías del aserrío (David Valdez)



### 3.2. OBTENCIÓN DEL MATERIAL PARA LAS PROBETAS (ASERRÍO - SUCÚA)

En primer lugar se recolectó el material necesario para los diferentes ensayos, luego se prepararon las muestras con las medidas solicitadas por las diferentes normas y así determinar sus propiedades físicas y mecánicas. (Norma Chilena 176 de 1984 – ASTM D143-94 Wood del 2000)

#### 3.2.1. Listado de las seis muestras a analizar sus propiedades

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Capulí	Huertea glandulosa Ruiz & Pav.	Staphyleaceae
Llorasangre	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H. Gentry	Myristicaceae
Cuero de sapo	Parinari romeroi Prance	Chrysobalana- ceae
Yaso	Chrysophyllum cainito L	Phyllanthaceae
Mucuna	Chimarrhis glabriflora Ducke	Rubiaceae
Pitiuca	Clarisia racemosa Ruiz & Pav	Moraceae

#### 3.2.2. Listado de especies complementarias al catálogo

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Ceibo	Ceiba samauma (Mart.) K. Schum.	Bombacoideae
Jíbaro(Balsa jíbara)	Alchornea grandis Benth.	Euphorbiaceae
Caimito	Pouteria caimito	Sapotaceae
Uvilla	Pourouma cecropiifolia Mart.	Urticaceae
Copal	Dacryodes peruviana (Loes.) J.F. Macbr.	Burseraceae
Maquero	Ficus americana subsp. guianensis	Moraceae
Jigua	Nectandra reticulata (Ruiz & Pay)Mez	Lauraceae
Azufre	Symphonia globulifera	Clusiaceae
Guarumo	Cecropia montana Warb. Ex Snethl	Cecropiaceae



NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA
Guabillo	Inga acreana Harms	Fabaceae
Guashique	Ocotea sp.	Lauraceae
Sapote	Matisia cordata	Malvaceae
Lengua de vaca	Laguncularia racemosa	Combretaceae
Bellamaria	Vochysia bracedliniae	Vochysiaceae
Aguacatillo	Grias peruviana Miers.	Lecythidaceae
Higuerán	Ficus insipida	Moraceae
Sapán	Rollinia dolichopetala R.E. Fr.	Annonaceae
Sandi	Batocarpus sp.	Moraceae
Pechiche	Vitex cymosa	Lamiaceae
Canelón	Ocotea floccifera Mez & Sodiro	Lauraceae

3.2.3. Equipos utilizados

- Cepillo de mesa



Fig. 40 Fuente: David Valdez

- Sierra de mesa



Fig. 41 Fuente: David Valdez

- Ingletadora



Fig. 42 Fuente: David Valdez

- Material para probetas



Fig. 43 Fuente: David Valdez

### 3.3. PREPARACIÓN DE PROBETAS PARA ENSAYOS

La preparación de las probetas para los diferentes ensayos se llevó a cabo en el laboratorio de carpintería de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca. Se tomaron 18 muestras para elaborar cada uno de los ensayos, 3 muestras por especie, que es la cantidad mínima para los ensayos de acuerdo con la norma ASTM D143-94 Wood del 2000 y la Norma Chilena (INN) 176 de 1984.

#### 3.3.1. Los tipos de ensayo elaborados son los siguientes

1. Contenido de Humedad (Según la norma ASTM D143-94 Wood del 2000 y Norma Chilena 176/1 de 1984).
2. Densidad anhidra (Según la norma Chilena INN 176/2 de 1984).
3. Densidad básica (Según la norma Chilena INN 176/2 de 1984).
4. Compresión perpendicular a la fibra (Según la norma ASTM D143-94 Wood del 2000).
5. Compresión paralela a la fibra (Según la norma ASTM D143-94 Wood del 2000).
6. Flexión estática (Según la norma ASTM D143-94 Wood del 2000).





### 3.3.2. Herramientas utilizadas para la preparación de las probetas

1. Flexómetro de 3m



Fig. 44 Fuente: David Valdez

3. Prensa G



Fig. 46 Fuente: David Valdez

2. Escuadra



Fig. 45 Fuente: David Valdez

4. Ingletadora



Fig. 47 Fuente: David Valdez





Fig. 48 Cortado de las muestras para los ensayos Fuente: David Valdez

### 3.4. MUESTRAS PARA ENSAYOS

#### 3.4.1. Muestras para ensayo de humedad y compresión paralela a la fibra

Las dimensiones requeridas por las normas: Norma Chilena 176 de 1984 – ASTM D143-94 Wood del 2000 son de: 2.5 x 2.5 x 10 cm, un total de 18 muestras, 3 muestras mínimas de cada especie.



Fig. 49 Muestras para ensayos Fuente: David Valdez

### 3.4.2. Muestras para ensayo de compresión perpendicular a la fibra

Las dimensiones requeridas por la norma: ASTM D143-94 Wood del 2000 son de: 5 x 5 x 15 cm, un total de 18 muestras, 3 muestras mínimas de cada especie.



Fig. 50 Muestras para ensayos Fuente: David Valdez

### 3.4.3. Muestras para ensayo flexión estática

Las dimensiones requeridas por las normas: ASTM D143-94 Wood del 2000 son de: 2.5 x 2.5 x 41 cm. Son en total 18 muestras, que representan a 3 muestras mínimas por cada especie.



Fig. 51 Muestras para ensayos Fuente: David Valdez



### 3.5. ELABORACIÓN DE ENSAYOS

#### 3.5.1. Contenido de humedad (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000 y Norma Chilena 176/1 de 1984)

Tamaño de probetas:

10 x 2.5 x 2.5 cm

Procedimiento:

1. Se midieron las probetas en tres dimensiones, largo, ancho y altura con la ayuda de un calibrador.



Fig. 52 Medición de probetas con calibrador previo al secado.

Fuente: David Valdez

2. Se pesaron las probetas en una balanza, marca OHAUS tipo AV4101C, fabricada conforme a las normas ISO 9001:2000, cuya precisión es de 0.1 gramos.



Fig. 53 Pesado de las probetas en la balanza.

Fuente: David Valdez

3. Se colocaron las probetas en el horno durante 24 horas a una temperatura de 103° C / 217.4° F, conforme la norma chilena NCH 176/1 de 1984, la hora de colocación en el horno fue a las 8h59 am.

### CARACTERÍSTICAS DEL HORNO

Modelo	Model 40 GC Series Lab Ovens
Dimensiones	51 x 76.2 x 40.7 cm
Rango temperatura	450° F / 232° C



Fig. 54 Foto del horno Model 40 GC Series Lab Ovens.  
Fuente: David Valdez



Fig. 55 Probetas colocadas en el horno para el secado.  
Fuente: David Valdez

4. Luego de 24 horas en el horno se procedió a pesar las probetas en la balanza y a la medición de sus dimensiones. Se aplica la fórmula para determinar el contenido de humedad que tiene cada una de las muestras con base a la Norma Chilena INN 176/1 de 1984.



Fig. 56 Probetas después del secado.  
Fuente: David Valdez



### 3.5.1.1 Fórmula para determinar el contenido de humedad

La fórmula para determinar el contenido de humedad es:

$$CH = \frac{(M1 - M2)}{M2} \times 100\%$$

Donde:

CH: contenido de humedad.

M1: masa de la probeta antes del secado (g)

M2: masa de la probeta después del secado (g)

### 3.5.1.2 Resultados obtenidos de la prueba de contenido de humedad

La especie con mayor humedad y reducción en masa fue el Yaso, con un porcentaje de 18.28% en humedad y un promedio de variación de masa en 6.93 gramos. La especie con menor porcentaje de humedad es la Pitiuca que registró un 14.42%. La que tuvo menor variación en contenido de masa fue la especie Llorá Sangre, que registró una variación de 4.13 gramos.

### 3.5.1.3. Tabla de resultados de contenido de humedad

Especie	Peso Humedo Gramos	Peso Seco Gramos	% De Humedad	Promedio Humedad
<b>Cuero De Sapo</b>				
1	42,40	36,20	17,13	
2	37,40	32,50	15,08	15,98
3	37,50	32,40	15,74	
<b>Mucuna</b>				
1	47,90	41,40	15,70	
2	48,30	41,60	16,11	16,09
3	49,50	42,50	16,47	
<b>Pitiuca</b>				
1	42,30	37,10	14,02	
2	44,00	38,40	14,58	14,42
3	43,80	38,20	14,66	



3.5.1.3. Tabla de resultados de contenido de humedad

Especie	Peso Humedo Gramos	Peso Seco Gramos	% De Humedad	Promedio Humedad
Capulí				
1	47,50	40,60	17,00	16,43
2	48,50	41,70	16,31	
3	47,90	41,30	15,98	
Llora Sangre				
1	30,10	25,90	16,22	16,15
2	29,60	25,50	16,08	
3	29,50	25,40	16,14	
Yaso				
1	44,00	37,70	16,71	18,28
2	44,80	38,30	16,97	
3	45,80	37,80	21,16	

3.5.2. Densidad anhidra

Para determinar la densidad anhidra se utilizaron 3 probetas de sección 2.5x2.5x10cm, conforme el método establecido por el Instituto de Normalización de Chile (INN) 176/2 de 1984.

Fórmula para determinar la densidad anhidra

$$D_{o,o} = \frac{M_o}{V_o} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Donde:  
 Do,o: densidad anhidra (g/cm3)  
 Mo: masa de probeta después del secado (g)  
 Vo: volumen de la probeta después del secado (cm3)

3.5.3. Densidad básica

Para determinar la densidad básica se utilizaron 3 probetas de sección 2.5x2.5x10cm, conforme el método establecido por el Instituto de Normalización de Chile (INN) 176/2 de 1984.

