



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil**

**PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL *PINUS PATULA*
*SCHIEDE***

**William Giovanni Castillo Sosa.
Asesorado por: Ing. Samuel Herbert Tánchez Barrera.**

Guatemala, agosto de 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL *PINUS PATULA SCHIEDE*

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA

ASESORADO POR: ING. SAMUEL HERBERT TÁNCHEZ BARRERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2004

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson.
VOCAL I	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos.
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez.
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada.
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz.
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva.
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco.

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson.
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero.
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Ramírez Saravía.
EXAMINADOR	Ing. Rolando Vargas Oliva.
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL *PINUS PATULA SCHIEDE*

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 28 de abril de 2004.

William Giovani Castillo Sosa

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del asesor Ing. Samuel Herbert Tánchez Barrera y del Visto Bueno del Coordinador del Área de Materiales en funciones Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz, al trabajo del estudiante William Giovanni Castillo Sosa, titulado **PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL PINUS PATULA SCHIEDE**, procede a la autorización del mismo.

Ing. Carlos Salvador
Gordillo García

Guatemala, agosto de 2,004.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuela de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Carlos Salvador Gordillo García, al trabajo de graduación titulado **PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL PINUS PATULA SCHIEDE**, del estudiante William Giovani Castillo Sosa, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson

Guatemala, agosto de 2,004.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	V
LISTA DE SÍMBOLOS	X
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIV
OBJETIVOS	XVI
HIPÓTESIS	XII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO	01
1.1. Marco conceptual	01
1.1.1. Estructura de la madera	01
1.1.2. Caracteres físicos de la madera	04
1.1.2.1. Peso específico	04
1.1.2.2. Coloración	05
1.1.2.3. Dureza	06
1.1.2.4. Extraduras, superior a 13	07
1.1.2.5. Textura	08
1.1.2.6. Grano	08
1.1.2.7. Veteado	09
1.1.3. Teoría sobre las causas de variación del tamaño de los elementos de la madera	09

1.2.6. Climatología	49
1.2.7. Topografía	50
1.2.8. Suelos	50
1.2.9. Hidrología	50
2. METODOLOGÍA	52
2.1. Selección y toma de muestras	52
2.1.1. Selección de árboles para la investigación	52
2.1.2. Estimación del número de muestras y marcado de árboles	53
2.1.3. Selección y número de trozas	53
2.1.4. Marcado y aserrado	55
2.2. Descripción del trabajo de laboratorio	56
2.2.1. Propiedades físicas	57
2.2.1.1. Descripción de las pruebas de laboratorio	57
2.2.2. Propiedades mecánicas	61
2.2.3. Análisis estadístico y evaluación de resultados	74
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	76
3.1. Selección y toma de muestras	76
3.1.1. Selección de árboles para la investigación	76
3.1.2. Estimación del número de muestras y marcado de árboles	77
3.1.3. Selección y número de trozas	77
3.1.4. Marcado y aserrado	78
3.2. Descripción del trabajo de laboratorio	79
3.2.1. Propiedades físicas	80
3.2.2. Cálculo de las propiedades físicas	80

3.2.2.1. Humedad	80
3.2.2.2. Densidad	81
3.2.2.3. Contracción de la madera	83
3.3. Propiedades mecánicas	85
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

01.	Fuste comercial del árbol	54
02.	Forma de obtener las barras para los ensayos	55
03.	Ensayo de flexión estática	62
04.	Ensayo de compresión paralela a la fibra	66
05.	Ensayo de compresión perpendicular a la fibra	67
06.	Ensayo de dureza	68
07.	Ensayo de corte paralelo a la fibra	70
08.	Ensayo de clivaje	71
09.	Ensayo de tensión paralela a la fibra	73
10.	Ensayo de tensión perpendicular a la fibra	74
11.	Selección de trozas a ser utilizadas en los ensayos	78
12.	Porcentaje de humedad por árbol y por altura de troza de la madera	80
13.	Comparación de densidad verde y seca de la madera	82
14.	Comparación de las trozas de acuerdo al esfuerzo de flexión estática	86
15.	Comportamiento de probetas al ensayo de flexión	88
16.	Comportamiento de compresión paralela a la fibra	90
17.	Plano de ubicación de la finca a nivel nacional	108

18.	Plano general de la finca	109
19.	Ubicación de los árboles cortados para muestra	110

TABLAS

I.	Contracciones	19
II.	Clasificación de la madera de acuerdo a contracciones	20
III.	Densidades básicas de la madera	21
IV.	Densidad aparente	24
V.	Datos de los árboles tomados de muestra	77
VI.	Cuadro de valores de contracción por árbol y altura de troza	83
VII.	Cuadro de resultados de propiedades físicas de la madera	84
VIII.	Carga - deformación	88
IX.	Datos estadísticos prueba de compresión perpendicular a la fibra	91
X.	Cuadro análisis estadístico de la prueba de dureza	93
XI.	Prueba de corte paralelo a la fibra	94
XII.	Análisis estadístico de la prueba de clivaje	95
XIII.	Análisis estadístico de la prueba de tensión paralela a la fibra	96
XIV.	Cuadro de valores medios de las propiedades físico-mecánicas del <i>Pinus Patula</i> en comparación al <i>Pinus Caribea</i>	98
XV.	Propiedades físicas	111
XVI.	Propiedades físicas	112
XVII.	Resultado de ensayo de flexión árbol 1, troza 1	113
XVIII.	Resultado de ensayo de flexión árbol 1, troza 2	114

XIX.	Resultado de ensayo de flexión árbol 1, troza 3	115
XX.	Resultado de ensayo de flexión árbol 2, troza 1	116
XXI.	Resultado de ensayo de flexión árbol 2, troza 2	117
XXII.	Resultado de ensayo de flexión árbol 2, troza 3	118
XXIII.	Resultado de ensayo de flexión árbol 2, troza 3	119
XXIV.	Resultado de ensayo de flexión árbol 3, troza 1	120
XXV.	Resultado de ensayo de flexión árbol 3, troza 2	121
XXVI.	Resultado de ensayo de flexión árbol 4, troza 1	122
XXVII.	Resultado de ensayo de flexión árbol 4, troza 2	123
XXVIII.	Resultado de ensayo de flexión árbol 4, troza 3	124
XXIX.	Resultado de ensayo de flexión árbol 5, troza 1	125
XXX.	Resultado de ensayo de flexión árbol 5, troza 2	126
XXXI.	Resultado de ensayo de flexión árbol 5, troza 3	127
XXXII.	Resultado de ensayo de compresión paralela árbol 1, troza 1-3	128
XXXIII.	Resultado de ensayo de compresión paralela árbol 2, troza 1-3	129
XXXIV.	Resultado de ensayo de compresión paralela árbol 3, troza 1-3	130
XXXV.	Resultado de ensayo de compresión paralela árbol 4, troza 1-3	131
XXXVI.	Resultado de ensayo de compresión paralela árbol 5, troza 1-3	132
XXXVII.	Resultado de ensayo de compresión perpendicular árbol 1, troza 1-3	133
XXXVIII.	Resultado de ensayo de compresión perpendicular árbol 2, troza 1-3	134
IXL.	Resultado de ensayo de compresión perpendicular	

	árbol 3, troza 1-3	135
XL.	Resultado de ensayo de compresión perpendicular árbol 4, troza 1-3	136
XLI.	Resultado de ensayo de compresión perpendicular árbol 5, troza 1-3	137
XLII.	Resultado de ensayo de dureza árbol 1, troza 1-2	138
XLIII.	Resultado de ensayo de dureza árbol 1, troza 3 y árbol 2, troza 1-2	139
XLIV.	Resultado de ensayo de dureza árbol 2, troza 3 y árbol 3, troza 1-2	140
XLV.	Resultado de ensayo de dureza árbol 3, troza 3 y árbol 4, troza 1-2	141
XLVI.	Resultado de ensayo de dureza árbol 4, troza 3 y árbol 5, troza 1-2	142
XLVII.	Resultado de ensayo de dureza árbol 5, troza 3	143
XLVIII.	Resultado de ensayo de corte paralelo árbol 1, troza 1-2	144
XLIX.	Resultado de ensayo de corte paralelo árbol 1, troza 3 y árbol 2, troza 1-2	145
L.	Resultado de ensayo de corte paralelo árbol 2, troza 3 y árbol 3, troza 1-2	146
LI.	Resultado de ensayo de corte paralelo árbol 3, troza 3 y árbol 4, troza 1-2	147
LII.	Resultado de ensayo de corte paralelo árbol 4, troza 3 y árbol 5, troza 1-2	148
LIII.	Resultado de ensayo de corte paralelo árbol 5, troza 3	149
LIV.	Resultado de ensayo de clivaje árbol 1, troza 1-2	150

LIV.	Resultado de ensayo de clivaje árbol 1, troza 3 y árbol 2, troza 1-2	151
LVI.	Resultado de ensayo de clivaje árbol 2, troza 3 y árbol 3, troza 1-2	152
LVII.	Resultado de ensayo de clivaje árbol 3, troza 1-3	153
LVIII.	Resultado de ensayo de clivaje árbol 4, troza 1-3	154
LIX.	Resultado de ensayo de clivaje árbol 5, troza 1-2	155
LX.	Resultado de ensayo de clivaje árbol 5, troza 3	156
LXI.	Resultado de ensayo de tensión paralela árbol 1, troza 1-3	157
LXII.	Resultado de ensayo de tensión paralela árbol 2, troza 1-3	158
LXIII.	Resultado de ensayo de tensión paralela árbol 3, troza 1-3	159
LXIV.	Resultado de ensayo de tensión paralela árbol 3, troza 3 y árbol 4 troza 1-3	160
LXV.	Resultado de ensayo de tensión paralela árbol 5, troza 1-3	161
LXVI.	Resultado de ensayo de tensión perpendicular árbol 1, troza 1-3	162
LXVII.	Resultado de ensayo de tensión perpendicular árbol 2, troza 1-3	163
LXVIII.	Resultado de ensayo de tensión perpendicular árbol 3, troza 1-3	164
LXIX.	Resultado de ensayo de tensión perpendicular árbol 4, troza 1-3	165
LXX.	Resultado de ensayo de tensión perpendicular árbol 5, troza 1-3	166

LISTA DE SÍMBOLOS

ASTM	Normas internacionales para calidad de materiales
msnm	Metros sobre el nivel del mar
DAP	Diámetro a altura de pecho (1.30 metros)
Km	Kilómetro
m	Metro
bmh	Bosque montañoso húmedo
bms	Bosque montañoso seco
mm	Milímetros
cm³	Centímetro cúbico
gr	Gramos
°C	Grados centígrados
Kg	Kilogramos
“	Pulgadas
CV	Coefficiente de variación

GLOSARIO

- Adventicias** Son las raíces que brotan de los tallos. Se ven estas formaciones cerca de la base del tallo del maíz.
- Anisotropía** Propiedad que presentan ciertos cuerpos consistentes en la dependencia de sus propiedades de la dirección que en ellos se considere.
- Angiospermas** Se divide en dos clases: Magnoliópsidas (Magnoliopsida) y Liliópsidas (Liliopsida), conocidas como dicotiledóneas y monocotiledóneas respectivamente; representan líneas evolutivas diferenciadas que probablemente se separaron en una etapa muy primitiva de la historia del grupo. Se cree que las antecesoras directas de las angiospermas fueron gimnospermas leñosas; algunos grupos de dicotiledóneas leñosas (véase Magnoliáceas) se consideran angiospermas primitivas. Las especies monocotiledóneas son más modernas que las dicotiledóneas y han evolucionado a partir de un grupo primitivo de éstas últimas.
- Dicotiledóneas** Uno de los dos grandes grupos en que se dividen las

plantas con flor. Son las únicas angiospermas que forman tejido leñoso verdadero.

Floema

En las plantas superiores, tejido vascular que conduce azúcares y otros nutrientes sintetizados desde los órganos que los producen hacia aquéllos en que se consumen y almacenan.

Intrusivos

Las rocas ígneas pueden formarse como materiales, que penetran en otras rocas más antiguas a través de grietas profundas bajo la superficie terrestre antes de enfriarse; o como materiales extrusivos (formados después de las erupciones volcánicas) que se depositan en la superficie después de haber sido expulsados en erupciones y fisuras volcánicas.

Latifolios

o latifoliada

Bosque de hojas anchas.

Lumen.

Unidad de flujo luminoso, o energía visible emitida por una fuente de luz por unidad de tiempo. Un lumen equivale al flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad, o estereorradián, por una fuente puntual situada el vértice de ese ángulo y cuya intensidad luminosa es 1 candela en todas las direcciones

Plántula.

Formado por la raíz y el tallo, está dividido en tres capas principales. La más externa, llamada epidermis, está formada por células de paredes delgadas y protege los tejidos internos del eje. La capa central o córtex es un

aglomerado de células más grandes de pared fina que funcionan durante un tiempo como células de almacenamiento. La capa interna o estela consta de un anillo de células pericíclicas resistentes, un anillo pluricelular de células de floema, un anillo pluricelular de células de xilema o leñosas y un núcleo interior de células de paredes delgadas llamado médula.

- Silvícola.** Conjunto de métodos y técnicas aplicables a un bosque
- Sinuosa** En términos forestales significa un árbol con características no deseables torcido.
- Traqueadas.** Elementos vasculares o vasos y fibras. En la madurez, cuando desempeñan funciones de transporte, todas estas células están muertas. Las traqueidas son células alargadas con paredes gruesas caracterizadas por la presencia de zonas delgadas muy bien definidas llamadas punteaduras. Los elementos vasculares o vasos son traqueidas especializadas cuyas paredes terminales están atravesadas por uno o varios poros; una serie vertical de elementos vasculares que forman un tubo continuo se llama vaso. Las fibras son traqueidas especializadas de pared muy engrosada que apenas realizan funciones de transporte y que sirven para aumentar la resistencia mecánica del xilema.
- Xilema.** Tejido leñoso de los vegetales superiores que conduce

agua y sales inorgánicas por toda la planta y proporciona también soporte mecánico.

RESUMEN

Hace unos 20 años, en tierras del municipio de San Carlos Sija, del Departamento de Quetzaltenango, se establecieron plantaciones de *Pinus Patula Schiede* especie que es nativa de los bosques de coníferas de México, y que ha tenido una buena adaptabilidad en estas zonas de nuestro país, ya que la misma presenta un desarrollo superior, comparado con otras especies de pinos. El presente estudio se enfocó a determinar las propiedades físicas y mecánicas de su madera por sección longitudinal del fuste, puesto que se desconocen las aptitudes, resistencia y calidad de su madera. Para lograr estos objetivos, se realizaron ensayos de flexión estática, compresión paralela y perpendicular a la fibra dura, corte paralelo de fibra, clivaje, tensión paralela y perpendicular a la fibra, densidad, contracción y humedad, para lo cual se usaron las normas y metodología de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

Para obtener las muestras se seleccionaron al azar 5 árboles dentro de toda la plantación, haciéndose necesario seccionarla en 8 áreas de igual importancia. La troza de cada árbol se dividió en 3 secciones con una longitud de 2.5 m. Estas fueron aserradas en secciones de 6*6 cm y posteriormente se procedió al secado y elaboración de las probetas.

Las probetas se trasladaron al Laboratorio de Prueba de Resistencia de Materiales del Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la

Universidad de San Carlos para realizar las pruebas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: Humedad 65.92% en promedio con una densidad estándar de 9.81 y C.V. de 14.88%.

Los promedios de la densidad Po/Cc fue de 0.62 gr/cm³, con una densidad estándar de 0.04 y CV de 10%. Los datos obtenidos en la contracción radial longitudinal y tangencial fueron: 1.15, 3.23 y 27.59% respectivamente en promedio con una densidad estándar de 0.99, 1.07 y 12.58, siendo el CV de 86.09 y 31.13 respectivamente.

En cuanto a las propiedades mecánicas los datos promedio obtenidos fueron los siguientes: La carga máxima obtenida en promedio en el ensayo de flexión estática es de 613.63 Kg/cm², siendo el módulo de ruptura de 503.25Kg/cm²; el módulo elástico con una carga de 100 Kg es de 29,036.26 Kg/cm². En el ensayo de compresión paralela a la fibra el comportamiento de la madera *Pinus Patula Schiede* fue diferente en cada una de las alturas estudiadas. La primera troza soportó un mayor esfuerzo en relación a las probetas provenientes de las trozas b y c. Los valores medios registrados fueron de 250.8, 239.83 y 222.64 Kg/cm², respectivamente para las alturas a, b y c.

El comportamiento de la madera de esta especie al esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra a través de las alturas estudiadas es de 75.69 Kg/cm². Este esfuerzo en el sentido tangencial es el menos ponderado, presentando un promedio aritmético más bajo (69.89 Kg/cm²). Los resultados de corte paralelo a la fibra, el promedio aritmético es de 63.13 kg/cm². El esfuerzo obtenido para la prueba de clivaje es de 33.98 Kg/cm², al esfuerzo de tensión paralela a la fibra el promedio obtenido es de 671.79 Kg/cm². En

cuanto a la tensión perpendicular a la fibra el promedio obtenido es 24.80 Kg/cm².

OBJETIVOS

General

Generar información acerca de las propiedades físicas y mecánicas de *Pinus Patula Schiede* por sección longitudinal del fuste, lo cual permitirá conocer sus características y poder recomendar su uso potencial en la construcción civil y/o industria de la madera.

Específicos

1. Determinar la densidad, contracción y humedad, promedio de la madera de acuerdo con las normas de American Society for Testing and Materials (ASTM) D –143.
2. Determinar las propiedades mecánicas, del *Pinus Patula Schiede*, a partir de los ensayos de flexión estática, compresión paralela y perpendicular a la fibra, dureza, corte paralelo a la fibra, clivaje, tensión paralela y perpendicular a la fibra según las normas de American Society for Testing and Materials (ASTM) D –143)

HIPÓTESIS

Las propiedades físicas y mecánicas de *Pinus Patula Schiede* son distintas a través de la sección longitudinal del fuste en los diferentes ensayos

Las propiedades físicas y mecánicas de *Pinus Patula Schiede* no son distintas a través de la sección longitudinal del fuste en los diferentes ensayos

INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país con grandes áreas pobladas de bosque de diferentes especies, las cuales son productoras de maderas comerciales, entre éstas existe una gran variedad de especies del género *Pinus*, sin embargo de algunas se desconocen sus propiedades físicas y mecánicas y su clasificación respecto a su calidad. Es deseable contar con especificaciones que demuestren las propiedades de las maderas para su uso en cálculos de estructuras y así obtener diseños racionales económicos y seguros.

La madera está en desventaja con relación a otros materiales de construcción que se producen en calidades uniformes de acuerdo con especificaciones aceptadas. En estos materiales se consigue uniformidad en la calidad con poco esfuerzo; no así en la madera que presenta mayor complejidad no solo por la gran variedad de especies sino porque aún en maderas de la misma especie hay una serie de factores que influyen sus propiedades haciendo que éstas sean diferentes de árbol a árbol en un mismo bosque y aún en un mismo árbol, debido a su posición en el tronco o sección transversal del mismo. Necesariamente, cada especie de madera debe contar con especificaciones propias, y al tenerse estudios suficientemente amplios, pueden obtenerse datos muy confiables para una especie determinada.

En Guatemala desde hace unos años, se han establecido plantaciones de diversas especies exóticas, sin embargo poco se conoce de sus propiedades. Una de ellas es *Pinus Patula Schiede*, especie nativa de los bosques de

México, la cual ha tenido una buena adaptabilidad en las zonas altas de nuestro país, específicamente en el Municipio de San Carlos Sija, Departamento de Quetzaltenango, en donde se establecieron plantaciones desde hace 20 años. Ésta, comparada con otras especies de coníferas nativas, ha tenido un desarrollo dasométrico superior. El presente estudio se enfocó a determinar las propiedades físicas y mecánicas de su madera por sección longitudinal del fuste, y el mismo esta motivado por la buena adaptabilidad de esta especie, su rápido crecimiento, su uso en la construcción y por sobre todo el desconocimiento local de sus aptitudes, resistencia y calidad. Para lograr estos objetivos, se realizaron ensayos de flexión estática, compresión paralela y perpendicular a la fibra, dureza, corte paralelo a la fibra, clivaje, tensión paralela y perpendicular a la fibra, densidad, contracción y humedad, para lo cual se usaron las normas y metodología de la American Society for Testing and Materials (ASTM)

Para la realización de esta investigación se contó con el apoyo, tanto del personal docente y el equipo del laboratorio de Resistencia de Materiales del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) y la asesoría de un docente de la Carrera de Ingeniería Forestal del Centro Universitario de Nor – Occidente (CUNOROC), así como también de un ingeniero civil con experiencia en construcción con madera.

1.MARCO TEÓRICO

1.1 Marco conceptual

1.1.1. Estructura de la madera

La madera puede definirse como el conjunto de tejidos de xilema que forman el tronco, raíces y ramas de los vegetales leñosos. Desde un punto de vista práctico y económico solo se aprovecha la madera del tronco y de las ramas.

Para comprender la constitución de la madera, es necesario considerar al tronco del árbol como inscribible en un tronco de cono o un paraboloides y formado por capas sucesivas superpuestas. Esto se debe a que la madera se forma a partir de una capa existente entre la madera y la corteza llamada cambium la cual, cuando las condiciones son favorables, genera madera hacia adentro y corteza hacia fuera. Como este fenómeno es más o menos igual en toda la superficie, en cada período vegetativo se forma una capa que recubre la capa del período anterior. Son los anillos de crecimiento tan visibles a simple vista en un corte transversal de coníferas y de muchas frondosas, en el que se observa dentro de cada anillo una zona más clara que corresponde en nuestro clima, al crecimiento en primavera, con células de paredes delgadas y lúmenes grandes y otras más oscuras, correspondientes al crecimiento en el verano, de paredes más gruesas y lúmenes más pequeños.

Desde otro punto de vista, se puede considerar a la madera como un conjunto de células alargadas en forma de tubos, paralelas al eje del árbol, sus paredes y dimensiones de sus lúmenes. Estas células están unidas entre sí por una sustancia llamada materia intercelular o laminilla media y trabadas a la vez por otro tipo de células menos abundantes, pero de naturaleza semejante, colocadas perpendicularmente a las anteriores y en el sentido radial del tronco, formando los radios leñosos (13).

Esta variedad de tipos de células y sobre todo las formas de agruparse, caracterizan a las miles de especies existentes y las que ha existido o pudieran existir, ya que son muchísimas las diferentes combinaciones y variaciones posibles con los diversos tipos de células.

Todo lo anterior hace que la madera sea un material heterogéneo y anisótropo por lo que sus propiedades físicas y mecánicas varían según la dirección que se considere.

Desde el punto de vista físico – mecánico se consideran tres direcciones que son:

Axial: paralela a las fibras, es decir, paralela al eje del árbol. En esta dirección es donde la madera presenta mejores propiedades.

Radial: localizada en el plano transversal y normal a los anillos de crecimiento

Tangencial: perpendicular al plano formado por los dos anteriores, o sea también transversal y tangente a los anillos de crecimiento.

Esta estructura tubular hace de la madera un material resistente y ligero a la vez. Además esta propiedad se ve reforzada por la estructura fibrilar de la pared celular (13).

La pared de las células consta de la pared primaria con microfibrillas sin una orientación determinada y la pared secundaria con tres capas en las que las micro-fibrillas están colocadas helicoidalmente con inclinación de la hélice diferente en cada capa: 70° a 90° grados en el exterior; 30° en la central y de 70 a 80° en el interior. De las tres la central, es con mucho, la más gruesa y la interior, que a veces no existe, la más delgada.