Fórmula para determinar la densidad básica

$$D_{o,g} = \frac{M_o}{V_g} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Donde:  
 Do,g: densidad básica (g/cm3)  
 Mo: masa de probeta después del secado (g)  
 Vg: volumen de la probeta antes del secado (cm3)

### 3.5.4. Tabla de resultados de densidad anhidra y básica

#	Especie	Densidad anhidra Gr/cm3	Densidad básica Gr/cm3
1	Capulí	0,71	0.68
2	Cuero de sapo	0,51	0.39
3	Llora sangre	0,40	0.42
4	Mucuna	0,67	0.70
5	Pitiuca	0,62	0.57
6	Yaso	0,68	0.68
7	Guabillo	0,35	0.33
8	Maquero	0,29	0.28
9	Sandi	0,59	0.54
10	Bellamaria	0,30	0.28
11	Uvilla	0,30	0.29
12	Caimito	0,69	0.64
13	Aguacatillo	0,61	0.58
14	Higuerón	0,51	0.48
15	Jigua	0,40	0.39
16	Pechiche	0,64	0.62

#	Especie	Densidad anhidra Gr/Cm3	Densidad básica Gr/cm3
17	Copal	0,52	0.49
18	Ceibo	0,27	0.26
19	Guarumo	0,38	0.36
20	Sapote	0,39	0.36
21	Guashique	0,53	0.50
22	Lengua De Vaca	0,4	0.38
23	Sapán	0,3	0.28
24	Canelón	0,43	0.41
25	Azufre	0,58	0.55
26	Balsa De Jíbaro	0,36	0.34

### 3.5.5. Compresión perpendicular a la fibra (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000)

Tamaño de probetas:

15 x 4 x 4 cm

Procedimiento:



1. 1. Se midieron las probetas en sus 3 dimensiones, se utilizó el calibrador como herramienta para la medición. En esta prueba se tomaron en cuenta las direcciones de la fibra, que deben estar colocadas radial o paralelamente a la mesa en la que se va a elaborar el ensayo.



Fig. 57 Medición de probetas.  
Fuente: David Valdez

Para realizar el ensayo, la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000 recomienda colocar en el centro de la probeta un cubo metálico de 5 x 5 x 5 cm, éste ayuda a transmitir la fuerza de mejor manera.

Con un deformímetro, que tiene como rango de precisión del 0.01 mm, se realizaron los diagramas de esfuerzo de deformación al final del ensayo, se tomó cada 0.10 mm la fuerza ejercida a la probeta, para luego graficar, para ello se utilizó el software Excel, debido a que la máquina no grafica valores pequeños y marca la fuerza a partir de los 200 kgf.

El promedio de duración del ensayo fue de 100 minutos por probeta, luego de que la probeta fracasó, se tomó la medida del hundimiento de la probeta con la ayuda de un calibrador.

## 2. Prensa para los ensayos a compresión.

Características de la prensa	
Tipo	ACCU- TEK ADR Touch 250 marca ELE Internacional
Elaborada bajo la norma	ASTM C-39
Velocidad de prensa	0.40 mm/min
Velocidad de norma ASTM	0.305 mm/min



Fig. 58 Foto de ensayo perpendicular a la fibra.  
Fuente: David Valdez



### 3.5.5.1 Resultados.

Especie: Cuero de Sapo	
<b>Probeta 1:</b>	
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm	
Carga de ruptura: 1937.5 kgf	
Carga por área: 32.51 kgf/cm <sup>2</sup>	
Hundimiento: 3.6 mm	
<b>Probeta 2:</b>	
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm	
Carga de ruptura: 2021.4 kgf	
Carga por área: 33.91 kgf/cm <sup>2</sup>	
Hundimiento: 3.7 mm	
<b>Probeta 3:</b>	
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm	
Carga de ruptura: 2074.3 kgf	
Carga por área: 34.80 kgf/cm <sup>2</sup>	
Hundimiento: 3 mm	
<b>Resultado</b>	
Promedio de carga 2011.07 kgf	
Promedio de carga por área 33.74 kgf / cm <sup>2</sup>	
Promedio hundimiento 3.43 mm	

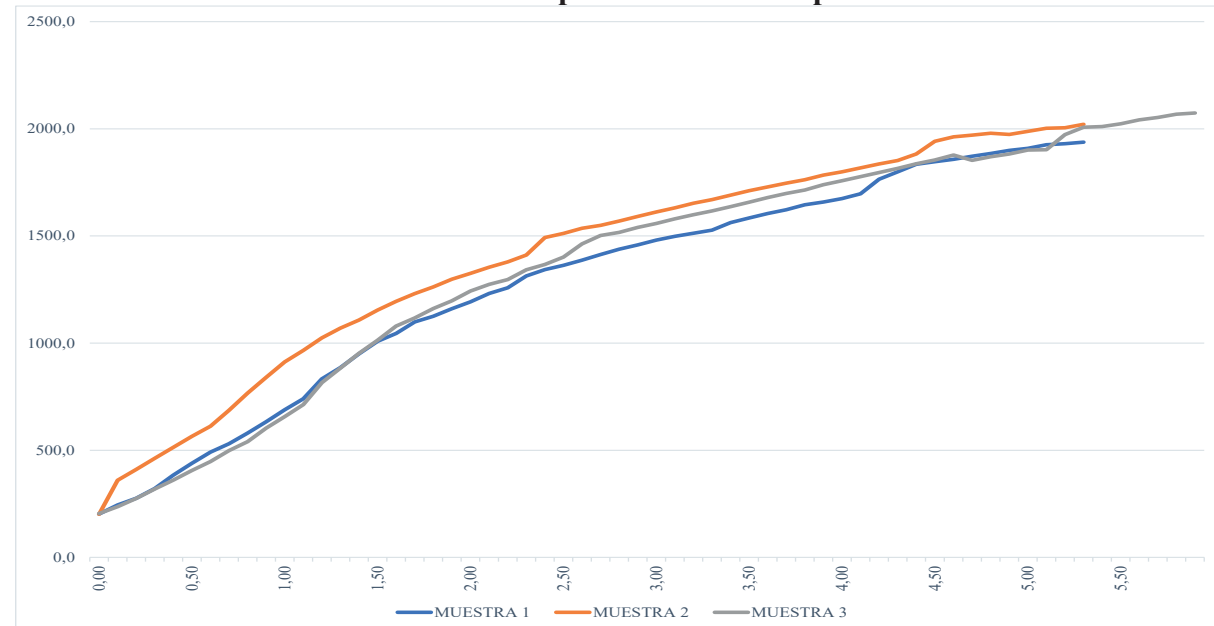


Fig. 59 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Cuero de Sapo. Fuente: David Valdez



Fig. 60 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Cuero de Sapo. Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Cuero de Sapo**





<b>Especie: Mucuna</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 14.9 x 3.9 x 3.9 cm
Carga de ruptura: 5904.6 kgf
Carga por área: 101.61 kgf/cm2
Hundimiento: 3.9 mm
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 14.9 x 3.9 x 3.9 cm
Carga de ruptura: 5811.1 kgf
Carga por área: 100.00 kgf/cm2
Hundimiento: 4 mm
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 14.9 x 3.9 x 3.9 cm
Carga de ruptura: 5027.3 kgf
Carga por área: 86.51 kgf/cm2
Hundimiento: 4 mm
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 5581 kgf
Promedio de carga por área 96.04 kgf / cm2
Promedio hundimiento 3.9 mm

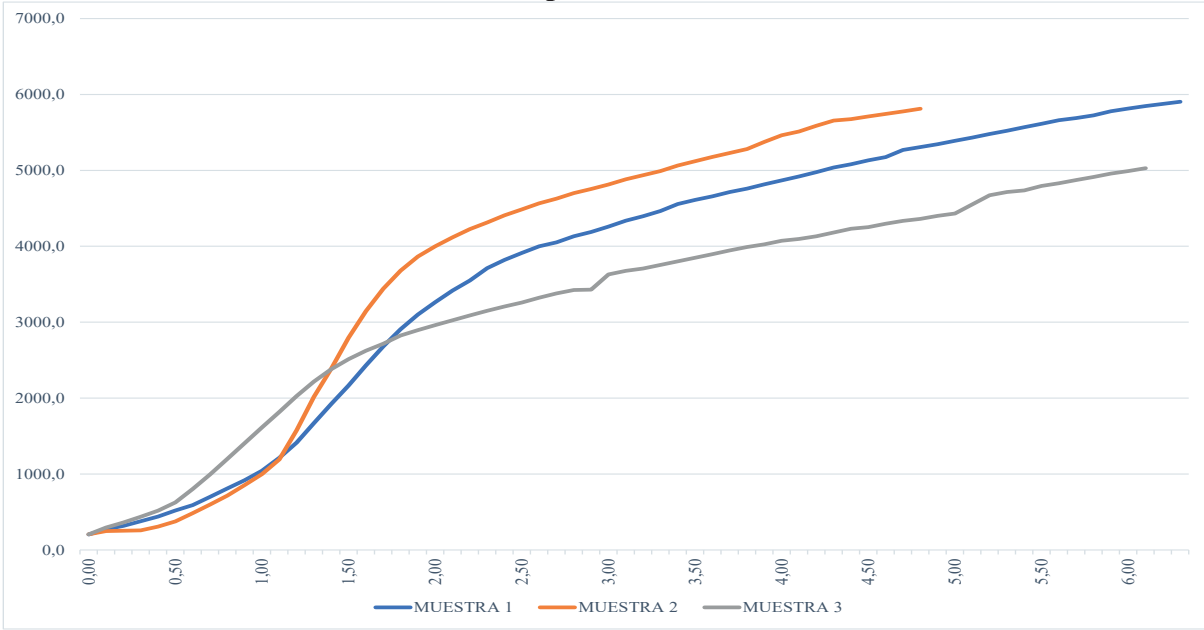


Fig. 61 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Mucuna. Fuente: David Valdez



Fig. 62 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Mucuna. Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especies Mucuna**



<b>Especie: Pitiuca</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4.1 x 4.1 cm
Carga de ruptura: 5040.4 kgf
Carga por área: 82.50 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 3.4 mm
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4.1 x 4.1 cm
Carga de ruptura: 5006.3 kgf
Carga por área: 81.94 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 2.4 mm
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4.1 x 4.1 cm
Carga de ruptura: 5146.6 kgf
Carga por área: 84.24 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 2.5 mm
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 5064.43 kgf
Promedio de carga por área 82.90 kgf / cm <sup>2</sup>
Promedio hundimiento 2.76 mm.