Este conjunto fibrilar está incrustado en un material prácticamente insoluble llamado lignina. Con lo que esta estructura tiene un símil con una columna hueca de hormigón y las micro-fibrillas del acero. Las micro-fibrillas están formadas por grupos de fibrillas elementales distantes entre sí, con lo que es posible la entrada de moléculas de agua.

Esta fibrillas elementales, en las que existen zonas cristalinas y amarillas, están formadas a su vez por un grupo de unas 40 moléculas de celulosa, unidas entre sí por puentes de hidrógeno. La distancia entre ellas es tan pequeña que hace imposible la entrada de agua.

La forma, inclinación de micro fibrillas, proporción y cantidad de lignina contribuyen a la obtención del máximo de resistencia como elemento de sostén del árbol. De tal forma, que si una zona del árbol vivo sufriese una sobrecarga las células nuevas de dicha zona variarían los factores anteriores, a fin de contrarrestar el esfuerzo suplementario (13).

Para la elección de la especie por cultivar con fines económicos es necesario conocer previamente las características del leño; este debe completarse con un ensayo de cultivo en la región, a fin de conocer en que grado resultan afectadas esas condiciones por los factores.

En la proximidad de la inserción, los tejidos de circulación de la savia ascendente y descendente se desvían de su posición vertical para penetrar en las ramas; cuando estas detienen su vegetación por falta de luz, nutrición, los tejidos de crecimiento del tronco forman un rodete anular que rodea, estrangula y promueve la muerte paulatina de la rama, en unos casos provocando su caída sin dejar rastros (*Tilia, Populus, Quercus, Fagus*, etc.), mientras en otros, el desarrollo diametral del fuste las invade, quedando sumergidas dentro de su espesor (*Cupressus, Araucaria*)

En los árboles coníferos ese recubrimiento puede ir acompañado de la formación de una materia rojiza que tiñe los tejidos adyacentes, y de exudaciones de resina que impregnan la madera de la corteza (13).

1.1.2 Caracteres físicos de la madera

1.1.2.1 Peso específico

Cabe recordar que la madera en su estructura, está compuesta por células que han perdido su contenido y no forman por lo tanto, un material sólido, sino intercalado por espacios vacíos; la celulosa tiene un peso específico de aproximadamente 1.54 pero cuando integra el leño de los árboles, la densidad resulta del tipo de elementos, de su compacidad, de la composición de sus

membranas y del contenido de agua. El peso específico aparente se determina por la relación de peso de una probeta secada en la estufa hasta peso constante y el peso de un volumen igual al de la madera verde secada al aire, o a un grado de humedad-fijado por la industria (20).

El peso específico de la madera, en el árbol, varía en forma decreciente - desde el cuello de la raíz hasta la cima; en los coníferos puede variar, además, por la presencia de formaciones que se localizan en algunas secciones del fuste producidas por ciertas descendencias o por el clima, que incrementan su peso específico.

En regiones con un suelo fértil, bajo un clima suave y húmedo, que origina un crecimiento lujuriante, una especie puede presentar el leño con menor peso específico que el habitual; por el contrario, en terrenos pobres, creciendo en climas más áridos, los anillos resultan amplios, los elementos más pequeños y como consecuencia, el peso específico resulta mas elevado (20).

1.1.2.2 Coloración

La coloración de la madera depende de que los elementos constitutivos del leño resulten o no infiltrados por materias colorantes sustancias xilocromas del tipo de las resinas, tánicas y sales minerales. Esa coloración no es, por lo general, homogénea; la parte más externa, la albura de tejidos más recientes, presenta una coloración más clara, en tanto que el cilindro central, a base de duramen, compuesto por elementos más modificados membranas más infiltradas, ofrece un tinte más intenso. De acuerdo con su coloración las maderas pueden clasificarse en dos grandes grupos: blancas y coloreadas.

Las maderas blancas son una constante de los árboles coníferos: los latifolios presentan, por lo general el leño coloreado, pero dentro de éstos la

coloración guarda cierta relación con la latitud en que vive naturalmente la especie. Los árboles de países tropicales poseen, por lo común, un leño fuertemente coloreado, en tanto que los oriundos de regiones frías la presentan blanca o ligeramente teñida

Existe cierta correlación entre densidad y color; a un mayor peso específico corresponde, por lo general, una mayor coloración del leño, lo que se explica: cuanto más pequeños son los elementos, menor espacio libre existente entre ellos y mayor el contenido de sustancias que infiltran la celulosa tanto más intensa resulta la coloración de la madera (20).

1.1.2.3 Dureza

En la práctica forestal se juzga la dureza de una madera por la dificultad al corte, la resistencia que opone al desgaste, a dejarse rayar, a la compresión, al choque, a dejarse atravesar por el clavo; este carácter resulta de la predominancia de fibras o traqueidas sobre otros elementos y su distribución más que de su longitud (20).

En los ensayos de laboratorio se mide sobre una probeta, por la oposición a la penetración de una bola de acero de 10 mm de diámetro sometida a una carga de 200, 500 y 1,000 Kg. (Método de Brinell); de acuerdo con los resultados se establecen escalas de comparación. La propuesta por Latzina comprende cinco categorías:

- Muy blandas, inferior a 2 grados Brinell;
- Blandas de 2 a 4;
- Semiduras de 4 a 7;
- Duras de 7 a 10
- Muy duras de 10 a 13;

1.1.2.4 Extraduras, superior a 13.

En la práctica silvícola se ha extendido, casi universalmente, la clasificación de la industria forestal inglesa: duras y blandas (softwood y hardwood); dentro del primer grupo se incluyen genéricamente las maderas que se obtienen de los árboles coníferos. Cuando se habla de maderas duras se sobreentiende que se trata de las que producen las especies hojosas.

La clasificación desde el punto de vista tecnológico, no es absoluta: algunas maderas de latifoliadas, como la que se extraen de los álamos, resultan blandas, en tanto que la de los pinos resinosos presentan caracteres de las duras (19).

Existe por lo general, cierta correlación entre el color y la dureza; color y densidad: las maderas fuertemente coloreadas resultan más pesadas, duras e incorruptibles; las blancas, más porosas, livianas y blandas, como consecuencia de la abundancia de elementos de gran diámetro, de membranas no infiltradas.

Las especies productoras de maderas blandas son oriundas, por lo general, de climas fríos y de regiones lluviosas, en tanto que las maderas - fuertemente coloreadas, se producen más frecuentemente en países tropicales y subtropicales, o en regiones expuestas a períodos lluviosos seguidos de sequía, lo que estimula la formación de elementos más diversos vasos escaleriformes, rayos uniseriados, madera difusa y el estacionamiento en la formación de círculos de crecimiento bien definidos.

Las causas que influyen sobre la dureza y la densidad son más complejas

y no pueden ser apreciadas íntegramente: el ébano se obtiene en las regiones tropicales de la India y Ceilán; pero la madera de balsa, una de las más livianas y blandas, se produce en regiones de elevada temperatura, en Ecuador y Venezuela.

La dureza constituye un carácter de la madera, estrechamente vinculado a la especie que lo produce, así como a las condiciones ambientales en que el árbol crece; si se traslada de su área nativa para introducirlo al cultivo, puede resultar sensiblemente alterado en la nueva región (19).

1.1.2.5 Textura

Se clasifica por el tamaño, distribución y volumen de los elementos que componen el leño; se le considera a veces sinónimo de grano por la forma que presenta la superficie de la madera después de pulida. Se le clasifica como fina, cuando los elementos componentes son de tamaño pequeño y el parénquima leñoso resulta pequeño; gruesa, por el contrario, si los elementos son de gran diámetro: mediana, cuando la composición es intermedia, se le considera homogénea, cuando existen pequeñas variaciones entre los elementos componentes y heterogénea, si, además de la diversidad de elementos que la integran, los círculos de madera de primavera y verano resultan muy notables (20).

1.1.2.6 Grano

Se determina por la dirección, tamaño, distribución y aspecto de los elementos de la madera; Tortorellí propone la siguiente clasificación para las maderas argentinas: derecho cuando presenta haces longitudinales paralelos al eje vertical del árbol; oblicuo, si el haz longitudinal se desvía levemente del eje vertical; entrelazado, cuando la dirección del haz longitudinal es notoriamente

entrecruzada: crespo, cuando la dirección es señaladamente sinuosa o revirada, y espigado o plumoso cuando los haces forman ángulos de lados cortos y se presentan fajas longitudinales de 1 a 2 centímetros de ancho, semejando plumas (20).

1.1.2.7 Veteado

Lo da, en un corte longitudinal, la disposición de sus elementos constitutivos, especialmente los vasculares y los radios leñosos; las especies cuyo fuste presenta círculos de crecimiento bien delimitado o la que forman leño conteniendo radios leñosos anchos y altos, al ser aserradas presentan un veteado bien perceptible (*Quercus*, *Fraxinus*) en otras el veteado surge de las caras longitudinales del duramen o de presencia de radios medulares de curso ondulado y de yemas adventicias latentes.

En el primer caso es un carácter específico, transmisible por herencia, en el segundo, solamente pueden presentarlo algunos individuos, en condiciones especiales, cuya madera puede tornarse valiosa por esa circunstancia (20).

1.1.3 Teoría sobre las causas de variación del tamaño de los elementos de la madera

Existen dos patrones de variación bien definidos en el tronco que son:

1.1.3.1 Variación horizontal

La longitud promedio de una población de células iniciales del cambium no permanece siempre constante, conforme la población se mueve hacia fuera con el aumento en el grosor del tronco, la longitud aumenta generalmente por los primeros centímetros; después de este rápido y constante aumento el

comportamiento es menos regular; la longitud promedio puede permanecer constante por varios centímetros; puede aumentar gradualmente, disminuir o fluctuar.

El factor que permite esta variación es la forma de división anticlinal de las células encontradas en la mayoría de las dicotiledóneas y todas las angiospermas, llamada generalmente división pseudotransversal y la subsecuente recuperación del tamaño de las células por crecimiento intrusivo. Esto se comprueba cuando se hace una comparación con un cambium estratificado, en el cual las divisiones anticlinales son radial – longitudinal con poco o ningún aumento en la longitud de los árboles con este tipo de cambium (12).

Las nuevas células producidas por división pseudotransversal, producen un aumento en la circunferencia del cambium, conforme aumenta el grosor del tronco durante los primeros centímetros de crecimiento radial. El perímetro del tronco aumenta rápidamente y se requiere una tasa de división anticlinal más alta elevada para proveer nuevas células iniciales del cambium de la que se requiere más tarde en el crecimiento radial.

En efecto, en la porción más externa del crecimiento radial del tronco, la tasa de divisiones anticlinales, es más alta de lo que se requiere para suplir las necesidades de un cambium en expansión y se pierde más cantidad de células iniciales. En los primeros centímetros de distancia de la médula hacia fuera, el efecto resultante de la adición de nuevas células iniciales, no provee por si sola, las necesidades de la rápida expansión del perímetro del cambium, a pesar de que la división anticlinal es relativamente alta y las pérdidas iniciales algo menor que un poco más afuera.

Durante este periodo, la deficiencia de células iniciales, se ve compensada por un aumento en la dimensión de las células hijas, por encima de aquellas células que les dieron origen, mientras que se da un aumento en la dimensión tangencial de las células iniciales, esto es de menor importancia que su elongación, bien por encima de la longitud de las células hacia afuera del tronco durante el crecimiento temprano del tallo.

Este aumento de longitud hace una contribución importante al aumento de la circunferencia del cambium, debido a que el número de células, a cualquier nivel, se va aumentando por la intrusión de células adyacentes.

El diámetro del cambium, al momento en que cesa el crecimiento primario y comienza el desarrollo secundario, va a tener un efecto directo en la elongación de sus células y consecuentemente en la cantidad de madera juvenil desarrollada.

Es necesario agregar que el patrón horizontal básico puede ser modificado por ejemplo, la mayoría de las maderas muestran fluctuación estacional en las dimensiones de sus elementos pero esto no afecta la dirección general en el promedio en cierto número de años o también se encuentra que la longitud promedio de los elementos disminuye cuando un árbol crece rápidamente en grosor, estas fluctuaciones se deben a cambios en el balance entre los factores considerados anteriormente (12).

1.1.3.2 Variación vertical

En un intento por entender las causas de la variación en los tamaños de

los elementos, a través de la longitud es muy útil considerar primero un árbol hipotético, en el cual el tronco es un cono muy regular, con los anillos de crecimiento siempre paralelos y de igual grosor; podría esperarse que la variación horizontal previamente considerada será repetida en todos los niveles del tronco, si esto fuera así no habría variación vertical y el tronco consistiría de un cono elongado conteniendo un verdadero cilindro de madera juvenil.

Madera juvenil es la formada en el tronco mientras la longitud de las células iniciales está aumentando en la parte superior de este cono hipotético, el cilindro inmaduro se proyectaría hasta el ápice del árbol, tal tronco tan uniforme nunca se ha reportado y el patrón de variación más general hasta el momento encontrado, es el incremento gradual en el tamaño de los elementos desde la base del árbol hasta alcanzar y mantener un máximo constante, para luego disminuir en la parte superior del tronco.

Para entender este patrón debe ser reconocido que esta hecho de dos componentes: el primero es debido a la variación en el tamaño promedio de las células iniciales en el momento que se originaron al final del crecimiento primario; el segundo consiste en la modificación de la variación horizontal, puesto que estas modificaciones están en relación con la altura del nivel del suelo, imparten patrones de variación vertical en el tamaño de los elementos de la madera. (12)

Longitud de las células iniciales del cambium en el momento de su origen.

Se ha observado que la longitud se incrementa gradualmente de la base del árbol a un valor más o menos estable y luego disminuye otra vez, esta variación es interesante por sí misma, pero su importancia principal está en la influencia que tiene el tamaño de los elementos del xilema producidos a ese

nivel (12).

Hay evidencias de que en maderas con cambium no estratificado, la madera juvenil contiene elementos largos en donde las células iniciales son largas, en maderas con cambium estratificado la longitud original de las células iniciales es aún de mayor significado, puesto que la longitud se mantiene constante a través de la vida del árbol (12).

La siguiente hipótesis se da para explicar el patrón de variación de la longitud de las células iniciales del cambium al momento de su origen. Hay evidencias de que el tamaño original de las células iniciales se correlacionan con la tasa de crecimiento en altura, el patrón de variación con el tamaño original de las células iniciales pueden ser explicados por cambios en la tasa de crecimiento en altura durante el desarrollo del árbol. El lento inicio, seguido por un largo periodo de crecimiento y la subsecuente disminución; corresponde con el patrón del largo en células iniciales fusiformes.

Se ha reportado frecuentemente que si la altura en la que se tiene máxima longitud de los elementos, aumenta en anillos de crecimiento, sucesivos, si las mediciones están relacionadas con la distancia a la médula, más que con el número de anillos de crecimiento, se encuentra que la longitud de las células es la misma a igual distancia de la médula.

El retraso aparente en alcanzar la máxima longitud del ejemplo anterior se debe al aumento en el grosor de los anillos de crecimiento, conforme se acercan al nivel del suelo, lo que es muy general en la mayoría de los árboles.

Este aumento gradual, en la longitud original de las células iniciales, seguido por una disminución es una simplificación de los patrones de variación

actualmente presente en los troncos. Estos pueden mostrar fluctuación en el tamaño inicial promedio con pequeños aumentos en altura.

Estas modificaciones de patrón general podrían deberse a fluctuaciones en la tasa de crecimiento en altura, ya sea estacional o intermitente, a la posición en los internudos, o a los cambios en diámetro del cambiun, al principio este último factor puede llegar a ser significativo en árboles que tienen un fuerte crecimiento primario en primavera (12).

1.1.3.3 Madera adulta y madera juvenil.

Existe una marcada tendencia en cuanto a la variación de las características de la madera en el árbol, indicando en todos los casos que porción del tronco cercana a la médula, posee diferencias bien marcadas en cuanto a propiedades y estructura celular con la madera de la parte más externa del tronco. Por ejemplo, las fibras de las especies tropicales latifoliadas que se encuentran en la zona aledaña a la médula y que por ende es madera que se formó primero, son por lo general menores a un milímetro (mil micras) de largo, y a partir de un mayor desarrollo posterior de estas fibras, la gravedad específica, el porcentaje de madera adulta y fuerza de tensión es también bajo; el contenido de celulosa de la madera de la zona cercana a la médula es también más baja que el nivel encontrado en madera de la zona cercana a la corteza y la contracción longitudinal es excesiva, lo que causa torceduras poco comunes en la madera aserrada de la zona de la médula aún cuando en la madera de reacción, por condiciones adversas, no se presente. Esta situación también se presenta en coníferas. El patrón y tamaño de los vasos en el área de la médula es por lo general diferente a aquellos encontrados en la madera de las ramas (12).

El patrón y tamaño de los vasos en el área de la médula es por lo general

diferente de aquellos de una mayor edad del tronco y parecidos a aquellos encontrados en la madera de las ramas. La madera encontrada cerca de la médula se le llama madera juvenil, y ha sido definida como un xilema secundario producido por la edad temprana o primera edad en esta parte del árbol, y presenta características anatómicas de un progresivo incremento en las dimensiones y disposición de las células, en los sucesivos desarrollos de las capas o sección transversal.

La formación de madera juvenil está asociada con la influencia del meristemo apical que es la región de la capa activa del árbol en la estación de crecimiento.

Como la copa del árbol se mueve hacia arriba, en el árbol viejo el cambium a una altura se convierte menos sujeto a las influencias directas de la elongación en la región de la copa y se forma la madera adulta.

La base principal para definir la madera juvenil es la estructura de las células y propiedades de la madera, la madera juvenil en árboles de plantaciones puede ser relacionada con un crecimiento rápido cerca de la médula, pero el tamaño de los anillos de crecimiento no está necesariamente asociado con la madera juvenil en los árboles. Por ejemplo, un tronco joven creciendo bajo una alta competencia, forma anillos angostos en la región cerca de la médula mientras que si las condiciones de crecimiento son favorables la duración del periodo juvenil es bastante variable entre especies y puede oscilar entre periodos de 5 a 20 años. La terminación del periodo juvenil de crecimiento es marcado en algunas y en otras no es distinguible por el periodo de transición hacia la condición de adultos como una regla general, la baja calidad de la madera juvenil es más marcada en las coníferas que en las latifoliadas (12).

1.1.4 Propiedades físicas

Estas son aquellas que determinan su comportamiento ante los factores que intervienen en el medio ambiente normal, sin que este actúe química ni mecánicamente en su estructura. La densidad y las contracciones tienen influencia sobre los aspectos de trabajabilidad de la madera, ya que si sus valores son altos o bajos, también serán altas o bajas las propiedades mecánicas y los grados de deformación (1, 15).

Estas dos propiedades se encuentran íntimamente relacionadas y en general para una misma disminución del contenido de humedad, las maderas con densidad aparentemente alta sufren mayores contracciones que las de densidad aparentemente baja, esto es explicable, porque las maderas pesadas tienen una mayor cantidad de pared celular para dejar hinchar o contraer; aunque esto no es una regla general, es un buen indicador de comportamiento de las maderas. Las excepciones que se presenten, son debidas posiblemente a que todo no es pared celular y en el lumen de las fibras pueden haber materiales infiltrados que reducen la contracción y el hinchamiento (15).

1.1.4.1 Humedad

La madera es una sustancia higroscópica con gran afinidad por el agua (líquida o en vapor) y otros líquidos polares. Todas las propiedades físicas, mecánicas y no mecánicas, características de elaboración, resistencia al ataque de hongos, son afectadas por las fluctuaciones en los contenidos de humedad, siendo esta la razón por la cual los valores obtenidos en ensayos de madera deben ir acompañados de los respectivos contenidos de humedad (1,15).

1.1.4.1.1 Determinación de la humedad contenida en la madera:

Los métodos utilizados corrientemente son:

- Secado en estufa
- Destilación
- Mediante la medición de la humedad del aire y,
- Mediciones eléctricas

La humedad de la madera se manifiesta en dos formas.

- 1) Como agua libre localizada en las cavidades celulares, y
- 2) Como agua capilar o absorbida, localizada en las paredes capilares de las mismas células.

Cuando el árbol es cortado, la madera empieza a perder humedad debido a la diferencia que existe entre la que contiene la madera y la que existe en el medio ambiente. Mientras esto sucede, las paredes capilares continúan todavía saturadas hasta que toda el agua libre se ha evaporado. La humedad en la madera como ya se ha dicho, se expresa en porcentaje de su peso secada al horno, pero su determinación también puede hacerse por medio de medidores eléctricos, que aunque su determinación es más rápida, es menos precisa que el método tradicional de secado al horno (15).

La madera que forma parte de una estructura, está sujeta a variaciones en el contenido de humedad, que fluctuarán de acuerdo con las estaciones del año o de las condiciones del ambiente. Aunque las maderas sean diferentes en especie, todas mantendrán aproximadamente la misma humedad de equilibrio que les propicie el medio ambiente, independientemente de su densidad. El

contenido de la humedad a la temperatura ambiente en el medio, tiene una marcada tendencia a facilitar el ataque de la madera por hongos ya que estos necesitan para vivir condiciones propicias de humedad, luz y temperatura.

La resistencia en la madera empieza a aumentar cuando las paredes celulares empiezan a perder humedad y desde ese momento de relación entre una y otra parece ser inversamente proporcional. La resistencia a la flexión y a la compresión son las que más aumentan con el secado, en cambio la elasticidad puede considerarse invariable (15).

1.1.4.2 Contracción

Las contracciones en una muestra de madera se presentan al disminuir su contenido de humedad por debajo del punto de saturación de la fibra. El agua u otros líquidos polares al salir de la pared celular causan un acercamiento de las microfibrillas, el cual está en proporción al líquido extraído. Una excepción de que la madera no se contrae abajo del punto de saturación de la fibra, es el colapso (aplastamiento de células por secado brusco), defecto que al presentarse hace que los datos de contracción obtenidos no puedan darse como cambios dimensionales normales de la madera (15).

Los valores de contracción indican la estabilidad dimensional o los cambios que puede tener una madera al ser sometida a condiciones variables de humedad relativa. Dichos valores permiten recomendar ciertos usos y ayudan en la elaboración de programas de secado.

También indica la resistencia a diversos usos y sirve como base para estimar rendimientos de pulpa y requisitos para las cocciones. En términos generales, se puede decir, que la densidad depende del tamaño de las células,

espesor de las paredes celulares y la interrelación entre el número de las diferentes clases de células constituyentes del leño.

La causa de estos cambios dimensionales se debe en gran parte a la pérdida o entrada del agua higroscópica entre la estructura celulósica de la pared celular ya que el agua libre no tiene influencia en estos cambios. Debido a los cambios de humedad relativa y temperatura, la madera está sujeta a estos cambios dimensionales, los cuales son diferentes de acuerdo a la sección de la madera de que se trate, pues en la parte intermedia se originan tensiones que causan defectos durante el secado, tales como grietas y deformaciones (15).

Al hacer referencia a las contracciones se ha tenido en cuenta la siguiente clasificación (5).

TABLA I Contracción

Denominación	Contracción	
	Radial	Tangencial
Muy alta	3.0	6.3
Alta a moderada	1.6	3.6
Baja a muy baja	0.6	1.1

Fuente: CASASOLA DIAZ, C.R. Anatomía y Propiedades Físicas de la Madera

La relación contracción tangencial y contracción radial (CT/CR) es un índice de la estabilidad dimensional de la madera; al acercarse a uno la madera es más estable y tiene buen comportamiento durante el secado.