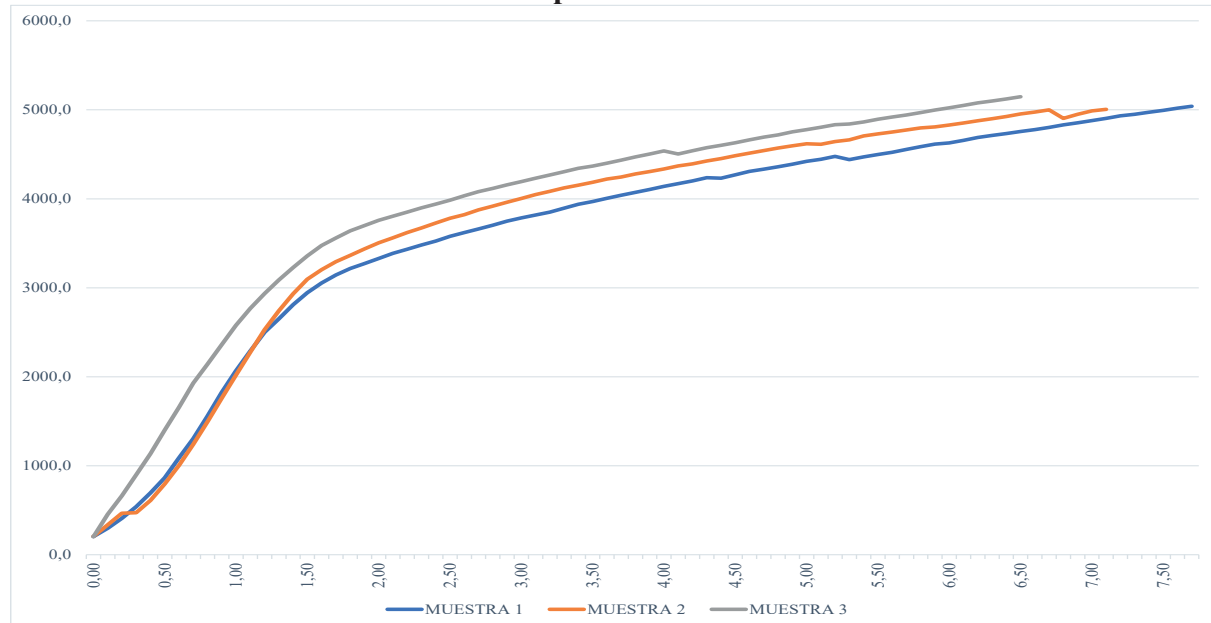


Fig. 63 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Pitiuca. Fuente: David Valdez



Fig. 64 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Pitiuca. Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Pitiuca**





<b>Especie: Capulí</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 5389.0 kgf
Carga por área: 90.41 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 3.3 mm
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 5652.4 kgf
Carga por área: 94.83 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 4.1 mm
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 5724.9 kgf
Carga por área: 96.05 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 3.4 mm
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 5588.8 kgf
Promedio de carga por área 93.8 kgf / cm <sup>2</sup>
Promedio hundimiento 3.6 mm

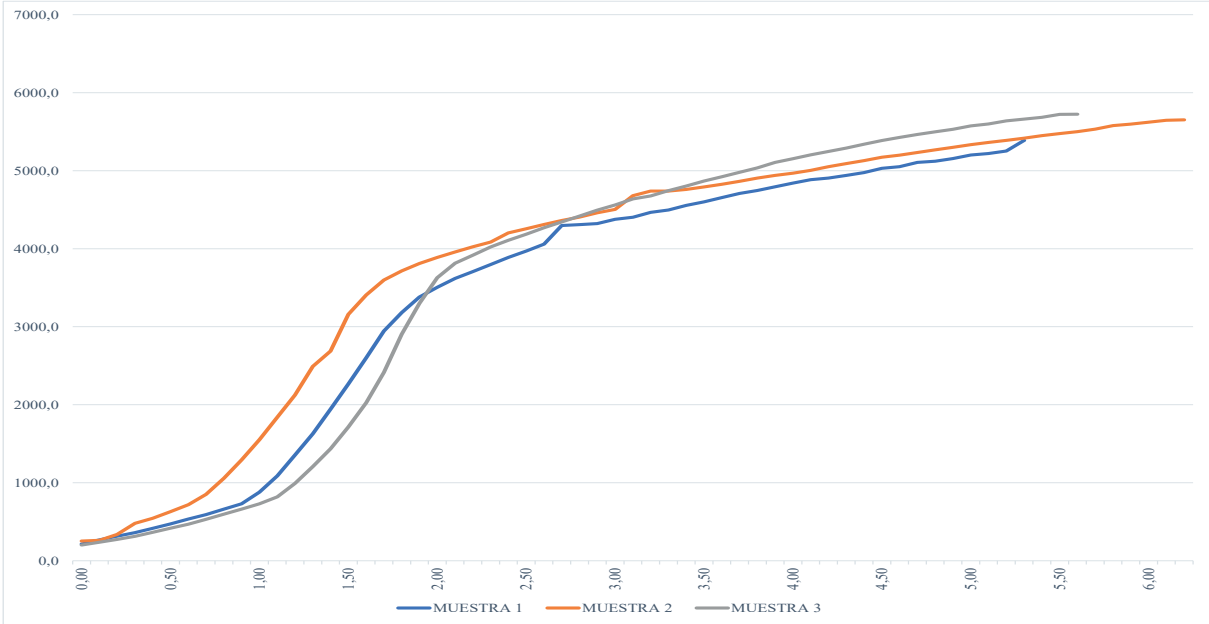


Fig. 65 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Capulí. Fuente: David Valdez



Fig. 66 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Capulí. Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Capulí**





<b>Especie: Llorá Sangre</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 3675.7 kgf
Carga por área: 61.67 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 11.5 mm
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 2980.4 kgf
Carga por área: 50.00 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 8.7 mm
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 3031.6 kgf
Carga por área: 50.86 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 7 mm
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 3229.23 kgf
Promedio de carga por área 54.18 kgf / cm <sup>2</sup>
Promedio hundimiento 9 mm.

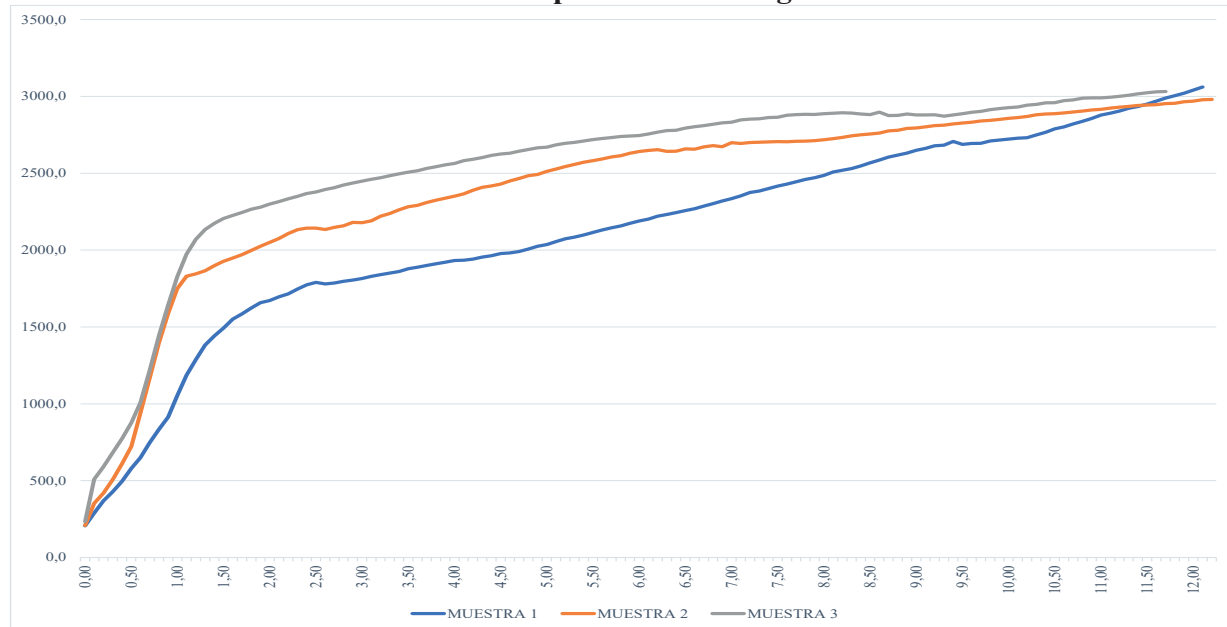


Fig. 67 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Llorá Sangre. Fuente: David Valdez



Fig. 68 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Llorá Sangre. Fuente: David Valdez

### Gráfico de esfuerzo de deformación especie Llorá Sangre





<b>Especie: Yaso</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 7032.7 kgf
Carga por área: 117.99 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 3.5 mm
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 7014.3 kgf
Carga por área: 117.68 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 3 mm
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 14.9 x 4 x 4 cm
Carga de ruptura: 7006.7 kgf
Carga por área: 117.56 kgf/cm <sup>2</sup>
Hundimiento: 2.7 mm
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 7017.9 kgf
Promedio de carga por área 117.75 kgf / cm <sup>2</sup>
Promedio hundimiento 3.06 mm