Con base en la relación de la contracción tangencial y radial, las maderas pueden clasificarse, de acuerdo con la siguiente tabla:

TABLA II Contracción tangencial y radial

Grupo No.	Rango	Clasificación	Estabilidad
1	> de 1.5	Muy baja	Muy estable (no se agrietan, buen secado)
2	1.51 a 2	Baja	Estable (muy pocas grietas, muy leve atención al secado)
3	2.1 a 2.5	Media	Moderadamente estable (Ídem al anterior)
4	2.51 a 3	Alta	Inestable (se agrietan atención al secado)
5	> de 3	Muy alta	Muy inestable (fuertes grietas, secado cuidadoso)

Fuente: CASASOLA DIAZ, C.R. Anatomía y Propiedades Físicas de la Madera

1.1.4.3 Peso específico aparente

La determinación de este valor es una referencia útil de calidad, puede ayudar en la selección y clasificación de maderas, permite estimar su resistencia, habilidad para sostener clavos y facilidad de trabajo en las máquinas; es también índice de la resistencia a diversos usos y sirve como base para estimar rendimientos de pulpa y requisitos para las cocciones.

Densidad básica:

Este parámetro puede ayudar en la selección y clasificación de la madera para determinado uso industrial, a la vez permite conocer su resistencia mecánica, habilidad para sostener clavos, rendimientos de pulpa y facilidad de

trabajo en las máquinas.

Esta se define como la relación entre el peso seco al horno y el volumen verde de la madera; no obstante la diferencia suele emplearse como sinónimo el término peso específico, que es la relación entre el peso seco de la madera y el peso de un volumen igual de agua.

La densidad dependerá del tamaño de las células, el espesor de las paredes y la interrelación entre el número de las diferentes clases de células que constituyen el leño. Otra característica sobresaliente de la madera es su baja densidad, comparada con su gran resistencia mecánica, por lo cual es un elemento importante en las construcciones (5). Utilizando la densidad básica, las maderas pueden clasificarse de acuerdo a los siguientes datos:

TABLA III Densidad básica de la madera

Liviana	Menos de 0.36
Moderadamente liviana a Moderadamente pesada	0.36 – 0.50
Pesada	Más de 0.50

Fuente: CASASOLA DIAZ, C.R. Anatomía y Propiedades Físicas de la Madera

Es el peso específico es donde mejor se puede apreciar la calidad de una madera, ya que de él depende grandemente su resistencia mecánica en general, su trabajabilidad, la extensión de los cambios dimensionales, calidad de acabados y el poder calorífico principalmente (21).

El peso específico se define como el peso de un material por unidad de volumen, generalmente se expresa en gramos por centímetro cúbico. Además

se le reporta como sinónimo de gravedad específica.

Contrariamente a lo que se piensa el peso específico no es una característica simple de la madera, sino una combinación de características, cada una de las cuales posee un sólido patrón hereditario propio. El peso específico está determinado principalmente por tres diferentes propiedades de la madera, a saber:

Cantidad de madera de verano: Algunos árboles empiezan a formar células de pared gruesa de la madera de verano (madera tardía) a principios del año, otros más tarde y dado que la madera de verano tiene un alto peso específico, este patrón da como resultado un peso específico alto para el producto temprano de madera de verano, sin importar donde pueda estar creciendo el árbol. Los porcentajes de madera de verano pueden variar hasta en un 100 % entre los árboles de una misma especie y edad creciendo a la misma velocidad con sus raíces entrelazadas.

Tamaño de las células: Ocasionalmente, los árboles que en otros aspectos son similares, tienen paredes celulares de esencialmente el mismo grosor, pero células de diferente tamaño. Cuando esto ocurre, el árbol con células pequeñas tiene el mayor peso específico.

Grosor de la pared celular: Zobel y Talbert citados por Vásquez (19), indica que la madera de verano consta de células que poseen una pared doble de grosor tan grande o mayor que el diámetro del lumen, sin embargo, el grosor real de la pared de las células de verano varía ampliamente entre los árboles. Cuando dos árboles poseen células esencialmente del mismo tamaño, pero uno tiene células con paredes más gruesas que el otro, las diferencias de peso específico son considerables.

El peso específico es de suma importancia para los forestales, ya que tiene un efecto importante sobre el rendimiento y calidad del producto final, porque es fuertemente heredable. (21)

En términos generales la resistencia mecánica de la madera está en relación directa con su peso específico en una proporción directamente proporcional.

a) Determinación del peso específico:

La determinación del peso se hace directamente mediante el uso de una balanza con la sensibilidad suficiente para los fines a que se destina la magnitud del peso.

El peso anhidro se obtiene desecando en una estufa a $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante, lo cual indica que la madera no tiene más humedad que ceder.

De acuerdo a los valores de densidad aparente, las maderas pueden clasificarse, así (15):

TABLA IV Densidad aparente

Grupo No.	Rango	Clasificación
1	Menor de 0.20	Extremadamente liviana
2	De 0.20 a 0.25	Excesivamente liviana
3	De 0.25 a 0.30	Muy liviana
4	De 0.30 a 0.36	Liviana
5	De 0.36 a 0.42	Moderadamente liviana
6	De 0.42 a 0.50	Moderadamente pesada
7	De 0.50 a 0.60	Pesada
8	De 0.60 a 0.72	Muy pesada
9	De 0.72 a 0.86	Excesivamente pesada
10	Mayor a 0.86	Extremadamente pesada

Fuente: MORATAYA MONTENEGRO, R.A. Anatomía, Propiedades Físicas y algunos Usos sugeridos de la Madera de Seis Especies Forestales frecuentes en el Municipio de La Libertad, Petén, Guatemala.

1.1.4.4 Planos de la madera

Dado el origen biológico de la madera, las características tanto anatómicas como físico mecánicas van a ser diferentes en cada uno de los planos que la forman debido a su anisotropía; sus propiedades variarán de acuerdo con la dirección del eje o plano según el cual va a realizar el análisis.

De esta manera se pueden distinguir tres ejes distintos: el eje longitudinal, paralelo al eje principal del tronco; el eje radial, formando a línea radial al cono del tronco y perpendicular a la corteza y el eje tangencial formando línea tangente sobre los anillos de crecimiento y perpendicular al eje radial. La

intersección de estos ejes forman los llamados planos de la madera:

- Plano transversal (x)
- Plano longitudinal radial (r)
- Plano longitudinal tangencial (t)

Como en cada uno de los planos las estructuras anatómicas se observan de manera diferente, es conveniente observarlos en conjunto para tener una idea clara y tridimensional de las células y tejidos que constituyen la madera.

Sobre la base de las propiedades físicas, los posibles usos de la maderas, son los siguientes (15):

Estructuras Conjunto de elementos que forman la parte resistente y de soporte de una edificación:

- Peso específico aparente: de 0.4 a 0.8
- Contracción volumétrica: menor a 12%
- Relación CT/CR: menor o igual a 2.0, buena estabilidad
- Resistente al ataque de hongos e insectos, fácil de trabajar

Encofrados Armazón de madera, metal o material análogo, destinado a servir de molde en la fabricación de un elemento de hormigón.

- Peso específico aparente: de 0.4 a 0.6
- Contracción volumétrica: menor o igual a 1.6, estabilidad dimensional
- Adecuada resistencia mecánica
- Baja absorción de humedad
- Facilidad de trabajo

Carpintería de obra construcción realizada a partir de reglas, tablas, etc. en pequeñas obras de construcción sin conllevar arte.

- Buen comportamiento al trabajo con máquinas de carpintería
- Contracción volumétrica: menor o igual al 12%, estabilidad dimensional
- Relación CT/CR: menor o igual a 2.0
- Liviana a moderadamente pesada

Pisos

- Peso específico aparente: seco mayor o igual a 0.70
- Contracción volumétrica: poca a moderada (10-15%)
- Buena característica para el trabajo a máquina

Mangos para herramientas, artículos deportivos

- Peso específico aparente seco entre 0.55 y 0.65 a 12% de humedad
- Grano recto
- Buena apariencia
- Fácil de trabajar mecánicamente

Ebanistería se refiere a la elaboración de muebles y otros que conlleven arte y creatividad.

- Poca contracción
- Buena apariencia
- Buen acabado
- Buen comportamiento al encolado

- Buena resistencia y dureza

Durmientes

- Buena durabilidad o aceptar tratamiento
- Poca tendencia a agrietarse durante el secado

1.1.5. Propiedades mecánicas

Estas se definen como aquellas que miden la aptitud y habilidad de la madera para resistir fuerzas externas (13). Estas propiedades son prioritarias cuando la madera se destina a la construcción civil y no dejan de tener importancia en muchos otros casos, tales como: herramientas agrícolas, implementos deportivos, etc.

Para determinar las propiedades mecánicas de un material se requiere el uso de aparatos y aditamentos específicos, los cuales a la vez que proporcionan la carga requerida registran la magnitud de la misma (1).

1.1.5.1. Flexión estática

Este ensayo se suele realizar como el de una viga libremente apoyada por los extremos y carga central. En este tipo de esfuerzo, la parte superior trabaja a compresión y la inferior a tracción. La distribución de tensiones en el plano, donde el momento flector es máximo, empieza por tener una distribución bitriangular con el vértice común en la línea neutra. Pero la madera resiste menos a compresión que a flexión, incluso el momento elástico o tracción es algo superior al de compresión. Debido a esto, al pasar las tensiones al límite elástico a la compresión, aumenta la deformabilidad en las caras superiores, la curva de distribución de tensiones toma una fórmula parabólica, el eje neutro se desplaza hacia abajo haciendo aumentar las deformaciones y rompiéndose las

piezas, finalmente, por tracción.

La relación de la distancia entre apoyos y la flecha de la probeta, en el momento de romper, nos da la cota de rigidez. Esta cota califica, más adecuadamente que el momento elástico, propiedades tales como la flexibilidad, plasticidad y deformabilidad (1).

Influencias que afectan la resistencia a la flexión

Inclinación de la fibra: la disminución de resistencia a flexión y tracción se hace apreciable a partir de una inclinación de $1/25$, mientras en compresión lo es a partir de $1/10$, y en el corte apenas si tiene influencia.

Peso específico: Existe una relación lineal entre resistencia a flexión y densidad. En los casos donde no se sigue esta relación, los mismos se deben a maderas con elevados contenidos de resinas.

Contenido de humedad: La resistencia a la flexión tiene un máximo para un grado de humedad del 5%, disminuyendo la resistencia desde dicha humedad al PSF. La variación entre el 8 y 15 % se puede considerar lineal.

Temperatura: La resistencia a la flexión decrece al aumentar la temperatura; este crecimiento es mayor al aumentar la humedad.

La deflexión en el momento de romper, para humedades inferiores al 12 % no experimenta grandes cambios con la temperatura; por encima de este valor, la deflexión aumenta con la temperatura.

Dimensiones de las probetas: El factor que más influye es la relación distancia entre apoyos, espesor de la probeta, l/h , ya que, al disminuir dicha relación aumentan las tensiones de corte longitudinal, por tanto, la resistencia a

la flexión aumenta al aumentar dicha relación. A partir del valor de 20 varía muy poco y con $L/h = 40$ se puede considerar constante. En el intervalo 7,5 y $L/h = 40$ se puede calcular la resistencia a la flexión con una L y h dadas, en función de la resistencia con $L/h = 40$.

La deflexión es, aproximadamente, proporcional a:

$$(L/h)^2$$

Donde: L = largo de la probeta

h = peralte (grosor) de la probeta.

Nudos y fendas: La influencia de los nudos varía según su posición ya que es mayor cuanto mayor sea el momento flector; y tiene más influencia si está en la zona traccionada que en la de compresión.

Fatiga: La resistencia a la flexión disminuye al aumentar el tiempo de carga, reduciéndose, al cabo de los años, en porcentajes del 50 al 75 % respecto a la resistencia en un ensayo normal de flexión estática.

En el caso de tensiones alternativamente variables la madera por su carácter fibroso, trabaja mejor que muchos metales. El valor de la tensión límite a la fatiga, varía con la especie, pudiéndose dar el valor medio de 0,33 veces la resistencia del ensayo normal.

La resistencia a la fatiga es proporcional al peso específico, por lo que se puede obtener una cota de calidad de resistencia a la fatiga dividiendo la resistencia a la fatiga por 100 veces el peso específico, su valor varía de 4 a 7(1).

1.1.5.2. Compresión

La resistencia de la madera a esfuerzos de compresión se determina tanto en el sentido paralelo a las fibras como perpendicular a ellas. Este esfuerzo no es más que la actuación de las fuerzas de compresión en dirección paralela a las fibras de la madera, como en una columna (1).

Los ensayos se realizan con probetas de sección cuadrada, con caras en planos tangenciales y radiales. La sección varía, según las normas de 2 x 2 a 5 x 5 cm; una sección inferior a la primera no sería muy representativa del valor medio, sobre todo en el caso de madera con anillos de crecimiento grandes y una sección mayor de 5 x 5 cm es difícil obtener sin que presente alguna pequeña irregularidad, lo que disminuiría la resistencia. También tiene influencia la relación longitud de la probeta – lado del cuadrado de sección transversal, este valor aumenta un 3% al pasar dicha relación de 1 a 0.5 y disminuye un 7% si pasa de 1 a 3 ó 6.

El ensayo se realiza por aplastamiento de la probeta entre dos superficies planas y paralelas, con una velocidad de carga de 200 a 300 kg/cm² con lo que el ensayo tardará alrededor de 2 minutos. La velocidad de carga influye algo en la resistencia aumentando esta al aumentar la velocidad. La resistencia unitaria será la carga dividida por la sección de la probeta: P/S. La rotura debe efectuarse por el centro de la probeta; la norma ASTM aconseja que las probetas tengan los extremos más secos y al ser, por tanto más resistentes, obligaría a romper por la zona central. La rotura tiene lugar por planos radiales, pudiendo ser en un plano oblicuo, vertical o mezcla de ellos. El hecho de seguir un plano radial, se debe a que las fibras al encontrarse con un radio debe rodearlo, variando su dirección lo que las hace menos resistentes en dichas zonas. La rotura empieza en las coníferas por un arrugamiento de las traqueidas, siendo las punteaduras areoladas puntos débiles, en las frondosas

empieza por un curvado de las células.

En la resistencia a la compresión perpendicular a las fibras no puede considerarse una resistencia a la rotura como en el caso de la compresión axial ya que en este ensayo, la resistencia no decrece bruscamente, sino que permanece constante o aumentando a partir de un momento en que las deformaciones aumentan grandemente. Por tanto habrá que hablar de resistencia en el límite elástico, resistencia para una deformación dada de antemano, o bien la resistencia al límite de aplastamiento (1).

Las normas ASTM 143 – 52 utilizan probetas de 5 * 5 * 20 cm y pieza de carga de 5 cm de anchura.

Influencias que afectan la resistencia a la compresión

Inclinación de la fibra: La posición de la fibra puede incidir al momento de someter la probeta a compresión.

Peso específico: Es inversamente proporcional a la compresión, pues mientras más pesada sea la pieza, menos puede comprimirse.

Contenido de humedad: Mientras más humedad contenga la pieza, es más fácil aplicarle compresión, porque va llenando los espacios que contienen agua.

1.1.5.3. Dureza:

La dureza no es precisamente un esfuerzo mecánico, pero sí una propiedad medible a través de la utilización de una carga. En términos generales se define como la resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado

por otro sólido. Para evaluar la dureza de la madera, se han diseñado algunos métodos.

Método Brinell: Usado principalmente en Europa y se basa en la resistencia que opone la madera al ser penetrada por una esfera de acero que tiene un diámetro de 1 cm en el área ecuatorial.

Método Janka: Diseñado en Estados Unidos y usa el mismo sistema que el anterior pero con una metodología diferente, en este caso se penetra toda la esfera en la madera y se mide la carga que se usó para tal operación.

Método Monin: En este caso, en vez de usar una esfera ésta se sustituye por un cilindro y al igual que **Brinell** se emplean cargas constantes midiendo la penetración del cilindro o flecha de penetración.

La dureza de la madera se mide en los planos radial, tangencial y transversal. La dureza de la madera tiene importancia durante su maquinado con herramientas cortantes, fresado, aserrado, desenrollado para chapa, así como en aquellos casos en que se somete al desgaste por frotamiento en pisos, pasamanos, etc (1).

1.1.5.4. Corte paralelo a la fibra

El conocer la resistencia de la madera a este tipo de esfuerzo es de gran importancia, ya que siempre se encuentra presente en la madera usada en la construcción principalmente en los ensamblajes y uniones con pernos, el efecto que se produce es el de desplazamiento entre dos capas contiguas de fibras, cuando a estas se les aplican cargas en sentidos opuestos.

Los métodos de ensayo son variadísimos, debido a la dificultad de

encontrar una forma de probeta en la que las tensiones actúen en la forma deseada.

El ensayo puede hacerse rompiendo uno o dos planos paralelos; mediante esfuerzos de compresión o tracción y probetas de las más variadas formas. Los resultados obtenidos por procedimientos diferentes no deben ser comparados.

El valor de la resistencia al corte se encuentra dividiendo el esfuerzo necesario hasta la ruptura, por la sección del corte. Los valores para la madera en la dirección de las fibras, son del orden de 50 a 200 kg/cm².

Factores que afectan la resistencia al corte

- a). Peso específico: La resistencia al corte aumenta directamente en forma lineal con el aumento del peso específico.
- b). Humedad: La disminución de la resistencia al corte con el aumento de la humedad es inferior que en otro tipo de esfuerzos, llegando, en muchos casos, a ser prácticamente nulo. (1)

1.1.5.5. Clivaje

Esta prueba también se conoce como rajado o hendimiento y consiste en separar las fibras de la madera aplicando fuerzas de tensión perpendicular en un extremos de la pieza que posee una entalladura. La carga que provoca la rotura está relacionada con el ancho de la probeta, dado que la hendidura se extiende progresivamente en el sentido de la fibra, el esfuerzo es prácticamente independiente de la longitud de la probeta, pero la resistencia depende del brazo de la palanca, según el cual se aplica el esfuerzo. El valor de la resistencia a la raja es menor en las coníferas que en las frondosas y dentro de

estas serán más resistentes las de estructura más compleja (1)

1.1.5.6 Tensión paralela a la fibra

La resistencia de la madera a la tensión en el sentido paralelo a las fibras, es la de mayor magnitud con respecto a la resistencia a cualquier otro tipo de esfuerzo. Por esta característica, es difícil el diseño del ensayo ya que la pieza de madera a probar en este caso, cede más pronto por cortante o cizallamiento dada su menor resistencia (1).

1.1.5.7. Tensión perpendicular a la fibra

Cuando se habla de tensión perpendicular a la fibra, sucede todo lo contrario de la tensión paralela, esto es, que a este esfuerzo la madera presenta su menor resistencia (de 20 a 30 veces menor), ya que aquí se produce una separación de fibras, mientras que en la tensión paralela se requiere el rompimiento de ellas (1).

1.1.6. Cálculo de las tensiones admisibles en la madera

El desconocimiento de las propiedades de la madera, junto a la gran variabilidad de la misma hace que se considere como tensiones admisibles, valores muy inferiores a los que se podrían haber tomado (1).

La dificultad de determinar las tensiones admisibles de la madera, se debe a que ésta presenta características variables con la especie, intra especie e incluso dentro del mismo árbol. Otras influencias son la humedad, tiempo de carga, defectos, etc.

Para determinar las tensiones admisibles, habrá que reducir las tensiones bajas en un porcentaje que depende de los defectos que contenga la madera. De estos existen varios que son los causantes de las discrepancias encontradas entre las resistencias obtenidas en los ensayos y las que realmente posee la madera en las condiciones de servicio. Estos factores son

- a) Defectos debido a la pudrición por hongos: En los casos en que la madera es demasiado susceptible a la presencia de hongos, esta debe de tratarse previamente, o utilizar madera de duramen de especies resistentes a la pudrición ; en caso contrario, se debe prever una reducción a las tensiones básicas alrededor de un 25 % y además, realizar inspecciones y renovaciones periódicas de modo que cuando aparezcan focos de pudrición, en zonas sometidas a elevadas tensiones de trabajo, se cambie o refuerce la pieza (1).
- b) Rajaduras: Es el resultado de la separación de grupos de fibras en los extremos de las piezas principalmente, esto ocurre cuando la madera se seca en exceso o aceleradamente, entonces por la contracción individual de las fibras se desarrollan esfuerzos de tensión entre ellas, los cuales si son muy elevados llegan a provocar una separación.
- c) Deformaciones: Estas son también resultado de la contracción, pero a diferencia de las rajaduras, esta se deben precisamente a la diferencia en la intensidad de contracción en los ejes axial, tangencial y radial. Los tipos de deformaciones y sus causas son las siguientes:
- d) Acanalamiento: Es la deformación de las caras de una pieza aserrada, caracterizada por la curvatura de su eje transversal, formando una especie de canal a lo largo, de ahí su nombre. Se produce en tablas

obtenidas en corte plano, donde suele suceder que la cara que da hacia la médula es menos tangencial que la opuesta, este acanalamiento será más marcado cuanto mayor sea la relación de anisotropía. Este defecto no se presenta en piezas cuyas caras sean de corte radial.

- e) Arqueamiento: Deformación en las piezas aserradas caracterizadas por la curvatura de su eje longitudinal. Si este defecto se presenta en el plano de la cara de la pieza (cara más ancha) se denomina arqueamiento de cara; pero si se presenta en el plano del canto se le llamará arqueamiento de canto. Este defecto se presenta como consecuencia de una excesiva contracción longitudinal en piezas que tienen madera juvenil o madera de reacción. A veces se presenta por el incorrecto apilado de la madera en el secado. (15, 16).
- f) Presencia de nudos: En los bosques, tanto naturales como manejados, el principal defecto que presenta la madera obtenido de ellos, es la presencia de nudos (16).

Los nudos son defectos que se originan en el tronco como consecuencia del surgimiento de ramas, y en un elemento de madera reducen su resistencia a la flexión, principalmente, afectando en menor escala la resistencia al corte y a la compresión. Su efecto es perjudicial porque reduce el área efectiva que resiste la carga y además en sus alrededores se presentan distorsiones en las fibras que es la que al final soporta la carga.

Los nudos por su consistencia se pueden clasificar en vivos y muertos. Los primeros son los que forman parte integral de las ramas y al momento de ser cortados quedan en la troza y en el proceso de secado no se aflojan y

mantienen su consistencia. Los nudos muertos son los que quedan cuando una rama del árbol muere y cae por sí misma, deteniéndose el crecimiento en diámetro a lo largo de toda su longitud.

Los nudos se forman debido a que después de morir las ramas de muchas especies, estas quedan intactas en el fuste por varios años, formándose entonces los llamados nudos flojos, los cuales son mucho más dañinos que los formados por ramas vivas (16). En los bosques manejados este problema se resuelve mediante las podas. Estos disminuyen la resistencia de las piezas de madera, al producir en ellas los efectos siguientes:

Pérdida de homogeneidad de la sección, al encontrar un tejido cuya dirección de las fibras es diferente a las adyacentes y que por lo tanto difiere en sus condiciones de trabajo. La distorsión experimentada por los tejidos adyacentes al nudo, al tener que adaptarse a la intrusión que supone, en su propio desarrollo, la presencia del nudo. La pérdida de resistencia de una sección depende de la superficie ocupada por el nudo, su emplazamiento, según el tipo de esfuerzo, etc (16).

1.1.7. Secado de la madera

En los procesos de transformación de la madera, para mejor preservación de la misma, se tiene el secado pues por ser esta una de las materias primas más versátiles, su comportamiento en servicio está íntimamente determinado por el porcentaje de humedad.

Para la mayoría de usos finales de la madera se hace imprescindible reducir su contenido de humedad a valores determinados de acuerdo al lugar en donde se utilizará, con la finalidad de obtener un producto estable que

desempeñe satisfactoriamente su servicio. Si la madera no está sometida a un adecuado proceso de secado antes de su uso final, ésta se secará cuando esté en servicio provocando cambios indeseables que a la larga elevarán su costo por mantenimiento o reemplazo (19). El secado de la madera presenta algunas ventajas como las siguientes:

Reducción de peso: Esto se logra al eliminar el agua que está ocupando espacio en la madera, el cual en términos generales varía desde un 25 % hasta un 50 % respecto al peso total.

Estabilidad dimensional: Cuando la madera seca se da un equilibrio volumétrico, se evitarán las contracciones y los hinchamientos.

Resistencia mecánica: Conforme el nivel de la humedad de la madera disminuye sus propiedades mecánicas, permanecen casi constantes, hasta el punto en que el agua libre haya sido eliminada. Bajo este punto (llamado punto de saturación de la fibra) la resistencia mecánica aumenta progresiva y significativamente hasta un 33 % más resistente que la madera verde o saturada.

En términos generales hay dos métodos de secado: el artificial y el natural. El tipo de proceso a usar será de acuerdo a las necesidades y capacidad económica de que se disponga.

El secado natural o secado al aire libre, es el menos sofisticado de los procesos y consiste en exponer a la madera a las condiciones ambientales prevalecientes con relación a la temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación del aire disponible. El tiempo de secado varía desde 2 a 3 meses hasta 1 o 2 años, dependiendo del tipo de especie de madera que se esté

trabajando, así como del contenido final de humedad requerido. (18)

Por otra parte el secado artificial se realiza controlando la temperatura, la humedad relativa y la velocidad de circulación del aire, lo cual permite obtener madera con bajos contenidos de humedad, entre 6 y 15 %, en un tiempo relativamente corto. Por lo general, la madera sometida a este proceso es de mejor calidad que la obtenida cuando la madera se seca de modo natural.

Algunos de los defectos que se dan posteriormente al secado son atribuidos a tres causas: contracciones, hongos y sustancias químicas. Las más comunes son las grietas, acanalamiento con rajaduras, encorvadura, arqueadura, alabeo, cambio de la sección transversal, rectángulo o rombo, etc (19).

1.1.8. Descripción de la especie (14)

Nombre técnico:	<i>Pinus Patula Schiede:</i>
Nombre común:	Pinus Patula, Pino llorón Mexicano
Familia:	Pinacea
Hábitat:	Desconocido
Hábito:	Árbol siempre verde
Altura en la madurez:	50 metros

Distribución

El *Pinus Patula* es originario de México. El área de su distribución natural es limitada y discontinua. Crece básicamente en tres zonas boscosas, en las faldas al este de la Sierra Madre oriental, entre los paralelos 18 y 21, a altitudes de 1800 a 2700 msnm (1650 – 3000 msnm). Ahí *Pinus Patula* se asocia con

Pinus Teocote.

Pinus Patula llegó a ser muy conocido por su aclimatación exitosa en numerosos países tropicales y sub tropicales en los cuales hasta 1975 se habían plantado aproximadamente 0.5 millones de ha. Más del 95 % del área plantada se localiza en el este, el centro y sur de África. En sitios altos, aproximadamente 1000 msnm, esta especie tiene rendimientos especialmente buenos se cultiva desde el Ecuador hasta el paralelo 42 S en Nueva Zelanda (14).

Fisonomía

En México los árboles de *Pinus Patula* alcanzan alturas de aproximadamente 30 m (en plantaciones de hasta 50 m y un DAP de hasta 120 cm). El sistema radicular es robusto, amplio y profundo (más de 6 m) lo cual garantiza un buen arraigamiento, aprovisionamiento de agua y de nutrimentos. La copa es más o menos esférica. Sus agujas colgantes le confieren una apariencia característica (“Pino Llorón”).

La corteza es suberosa, de color grisáceo marrón y con profundos surcos longitudinales; en un árbol maduro, esta puede constituir hasta 12 % del volumen total. En sitios secos y en las tierras bajas algunos árboles desarrollan una corteza casi completamente lisa. Las hojas aciculares están en hacecillos de 3 ó 4 (raras veces 2 ó 5) y miden aproximadamente de 15 a 30 cm de largo, son colgantes y permanecen en el árbol de 2 a 4 años. Los conos son brillantes, de color gris claro o marrón, miden de 4 a 13 cm de largo y tienen un diámetro de 2.5 a 4 cm. Su forma es cónica, asimétrica y torcida; se encuentra en haces de 3 a 6. Un cono contiene de 40 a 80 semillas viables, aladas y de color marrón negruzco (14).

Condiciones medioambientales

En el área de su distribución natural, requiere un clima moderadamente cálido con temperaturas de 12 a 18 °C (la temperatura mínima absoluta no debe ser menor de 10 °C). La precipitación pluvial varía entre 1000 y 2000 mm y se concentra principalmente entre los meses de mayo a octubre. (14)

Según Wormald, citado por Lamprecht (14) el éxito de los intentos de introducción de *Pinus Patula Schiede* depende básicamente de 3 factores:

Disponibilidad de agua en el suelo durante todo el año, es decir, se requieren suelos profundos que se mantengan húmedos también durante la época seca. La distribución de la precipitación anual parece ser más importante que la cantidad.

De esta forma el *Pinus Patula Schiede* puede medrar satisfactoriamente por ejemplo en regiones con precipitación pluvial de aproximadamente 750 mm si su sistema radicular está bien desarrollado; en cambio en Kenia, en regiones con suelos superficiales, ha fracasado su aclimatación, a pesar de que la precipitación pluvial es de 1250 mm a causa de la fuerte reducción de la humedad edáfica durante la prolongada época de sequía.

Acidez del suelo: El *Pinus Patula Schiede* crece en suelos de condiciones químicas muy diferentes. El contenido de nutrimentos aparenta ser de importancia secundaria, pero es decisivo que sean ácidos.

Temperatura máxima: El *Pinus Patula Schiede* soporta en el período de

reposito temperaturas hasta de 10 °C (heladas leves), pero la temperatura media máxima del mes más cálido debe permanecer bajo 29 °C para asegurar un desarrollo normal. Con este valor es posible determinar aproximadamente el límite altitudinal inferior para realizar una arbricultura exitosa. Los numerosos fracasos de forestaciones con esta especie motivaron a Wormald a formular el siguiente esquema general para las plantaciones de *Pinus Patula* en África (14).

En sitios cálidos pero húmedos, *Pinus Caribeana* y *Pinus Elliotii* tienen un mejor crecimiento que *Pinus Patula*.

En sitios cálidos secos y con una altitud menos de 1000 msnm, *Pinus Patula* debiera ser sustituido por *Pinus Oocarpa* o por *Pinus Quesilla* ya que ambas especies soportan mejor el resecaamiento del suelo.

Además de *Pinus Patula*, *Pinus Radiata* también presenta un buen crecimiento en las sabanas boscosas húmedas de las tierras altas. En las regiones de África del sur que están amenazadas por el granizo, *Pinus Patula* y *Pinus Radiata* debieran ser sustituidos por *Pinus Elliotii* y *Pinus Taeda*. Estas dos últimas especies prácticamente no son atacadas por *Diplodia Pini*. Adegbehin (1982) presenta cifras comparativas de crecimiento y de rendimiento de *Pinus Patula* en sitios de diferente calidad en Tanzania, Kenia, Malawi y Uganda.

Silvicultura

Esta especie heliófita de rápido crecimiento alcanza su madurez reproductiva a temprana edad. A partir de los 5 años ya produce semillas viables. En el Este, centro y sur de África produce anualmente abundantes conos, de 8 a 10 años de edad, los que maduran en un lapso de 22 a 30 meses

y posteriormente permanecen cerrados en el árbol aún por uno o dos años. En estas condiciones, la cosecha se puede efectuar durante la época seca, ya que entonces se facilita la extracción de las semillas. Plantaciones de 10 a 25 años de edad producen con buen manejo un promedio de 4 Kg. de semilla por Ha. Las semillas pueden ser almacenadas en sitios frescos por largo tiempo. La tasa de germinación después de 1 año es de 70 a 85 %. El peso de 1000 semillas varía entre 6 y 11 gramos (9500 a 16500 por Kg.). El período de germinación puede ser de 15 a 70 días. A menudo es recomendable un tratamiento previo a la siembra, como por ejemplo el de sumergir el material durante 4 días en una solución de agua oxigenada al 1.5 %.

Las semillas se siembran en recipientes individuales al fin del invierno. Una corta escarificación de 6 semanas a 4⁰C puede mejorar la germinación de semilla almacenada.

Las plántulas deben protegerse en el primer y segundo invierno. Las plantas tienen una raíz muy poco densa pero tan pronto son plantadas en el lugar definitivo empiezan a crecer bien. Los árboles deben ser plantados en su lugar definitivo cuando son pequeños entre 30 y 90 cm actualmente se están plantando cuando están entre 5 -10 cm. de altura. Más grandes podrían retrasar su crecimiento por varios años, esto afecta también el desarrollo del sistema radicular y la resistencia a los vientos.

Por estaca: este método funciona solamente tomando estaquillas con yemas de árboles muy jóvenes, menos de 10 años de edad, use fascículos con brotes cortos, las estacas normalmente crecen lentamente (14).

Utilización

La madera de árboles de plantaciones, es liviana sin un duramen definido de un color blanquizco, presenta anillos de crecimiento de color marrón, muchos nudos y produce poca resina. La madera es de poca resistencia, comparable a lo sumo con la del abeto de baja calidad. Es fácil de trabajar, su impregnación es necesaria y no presenta ninguna dificultad. La madera se emplea para ebanistería solo en casos excepcionales. Es muy apropiada para la construcción de cajas y material de embalaje (desbobinado en rollo), para productos menores de carpintería y para la fabricación de tableros de carpintería y prensados. También es importante para la industria del papel (14).

Un tanino o teñidor se obtiene de las acículas, estas contienen una sustancia llamada terpeno, este es liberado cuando la lluvia cae sobre las acículas y tiene un efecto negativo en la germinación de algunas plantas incluyendo el trigo.

Las óleo-resinas están presentes en todas las especies de pinos, pero no se encuentran presentes en cantidades importantes que ameriten su explotación comercial. Las resinas se obtienen perforando los fustes de los árboles o por destilación de la madera. En general los árboles de áreas templadas de distribución producen mayores cantidades. La terpentina consiste en un promedio de 20% de óleo-resinas y es separada por destilación, tiene un amplio rango de usos incluyendo, solvente para pinturas, para fabricación de barnices, usos medicinales, etc. La resina es la sustancia que queda después de remover la terpentina, ésta es usada por los violinistas en sus arcos y para lacrar, barnices, etc. La brea también se obtiene de la resina y se usa como impermeabilizante, o como preservante, es un árbol importante en la producción de madera para aserrío en áreas templadas.

Usos medicinales

La terpentina obtenida de la resina de los pinos es antiséptica, diurética, es un remedio muy valioso utilizado internamente en el tratamiento de padecimientos de riñón y vejiga y usado tanto internamente como pomada y baños de vapor en el tratamiento de afecciones reumáticas. Es también muy beneficioso para el sistema respiratorio y es útil en el tratamientos de enfermedades de las membranas mucosas y respiratorias como gripes, catarros, influenza y externamente es muy beneficioso en el tratamiento de una gran cantidad de padecimientos de la piel, heridas, inflamaciones, quemaduras, tumores etc. es usado en forma de emplastados, baños herbales de vapor e inhalantes.

Cultivo

Se desarrolla en suelos arenosos bien drenados, no tolera suelos pobremente drenados. Las plantas establecidas toleran las heladas. Esta especie no es resistente en las áreas más frías del país, tolera temperaturas bajas entre -5 y -10 °C. Las plantas generalmente forman árboles con varios tallos debido al daño de las heladas. El crecimiento inicial es bastante rápido, pero, en Inglaterra una vez que los árboles alcanzan un buen tamaño se quiebran o mueren. Esta especie es cultivada con fines madereros en zonas templadas pero no es muy conveniente para Bretaña. Las plantas crecen bien en Cornwall (donde hay especímenes de 15 m. de altura) y en otras áreas con clima similar. Los conos se abren y esparcen sus semillas mientras permanecen pegados al árbol. Las plantas son fuertemente producidas en diversos sitios, las semillas auto polinizadas generalmente tienen un pobre crecimiento, se hibridizan libremente con otros miembros de este género, las secreciones de las acículas inhibe la germinación de las semillas, de esa forma

se reduce el número de plantas que pueden crecer bajo los árboles, esta especie es notablemente resistente al hongo dulce (14).

1.1.9 Teoría del muestreo

La variación entre diferentes árboles de una misma especie, su heterogeneidad y la influencia del sitio en las propiedades de la madera, impiden establecer "normas fijas" para recolectar muestras.

En cada ensayo se realizan mediciones de diferentes tipos y todas estas mediciones, así como también la variabilidad de la madera suministran diversos resultados en los diferentes ensayos.

No es posible eliminar esta variación en los resultados, pero se pueden determinar estos errores. Más graves son los errores sistemáticos que influyen en los resultados pues sus efectos se acumulan en un solo sentido (ejemplo: una balanza que no esté bien ajustada). Los únicos métodos adecuados para la recolección de muestras para los ensayos, son los métodos estadísticos (17).

Muestreo al azar: Este muestreo evita errores sistemáticos en la recolección de muestras y permite reducir al mínimo el número de ensayos, resultando por lo tanto más económico para obtener resultados con una probabilidad determinada y con un valor promedio estadísticamente asegurado.

La idea fundamental del muestreo al azar es que todas las unidades de una población tengan la misma probabilidad de entrar al muestreo. Cada ensayo es uno de un número infinito de ensayos que pueden ser realizados bajo las mismas condiciones y éste es la muestra representativa de la población. La tarea de la estadística matemática consiste en indicar hasta qué punto se pueden deducir los resultados y conocimientos obtenidos en base a un

muestreo de la población total.

Este procedimiento es solamente aplicable si el muestreo es una imagen reducida de la población. La deducción del muestreo a la población tiene algunas inseguridades, pero la inseguridad no es igual a la inexactitud, por el contrario, los métodos estadísticos permiten determinar esta inseguridad. No hay número fijo de probetas necesarias para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas; el número de ellas depende de la variación de dichas propiedades dentro de un árbol y también dentro de árboles de la misma especie en diferentes lugares (17).

Para determinar exactamente el número de probetas, es necesario conocer, aproximadamente, la variación de las propiedades dentro de un árbol y también entre árboles de la misma especie en diferentes lugares. Si se trata de una especie nueva, es necesario realizar ensayos preliminares basados en un muestreo al azar, para elaborar el plan de muestreo definitivo

Realización del muestreo al azar - normas recomendables

Tenemos en principio, dos tipos de muestreo: el muestreo al azar y el muestreo representativo. El muestreo adecuado para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera es el muestreo al azar. Si se trata de un área boscosa uniforme, los resultados de los ensayos así obtenidos permiten deducir con una probabilidad determinada y una exactitud asegurada estadísticamente, los valores elaborados para la población (siempre que las operaciones de selección de muestras hayan sido correctamente seleccionadas, conforme al sistema), evitando errores sistemáticos, conocidos o desconocidos.

El muestreo representativo es solamente aplicable si existen diferencias exactas y determinadas que permitan dividir la población en porciones bien distintas. No obstante, la selección de las muestras de estas proporciones debe ser realizada también por un muestreo al azar. Este tipo de muestreo sería aplicable al investigar árboles de la misma especie pero de diferentes sitios por su situación y condiciones del medio (clima, y altura sobre el nivel del mar) (17).

1.2 Marco de referencia

1.2.1. Descripción general del área

El presente estudio se realizó con madera de *Pinus Patula Schiede* proveniente de una plantación de 170 has ubicada en el lugar conocido como Cerro Colojites, del Municipio de San Carlos Sija, Quetzaltenango.

1.2.2 Ubicación geográfica

La plantación geográficamente se localiza entre las siguientes coordenadas:

14° 57' 26" a 14° 58' 0" latitud Norte y
91° 34' 11" a 91° 35' 11" longitud Oeste. (9).

1.2.3. Vías de acceso

Para llegar a la plantación, es necesario ubicarse en la cabecera municipal de San Carlos Sija y de este punto se toma con rumbo sur oeste un camino de terrecería transitable en todo el año con vehículo de doble tracción y tras recorrer unos 10 Km. se llega al sitio.

1.2.4 Régimen de propiedad

La plantación se encuentra establecida en terrenos pertenecientes a la Municipalidad de San Carlos Sija, la cual cedió derechos de uso mediante una concesión por 60 años a la Empresa Forestadora S. A. según contrato celebrado entre ambas partes en el año 1980.

Esta finca tiene las siguientes colindancias

Norte: Aldea Pachute

Sur: Aldea Panorama

Este: Aldea Las Cruces

Oeste: Terrenos municipales

1.2.5 Ecología

La plantación se encuentra ubicada dentro de la zona de vida: Bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh – MBS), siendo la vegetación representativa *C. Lusitanica*, *Chiratodendron pentadactylon*, *Pinus Ayacahuite*, *Pinus Rudis*, *Pinus Pseudostrobus*, *A. jorullensis*, *Quercus sp.* y *Budleia sp* (8).

1.2.6 Climatología

Para determinar estos parámetros se tomaron datos de los registros de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Electrificación (INDE) (10) ubicada en la Aldea Recuerdo Barrios de este municipio.

Temperatura media anual: 12 °C.

Temperaturas absolutas anuales:

Temperatura máxima 24 °C

Temperatura mínima -8.0 °C

La precipitación anual es 1037 mm, distribuidos en los meses de mayo a octubre.

1.2.7 Topografía

Esta es semiplano casi en su totalidad, sin embargo existen pequeñas ondulaciones que no sobrepasan del 15 % de pendiente.

1.2.8 Suelos

Según Simmons, Tárano y Pinto (19), estos pertenecen al grupo de las montañas volcánicas. El material madre es ceniza volcánica cementada de color claro, (aluvión), relieve casi plano y el drenaje interno es regular, su color es café oscuro, el suelo superficial presenta textura franco arcillosa y arcillosa, además consistencia plástica, en un espesor aproximado 50 cm. La fertilidad natural es mediana.

1.2.9 Hidrología

Estas tierras se encuentran dentro de la vertiente del Pacífico y sobre la cuenca del Río Samalá.

De la plantación:

Como se menciona en párrafos anteriores la plantación se ubica en terrenos del Cerro Colojites de la Aldea Pachuté, Municipio de San Carlos Sija, Quetzaltenango. Esta consta de un área de 170 has, cuya topografía en su mayoría es casi plana (pendiente máxima de 10% en pequeñas áreas). El suelo se caracteriza por tener una profundidad media de 0.50 m., de color café oscuro, de textura franco arcillosa, con una infiltración y drenaje regular y su

fertilidad es mediana, características que lo hacen ideal para el uso que actualmente sostiene.

La plantación fue establecida en el año de 1981 con semilla procedente del sur de México, donde se le conoce comúnmente como *Pino Llorón*. El distanciamiento inicial fue de 2.5 por 2.5 m, es decir una densidad de 1600 árboles por hectárea.

En 1992 se iniciaron los raleos de forma selectiva, siendo el criterio a tomar la eliminación de los individuos indeseables. La densidad al momento de realizar este estudio era de 125 árboles por hectárea.

Los árboles que ocupan el sitio poseen una altura promedio de 15 metros con DAP medio de 38 cm. Es importante señalar que la plantación no sufrió ataques de plagas y/o enfermedades, únicamente se tuvieron daños ocasionados por animales de pastoreo y de algunas personas aledañas a la plantación que ocasionalmente cortaron y/o desramaron algunos individuos.

2. METODOLOGÍA

2.1. Selección y toma de muestras

Los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de la madera comprenden cinco etapas:

- 1) Recolección de las muestras
- 2) Transporte del material al laboratorio
- 3) Secado
- 4) Corte y preparación de las probetas
- 5) Realización de los ensayos
- 6) Análisis estadístico y evaluación de resultados.

2.1.1 Selección de árboles para la investigación

Antes de comenzar con el plan de muestreo, se necesita determinar el fin de la investigación, la población y junto con ella, el área de donde procederán los árboles. Por ejemplo: es diferente si el muestreo se hace para ensayos de pulpa o para ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera. En el primer caso, se seleccionan árboles de 5 hasta 35 cm de diámetro y en el segundo caso árboles de 30 centímetros de diámetro en adelante; estas poblaciones son diferentes y no es correcto deducir valores de un grupo a otro.

Una vez que se han determinado las poblaciones y el área de dónde se piensa seleccionar los árboles, es necesario dividirla en diferentes porciones de la misma importancia para la producción de madera y numerar cada una de ellas. Después se seleccionan al azar los sitios y áreas y por el mismo sistema (al azar) los árboles necesarios del área determinada.

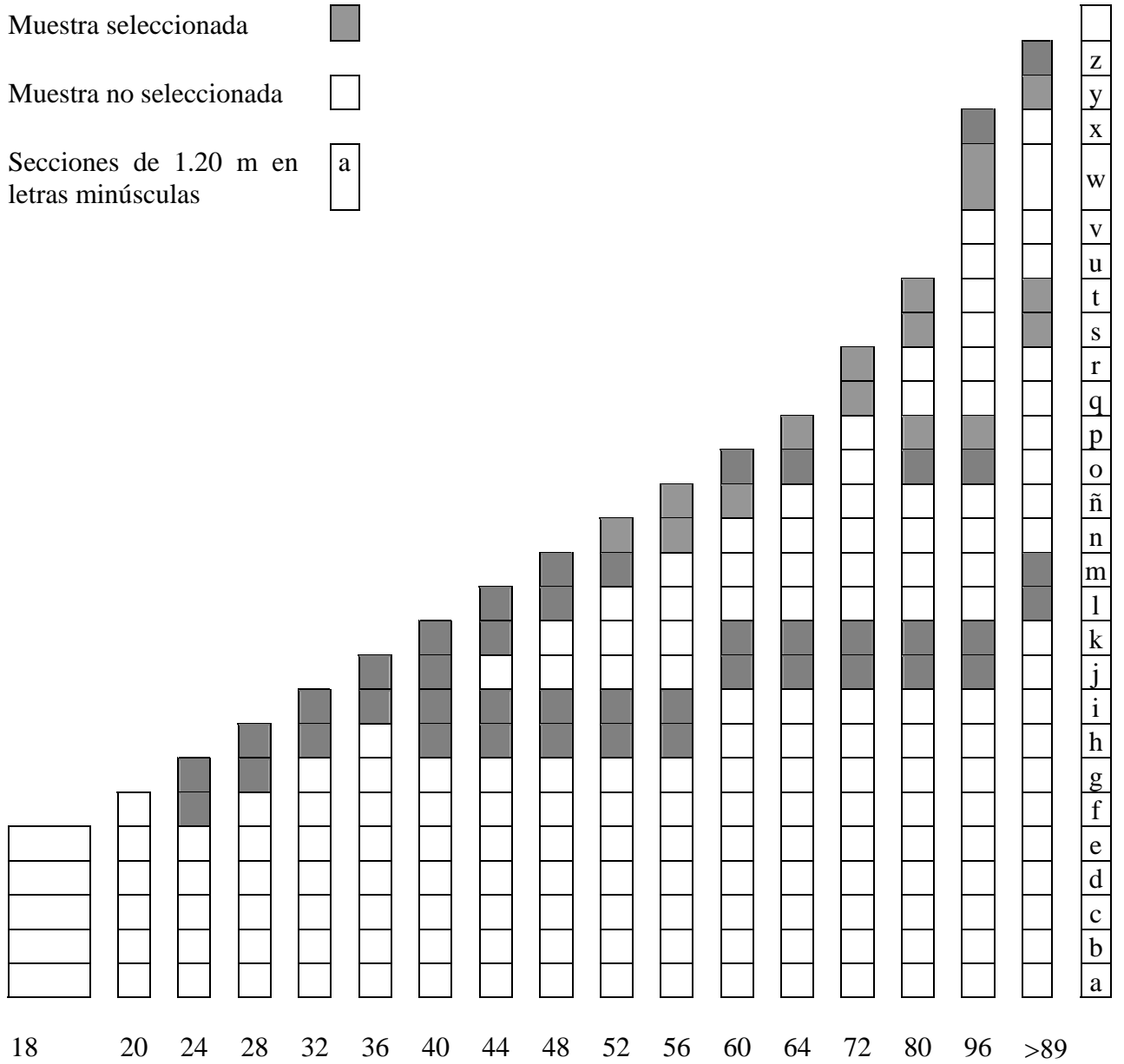
2.1.2 Estimación del número de muestras y marcado de árboles

Para la recolección de las muestras, el área de la plantación se dividió en 8 secciones de igual importancia, ya que esta es una plantación pura, coetánea y homogénea. Posteriormente, se procedió a numerar cada una de ellas, después por sorteo, se seleccionaron 5 de estas secciones en las cuales se escogió un árbol por cada una de ellas. Los árboles seleccionados se marcaron con números arábigos (1, 2, 3, etc.) y las trozas para muestras con letras minúsculas (a, b, c, d, e, etc.), se determinó el norte magnético de cada árbol el cual, con pintura, se marcó en la corteza. Luego se procedió por sorteo a separar las trozas seleccionadas, para llevarlas al aserradero (17).