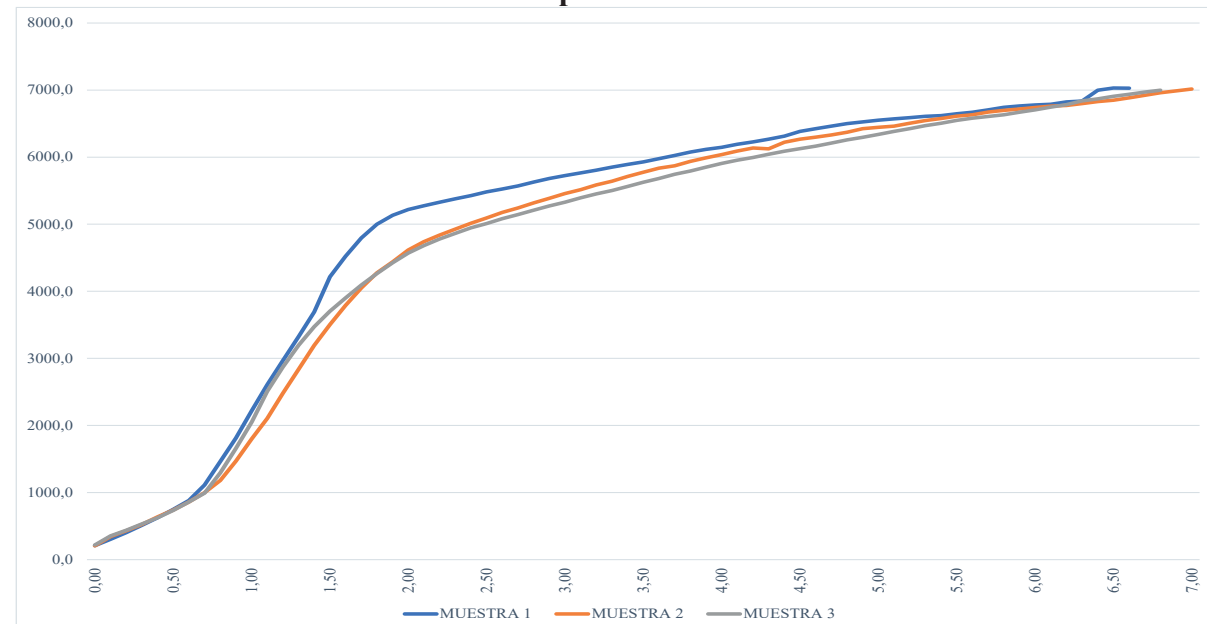


Fig. 69 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Yaso. Fuente: David Valdez



Fig. 70 Foto de ensayo perpendicular a la fibra Yaso. Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Yaso**



### 3.5.5.2 Tabla de comparación de resultados.

Especie	Carga de ruptura (kgf)	Carga por área (kgf/cm <sup>2</sup> )	Hundimiento (mm)
Cuero de sapo	2011.06	33.74	3.43
Mucuna	5581.00	96.04	3.96
Pitiuca	5064.43	82.90	2.76
Capulí	5588.80	93.80	3.60
Llora sangre	3229.23	54.18	9.06
Yaso	7017.90	117.75	3.06

El resultado del análisis de las especies de madera, indican que la probeta que más carga resistió es Yaso con 7017.90 kgf, y es la que tiene el menor hundimiento, con un promedio de 3.06 mm, mientras que la probeta con menor carga fue la especie Cuero de Sapo con un promedio de fuerza de 2011.06 kgf. La que tuvo mayor hundimiento fue Llora Sangre con un promedio de 9.06 mm.

### 3.5.6. Compresión paralela a la fibra (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000).

Tamaño de probetas:

10 x 2.5 x 2.5 cm

Procedimiento:

1. Se midieron las probetas en sus 3 dimensiones, para ello se utilizó el calibrador.



Fig. 71 Medición de probetas Calibrador.

Fuente: David Valdez





2. Prensa para los ensayos a compresión.

Características de la prensa	
Tipo	ACCU- TEK ADR Touch 250 marca ELE Internacional
Elaborada bajo la norma	ASTM C-39
Velocidad de prensa	0.0040 mm/min
Velocidad de norma ASTM	0.0030 mm/min

Con la ayuda del deformímetro cuya precisión es de 0.01 mm, se pudieron realizar los diagramas de esfuerzo de deformación al final del ensayo de compresión paralela a la fibra.

Cada 0.10 mm se tomó la fuerza ejercida por la probeta para luego graficar utilizando el software Excel, esto se hizo debido a que la máquina no gráfica valores pequeños y marca la fuerza a partir de los 200 kgf.

El promedio de duración del ensayo fue de 300 minutos por probeta.



Fig. 72 Foto de ensayo paralelo a la fibra.  
Fuente: David Valdez



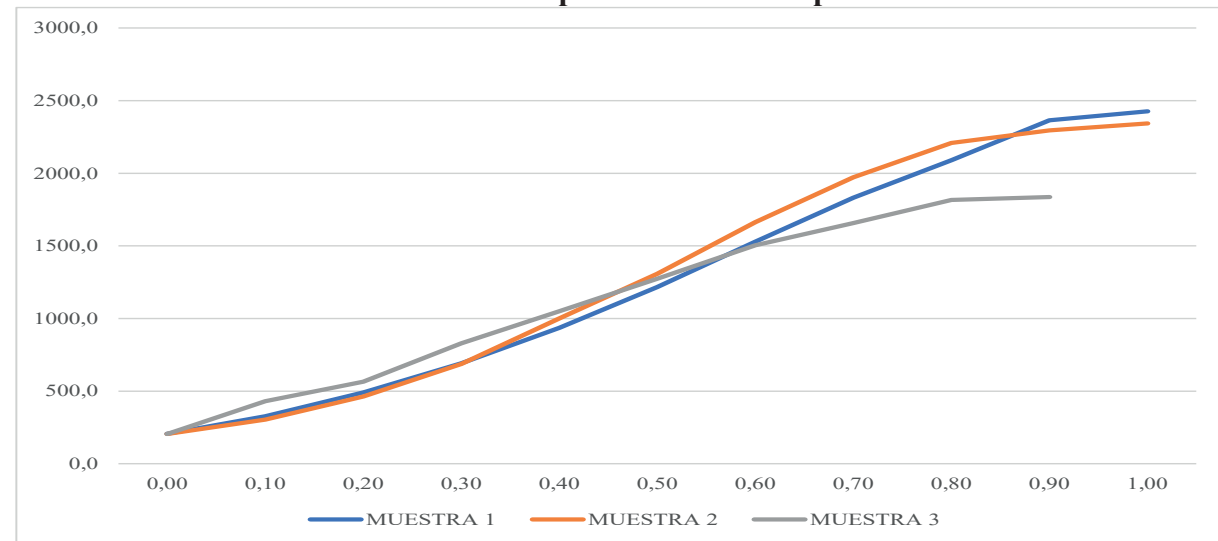
### 3.5.6.1. Resultados

<b>Especie: Cuero de Sapo</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 10.02 x 2.67 x 2.67 cm
Carga de ruptura: 2427.0 kgf
Carga por área: 340.44 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 10.02 x 2.67 x 2.67 cm
Carga de ruptura: 2342.6 kgf
Carga por área: 328.60 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 10.01 x 2.65 x 2.68 cm
Carga de ruptura: 1836.1 kgf
Carga por área: 257.55 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 2201.9 kgf
Promedio de carga por área 308.86 kgf / cm <sup>2</sup>



Fig. 73 Ensayo paralelo a la fibra Cuero de Sapo.  
Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Cuero de Sapo**



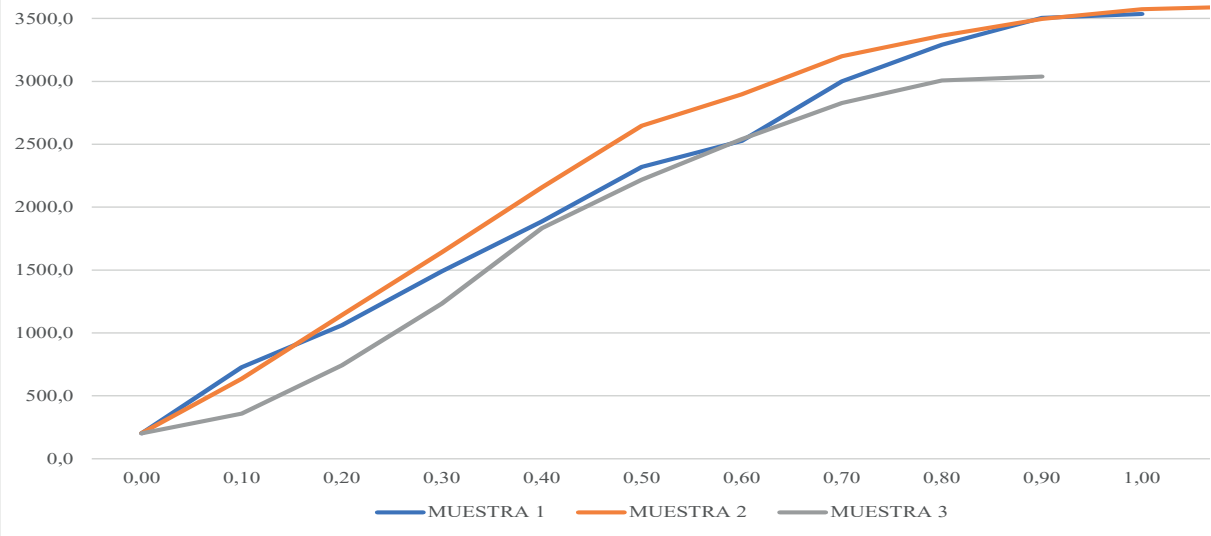


<b>Especie: Mucuna</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 10.07 x 2.54 x 2.56 cm
Carga de ruptura: 3536.0 kgf
Carga por área: 543.79 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 10.07 x 2.58 x 2.54 cm
Carga de ruptura: 3594.0 kgf
Carga por área: 548.43 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 10.07 x 2.54 x 2.54 cm
Carga de ruptura: 3038.2 kgf
Carga por área: 470.92 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 3389.4 kgf
Promedio de carga por área 521.04 kgf / cm <sup>2</sup>



Fig. 74 Ensayo paralelo a la fibra Mucuna  
Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Mucuna**

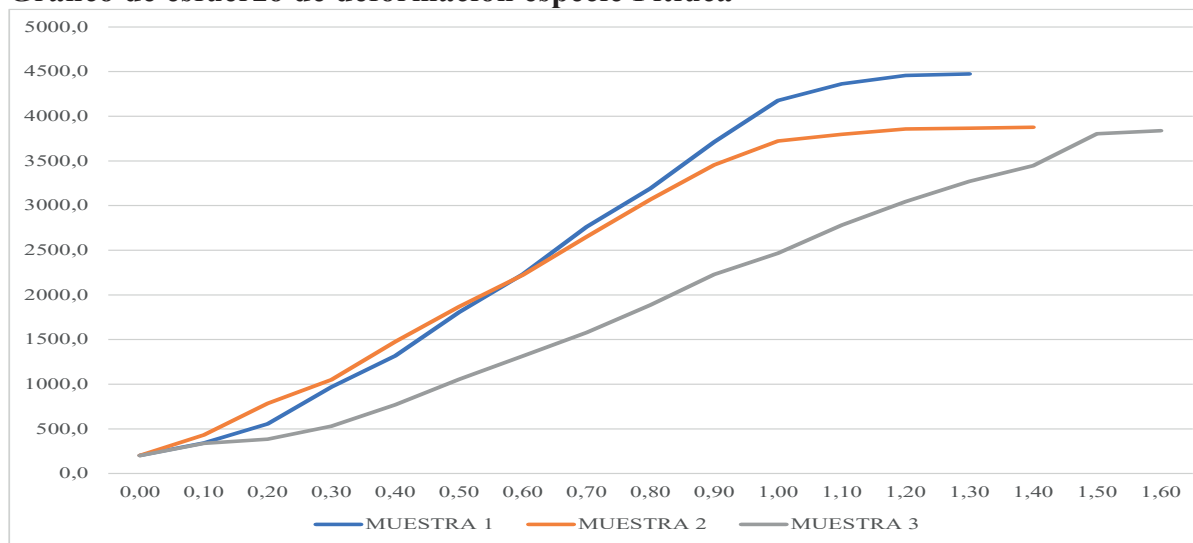


<b>Especie: Pitiuca</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 10.06 x 2.56 x 2.55 cm
Carga de ruptura: 4473.8 kgf
Carga por área: 685.32 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 10.06 x 2.56 x 2.56 cm
Carga de ruptura: 3877.5 kgf
Carga por área: 591.65 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 10.05 x 2.56 x 2.55 cm
Carga de ruptura: 3837.4 kgf
Carga por área: 587.83 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 4062.9 kgf
Promedio de carga por área 621.6 kgf / cm <sup>2</sup>



Fig. 75 Ensayo paralelo a la fibra Pitiuca  
Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Pitiuca**





**Especie: Capulí**

**Probeta 1:**

Dimensiones: 10.06 x 2.52 x 2.5 cm

Carga de ruptura: 3561.9 kgf

Carga por área: 565.38 kgf/cm<sup>2</sup>

**Probeta 2:**

Dimensiones: 10.07 x 2.5 x 2.56 cm

Carga de ruptura: 2872.5 kgf

Carga por área: 448.82 kgf/cm<sup>2</sup>

**Probeta 3:**

Dimensiones: 10.07 x 2.54 x 2.56 cm

Carga de ruptura: 3728.5 kgf

Carga por área: 573.40 kgf/cm<sup>2</sup>

**Resultado**

Promedio de carga 3387.6kgf

Promedio de carga por área 529.20 kgf / cm<sup>2</sup>

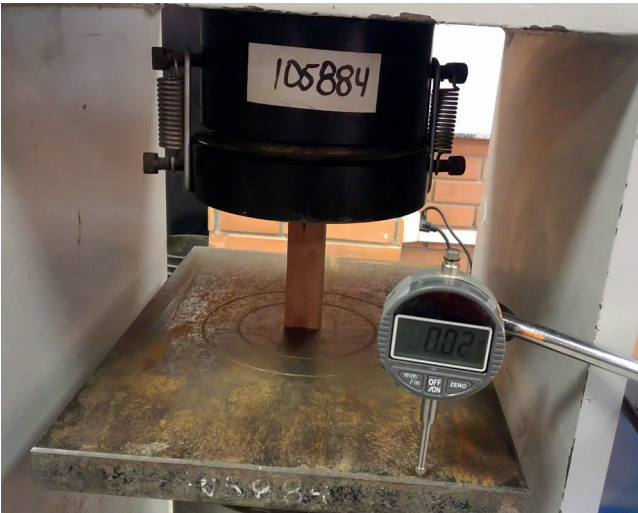
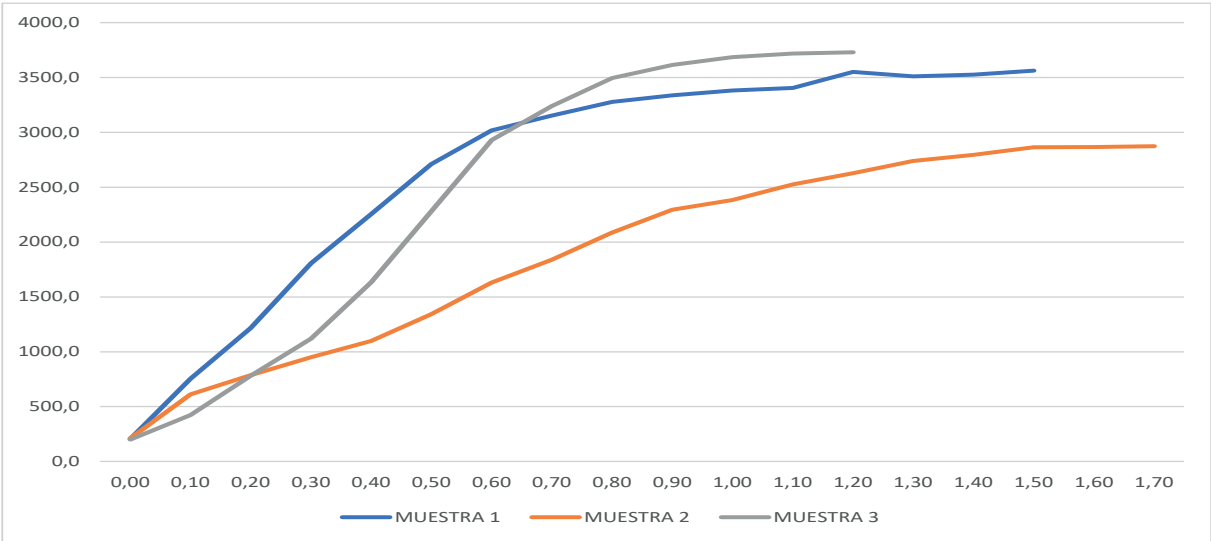


Fig. 76 Ensayo paralelo a la fibra Capulí  
Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Capulí**





<b>Especie: Lloro Sangre</b>	
<b>Probeta 1:</b>	
Dimensiones: 10.06 x 2.59 x 2.56 cm	
Carga de ruptura: 1952.0 kgf	
Carga por área: 294.40 kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>Probeta 2:</b>	
Dimensiones: 10.07 x 2.6 x 2.6 cm	
Carga de ruptura: 1751.3 kgf	
Carga por área: 259.06 kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>Probeta 3:</b>	
Dimensiones: 10.07 x 2.6 x 2.6 cm	
Carga de ruptura: 1997.2 kgf	
Carga por área: 295.44 kgf/cm <sup>2</sup>	
<b>Resultado</b>	
Promedio de carga 1900.2 kgf	
Promedio de carga por área 282.97 kgf / cm <sup>2</sup>	

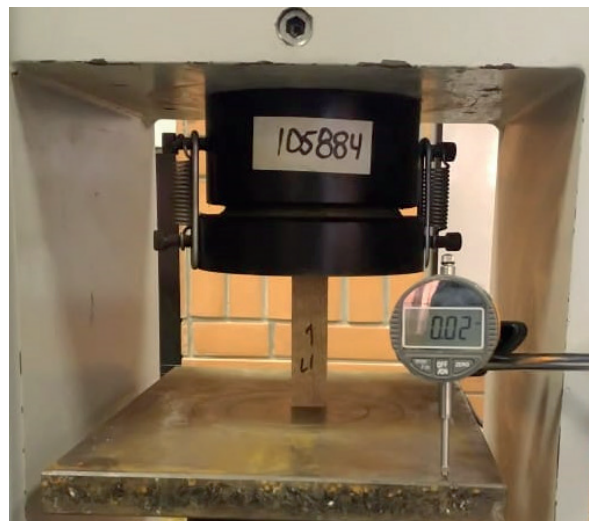
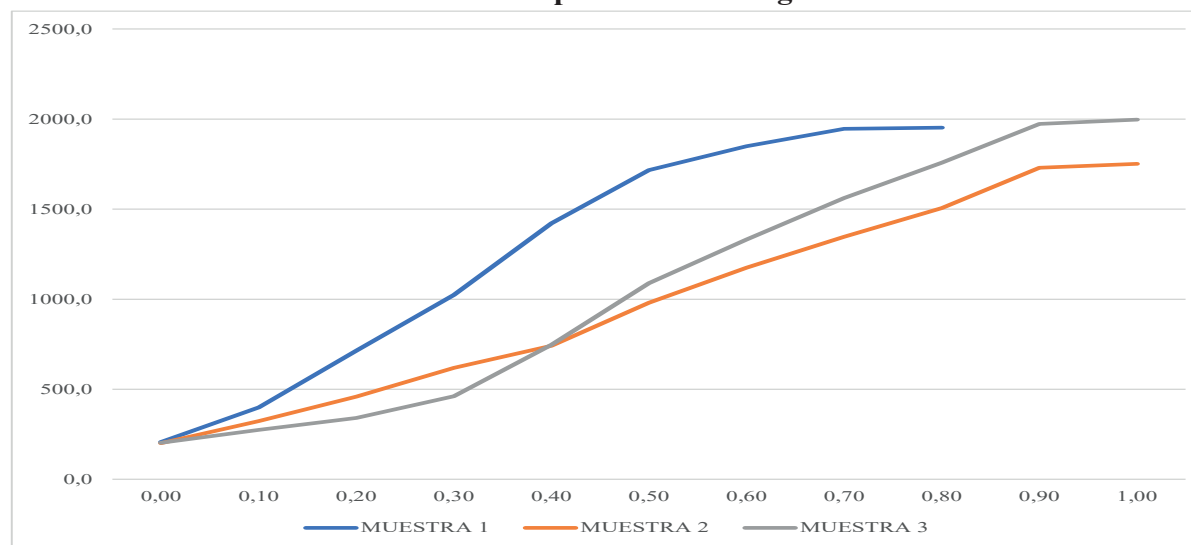