2.1.3 Selección y número de trozas

De cada uno de los 5 árboles escogidos se seleccionó 3 trozas de 1.20 m de largo a diferentes alturas en el árbol de modo que brinde información de la variación de las propiedades respecto a la altura, tal como se muestra en la figura No. 1.

Figura 1 Selección de trozas a ser utilizadas en los ensayos



2.1.4 Marcado y aserrado

Todas las trozas se marcan sobre sus secciones transversales o lados respecto a los puntos cardinales (Fig. No. 2). Se hacen divisiones en todos los sentidos (N, S, E, W) de 6 * 6 cm y por pares. La nomenclatura de identificación es:

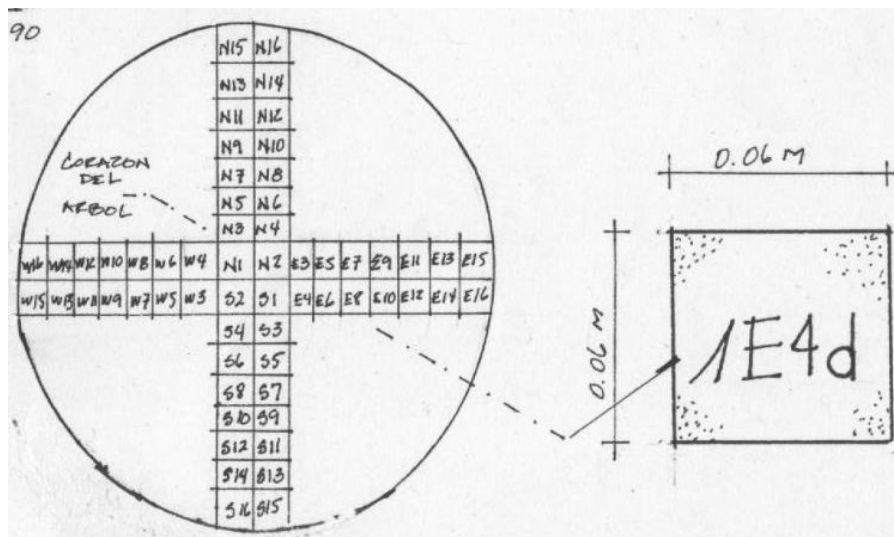
Un número arábigo que señala el árbol de donde proviene

La posición que ocupa la barra en la sección del tronco (N, S, E, W)

Letra minúscula que indica la altura del árbol de donde proviene la barra

(11)

Figura 2 Forma de obtener las barras para los ensayos



Donde:

1 = No. árbol

E = Posición cardinal de la probeta

4 = Lugar que ocupa la probeta en el punto cardinal

2.2 Descripción del trabajo de laboratorio

La preparación de las probetas, es un factor muy importante en los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de la madera, pues tanto la inadecuada orientación de los anillos de crecimiento, como la dirección de las fibras, con relación a los ejes de las piezas, traen consigo resultados incorrectos. Las probetas para los ensayos, se elaboraron siempre en forma de que dos de sus lados opuestos tuvieran cara tangencial paralela a los anillos de crecimiento y las otras dos caras radiales

Después del aserrado, se procedió a limpiar el aserrín de los tablones para evitar el ataque de hongos, pues en maderas blandas dichos ataques ocurren con mucha facilidad. Se tuvo el cuidado, al inicio de los ensayos, de tener a mano todo el material que sirvió en todos los ensayos. El orden preferencial de realización de los mismos fue:

Para ensayos de propiedades físicas:

- a) Densidad
- b) Contracción y contenido de humedad

Para los ensayos de propiedades mecánicas:

- a) Flexión estática
- b) Compresión paralela y perpendicular a la fibra
- c) Dureza
- d) Corte paralelo a la fibra
- e) Clivaje
- f) Tensión paralela y perpendicular a la fibra

Se usaron solo piezas que no tenían defectos y libres de alteraciones por descomposición orgánica, tales como ataque de hongos, ataque de insectos, etc. Sin embargo, se permitió el uso de piezas con pequeños nudos o cualquier defecto similar, pero en pequeña escala, siempre que estuvieran localizados en puntos que no fueran factores determinantes para alterar el verdadero valor del ensayo.

2.2.1. Propiedades físicas

2.2.1.1 Descripción de las pruebas de laboratorio

A) Densidad de la madera, contracción radial, tangencial y volumétrica (de acuerdo con ASTM D-143)

Procedimiento

Las pruebas se hacen con las mismas muestras simultáneamente de la siguiente manera:

Primero sobre muestra verde, luego sobre la misma muestra secada al aire (que nos brinda la condición de equilibrio) y por último, sobre la misma muestra secada al horno, después de la prueba, se le hará una impresión con carbón en una de sus extremos, estas impresiones se pondrán en el reverso de la hoja del laboratorio. La pieza es secada en verde, determinándose su volumen por el método de (inmersión).

Las muestras en verde después de la inmersión se apilan bastante espaciadas para secarlas al aire, tratando de lograr que su porcentaje de humedad sea el porcentaje de equilibrio. Nuevamente se pesan las muestras determinándoles su volumen por el mismo método. Las piezas usadas en la

determinación del peso específico y de encogimiento deberán ser apiladas en un horno y secadas a una temperatura de 103 más o menos dos grados centígrados hasta lograr que su peso permanezca constante.

Después de pesadas y mientras estén todavía calientes se sumergen en un baño de parafina líquida (caliente), cuidándose que el baño que reciban sean de una capa delgada. Se determina el volumen de las muestras con todo y parafina, usando el mismo método. En este ensayo es preferible usar una balanza automática que facilita enormemente la prueba asegurando y afinando la exactitud.

La densidad de la madera es el cociente de dividir el peso de la probeta entre el volumen de la misma probeta (gramos / cm³)

Densidad de la madera bajo diferentes formas:

A.1) *Densidad de la madera verde con contenido de humedad mayor al 30%.*

$$\text{Densidad verde} = \text{Peso verde} / \text{volumen verde (gr./cm}^3\text{)}$$

A.2) *Densidad de la madera seca al horno:*

$$\text{Densidad seca} = \text{Peso seco al horno} / \text{volumen verde (gr. /cm}^3\text{)}$$

Para la determinación de la densidad verde la única condición requerida, es que la madera tenga un contenido de humedad superior al 30 %

Para la determinación de la densidad seca, se colocan las probetas en un horno a una temperatura de 103⁰C, hasta que den peso constante; hay que ir incrementando lentamente la temperatura para evitar el agrietamiento de las probetas.

Se usarán 6 probetas para peso específico y contracción volumétrica de la porción no usada de 6 barras de donde provienen las probetas para flexión estática o tensión paralela por cada troza. Esta se seleccionaran así: una del duramen, una de la albura y cuatro representativas. Hay que tomar en cuenta que para esta prueba la madera debe estar en la condición verde (más de 30% de humedad).

Las dimensiones de las probetas son 5 * 5 * 15 cm.

Deben determinarse antes de la prueba las dimensiones reales y estas deberán hacerse con la precisión requerida.

A. 3) *Contracción de la madera.*

Contracción de la madera, es la reducción dimensional que experimenta la madera desde la condición verde, hasta seca al horno. Puede ser: radial, tangencial, longitudinal y volumétrica.

Determinación de la contracción de la madera en los diferentes sentidos

Contracción radial:

$$\mathbf{CR} = \frac{dvr - dsr}{dvr} \times 100$$

Donde:

CR = Contracción radial

dvr = dimensión radial de la probeta verde

dsr = dimensión de la probeta en sentido radial seca al horno

Contracción tangencial:

$$\mathbf{CT} = \frac{dvt - dst}{dvt} \times 100$$

Donde:

CT = contracción tangencial

dvt = dimensión tangencial de la probeta verde

dst = dimensión tangencial de la probeta seca al horno

Contracción longitudinal:

$$\mathbf{CL} = \frac{dvl - dsl}{dvl} \times 100$$

Donde:

CL = contracción longitudinal

dvl = dimensión longitudinal de la probeta verde

dsl = dimensión longitudinal de la probeta seca al horno.

Contracción volumétrica

$$\mathbf{CV} = \frac{(\text{Vol. Verde} - \text{Vol. Seco}) \times 100}{\text{Vol. verde}} \times \frac{100}{\text{Vol. Verde}}$$

Se entiende como madera en condición verde aquella cuyo contenido de humedad sea superior al 30%. Para la determinación de las dimensiones de las probetas, se usará micrómetro con la aproximación y exactitud necesarias.

Para la preparación de la probetas es conveniente usar muestras de igual sección que las usadas en la determinación de la densidad, con una sección transversal de 2.5 x 2.5 cm y 10 cm de largo.

B) Humedad de la madera

La forma de seleccionar las muestras para determinar la humedad en cada prueba se describe en cada ensayo. Cuando se obtiene esta muestra se quita de ella todas las astillas y se pesa, luego se acondiciona todo el volumen acumulado en ese día en un horno a una temperatura de 103 ± 2 °C hasta que

se llegue a un peso constante y se determina luego el peso seco.

La pérdida de humedad expresada como porcentaje del peso seco al horno, se considera como el contenido de humedad de la probeta.

$$\text{CH} = \frac{\text{Peso madera verde} - \text{peso madera seca al horno}}{\text{peso madera seca al horno}} \times 100$$

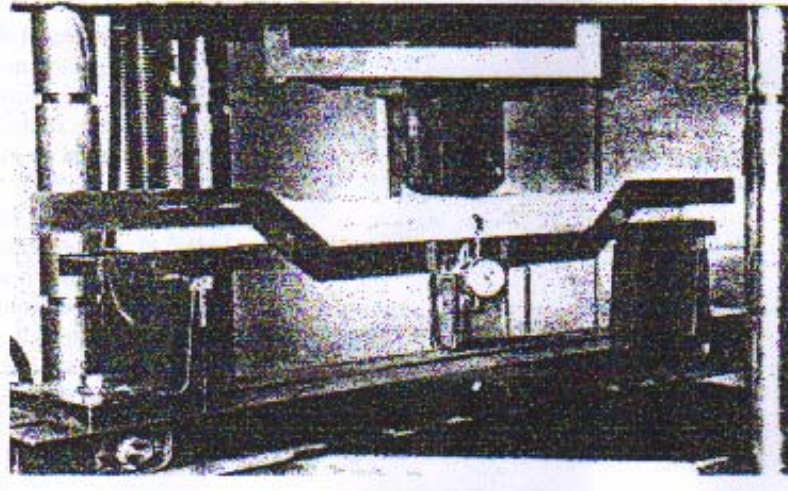
2.2.2 Propiedades mecánicas

A) Ensayo de flexión estática.

Para realizar esta prueba se escoge una probeta de cada par de barras por cada troza, estas barras deberán ser adjuntas y equidistantes a una misma distancia del centro (figura No. 2). Al ser colocadas en la máquina de ensayo, se centrará la carga, se medirá la luz entre soportes que deberá ser de 28" (70 cm) los soportes están provistos de aditamentos especiales, que permiten movimiento transversal y longitudinal; el conjunto será de dimensiones tales que la distancia entre el punto de apoyo y el plano central, no sea mayor que el peralte de la muestra.

Estos soportes especiales, se pueden ajustar lateralmente a modo que permitan hacer pequeños ajustes, así como permiten que a la muestra le queden pequeños juegos. Antes del ensayo, se miden con micrómetro apropiado el ancho, espesor y largo de la probeta, tanto como el peso en condición verde.

Figura 3 Ensayo de flexión estática



Aplicación de la carga y soportes

La carga se trasmite a través de una pieza de forma apropiada y hecha de madera dura, colocándose la muestra de manera que la carga le pueda ser aplicada concentrada, sobre su cara tangencial y continuamente durante todo el ensayo, a una velocidad de 0.10" (2.5 mm.) por minuto. Se realizará el trazo de la curva Carga-Deflexión que será llevada hasta o después de la carga máxima. Por lo menos en la tercera parte de los ensayos las curvas deberán ser ploteadas hasta una deflexión de 6" (15 cm.) o hasta que la muestra falle al estar soportando una carga total de 200 libras (90 Kg.) Las deflexiones en el eje neutro al centro de la luz, deberán ser anotadas, tomándoselas con respecto a la posición de este eje sobre los soportes. Antes de alcanzar el límite elástico proporcional, se irán anotando todas la deflexiones cada incremento de carga y con aproximación de 0.001" (0.02 mm.); después de alcanzado el límite elástico proporcional, se podrá tener menos refinamiento en la forma de las lecturas; pero siempre es conveniente tomarlas con deflectómetro de cuadrante, cuando

éste llega al límite de su capacidad, que generalmente es de 1" (2.5 cm.) se continuarán las lecturas por medio de una regla graduada montada en el cabezal de carga, tomándose como referencia inicial una señal (generalmente de alambre) al nivel del eje neutro de la pieza y colocada en la cara opuesta a donde se colocó el deflectómetro. Las lecturas de las deflexiones se tomarán ahora con aproximación de 0.01" (0.2 mm.). Cada 0.1" (2.5 mm.) o después que se sucedan cambios bruscos en la aplicación de la carga.

En este ensayo se determina el esfuerzo máximo o módulo de ruptura y el módulo de elasticidad, para el efecto se utilizan las siguientes fórmulas:

Determinación del módulo de ruptura

$$\text{Módulo de ruptura} = 3PL/2bh^2$$

P = Carga máxima (Kg.).

L = Distancia entre apoyos (cm)

b = Ancho de la probeta (cm).

h = Espesor de la probeta (cm).

Cálculo del módulo de elasticidad

$$\text{Esf. Limite elástico} = PL^3/4bh^3\Delta$$

PI = Carga al límite elástico (Kg.)

L = Distancia entre los soportes, luz de la probeta, dada en cm.

b = ancho de la probeta

h = espesor de la probeta.

Δ = deflexión en cm

B) Compresión paralela a la fibra

Para realizar esta prueba se escoge una probeta de cada barra de cada troza. Las dimensiones de las piezas son de 2" x 2" x 8" (5 cm. X 5 cm. X 20 cm.). Las medidas serán tomadas con la aproximación indicada para ensayo de flexión. Para esta prueba se cuidará que los planos de los cortes hechos en los extremos de las piezas, queden paralelos y formando ángulo recto con las caras longitudinales (que estén a escuadra).

Además será necesario que por lo menos una de las planchas de ajuste en el cabezal de la máquina de ensayos, esté equipada con dispositivo de articulación (apoyo esférico), para conseguir una distribución uniforme de la carga en ambos extremos de la pieza. Antes del ensayo, se miden con micrómetro apropiado el ancho, espesor y largo de la probeta, tanto como el peso en condición verde.

Aplicación de la carga y soportes

La carga se aplicará en forma continua a través de todo el ensayo a una velocidad de 0.003" (cm. por cm.) Por cada pulgada (o cm.) de longitud de la muestra por minuto. Se tomarán lecturas de deformación con un compresómetro de 0.0001" (0.002 mm.) de aproximación y longitud base no mayor de después de haberse alcanzado el límite elástico proporcional, de acuerdo con las indicaciones de la curva Carga-deformación. Con el fin de obtener resultados uniformes y satisfactorios, es decir que las fallas se desarrollen dentro de la porción central de la muestra, se seguirá la costumbre de que todas las piezas estén envueltas en trapos húmedos dejando sin cubrir los extremos. Esta práctica proporcionará mayor porcentaje de humedad en el

cuerpo de la pieza que en los extremos, con lo que se conseguirá que las fallas se desarrollen como quedó indicado arriba.

Todo lo anterior es válido en los ensayos sobre madera verde. Cuando se trate de ensayos sobre madera secada al aire, se aconseja apilar las muestras en forma similar y colocarlas en un desecador si las fallas indican que se hace necesario secarlas más en los extremos.

Con los resultados obtenidos de cada probeta se procede a realizar gráficas de carga – deformación y se determina sobre la misma el punto al límite elástico, así como el esfuerzo de compresión paralelo último el cual se toma como:

$$F_c = P/A$$

F_c = Esfuerzo de compresión último (Kg/cm²)

P = Carga última (Kg.)

A = Área de compresión (Aprox. 25 cm²)

El módulo de elasticidad a compresión paralela se calcula mediante la fórmula

$$\text{Módulo elástico} = PL/A\Delta$$

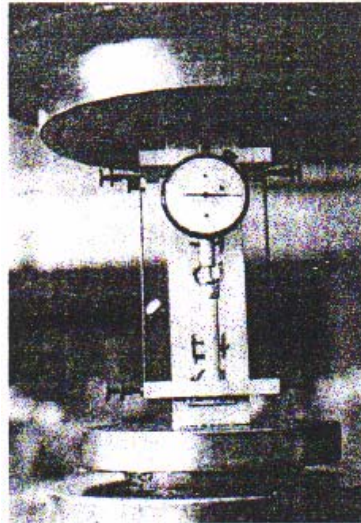
P = Carga al límite elástico (Kg.)

L = Distancia entre los soportes, luz de la probeta, dada en cm.

A = Área de compresión (Aprox. 25 cm²).

Δ = deflexión en cm

Figura 4 Ensayo de compresión paralela a la fibra



C) Compresión perpendicular a la fibra

Para realizar esta prueba se escoge una probeta de cada 50% de las barras que fueron seleccionadas para realizar los ensayos de flexión estática por cada troza.

Este ensayo se hace sobre muestras de 2" x 2" x 6" (5 cm x 5 cm x 15 cm.). Las medidas deberán tomarse con la aproximación especificada anteriormente. La carga se aplica a través de una plancha metálica de 2" (2.5 cm.) de ancho, colocada sobre una de las caras longitudinales y equidistantes de los extremos, además debe quedar en posición paralela a los cortes de las caras transversales del espécimen, teniendo cuidado que la dirección de aplicación de la carga radial o tangencial a una de las superficies.

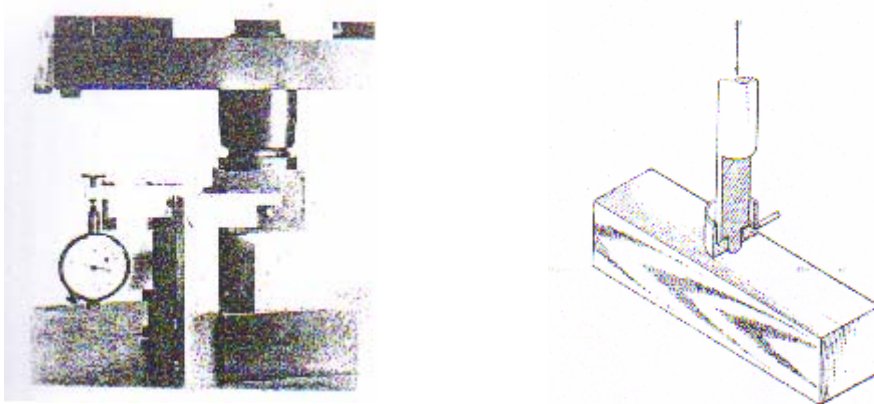
La deformación será medida entre las superficies cargadas, las deflexiones se medirán con aproximación de 0.0001" (0.002 cm.) hasta alcanzar una deformación de 0.1" (2.5 mm.) después de la cual se suspenderá la prueba. La muestra se debe pesar inmediatamente antes del ensayo, después de éste, se le corta un pedazo de 2.5 cm. De largo, adyacente a la zona fallada. El cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo máximo} = P/A$$

P = Carga máxima (Kg.).

A = Área (25 cm²)

Figura 5 Ensayo de compresión perpendicular a la fibra



D) Dureza o penetración

Para realizar esta prueba se escoge una probeta del otro 50% sobrante en la prueba anterior, de las barras que fueron seleccionadas para realizar los ensayos de flexión estática por cada troza. Se hace con muestras de 2" x 2" x

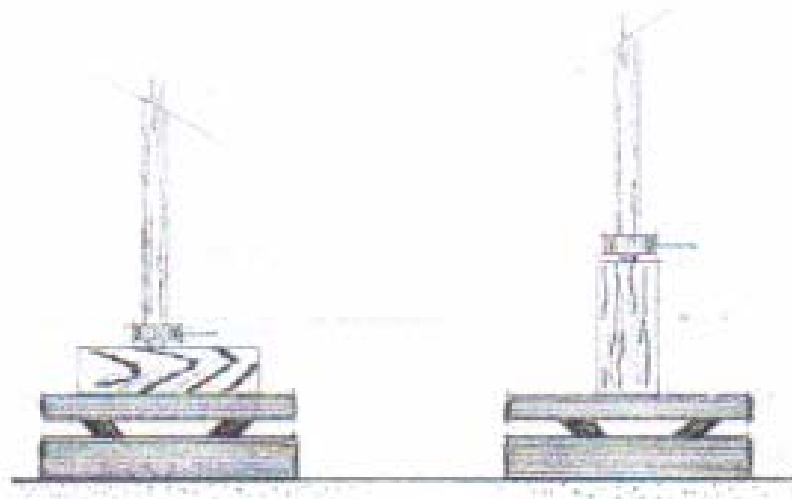
6" (5 cm. X 5 cm. X 15 cm. Antes del ensayo, se miden con micrómetro apropiado las dimensiones reales de la probeta, tanto como el peso en condición verde.

Para el ensayo de penetración o dureza se utiliza una bola o munición de 0.44" (1.13 cm.) de diámetro. La carga necesaria para que la bola penetre dentro de la muestra hasta la mitad de su diámetro, se toma como la resistencia de la madera a la penetración. El instante en que esto sucede, lo indica un instrumento eléctrico o un tope mecánico que se coloca a modo de dejar penetrar media esfera.

Se hacen 2 penetraciones sobre una misma cara tangencial, 2 sobre una misma cara radial y una en cada extremo de la muestra. La selección de los puntos se hace de tal manera que nos proporcione un promedio aceptable de la resistencia de la madera a la penetración. Además las penetraciones sobre una misma cara se deben separar suficientemente de los extremos para evitar que la madera se raje o astille. La carga se aplicará uniforme y continuamente a una velocidad de 0.25" (6 mm.) por minuto.