Fig. 77 Ensayo paralelo a la fibra Lloro Sangre  
Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Lloro Sangre**



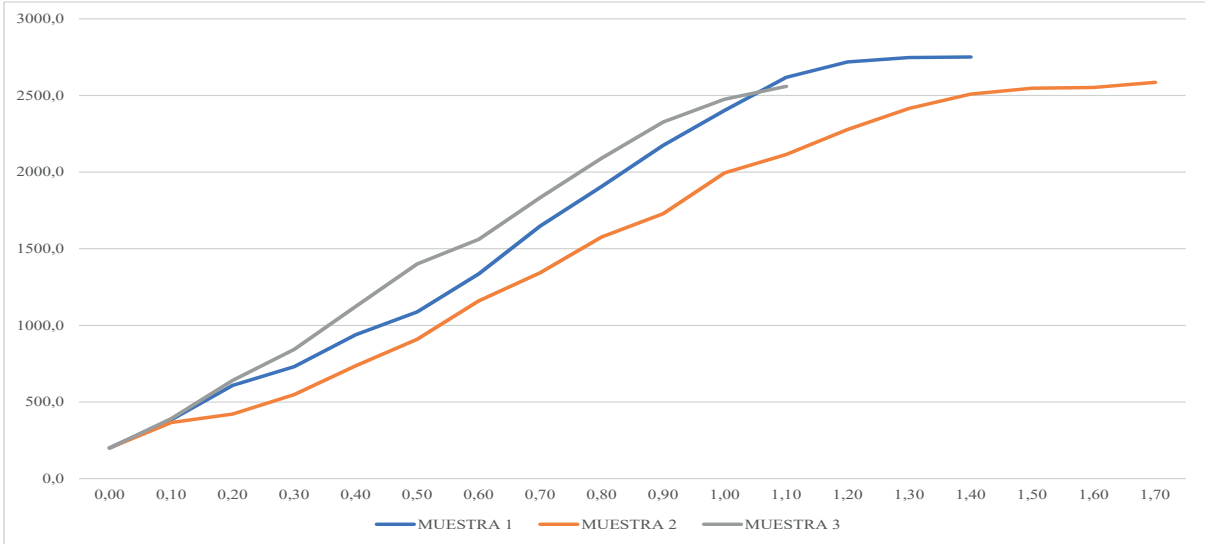


<b>Especie: Yaso</b>
<b>Probeta 1:</b>
Dimensiones: 10.08 x 2.43 x 2.43 cm
Carga de ruptura: 2751.0 kgf
Carga por área: 465.88 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 2:</b>
Dimensiones: 10.05 x 2.44 x 2.44 cm
Carga de ruptura: 2585.0 kgf
Carga por área: 434.19 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Probeta 3:</b>
Dimensiones: 10.04 x 2.46 x 2.48 cm
Carga de ruptura: 2558.7 kgf
Carga por área: 419.40 kgf/cm <sup>2</sup>
<b>Resultado</b>
Promedio de carga 2631.6 kgf
Promedio de carga por área 439.82 kgf / cm <sup>2</sup>



Fig. 78 Muestra después del Ensayo paralelo a la fibra Yaso  
Fuente: David Valdez

**Gráfico de esfuerzo de deformación especie Yaso**



### 3.5.6.2. Tabla de comparación de resultados.

Especie	Carga de ruptura (kgf)	Carga por área (kgf/cm <sup>2</sup> )
Cuero de Sapo	2201.90	308.86
Mucuna	3389.40	521.04
Pitiuca	4062.90	621.60
Capulí	3387.63	529.20
Llora Sangre	1900.26	282.97
Yaso	2631.66	439.82

Como resultado del análisis de las especies de madera, se determina que la probeta que más carga resistió es la Pitiuca con 4062.9 kgf. La de menor carga fue la especie Llora Sangre con un promedio de fuerza de 1900.2 kgf.

### 3.5.7. Flexión estática (Según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000).

Tamaño de probetas:

41 x 2.5 x 2.5 cm

Procedimiento:

1. Se midieron las probetas en sus 3 dimensiones, para ello se utilizó el calibrador y el flexómetro. Hay que tener en cuenta que la dirección de las fibras debe estar radialmente a la mesa donde se realizará el ensayo.
2. Se procedió a marcar el centro de la longitud del tramo de la probeta que corresponde a 36 cm, el cual deja los apoyos a 2.5 cm del borde de la probeta, según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000.



Fig. 79 Probetas para ensayo de Flexión estática

Fuente: David Valdez



3. Prensa para los ensayos a flexión estática.

Características de la prensa	
Tipo	ACCU- TEK ADR Touch 250 marca ELE Internacional
Elaborada bajo la norma	ASTM C-39
Velocidad de prensa	1.10 mm/min
Velocidad de norma ASTM	1.30 mm/min

4. La norma ASTM D143-94 WOOD del 2000, solicita revisar la deformación cuando la fuerza alcance los 220N, sin embargo la máquina no gráfica fuerzas pequeñas, en consecuencia, el ensayo se realizó hasta que fracasó la probeta, finalmente se procedió a revisar el tipo de falla producida en la muestra, según lo que indica la norma ASTM.



Fig. 80 Ensayo de flexión estática  
Fuente: David Valdez

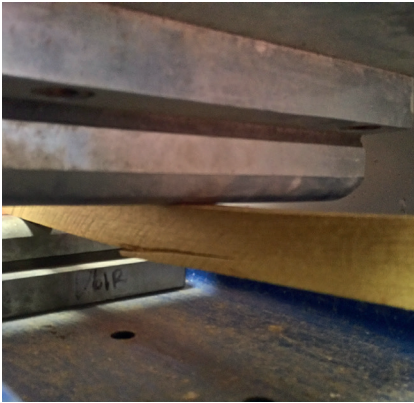


Fig. 81 Ensayo de flexión estática  
Fuente: David Valdez

Tipos de fallas según la norma ASTM D143- 94 WOOD del 2000



(a) Simple Tension.  
(Side View)

a) Tensión simple



(b) Cross-Grain Tension.\*  
(Side View)

b) Tensión transversal al grano



(c) Splintering Tension.  
(View of Tension Surface)

c) Tensión astillada



(d) Brash Tension.  
(View of Tension Surface)

d) Tensión impetuosa



(e) Compression.  
(Side View)

e) Compresión



(f) Horizontal Shear.  
(Side View)

f) Cizalla horizontal



### 3.5.7.1 Tabla de resultados

Resultados de flexión estática y tipo de fractura							
Especie	Muestra	Dimensiones	Área	Resistencia	Promedio Carga	Kgf / cm <sup>2</sup>	Tipo de fractura
CUERO DE SAPO	1	40,09X2,5X2,5	100,225	504	538,33	5,37	Compresión (e)
	2	40,09X2,5X2,5	100,225	540		5,37	
	3	40,09X2,5X2,5	100,225	571		5,37	
MUCUNA	1	40,09X2,5X2,5	100,225	621	611,00	6,10	Tensión transversal al grano (b)
	2	40,09X2,5X2,5	100,225	532		6,10	
	3	40,09X2,5X2,5	100,225	680		6,10	
PITUCA	1	40,09X2,5X2,5	100,225	624	656,00	6,55	Tensión transversal al grano (b)
	2	40,09X2,5X2,5	100,225	678		6,55	
	3	40,09X2,5X2,5	100,225	666		6,55	
CAPULÍ	1	40,09X2,5X2,5	100,225	674	627,00	6,26	Tensión transversal al grano (b)
	2	40,09X2,5X2,5	100,225	695		6,26	
	3	40,09X2,5X2,5	100,225	512		6,26	



Resultados de flexión estática y tipo de fractura							
ESPECIE	MUESTRA	DIMENSIONES	ÁREA	RESISTENCIA	PROMEDIO CARGA	KGf / CM2	TIPO DE FRACTURA
LLORA SANGRE	1	40,09X2,5X2,5	100,225	436	481,33	4,80	Tensión impetuosa (d)
	2	40,09X2,5X2,5	100,225	504		4,80	
	3	40,09X2,5X2,5	100,225	504		4,80	
YASO	1	40,09X2,5X2,5	100,225	616	625,33	6,24	Tensión transversal al grano (b)
	2	40,09X2,5X2,5	100,225	639		6,24	
	3	41X2,5X2,5	102,5	621		6,10	

Resultado

Como resultado del análisis, la especie PITIUCA es la que presenta mayor resistencia con 656 kgf,; mientras que la madera LLORA SANGRE, es la de menor resistencia con 481.33 kgf. De las especies analizadas 4 de ellas tienen una fractura de tensión transversal al grano, unas más notorias que otras. Se registró una especie con fractura tensión impetuosa y otra con fractura de compresión, según el cuadro de fallas de la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000.

### 3.5.7.2 Fotografías de fractura de probetas

Especie
Cuero de Sapo

Tipo de fractura: según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000

Compresión (e)



(e) Compression.  
(Side View)



Fig. 82 Tipo de falla especie Cuero de Sapo  
Fuente: David Valdez



Fig. 83 Tipo de falla especie Cuero de Sapo  
Fuente: David Valdez





Fig. 84 Tipo de falla especie Mucuna  
Fuente: David Valdez

Especie
Mucuna

Tipo de fractura: según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000

Tensión transversal al grano (b)



(b) Cross-Grain Tension.\*  
(Side View)



Fig. 85 Tipo de falla especie Mucuna  
Fuente: David Valdez



Especie
Pitiuca

Tipo de fractura: según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000

Tensión transversal al grano (b)



(b) Cross-Grain Tension.\*  
(Side View)



Fig. 86 Tipo de falla especie Pitiuca  
Fuente: David Valdez



Fig. 87 Tipo de falla especie Pitiuca  
Fuente: David Valdez





Fig. 88 Tipo de falla especie Capuli  
Fuente: David Valdez

Especie
Capulí

Tipo de fractura: según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000

Tensión transversal al grano (b)



(b) Cross-Grain Tension.\*  
(Side View)



Fig. 89 Tipo de falla especie Capuli  
Fuente: David Valdez



Especie
Llora Sangre

Tipo de fractura: según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000

Tensión impetuosa (d)



(d) Brash Tension.  
(View of Tension Surface)



Fig. 90 Tipo de falla especie Llora Sangre  
Fuente: David Valdez



Fig. 91 Tipo de falla especie Llora Sangre  
Fuente: David Valdez





Fig. 92 Tipo de falla especie Yaso  
Fuente: David Valdez

Especie
Yaso

Tipo de fractura: según la norma ASTM D143-94 WOOD del 2000

Tensión transversal al grano (b)



(b) Cross-Grain Tension.\*  
(Side View)



Fig. 93 Tipo de falla especie Yaso  
Fuente: David Valdez

### 3.6. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ESTRUCTURAL

Según la JUNAC (PADT-REFORT) clasifican la madera en tres grupos estructurales según su densidad básica.

Grupo	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Resistencia
A	0.71 - 0.90	MAYOR
B	0.56 – 0.70	INTERMEDIA
C	0.40 – 0.55	MENOR

JUNAC (PADT-REFORT) “Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino” Lima - Perú, 1982.

### 3.7. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Los valores del módulo de elasticidad o módulo de Young E para los tres grupos estructurales, que constan en el Manual, serán los que se usarán para el dimensionamiento de elementos en flexión, y para elementos en compresión y tracción paralelos a las fibras. Se incluyen dos valores para “E”:

•E<sub>min</sub>(E0.05): valor mínimo, que será válido para el cálculo de elementos individuales tales como vigas o columnas.

•E<sub>promedio</sub>: valor promedio, adecuado para el diseño de elementos en los que exista una acción de conjunto, por ejemplo en viguetas para entablados y pies derechos en tabiques y/o entramados.

Grupo	E <sub>min</sub> (E0.05) MPa	E promedio MPa
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

JUNAC (PADT-REFORT) “Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino” Lima - Perú, 1982.



### 3.8. RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS ESPECIES MADERABLES DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO

#	Especie	Densidad an-hidra gr/cm3.	Densidad básica gr/cm3	Clasificación según la JUNAC	Contenido de humedad	Compresión perpendicular a la fibra.	Compresión paralela a la fibra	Flexión estática
1	Capulí	0.71	0.68	B	16.43%	5588.8 kgf	3387.6 kgf	627 kgf
2	Cuero de Sapo	0.51	0.39	-	15.98%	2011.07 kgf	2201.9 kgf	538.33 kgf
3	Llora Sangre	0.40	0.42	C	16.15%	3229.23 kgf	1900.2 kgf	481.33 kgf
4	Mucuna	0.67	0.70	B	16.09%	5581 kgf	3389.4 kgf	611 kgf
5	Pitiuca	0.62	0.57	B	14.42%	5064.43 kgf	4062.9 kgf	656 kgf
6	Yaso	0.68	0.68	B	18.28%	7017.9 kgf	2631.6 kgf	625.33 kgf
7	Guabillo	0.35	0.33	-	15.27%			
8	Maquero	0.29	0.28	-	16.66%			
9	Sandi	0.59	0.54	C	16.21%			
10	Bellamaría	0.30	0.28	-	14.37%			
11	Uvilla	0.30	0.29	-	13.78%			
12	Caimito	0.69	0.64	B	13.69%			
13	Aguacatillo	0.61	0.58	B	12.35%			
14	Higuerón	0.51	0.48	C	15.37%			
15	Jigua	0.40	0.39	-	14.08%			
16	Pechiche	0.64	0.62	B	13.83%			
17	Copal	0.52	0.49	C	14.88%			



### 3.8. RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS ESPECIES MADERABLES DE LA PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO

#	Especie	Densidad anhidra gr/cm3.	Densidad básica gr/cm3	Clasificación según la JUNAC	Contenido de humedad	Compresión perpendicular a la fibra.	Compresión paralela a la fibra	Flexión estática
18	Seibo	0.27	0.26	-	17.69%			
19	Guarumo	0.38	0.36	-	13.66%			
20	Sapote	0.39	0.36	-	15.49%			
21	Guashique	0.53	0.50	C	15.51%			
22	Lengua de vaca	0.4	0.38	C	15.88%			
23	Sapan	0.3	0.28	-	14.76%			
24	Canelón	0.43	0.41	C	13.14%			
25	Azufre	0.58	0.55	C	16.39%			
26	Balsa de Jibaro	0.36	0.34	-	15.65%			

El Cuadro anterior presenta el resumen de resultados de las especies maderables comerciales de la Provincia de Morona Santiago, en él se encuentran los resultados de las propiedades físicas y mecánicas, tales como la densidad anhidra, la densidad básica, la clasificación de la madera estructural según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, basada en la JUNAC; contenido de humedad, compresión paralela y perpendicular a la fibra y flexión estática. Con dicha información se puede proponer posibles usos para cada una de las especies. Conjuntamente con el Ministerio del Ambiente se podrá realizar una tala controlada con cada una de las especies, mediante un plan de forestación.



**3.9. CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES SEGÚN LA NORMA NEC BASADO EN LA JUNAC**

Grupo	Nombre	Resistencia	E mínimo (E0.05)	E Promedio
B	Capulí	Intermedia	7500	10000
	Mucuna			
	Pitiuca			
	Yaso			
	Caimito			
	Aguacatillo			
	Pechiche			
C	Sandi	Menor	5500	9000
	Llora Sangre			
	Higuerón			
	Copal			
	Guashique			
	Lengua de Vaca			
	Canelón			
Azufre				

Grupo	Nombre	Resistencia	E mínimo (E0.05)	E Promedio
-	Cuero de Sapo	-	-	-
	Guabillo			
	Maquero			
	Bellamaría			
	Uvilla			
	Jigua			
	Seibo			
	Guarumo			
	Sapote			
	Sapan			
	Balsa de Jibaro			

La Norma Ecuatoriana de la Construcción clasifica la madera estructural, esto basándose en el Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino (JUNAC).

El Manual de Diseño de Maderas del Grupo Andino tiene 3 categorías para la madera estructural, cada grupo tiene rangos de módulos de elasticidad, obteniéndose un rango mínimo y un rango promedio en cada uno de estos grupos.

Se observa en el cuadro final de las especies analizadas, que aparecen especies en el grupo C, las mismas tienen un promedio bajo de resistencia. En menor cantidad hay especies pertenecientes al grupo B, las cuales presentan una resistencia intermedia a los esfuerzos, otras especies no están dentro de ningún grupo de la JUNAC.

Hay una cantidad de once especies que no forman parte de los grupos de maderas estructurales de la JUNAC, pero estas se pueden tomar en cuenta para otro tipo de uso, como muebles o encofrados.

En conclusión, de las especies analizadas, se encuentra que en su mayoría pertenecen al grupo estructural, sea de menor y intermedia resistencia, otras no pertenecen, pero se pueden dar otro uso, cabe señalar que en los bosques primarios se puede encontrar una variedad de especies con diferentes características.

### 3.10 TABLA DE INFORMACIÓN LEVANTADA EN SITU

Especie	Precio tabla	Precio tablón	Diámetro mínimo	Altura de árbol		Tiempo de crecimiento	Circunferencia		Posibles usos
				Útil	Total		Ø	m	
Aguacatillo	5.00\$	10.00\$	60 cm	18m	25m	30 años	70cm	1.60m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Azufre	5.00\$	9.00\$	60 cm	17m	25m	20 años	60cm	1.20m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Balsa Jíbaro	2.80\$	6.00\$	60 cm	18m	25m	12 años	50cm	1.00m	Encofrado
Bellamaria	4.00\$	8.00\$	60 cm	17m	23m	80 años	1.10m	2.20m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Caimito	4.50\$	9.00\$	60 cm	18m	23m	20 años	70cm	1.50m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Canelón	6.00\$	10.00\$	60 cm	15m	22m	9 años	30cm	70cm	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Capulí	7.00\$	13.00\$	60 cm	15m	23m	100 años	1.10m	4.00m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Copal	3.50\$	7.00\$	60 cm	15m	23m	25 años	80cm	1.80m	Encofrado, pisos y muebles.
Cuero de sapo	4.00\$	8.00\$	60 cm	9m	18m	100 años	1.50m	4.50m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Guabillo	2.80\$	6.00\$	60 cm	15m	20m	10 años	60cm	1.90m	Encofrado
Guarumo	2.80\$	6.00\$	60 cm	10m	15m	9 años	70cm	2.50m	Encofrado
Guashique	5.00\$	9.00\$	60 cm	12m	18m	15 años	60cm	1.20m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Higuerón	2.80\$	6.00\$	60 cm	10m	25m	20 años	2.20m	6.00m	Encofrado
Jigua	2.80\$	6.00\$	60 cm	15m	23m	12 años	60cm	1.20m	Encofrado
Lengua de vaca	2.80\$	6.00\$	60 cm	17m	25m	15 años	70cm	1.50m	Encofrado
LLora sangre	2.80\$	6.00\$	60 cm	21m	30m	10 años	60cm	1.20m	Encofrado