Figura 6 Ensayo de dureza

E) Corte paral



Para realizar esta prueba se seleccionan 6 barras de donde provinieron las probetas para la prueba de flexión estática, de las cuales se obtendrán 12 probetas de prueba por cada troza, estas probetas se obtiene por pares de las cuales una de ellas se destina a ser probada en la dirección radial y la otra en la dirección tangencial .

Las barras se seleccionan de forma que una provenga de la parte del duramen, una de la albura y 4 representativas de esa troza. Los ensayos de corte paralelo a la fibra, se hacen sobre muestras de 2"x 2" (5 cm. x 5 cm. x 6 cm.), a modo de producir una falla sobre la cara de 2" x 2" (5 cm. x 5 cm.). Las medidas se tomarán con la aproximación señalada para pruebas anteriores. El desarrollo del ensayo se hace en la forma siguiente:

Se introduce la muestra dentro de un dispositivo especialmente diseñado para provocar el corte. Esta provista de un estribo de un octavo de pulgada (3 mm.) medidos entre la orilla anterior a las superficies soportantes y el plano a lo largo del cual se desarrollará la falla. La carga será aplicada a modo que una parte de la muestra esté sostenida sobre ambos extremos, mientras que la otra no tiene soporte y que por lo tanto sea obligada a deslizarse en el plano de corte, por el efecto de la misma carga. Deberá cuidarse en colocar la muestra en el dispositivo, de manera que la barra transversal ajuste en dos de los extremos de la pieza y que los otros dos queden verticales. Los extremos horizontales deberán descansar sobre los soportes en toda su área de contacto. Al aplicarse la carga, se anotará el valor máximo de ésta, capaz de producir la falla, además la aplicación se hará en forma uniforme y continua a una velocidad de 0.024" (0.6mm).

Para determinar el esfuerzo de corte se utiliza la siguiente fórmula.

$$F_v = P/A$$

F_v = Esfuerzo de corte (Kg/cm²)

P = Carga última (Kg.)

A = Área de compresión (Aprox. 25 cm²)

Figura 7 Ensayo de corte paralelo a la fibra



F) Clivaje

Para esta prueba la selección de las probetas se hace de la misma manera que la prueba anterior y la forma y dimensiones de las mismas se muestran en la figura No 8. La velocidad de la carga se mantiene en 0.25 cm por minuto, para este experimento se utiliza un dispositivo especial (ver Fig. No. 8) el cual provoca en la probeta una falla por desgarre, de modo que cuando

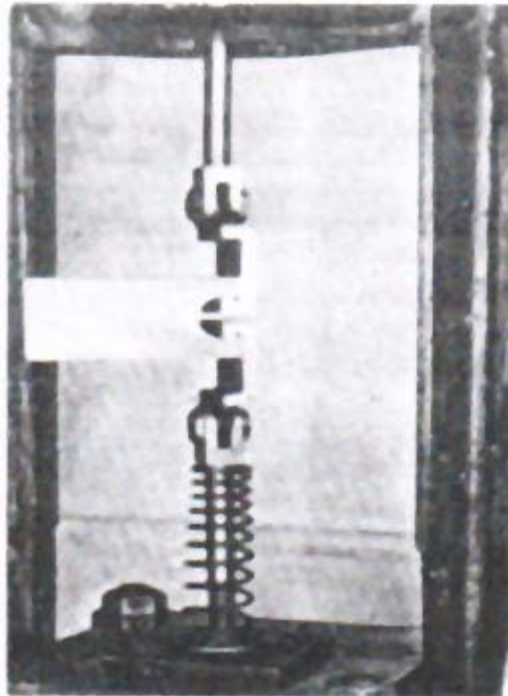
esto ocurre se lee la carga. En una hoja de datos se dibuja la forma de la falla y luego se toma un pedazo de la probeta para determinar el contenido de humedad. Los esfuerzos se determinan con la siguiente fórmula:

$$CL = P/\text{longitud esforzada}$$

$$CL = \text{Clivaje}$$

$$P = \text{Carga}$$

Figura 8 Ensayo de clivaje



G) Tensión paralela a la fibra

Para realizar esta prueba se seleccionan 6 barras de donde provinieron las probetas para la prueba de flexión estática. Las barras se seleccionan de forma que una provenga de la parte del duramen, una de la albura y 4

representativas de esa troza, se utilizan probetas como las que se muestran en la figura No. 9

La pieza deberá estar orientada de tal manera que la dirección de los anillos de crecimiento en la sección crítica sean perpendiculares a la dirección de su menor área transversal. Esta perpendicularidad podrá ser verificada en las puntas de las muestras, las medidas de la sección crítica se determinarán con la aproximación señalada para los otros ensayos.

El ensayo consistirá de los siguientes pasos:

Se fija la muestra sobre soportes especiales.

Al aplicársele la carga, la curva correspondiente se ploteará de acuerdo con las lecturas tomadas en un deflectómetro del reloj montado sobre un soporte de 2" (5cms.) de longitud llevándose las lecturas hasta pasado el límite elástico proporcional; las deformaciones se leerán con aproximación de 0.0001" (0.002 mm.); la aplicación de la carga será continua y uniforme a través de todo el ensayo y a una velocidad de 0.005" (1 mm.) por minuto, la muestra para encontrar el porcentaje de humedad de la muestra, se tomará de la porción adyacente a la zona fallada, localizada casi siempre en la sección crítica, y de unas 3" (7.5 cms.) de longitud.

Para determinar el esfuerzo se utiliza la siguiente fórmula.

$$F_c = P/A$$

F = Fuerza de tensión paralela (Kg/cm²)

P = Carga última (Kg.)

A = Área de esfuerzo (Aprox. 0.4536 cm²)

Y el módulo elástico así

Módulo elástico = $PL/A\Delta$

P = Carga al límite elástico (Kg.)

L = Distancia entre los soportes, luz de la probeta, dada en cm.

A = Área de compresión (Aprox. 25 cm^2).

Δ = deflexión en cm

Inmediatamente después de la prueba se corta una sección de 2.5 cm de longitud, adyacente a la parte donde se aplicó la carga para determinar el contenido de humedad.

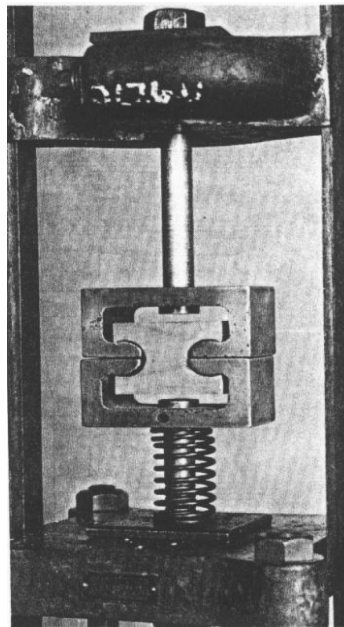
Figura 9 Ensayo de tensión paralela a la fibra



H) Tensión perpendicular a la fibra

En este ensayo se deben tomar las medidas con la aproximación indicada para los ensayos anteriores. Las muestras se colocan en soportes especiales y la carga se aplica hasta la falla de la pieza. La carga se aplica de una manera continúa y uniforme a una velocidad de 1" (2.5 cm) por minuto anotándose como carga máxima la que provoque la falla. La humedad se determina usando una de las piezas sobrantes o la parte adyacente a la zona fallada.

Figura 10 Ensayo de tensión perpendicular a la fibra



2.2.3 Análisis estadístico y evaluación de resultados

Todo el listado de datos obtenidos de cada una de las pruebas es necesario someterlo a un análisis estadístico para poder llegar a obtener valores compactos de mucha utilidad para evaluar las propiedades de cada uno de los materiales estudiados.

Por cada ensayo realizado se determinará la media aritmética, la desviación estándar y el coeficiente de variación. El volumen de datos debe ser amplio para que exista representatividad.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Selección y toma de muestras

Para los ensayos de las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus Patula Schiede*, se procedió de la manera siguiente.

3.1.1 Selección de árboles para la investigación

Antes de comenzar con el plan de muestreo, se determinó la población y junto a ella, el área donde procedieron los árboles. Una vez que se determinó la población y el área, se seleccionaron los árboles, para esto se hizo necesario dividir el área en diferentes porciones de la misma importancia y numerar cada una de ellas. Después se seleccionaron al azar los sitios y áreas y por el mismo sistema (al azar) los árboles.

La investigación se realizó con árboles de la plantación ubicada en el Cerro Colojites, de la Aldea Pachuté, Municipio de San Carlos Sija, Quetzaltenango. Dicho cultivo tiene una edad de 20 años. Se seleccionaron 5 árboles con las siguiente características dasométricas.

Se seleccionaron 5 árboles con las siguientes características dasométricas:

TABLA V Datos de los árboles tomados de muestra

No. de árbol	Diámetro (cm)	Altura (m)	
		Total	Comercial
1	40	13	7
2	38	13	7
3	43	15	10
4	44	14	10
5	35	12	7

Los árboles utilizados presentaron fuste recto, casi cilíndrico, con poca ramificación, sanos y carentes de daños biológicos y mecánicos.

3.1.2 Estimación del número de muestras y marcado de árboles

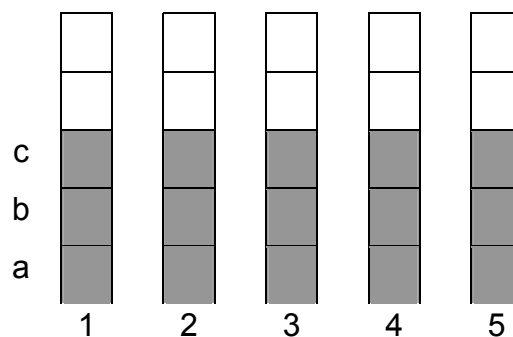
Para la recolección de las muestras, el área se dividió en 8 secciones de igual importancia, ya que ésta es una plantación pura, coetánea y homogénea. Posteriormente, se procedió a numerar cada una de ellas, después por sorteo, se seleccionaron 5 de estas secciones en las cuales se escogió, por el mismo sistema, un árbol por cada una de ellas. Los árboles seleccionados se marcaron con números arábigos (1, 2, 3, 4 y 5).

3.1.3 Selección y número de trozas

Se tomaron únicamente las primeras tres trozas de los 5 árboles escogidos (la primera a 0.30 m del nivel del suelo hasta 1.50 m, la segunda de 1.50 m a 2.7 m y la última de 2.7 a 3.90 m). Esto debido a que el diámetro de la troza número 4 por ser muy delgada no llenaba los requisitos para aserrío y por lo tanto para la obtención de las probetas.

Estas trozas permitieron obtener información de las propiedades respecto a la altura, tal como se muestra en la figura No 11. Estas trozas se identificaron con letras minúsculas (a, b y c,) se marcó el norte magnético de cada árbol con pintura de color rojo. Luego se procedió a cortar las trozas con motosierra, para llevarlas al aserradero, en donde se fabricaron las probetas requeridas en cada ensayo.

Figura 11 Selección de trozas a ser utilizadas en los ensayos



3.1.4 Marcado y aserrado

Todas las trozas se marcaron sobre sus secciones transversales o lados respecto a los puntos cardinales. Posteriormente se hicieron divisiones en todos los sentidos de los puntos cardinales (N, S, E, W) de 6 * 6 cm y por pares. La nomenclatura de identificación fue:

Un número arábigo que señala el árbol de donde proviene (1, 2, 3, 4, 5)

La posición que ocupa la barra en la sección del tronco (N, S, E, W)

Letra minúscula que indica la altura del árbol de donde proviene la barra (a, b, c)

3.2 Descripción del trabajo de laboratorio

La preparación de las probetas, fue un factor muy importante en los ensayos, pues tanto la inadecuada orientación de los anillos de crecimiento, como la dirección de las fibras, con relación a los ejes de las piezas, traen consigo resultados incorrectos. Las probetas para los ensayos, se elaboraron siempre en forma de que dos de sus lados opuestos tuvieran cara tangencial, paralela a los anillos de crecimiento y las otras dos caras radiales. El orden para la realización de los ensayos de laboratorio fue el siguiente:

Para ensayos de propiedades físicas

- a) Contenido de humedad
- b) Densidad y contracción radial, tangencial, longitudinal y volumétrica

Para los ensayos de propiedades mecánicas:

- a) Flexión estática
- b) Compresión paralela y perpendicular a la fibra
- c) Dureza
- d) Corte paralelo a la fibra
- e) Clivaje
- f) Tensión paralela y perpendicular a la fibra

Se usaron solo piezas que no presentaron defectos y libres de alteraciones por descomposición orgánica, tales como ataque de hongos y de insectos. Sin embargo, se utilizaron piezas que presentaron pequeños nudos, pero en pequeña escala, siempre que éstos no se localizaran en puntos que fueran determinantes para alterar el verdadero valor del ensayo.

3.2.1 Propiedades físicas

Estas se determinaron en el Laboratorio de Prueba de Resistencia de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos, procediéndose de la siguiente manera:

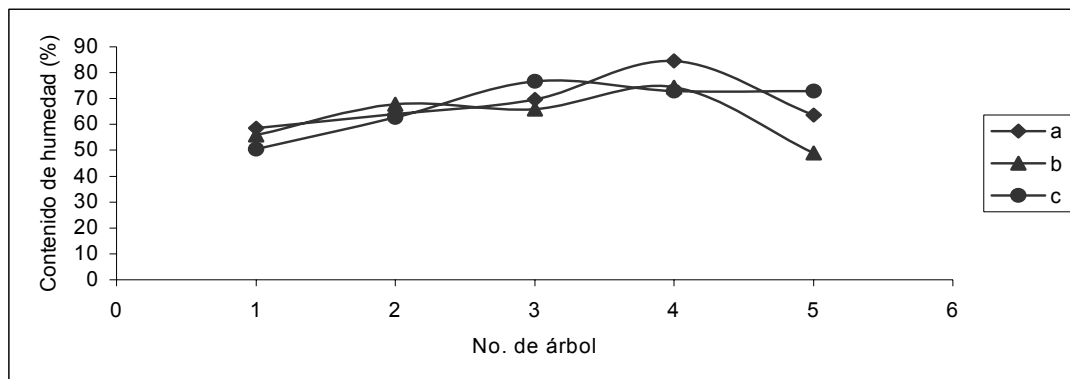
3.2.2 Cálculo de las propiedades físicas

Todas las propiedades se realizaron de acuerdo a la norma ASTM D – 143 descrita en el capítulo 7.2.1.1. De la metodología.

3.2.2.1. Humedad

Para determinar las posibles variaciones de la humedad respecto a la altura del árbol se agruparon los resultados de acuerdo a la identificación de cada troza, (a, b y c), es decir de 0.30 m a 1.5 m; de 1.50 m a 2.7 m y la última de 2.7 a 3.90 m. respectivamente. Los resultados se muestran en la siguiente gráfica:

Gráfica 12 Porcentaje de humedad por árbol y por altura de troza de la madera de *Pinus Patula Schiede* proveniente de la plantación de San Carlos Sija, Quetzaltenango



El promedio de contenido de agua es de 68.04, 62.59 y 67.13 % para las alturas a, b y c, respectivamente, puede notarse que la variación es muy poca en las alturas a y c, en relación con la altura b, sin embargo, la diferencia no es muy grande, ya que la desviación estándar entre ambas es de 2.92.

Estos resultados indican que la madera seca en forma casi uniforme, a lo largo de toda la troza comercial, por lo que su estabilidad es óptima para ser utilizada en la ebanistería, estantería, etc.

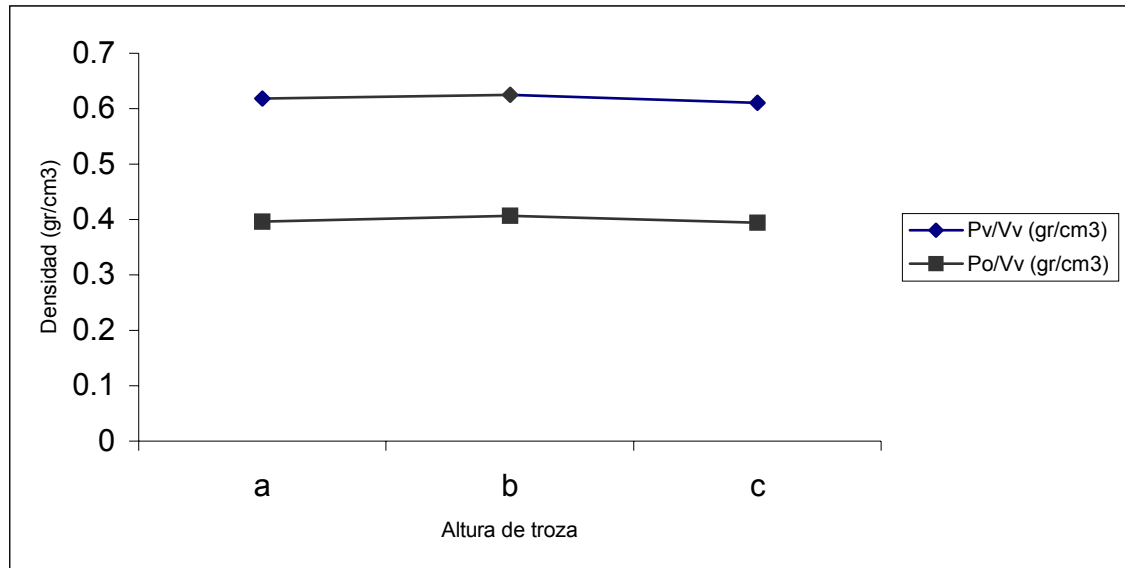
Es de hacer notar que no se tuvieron ataques de hongos o insectos en el transcurso del tiempo que la madera estuvo en el secado, a pesar de que el mismo se realizó de manera natural.

3.2.2.2 Densidad

Las fórmulas que utiliza la norma ASTM D – 143 permiten determinar tanto la densidad de la madera en su estado verde como en su estado seco anhidro. Todas las pruebas se hicieron con las mismas muestras simultáneamente y los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Para visualizar de una mejor manera el comportamiento de estos parámetros se presenta la siguiente figura comparativa.

Gráfica 13 Comparación de la densidad verde y seca de la madera de *Pinus Patula Schiede*, proveniente de la plantación ubicada en San Carlos Sija, Quetzaltenango a diferentes alturas del árbol



En la figura anterior, las letras a, b y c representan las trozas que se ubican, en su orden de 0.30 a 1.5 m, de 1.5 a 2.7 m y de 2.7 a 3.9 m. Al observar las líneas de tendencia, se puede notar que la diferencia que existe entre las trozas es mínima, siendo por lo tanto la densidad verde en las diferentes alturas en promedio de 0.618 gr. / cm^3 , y en estado seco el promedio es de 0.399 lo cual indica que esta madera se clasifica en su estado verde como muy pesada y en su estado seco anhidro, que es como comúnmente se usa, como moderadamente liviana. (21)

Si se toma en cuenta que la resistencia mecánica de la madera está en relación directa con su peso específico en una forma directamente proporcional, podemos afirmar que la madera de esta especie, posee buenas cualidades

mecánicas, especialmente en lo que se refiere a trabajabilidad, y la poca extensión en los cambios dimensionales, por lo tanto ésta madera puede utilizarse sin problemas en la construcción de obras civiles y en la ebanistería.

3.2.2.3. Contracción de la madera

Se denomina así a la reducción dimensional que experimenta la madera desde la condición verde, hasta seca al horno. Puede ser: radial, tangencial, longitudinal y volumétrica. La determinación de la misma se hizo utilizando las fórmulas descritas en el apartado de la metodología. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

TABLA VI Valores de contracción por árbol y altura de troza de la madera de *Pinus Patula Schiede*, proveniente de aldea Colojites, San Carlos Sija, Quetzaltenango.

Altura de troza	Contracción (%)	No. de Árbol					
		1	2	3	4	5	Promedio
A	Radial	1.45	1.06	2.17	2.6	2.32	1.9
B		1.58	1.03	0.45	2.66	2.06	1.6
C		0.68	1.75	2.9	2.29	3.18	2.2
A	Tangencial	0.51	2.23	0.62	0.33	0.66	0.9
B		1.16	1.28	0.27	0.36	0.35	0.7
C		0.82	2.98	0.43	3.18	2.03	1.9
A	Longitudinal	2.35	4.49	2.14	3.33	4.93	3.4
B		2.75	3.58	0.95	4.45	3.49	3.0
C		3.39	3.64	2.82	4.14	2.06	3.2
	Promedio	1.569	2.404	1.575	2.734	2.608	2.1

Como puede observarse, el comportamiento de esta madera en relación a la contracción tanto radial como tangencial, indican que la distorsión dimensional es mayor en la tercera troza en una relación de 1.15 y 2.11 respectivamente, mientras que la contracción longitudinal no sufre diferencias tan notorias.

TABLA VII Resumen de los resultados obtenidos en pruebas de propiedades físicas con madera de *Pinus Patula Schiede*, proveniente de la plantación ubicada en San Carlos Sija, Quetzaltenango.

Propiedad	Unidad de medida	Media	Desviación estándar	CV (%)	Error estándar	Error de Muestreo	
						Absoluto	(%)
Humedad	%	65.92	9.81	14.88	2.533	5.433	8.242
Densidad (Po/Vv)	gr/cm ³	0.62	0.05	8.06	0.013	0.028	4.466
Densidad (Pf/Vv)	gr/cm ³	0.4	0.04	10.00	0.010	0.022	5.538
Contracción radial	%	1.15	0.99	86.09	0.256	0.548	47.678
Contracción longitudinal	%	3.23	1.07	33.13	0.276	0.593	18.347
Contracción tangencial	%	27.59	3.47	12.58	0.896	1.922	6.966

De acuerdo a estos resultados la madera de esta especie puede ser utilizada en la construcción civil para formar estructuras, sin embargo se debe

tener cuidado que la misma haya sido secada correctamente a fin de evitar fallas en la estructura.

De acuerdo con Morataya Montenegro (15) y a los datos obtenidos en cuanto a la propiedades físicas esta madera es apropiada para estructuras ya que éstas requieren que la misma tenga un pesos específico de 0.4 a 0.8 gr/cm³, siendo el de la madera de *Pinus Patula* en su estado verde de 0.618 y en estados seco anhidro de 0.399 gr. /cm³. Por otra parte la relación entre contracción tangencial y radial deberá ser menor o igual a 2, siendo para el presente caso de 0.61, así mismo esta madera puede ser utilizada en encofrados, carpintería, no así en pisos ni para mangos de herramientas o artículos deportivos.

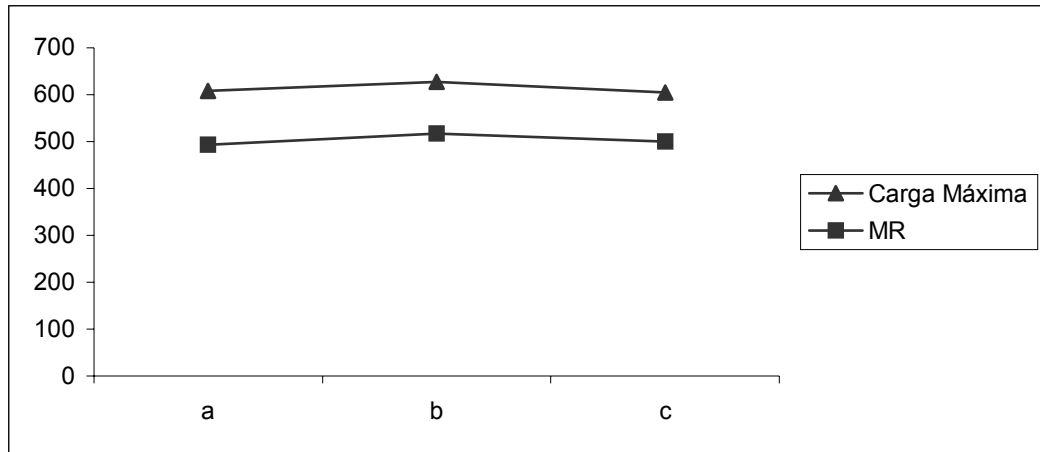
3.3. Propiedades mecánicas

A) Ensayo de flexión estática

Es un hecho que el factor que más afecta la resistencia a la flexión es el largo de las probetas. Para el presente estudio esto se determinó cuidadosamente, para el efecto se usaron probetas de 5 * 5 * 76 cm. Estas probetas se colocaron en la máquina de ensayos con una luz efectiva entre apoyos de 71.1 cm

Para visualizar de una manera más efectiva los resultados de esta prueba, los mismos se agruparon de acuerdo a la altura de cada troza (a, b y c) a fin de trazar una curva carga deformación.

Figura 14 Comparación de de las trozas a, b y c al esfuerzo de flexión estática con madera de *Pinus Patula Schiede*, proveniente de la plantación ubicada en San Carlos Sija, Quetzaltenango.



En la figura anterior se puede ver que las diferencias entre cada altura de troza es mínima tanto en lo que se refiere a la carga máxima, y el módulo de ruptura siendo en su orden los valores obtenidos de 608.5, 627.5 y 604.9 Kg.; 493.05, 516.84 y 499.87 Kg/cm² respectivamente. La relación entre b/a es de 1.031; entre b/c de 1.037 y la de a/c de 1.006 para la carga máxima, mientras que el comportamiento a la ruptura es similar pues la relación entre b/a es de 1.048, entre b/c es de 1.034, mientras que la relación a/c es de 0.99.

En lo que se refiere al módulo elástico este sigue un comportamiento similar al anterior, pues los valores obtenidos para las alturas a, b y c con una carga de 100 Kg. fueron de 27,124.524, 28,761.074 y 31,224.66 Kg/cm² respectivamente. Puede notarse que bajo este parámetro las probetas ubicadas en la altura c son las que presentan valores más altos, esto se debe probablemente a que la madera ubicada en esta región del árbol es más flexible

debido, a la acción que el viento ejerce sobre la misma y a la juventud de la misma.

De acuerdo con estos valores se puede afirmar que la madera de esta especie hasta una altura de 3.9 metros presenta condiciones similares en cuanto a flexibilidad y resistencia, por lo que la misma puede utilizarse en estructuras que requieran una longitud igual o menor a 3.9 m siempre que las piezas utilizadas no posean defectos que modifiquen sus propiedades, tales como nudos, picaduras o rajaduras.

A continuación se presenta un ejemplo de los cálculos realizados en cada una de las probetas utilizadas en el presente estudio

No. probeta:	5BW4
Carga máxima:	675 Kg. / cm ²
Base:	5.196 cm
Peralte:	5.141 cm
Largo:	71.1 cm

MÓDULO DE RUPTURA

$$MR = 3PL/2bh^2$$

$$MR = 3 (675 * 71.1) / 5.141 * 5.141^2$$

$$MR = 524.20 \text{ Kg/cm}^2$$

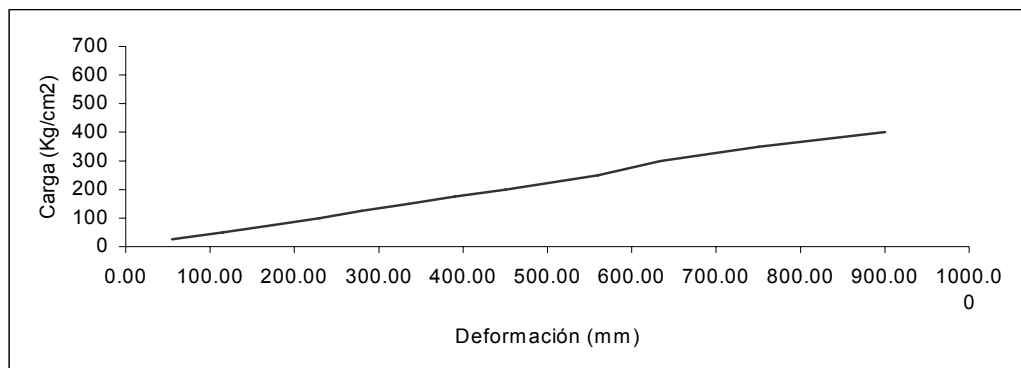
MÓDULO DE ELASTICIDAD

Para obtener el módulo de elasticidad es necesario observar la gráfica carga deformación, posteriormente se eligen valores dentro del límite proporcional y se calcula el valor de E.

TABLA VIII Carga deformación

Carga (Kg)	Deflexión (mm)	Observaciones
25	55.00	
50	115.00	
75	175.00	
100	230.00	
125	280.00	
150	335.00	
175	390.00	
200	450.00	Falló al centro
250	560.00	
300	634.00	
350	750.00	
400	900.00	
675	Carga última	

Figura 15 Comportamiento de la probeta No. 5BW4 al ensayo de flexión estática



Para el presente caso se eligieron tres valores de aplicación de carga: 100, 150 y 300 Kg/cm² cuyas deformaciones corresponden respectivamente a 230, 335 y 634 mm. El cálculo es como sigue:

$$ME = PL^3/4bh^3\Delta$$

$$ME = (100 (71.1^3) / 4 (5.196 * 5.141^3)) \Delta$$

$$ME = (35942543.1 / 2824.047)*23$$

$$ME_{100} = 29272.83 \text{ Kg7cm}^2$$

$$ME = (150* 71.1^3) / 4 (5.196 * 5.141^3)) 33.5$$

$$ME_{150} = 42636.51 \text{ Kg7cm}^2$$

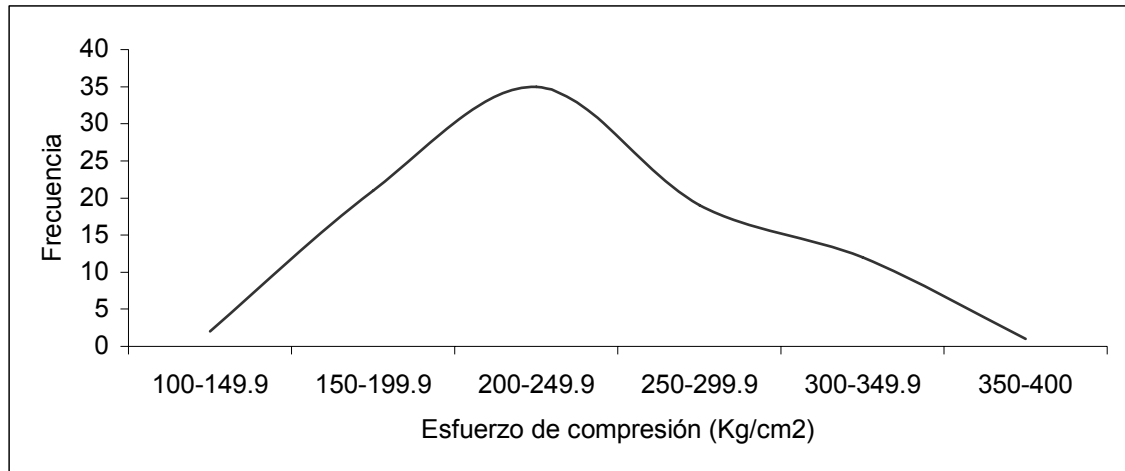
$$ME = (300* 71.1^3) / 4 (5.196 * 5.141^3)) 63.4$$

$$ME_{300} = 80691.19 \text{ Kg7cm}^2$$

B) Compresión paralela a la fibra

En este ensayo, la carga se aplicó de tal forma que la muestra se comprimió en la dirección paralela a la fibra. Visto de otra forma las piezas ensayadas semejan el trabajo que ejerce una columna por lo tanto el esfuerzo se calculó dividiendo la carga última entre el área de la cara perpendicular a la dirección de la aplicación de ésta. El comportamiento de las probetas a este esfuerzo se muestra en la siguiente gráfica.

Figura 16 Comportamiento a la compresión paralela a la fibra de la madera de *Pinus Patula Schiede*, proveniente de la plantación ubicada en San Carlos Sija, Quetzaltenango a diferentes alturas del árbol.



En resumen se puede anotar que el comportamiento de esta madera es diferente en cada una de las alturas estudiadas ya que las probetas ubicadas en la primera sección del fuste soportaron un mayor esfuerzo, decayendo en forma directa en las otras secciones. Los valores medios registrados fueron de 250.80; 239.83 y 222.64 Kg/cm² respectivamente en las tres alturas estudiadas.

La grafica anterior se ve influenciada por datos extremos que corresponden, en su orden a dos probetas ubicadas en la tercera troza (c) cuyos valores son los más bajos que se registraron (141.81 y 144.74 Kg/cm²) y una que registró el valor más alto (376.42 Kg/cm²) y la misma se ubica en la segunda troza.

A continuación se presenta un ejemplo de los cálculos realizados para determinar la resistencia de la madera a este tipo de esfuerzo.

Árbol No. 1

Troza a	Grupo: 1A
No. de identificación: N1	Base: 5.085
Peralte: 5.08	Área: 25.83 cm ²
Carga: 5350 Kg.	Fc = P/A
Fc = 5350/25.83	Fc = 207.11 Kg. / cm ²

C) Compresión perpendicular a la fibra

Para realizar esta prueba se escogió una probeta de cada 50% de las barras que fueron seleccionadas para realizar los ensayos de flexión estática por cada troza. Al mismo tiempo este ensayo requiere que las probetas se prueben en el sentido radial y tangencial. Por lo que para el análisis se discriminaron los datos en ambos sentidos. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

TABLA IX Datos estadísticos prueba de compresión perpendicular a la fibra

H de troza	Esfuerzo máximo (KG/cm ²)								
	Radial			Tangencial			Total		
	Prom	Desve st	CV%	Prom	Desve st	CV%	Prom	Desve st	CV%
A	78.4	19.3	24.55	77.71	14.86	19.12	78.06	17.03	21.82
B	78.59	13.8	17.50	66.09	8.14	12.32	72.34	12.83	17.74
C	70.09	18.1	25.80	65.63	11.75	17.90	67.86	15.22	22.43
	75.693	17.0	22.61	69.81	11.583	16.45	72.753	15.027	20.66

Del cuadro anterior se desprende que la compresión perpendicular en el sentido tangencial es el más desfavorable ya que su promedio aritmético global es ligeramente más bajo; sin embargo, su coeficiente de variación es igualmente bajo.

El comportamiento general de todas las probetas sometidas a esta prueba indica un promedio de 72.75 Kg. /cm², una desviación estándar de 15.027 y un coeficiente de variación de 20.66 %.

Los cálculos matemáticos se realizaron de la siguiente manera:

Troza: 1	Grupo: 1a
Identificación: W5	Base: 5cm
Peralte: 5.013 cm	Área: 25.06 cm ²
Posición: R (radial)	Carga: 2070.0 Kg.

Esfuerzo máximo = P/A Donde: P = Carga máxima (Kg.).

A = Área (25 cm²)

Esfuerzo máximo = 2070.0/25.06

Esfuerzo máximo = 82.59

D) Dureza o penetración

Los resultados de esta prueba se muestran en el siguiente cuadro de resumen de resultados:

TABLA X Análisis estadístico de la prueba de dureza en madera de Pinus Patula, proveniente de las plantaciones ubicadas en San Carlos Sija Quetzaltenango.

H de troza	Esfuerzo máximo								
	Radial			Tangencial			Paralelo a la fibra		
	Prom	Desves t	CV%	Prom	Desve st	CV%	Prom	Desvest	CV%
a	230.35	53	23.01	194.6	36.69	18.85	268.575	43.44	16.17
b	242.7	100.42	41.38	229.6	81.27	35.40	283.65	83.76	29.53
c	212.95	48.03	22.55	202.2	44.54	22.03	267.25	38.82	14.53
Promedio	228.67	67.15	28.98	208.77	54.17	25.43	273.158	55.34	20.0764

Como puede notarse, la resistencia a la penetración en el sentido tangencial, posee el menor promedio aritmético, así mismo tiene un menor coeficiente de variación, por lo que es necesario determinar la condición más favorable mediante el cálculo de los esfuerzos básicos de trabajo. No se hace una comparación entre las dos anteriores y la penetración longitudinal (paralelo a la fibra), por ser completamente independiente de las mismas.

E) Corte paralelo a la fibra

Para realizar esta prueba se seleccionan 6 barras de donde provinieron las probetas para la prueba de flexión estática, de las cuales se obtendrán 12 probetas de prueba por cada troza, estas probetas se obtienen por pares de las cuales una de ellas se destina a ser probada en la dirección radial y la otra en la dirección tangencial.

TABLA XI Análisis estadístico de la prueba de corte paralelo a la fibra en madera de *Pinus Patula Schiede*, proveniente de las plantaciones ubicadas en San Carlos Sija Quetzaltenango.

Altura de troza	Fv (esfuerzo de corte)		
	Promedio (Kg/cm ²)	Desviación estándar	CV(%)
A	67.00	9.73	14.52
B	64.50	11.37	17.63
C	57.90	9.98	17.24
Promedio total	63.13	10.36	16.46

Puede observarse que en este caso, la altura (a) presentó un promedio aritmético de 67 Kg/cm² y una desviación estándar de 9.73, pero lo más importante es que la variabilidad entre los datos es menor que en las dos alturas restantes. Esto se debe, probablemente a que la primera troza está compuesta en su mayoría por madera más antigua que las dos restantes, especialmente en el caso de la troza (c). En términos generales el promedio obtenido fue de 63.13 Kg/cm², con una desviación estándar de 10.36 y un coeficiente de variación de 16.46 %.

Al comparar estos resultados con los obtenidos Pineda del Cid (17) quien realizó un estudio similar con madera de *Pinus Caribea*, se nota claramente que este último posee un mayor promedio aritmético (87.51 Kg/cm²), por lo tanto la madera de esta especie es un tanto superior a soportar esfuerzos de este tipo que la madera de la especie en estudio.

F) Clivaje

Para esta prueba la selección de las probetas se hace de la misma manera que la prueba anterior y la forma y dimensiones de las mismas se ajustan a las normas para la aplicación de éste ensayo. La velocidad de la carga se mantiene en 0.25 cm por minuto, para este experimento se utiliza un dispositivo especial el cual provoca en la probeta una falla por desgarre, de modo que cuando esto ocurre se lee la carga.

TABLA XII Análisis estadístico de la prueba de clivaje con madera de Pinus Patula proveniente de plantaciones ubicadas en San Carlos Sija, Quetzaltenango.

Altura de troza	Esfuerzo (Kg/cm ²)		
	Promedio	Desviación estándar	CV%
A	38.08	8.092	21.25
B	34.57	9.3	26.90
C	29.3	10.79	36.83
Promedio	33.98	9.394	28.33

Al igual que en los otros ensayos los mejores resultados se obtienen en la primera troza ya que los datos indican un mayor promedio aritmético, desviación estándar y coeficiente de variación.

G) Tensión paralela a la fibra

Para realizar esta prueba se seleccionaron 6 barras de donde provinieron las probetas para la prueba de flexión estática. De las barras que se usaron una provino de la parte del duramen, una de la albura y 4 representativas de esa troza. La pieza se orientó de tal manera que la dirección de los anillos de crecimiento en la sección crítica fue perpendicular a la dirección de su menor área transversal.

TABLA XIII Análisis estadístico de la prueba de tensión paralela a la fibra con madera de *Pinus Patula* proveniente de plantaciones ubicadas en San Carlos Sija, Quetzaltenango

Altura de troza	Esfuerzo (Kg/cm ²)		
	Promedio	Desviación estándar	CV%
A	617.46	250.6	40.59
B	740.73	239.94	32.39
C	657.19	217.71	33.13
	671.79	236.08	35.37

Estos resultados muestran que las probetas provenientes de la troza b presentaron un promedio aritmético más alto y un coeficiente de variación más bajo que las provenientes de las trozas a y c.

H) Tensión perpendicular a la fibra

Se realizó el presente ensayo utilizando probetas de las dimensiones necesarias que requieren la norma y se determinó la tensión perpendicular a la fibra, obteniéndose los resultados siguientes:

Promedio aritmético: 24.80 Kg/cm²

Desviación estándar: 8.16

Coefficiente de variación: 32.90%

A continuación se presenta un cuadro comparativo de los valores medios de los ensayos realizados al Pinus Patula en relación a los resultados obtenidos realizándole similares ensayos al Pinus Caribea de Poptún , estos se tomaron de la tesis de Luis Pineda del Cid, de la cual aparece la información bibliográfica en la bibliografía general.

TABLA XIV Valores medios de las propiedades físico-mecánicas del Pinus Patula en comparación con el Pinus Caribea de Poptún.

Propiedad	Unidad de medida	Pinus Patula	Pinus Caribea
Humedad	%	65.2	38.6
Densidad verde	Kg/cm ³	0.6	-
Densidad seca	Kg/cm ³	0.4	-
Contracción radial	%	1.9	8.53
Contracción longitudinal	%	3.2	7.73
Contracción tangencial	%	1.1	-
Flexión estática	Kg/cm ²	502.7	581.38
Compresión paralela	Kg/cm ²	237.8	280.19
Compresión perpendicular (radial)	Kg/cm ²	75.6	84.29
Compresión perpendicular (tangencial)	Kg/cm ²	70.1	98.07
Corte paralelo a la fibra	Kg/cm ²	63.8	87.51
Clivaje	Kg/cm ²	34.8	31.76
Tensión paralela a la fibra	Kg/cm ²	678.6	1062.95
Tensión perpendicular a la fibra	Kg/cm ²	25.1	28.92
Dureza radial	Kg/cm ²	228.7	343.33
Dureza tangencial	Kg/cm ²	219.8	331.35
Dureza paralela a la fibra	Kg/cm ²	273.2	406.56

CONCLUSIONES

1. Las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus Patula Schiede* son diferentes en las distintas secciones del fuste del árbol en los diferentes ensayos, por lo tanto se comprueba la hipótesis número uno.
2. Se utilizaron 5 árboles de los cuales se obtuvieron un total de 847 probetas, de las que 30 se destinaron al ensayo de flexión estática, 90 al de compresión paralela, 90 al de tensión paralela, 132 al de tensión perpendicular, 119 al de compresión perpendicular a la fibra; 180 al de corte paralelo, 176 al de clivaje y 30 al de dureza o penetración.
3. El comportamiento de la madera de esta especie al secado no presentó problemas severos tanto al ataque de agentes biológicos como a los agentes meteorológicos.
4. En cuanto a los resultados de contracción en los diferentes planos, se concluye que esta madera sufre pocos cambios dimensionales y por lo tanto puede ser utilizada para la elaboración de muebles y en la decoración de interiores.
5. Al esfuerzo de dureza las probetas presentaron un menor promedio aritmético en sentido tangencial, por lo que se hace necesario determinar la condición más favorable mediante el cálculo de los esfuerzos básicos de trabajo. Para el esfuerzo de corte paralelo a la fibra, el promedio fue de 63.13 Kg/cm².

6. De manera general y de acuerdo a los resultados obtenidos en casi todos los ensayos, las probetas provenientes de la primera troza (a) soportaron un mayor esfuerzo pues éstas presentaron un promedio aritmético más alto y un coeficiente de variación más bajo que las probetas provenientes de las alturas b y c.

7. En términos generales y de acuerdo a los datos obtenidos en el presente estudio, la madera de *Pinus Patula Schiede* se clasifica como muy pesada y moderadamente liviana de acuerdo con el estado en que se presente (verde y anhidro).

RECOMENDACIONES

1. La madera estudiada, proviene de plantaciones cuya edad, en el momento de corte era de 20 años, con una densidad de 140 árboles por hectárea, por lo tanto se hace necesario investigar la madera de esta especie con diferentes edades y densidades, todo esto para determinar si la madera es apta para ser utilizada en construcción.
2. El secado de la madera de esta especie, de acuerdo a los resultados obtenidos, puede ser realizado de manera natural, ya que los costos de esta operación, son bajos y el trabajo es relativamente sencillo de realizar. Sin embargo, se recomienda realizar investigación en este sentido a fin de determinar un programa de secado, utilizando hornos u otros mecanismos, que brinde un resultado idóneo en el secado de esta madera.
3. Debido a que la madera de esta especie, no sufre de alteraciones de importancia en sus dimensiones y a su peso específico, esta de preferencia debe ser utilizada en la construcción de obras civiles, formando las estructuras de soporte y en encofrados. Así mismo, en la ebanistería.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación, la madera de *Pinus Patula Schiede*, puede ser utilizada para estructuras temporales o permanentes, sin embargo se recomienda que las mismas soporten una carga máxima de 613 Kg/cm².

5. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación y que la madera de esta especie es de rápido crecimiento se recomienda su utilización en los programas de reforestación (PINFOR) en condiciones edafo ecológicas similares.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ NOVEZ, H.; GUTIERREZ OLIVA, A.; JIMENES PERIS F. s.f. **Tecnología de la madera; Anatomía, Propiedades Físicas y Mecánicas.** Agencia de Cooperación Española. Guatemala. 1980. 139 p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Annual Book of ASTM Standars.** Part. 22, Construction. Printed in Easton, MD USA. 1974. Pp 34 – 91
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Norma ASTM D 143 – 83. Printed in Easton, MD USA. 1984. Pp 34 – 91
4. BENITEZ RAMOS, R.F; MONTESINOS LAGOS, J.L. **Catálogo de cien especies forestales de Honduras.** ESNACIFOR. Siguatepeque, Honduras. 1988. Pp. 207 – 13
5. CASASOLA DÍAZ, C.R. **Anatomía y propiedades físicas de la madera de Callophyllum brasiliense camb.** In St. Hil, Vochisia hondusrensis Sprague y Symphonia globulifera L. México. 1988.
6. CENTRO TECNICO DE EVALUACION FORESTAL. **Estudio de las Propiedades Físico-mecánicas y Estructura Anatómica de 7 Especies de Pinos de Guatemala,** Guatemala. 1972. Pp. 79.
7. CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA. **Determinación de Esfuerzos Permisibles de Trabajo para Maderas Nacionales.**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería.
1972. Pp. 68.

8. CRUZ S, J.R. DE LA. **Clasificación de las Zonas de Vida a Nivel de Reconocimiento**. Guatemala. Instituto Nacional Forestal. 1982. Pp. 42.
9. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. **Hoja cartográfica**: Quetzaltenango No. 1860 I. Guatemala. 1985. E. 1:50,000. Color.
10. INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRIFICACION. s.f. **Registros Climáticos**. Aldea El Recuerdo Barrios, San Carlos Sija, Quetzaltenango, Guatemala. 1986.
11. GALVEZ AQUECHE, I. **Propiedades Físico – Mecánicas de la Madera de tres Especies Forestales del Norte de Guatemala**. Tesis de Ing. Civil. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1986. Pp. 34.
12. GUEVARA HERNÁNDEZ, L. **Medición de Fibras y su Efecto en la Elaboración de Pulpa para Papel**. Tesis de Ing. Forestal. La Ceiba, Atlántida, Honduras. Universidad Nacional Autónoma de Honduras. 1987. Pp. 65.
13. GUTIERREZ OLIVA, A. s.f. **La Madera y Sus Propiedades**. AITM. España. 1982. Pp. 8-23.
14. LAMPRECHT, H. **Silvicultura en Los Trópicos; Los Ecosistemas en los Bosques Tropicales y Sus Especies Arboreas - Posibilidades y Métodos para un Aprovechamiento Sostenido**. Trad. Antonio

Carrillo. Cooperación Técnica, República Federal de Alemania (GTZ). 1990. Pp. 335.