Especie	Precio tabla	Precio tablón	Diámetro mínimo	Altura de árbol		Tiempo de crecimiento	Circunferencia		Posibles usos
				Útil	Total		Ø	m	
Maquero	5.00\$	9.00\$	60 cm	12m	18m	10 años	70cm	1.60m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Mucuna	7.00\$	13.00\$	60 cm	12m	20m	20 años	80cm	2.70m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Pechiche	7.00\$	13.00\$	60 cm	12m	20m	50 años	80cm	2.00m	Pisos, tumbados, paredes, estructura, encofrado y muebles.
Pitiuca	7.00\$	12.00\$	60 cm	15m	23m	15 años	60cm	2.00m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Sandi	2.80\$	6.00\$	60 cm	18m	25m	25 años	1.00m	4.20m	Encofrado
Sapán	4.00\$	8.00\$	60 cm	15m	25m	15 años	80cm	2.20m	Encofrado, muebles.
Ceibo	2.80\$	6.00\$	60 cm	20m	30m	40 años	1.20m	3.30m	Encofrado
Uvilla	2.80\$	6.00\$	60 cm	15m	20m	8 años	60cm	1.20m	Encofrado
Yaso	4.50\$	9.00\$	60 cm	18m	30m	25 años	1.00m	3.20m	Estructura, pisos, pared, tumbados y muebles
Sapote	2.80\$	6.00\$	60 cm	15m	20m	10 años	60cm	1.10m	Encofrado

### 3.11 TABLA DE POSIBLE EDAD DE LA ESPECIE PARA ALCANZAR EL DIÁMETRO MÍNIMO DE CORTE

Especie	Posible edad de la especie para alcanzar el diámetro mínimo de corte de 60 cm
Aguacatillo	26 años
Azufre	20 años
Balsa Jíbaro	14 años
Bellamaria	44 años
Caimito	17 años
Canelón	18 años
Capuli	55 años
Copal	19 años
Cuero de sapo	40 años
Guabillo	10 años
Guarumo	8 años
Guashique	15 años
Higuerón	5 años
Jigua	12 años
Lengua de vaca	13 años
LLora sangre	10 años
Maquero	9 años

Especie	Posible edad de la especie para alcanzar el diámetro mínimo de corte de 60 cm
Mucuna	15 años
Pechiche	38 años
Pitiuca	15 años
Sandi	15 años
Sapán	11 años
Ceibo	20 años
Uvilla	8 años
Yaso	15 años
Sapote	10 años

*El Ministerio del Ambiente aprueba la tala de árboles cuando éstos han alcanzado los 60cm de diámetro; cabe señalar que no todos los árboles que cumplen esta dimensión son talados, pues, estos son controlados según la cantidad de cada especie.*

*Según el conocimiento popular, si se talan los árboles en luna tierna, es más probable que la madera tenga ataques de agentes biológicos, como la polilla, mientras que si se talan en luna llena, la madera es buena y tiene menos probabilidad de torcerse o rajarse. En este periodo de luna llena, se puede cortar la madera 3 días antes y 3 días después.*

*Las especies de árboles que tienen mayor resistencia tienen un tiempo más largo para su crecimiento, mientras especies más ligeras o menos resistentes su crecimiento es más rápido.*

*El secado de la madera en la Provincia de Morona Santiago es diferente a como se hace en la ciudad de Cuenca. En Morona Santiago, el secado es en forma de tijera vertical, como se indica en la imagen 94, pues, al colocar la madera de esa forma, la humedad que posee por naturaleza y la humedad que se puede generar al mojarse con la lluvia, puede caer al suelo sin ningún problema, con ello la madera tendrá menor ocasión de torcerse.*



Fig. 94 Forma de secado  
Fuente: David Valdez

*Para llegar al lugar en donde se levantó la información hay que atravesar una carretera en la falda de la montaña, por esta razón, para entrar a talar o sacar el material se utilizan caballos; esta situación evita la exagerada afectación del medio ambiente, en donde crecen las especies, y es una de las razones que favorecen su crecimiento. En los sectores en donde han sido talados los bosques de manera abusiva, se observa que las especies ya no crecen como lo hacen en las montañas.<sup>1</sup>*

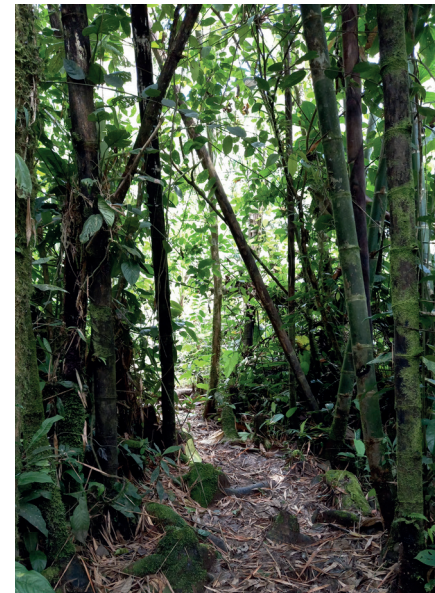


Fig. 95 Senderos bosque  
Fuente: David Valdez



Fig. 96 Entrada del bosque  
Fuente: David Valdez

<sup>1</sup> Conversación mantenida con Anselmo Goyes, conocedor del tema, propietario del aserrío en dónde se realizaron algunas pruebas.



## CAPITULO IV

# ELABORACIÓN DEL CATÁLOGO







**4.1. DISEÑO DEL CATÁLOGO.**

El catálogo se estructuró a través de la información recopilada mediante ensayos realizados a seis especies de madera, además se realizó un levantamiento de información de veinte especies. En total, las veintiséis especies, no se encuentran registradas en el Ministerio del Ambiente.

Con ayuda de Ingenieros Forestales y personas que trabajan con madera se pudo obtener los nombres científicos, costos y el uso de las especies maderables. Toda la información recopilada se puede observar en el catálogo.

**4.1.1 Listado de especies maderables de la provincia de Morona Santiago**

Nombre común	Nombre científico	Familia
Caimito	Pouteria caimito	Sapotaceae
Llorasangre	Otoba parvifolia (Markgr.) A.H. Gentry	Myristicaceae
Copal	Dacryodes peruviana (Loes.) J.F. Macbr.	Burseraceae
Maquero	Ficus americana subsp. guianensis	Moraceae
Mucuna	Chimarrhis glabriflora Ducke	Rubiaceae
Pitiuca	Clarisia racemosa Ruiz & Pav	Moraceae
Guarumo	Cecropia montana Warb. Ex Snethl	Cecropiaceae
Guabillo	Inga acreana Harms	Fabaceae
Yaso	Chrysophyllum cainito L	Phyllanthaceae
Sapote	Matisia cordata	Malvaceae

Nombre común	Nombre científico	Familia
Cuero de sapo	parinari romeroi Prance	Chrysobalanaceae
Bellamaria	Vochysia bracediniae	Vochysiaceae
Aguacatillo	Grias peruviana Miers.	Lecythidaceae
Higueron	Ficus insipida	Moraceae
Sapán	Rollinia dolichopetala R.E. Fr.	Annonaceae
Sandi	Batocarpus sp.	Moraceae
Pechiche	Vitex cymosa	Lamiaceae
Canelón	Ocotea floccifera Mez & Sodiro	Lauraceae
Ceibo	Ceiba samauma (Mart.) K. Schum.	Bombacoideae
Jíbaro(Balsa jíbara)	Alchornea grandis Benth.	Euphorbiaceae
lengua de vaca	Laguncularia racemosa	Combretaceae
Guashique	Ocotea sp.	Lauraceae
Azufre	Symphonia globulifera	Clusiaceae
Jigua	Nectandra reticulata (Ruiz & Pav) Mez	Lauraceae
Uvilla	Pourouma cecropiifolia Mart.	Urticaceae
Capulí	Huertea glandulosa Ruiz & Pav.	Staphyleaceae

Cuadro de especies maderables de la Provincia de Morona Santiago - Colaboración Ingeniero Forestal Ricardo Salinas / Ingeniero Agropecuario Andrés Ormaza

En la Universidad de Cuenca se trabajó la primera parte, que consistió en partir y trozar las piezas de madera, luego, en otro taller se realizó el lijado y la colocación del aceite de teca en cada una de las muestras. Para las muestras del catálogo se adquirieron tablas de 30 cm x 20 cm x 2 cm de cada una de las especies, las mismas que fueron trozadas en piezas de 12 x 4 x 2 cm, en las cuales se pueden observar la textura de la madera al natural y la textura de la madera terminada con aceite de teca.

El lijado de las muestras se realizó con dos tipos de lijas #80 y #100, para tener una mejor visualización de la textura y color.



Fig. 97 Tablas de madera  
Fuente: David Valdez



Fig. 98 Preparación de muestras para catálogo. Fuente: David Valdez



Fig. 99 Cierra de mesa Fuente: David Valdez



Fig. 100 Lijado de las muestras para catálogo. Fuente: David Valdez



Fig. 101 Preparación de muestras para el terminado. Fuente: David Valdez



Fig. 102 Muestras tratadas con aceite de teca. Fuente: David Valdez





Fig. 103 Muestras Terminadas.  
Fuente: David Valdez



Fig. 104 Aceite de Teca  
Fuente. David Valdez



Fig. 105 Imagen de herramientas.  
Fuente: David Valdez

El catálogo está elaborado con la información recopilada y obtenida de los 6 diferentes ensayos.

Contiene:

1. El nombre científico
2. Familia
3. Nombre común
4. Densidad
5. Resistencia a flexión
6. Compresión paralela al grano
7. Compresión perpendicular al grano
8. Contenido de humedad
9. El costo de tabla y tablón
10. Posibles usos
11. Imagen del árbol
12. Imagen de la madera natural y tratada con aceite de teca

En los anexos del catálogo se pueden observar los diagramas de esfuerzo de deformación y además una tabla general de las especies con los respectivos costos, posibles usos y información del levantamiento en situ.

Cabe señalar que en el catálogo existen seis muestras, mismas que tienen la información de ensayos de resistencia a flexión, compresión paralela, compresión perpendicular. No se realizó el ensayo de las veinte especies restantes por factores de tiempo, costos y falta de equipos.