15. MORATAYA MONTENEGRO, R. A. **Anatomía, Propiedades Físicas y Algunos Usos sugeridos de la Madera de Seis Especies Forestales Frecuentes en el Municipio de La Libertad, Petén, Guatemala.** Tesis de Ing. Agrónomo. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 1993. Pp. 133.
16. ORDOÑEZ MORALES, J.C. **Determinación de los Esfuerzos Reales y Valores de Diseño de Flexión Estática con Madera de Pino Aserrada, Clasificada Visualmente en Grados Estructurales.** Tesis de Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1993. Pp. 114.
17. PINEDA DEL CID, L. S. **Estudio de las Propiedades Físico – Mecánicas de la Madera de Pinus Caribea de Poptún.** Tesis de Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1989. Pp. 123.
18. SAMAYOA FLORES, M.D. **Estudio Preliminar de las Propiedades Físico Mecánicas de 7 Especies de Pino en Guatemala.** Tesis de Ing. Civil, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. 1972. Pp. 84.
19. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. **Clasificación de Reconocimiento de los Suelos de la República de Guatemala.** Trad. Pedro Tirado- Sulsona. Guatemala. 1959. Edit. José de Pineda Ibarra. Pp. 1000.

20. VÁSQUEZ LÓPEZ J.L. **Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas De *Alnus jorullensis* HBK a Partir del Ensayo de Flexión Estática.** Tesis de Ing. Forestal, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Noroccidente. 1999. Pp. 55.
21. VIDAL J.J.; CONSTANTINO, I. sf. **Iniciación a la Ciencia Forestal.** Salvat, Barcelona – Madrid. 1982. Pp. 58 – 69.
22. ZOBEL, B.; TALBERT, J. **Técnicas de Mejoramiento Genético de Árboles Forestales.** Limusa. México. 1985. Pp. 545.

ANEXOS

Figura 17 Plano de ubicación de la finca a nivel nacional

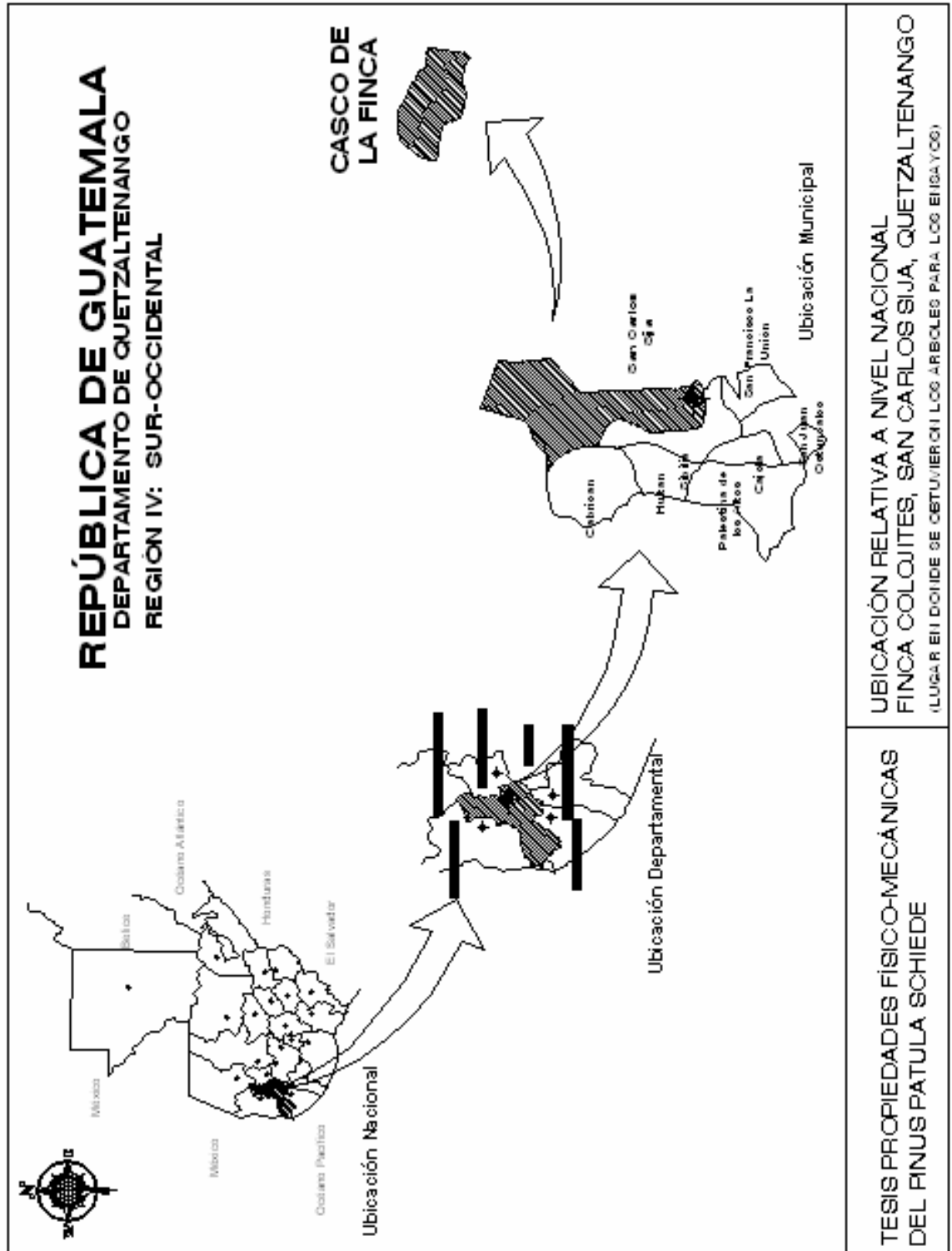


Figura 18

Plano general de la plantación

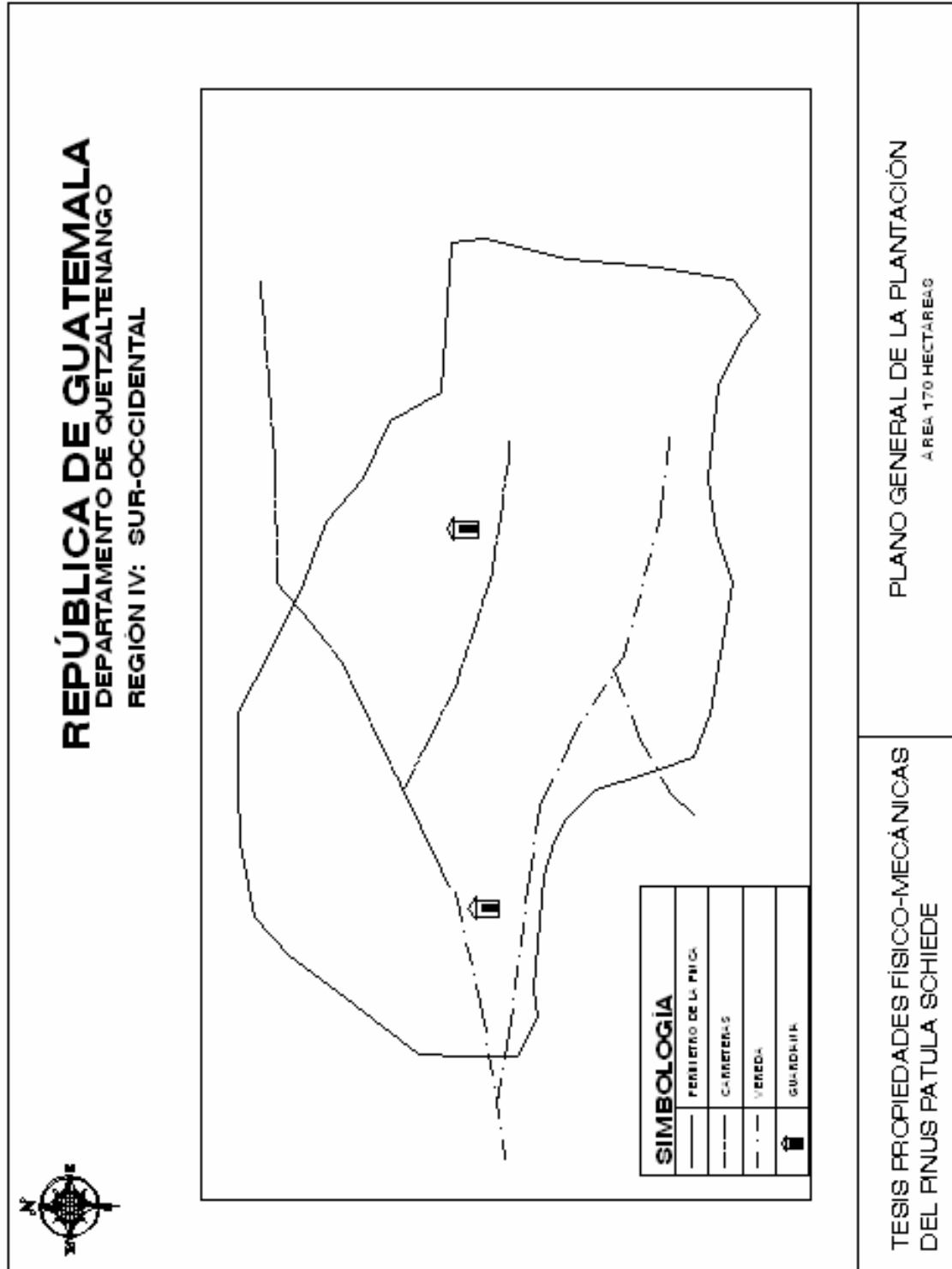


Figura 19

Plano de ubicación de los árboles en la plantación

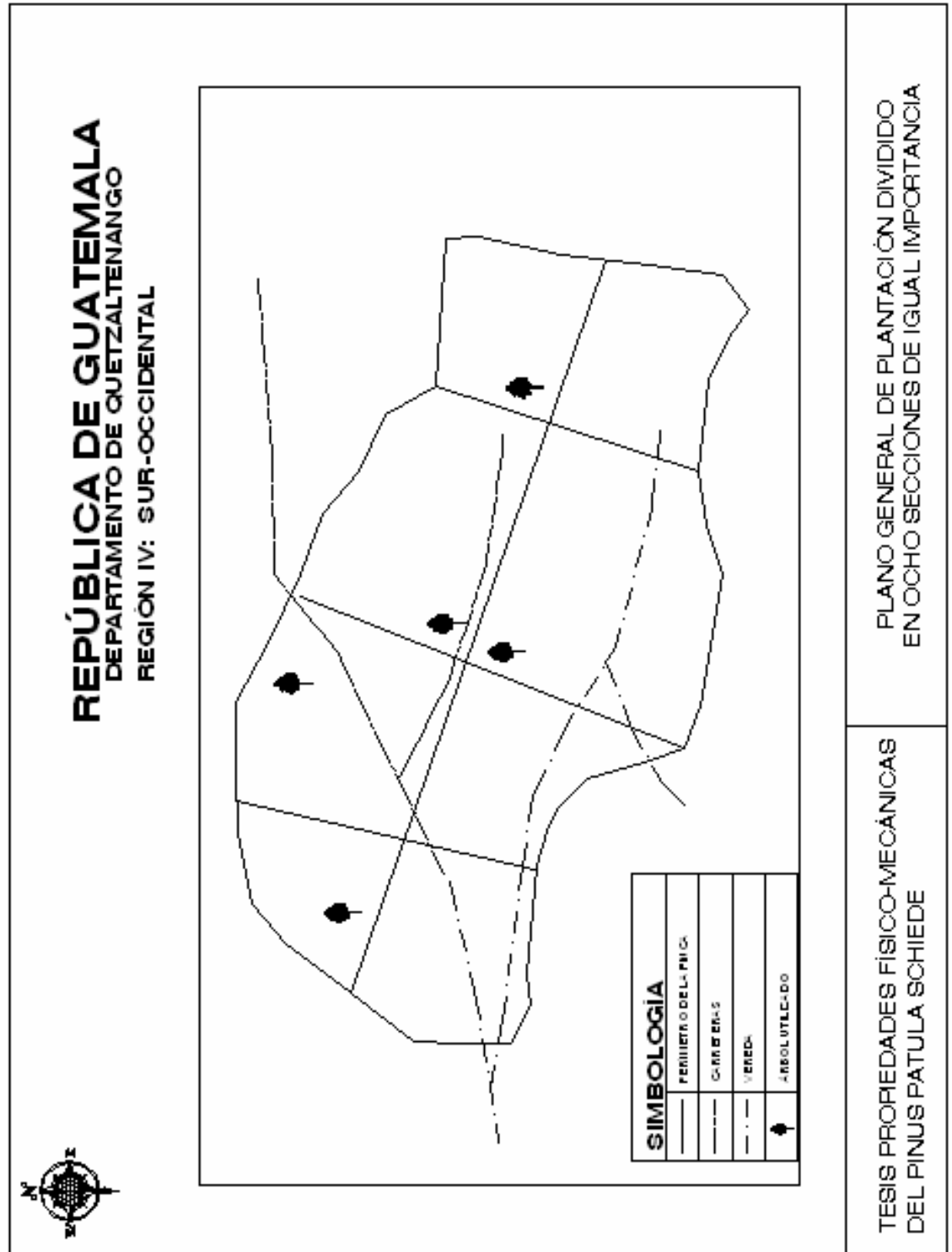


TABLA XV Propiedades físicas



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 14569
No. Informe lab. 068-01

Interesado: William Castillo

Muestra: 30 Probetas de Madera

Fecha: 12 de Diciembre de 2001

Evaluación de probetas de madera según normas ASTM D-143

A) Densidad de la Madera, Contracción radial y Volumétrica de acuerdo con ASTM D-143.

MUESTRAS*	Densidad Verde (g/cm ³)	Densidad Seca (g/cm ³)	Contracción Radial (CR)	Contracción Longitudinal (CL)	Contracción Volumétrica (CV)
1 A	0.688	0.479	1.45	2.35	26.59
2 A	0.532	0.354	1.06	4.49	31.28
3 A	0.611	0.387	2.17	2.14	24.13
4 A	0.679	0.391	2.60	3.33	25.71
5 A	0.583	0.371	2.32	4.93	32.22
1 B	0.656	0.446	1.58	2.75	25.54
2 B	0.541	0.353	1.03	3.58	28.64
3 B	0.637	0.393	0.45	0.95	20.75
4 B	0.644	0.396	2.66	4.45	26.38
5 B	0.649	0.447	2.06	3.49	26.30
1 C	0.654	0.453	0.68	3.39	26.30
2 C	0.540	0.344	1.75	3.64	34.11
3 C	0.621	0.406	2.90	2.82	25.70
4 C	0.633	0.390	2.29	4.14	31.03
5 C	0.605	0.376	3.18	2.06	29.22

* Muestra proporcionada por el interesado.

TABLA XVI Propiedades físicas






	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		O.T. No. 14569 No. Informe lab. 068-01
B) Humedad de la Madera.		
MUESTRA*	Humedad (%)	
1 A	58.47	
2 A	64.02	
3 A	69.60	
4 A	84.52	
5 A	63.59	
1 B	55.94	
2 B	67.75	
3 B	65.97	
4 B	74.31	
5 B	48.98	
1 C	50.53	
2 C	62.51	
3 C	62.10	
4 C	76.71	
5 C	72.90	
* Muestra proporcionada por el interesado.		
Atentamente,		
	Ing. Cesar Alfonso Garcia Guerra Jefe Sección Química Industrial - CII-	
		
	Vo.Bo. Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz DIRECTOR Centro de Investigaciones de Ingeniería - CII-	
FACULTAD DE INGENIERIA -USAC Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo 476-3992. Planta 443-9500 Ext. 1502. FAX: 476-3993 E-mail: cii@ing.usac.edu.gt		

TABLA XVII Resultados ensayo de flexión árbol 1, troza 1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M
INTERESADO: WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
PROYECTO: TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
ASUNTO: ENSAYO DE FLEXION
FECHA: 18/11/2002

O.T.No. 14368

El estudiante William Giovanni Castillo Sosa, con carné No. 9330210 de la carrera de Ingeniería Civil, solicitó a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de Flexión a 30 probetas de madera, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA.

RESULTADOS ENSAYO DE FLEXION

ARBOL No. 1
TROZA 1
SECCIÓN DE PROBETA: 5.074 * 5.105 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 1AW5

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	25.00
50	80.00
75	125.00
100	175.00
125	220.00
150	270.00
175	320.00
200	385.00
250	470.00
300	575.00
350	690.00
400	815.00
450	950.00
500	1105
550	1260.00
715	Carga última. Falló al centro.

TABLA XVIII Resultados ensayo de flexión árbol 1, troza 2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14366

ARBOL 1

TROZA 1

SECCIÓN DE PROBETA: 5.058 * 5.133 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 1AW6

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	40.00
50	78.00
75	112.00
100	155.00
125	195.00
150	245.00
175	290.00
200	340.00
250	430.00
300	520.00
350	630.00
400	735.00
450	850.00
500	980
550	
670	Carga última. Falló al centro.

ARBOL 1

TROZA 2

SECCIÓN DE PROBETA: 5.043 * 5.018 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 1BW3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	40.00
50	80.00
75	115.00
100	160.00
125	205.00
150	245.00
175	295.00
200	335.00
250	425.00
300	525.00
350	650.00
400	770.00
675	Carga última. Falló al centro

TABLA XIX Resultados ensayo de flexión árbol 1, troza 3



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14366

**ARBOL 1
TROZA 2
SECCIÓN DE PROBETA: 5.021 * 5.060 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 1BW4**

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	65.00
50	120.00
75	175.00
100	230.00
125	285.00
150	345.00
175	410.00
200	465.00
250	590.00
300	730.00
350	875.00
400	1035.00
450	1250.00
500	1500.00
550	
610	Carga última. Falló al centro.

**ARBOL 1
TROZA 3
SECCIÓN DE PROBETA: 5.009 * 5.001 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 1CW3**

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	120.00
50	210.00
75	325.00
100	440.00
125	540.00
150	660.00
175	780.00
200	910.00
250	1200.00
300	1570.00
360	Falló por nudo.

TABLA XX Resultados ensayo de flexión árbol 2, troza 1



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14386

ARBOL 1

TROZA 3

SECCIÓN DE PROBETA: 5.074 * 5.105 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 1CW4

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	35.00
50	68.00
75	100.00
100	135.00
125	175.00
150	215.00
175	250.00
200	290.00
250	365.00
300	445.00
350	540.00
400	635.00
450	740.00
500	860.00
550	990.00
715	Carga última. Falló al centro.

ARBOL 2

TROZA 1

SECCIÓN DE PROBETA: 5.137 * 5.120 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 2AE3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	40.00
50	135.00
75	250.00
100	335.00
125	420.00
150	505.00
175	585.00
200	685.00
250	865.00
300	1070.00
350	1300.00
550	Carga última. Falló al centro.

TABLA XXI Resultados ensayo de flexión árbol 2, troza 2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14366

ARBOL 2
TROZA 1
SECCIÓN DE PROBETA: 5.053 * 5.079 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 2AE4

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	35.00
50	90.00
75	145.00
100	195.00
125	245.00
150	295.00
175	343.00
200	393.00
250	495.00
300	590.00
350	693.00
400	800.00
450	920.00
500	1045.00
550	1185.00
725	Carga última. Falló al centro.

ARBOL 2
TROZA 2
SECCIÓN DE PROBETA: 4.833 * 4.968 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 2BN1

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	53.00
50	106.00
75	158.00
100	220.00
125	262.00
150	312.00
175	365.00
200	415.00
250	520.00
300	623.00
350	735.00
400	820.00
450	915.00
500	1065.00
550	1260.00
675	Carga última. Falló al centro.

TABLA XXII Resultados ensayo de flexión árbol 2, troza 3



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14386

ARBOL 2

TROZA 2

SECCIÓN DE PROBETA: 4.996 * 5.007 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 2BN2

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	35.00
50	110.00
75	160.00
100	230.00
125	290.00
150	350.00
175	415.00
200	480.00
250	610.00
300	750.00
350	905.00
400	1070.00
450	1270.00
650	Carga última. Falló al centro.

ARBOL 2

TROZA 3

SECCIÓN DE PROBETA: 5.132 * 5.088 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 2CW3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	70.00
50	120.00
75	180.00
100	240.00
125	300.00
150	350.00
175	410.00
200	470.00
250	595.00
300	720.00
350	860.00
400	1020.00
450	1195.00
500	1390.00
675	Carga última. Falló al centro.

TABLA XXIII Resultados ensayo de flexión árbol 2, troza 3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14366

ARBOL 2

TROZA 3

SECCIÓN DE PROBETA: 5.120 * 5.085 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 2CW4

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	35.00
50	70.00
75	105.00
100	145.00
125	180.00
150	212.00
175	250.00
200	285.00
250	360.00
300	435.00
350	510.00
400	590.00
450	685.00

820 Carga última. Falló al centro.

ARBOL 3

TROZA 1

SECCIÓN DE PROBETA: 4.999 * 5.025 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 3AS3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	15.00
50	55.00
75	85.00
100	120.00
125	150.00
150	185.00
175	215.00
200	255.00
250	330.00
300	415.00
350	500.00
400	585.00
450	670.00
500	870.00
550	970.00
795	Carga última. Falló al centro.

TABLA XXIV Resultados ensayo de flexión árbol 3, troza 1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14386

ARBOL 3

TROZA 1

SECCIÓN DE PROBETA: 5.073 * 5.077 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 3AS4

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	10.00
50	50.00
75	105.00
100	155.00
125	206.00
150	315.00
175	370.00
200	485.00
250	600.00
300	730.00
350	870.00
400	1020.00
450	

480 Carga última. Falló al centro.

ARBOL 3

TROZA 2

SECCIÓN DE PROBETA: 5.058 * 5.146 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 3BE3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	52.00
50	103.00
75	150.00
100	190.00
125	235.00
150	280.00
175	325.00
200	375.00
250	460.00
300	555.00
350	680.00
400	760.00
450	870.00
500	980.00

745 Carga última. Falló al centro.

TABLA XXV Resultados ensayo de flexión árbol 3, troza 2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14368

ARBOL 3

TROZA 2

SECCIÓN DE PROBETA: 5.053 * 5.004 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 3BE4

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	45.00
50	105.00
75	160.00
100	210.00
125	260.00
150	310.00
175	365.00
200	420.00
250	530.00
300	640.00
350	760.00
400	885.00
450	1020.00
500	1170.00
550	1340.00
670	Carga última. Falló al centro.

ARBOL 3

TROZA 3

SECCIÓN DE PROBETA: 5.014 * 5.042 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 3CW3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	50.00
50	93.00
75	140.00
100	190.00
125	240.00
150	290.00
175	340.00
200	393.00
250	515.00
300	625.00
350	740.00
400	880.00
450	1040.00
500	1200.00
600	Carga última. Falló al centro.

TABLA XXVI Resultados ensayo de flexión árbol 4, troza 1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14366

**ARBOL 4
TROZA 1**

SECCIÓN DE PROBETA: 5.133 * 5.159 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 4AW4

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	62.00
50	128.00
75	195.00
100	260.00
125	325.00
150	392.00
175	462.00
200	530.00
250	675.00
300	835.00
350	995.00
400	1070.00
450	1275.00
500	1540.00
550	Falló por nudo.

**ARBOL 4
TROZA 2**

SECCIÓN DE PROBETA: 5.110 * 5.116 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 4BS1

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	27.00
50	73.00
75	125.00
100	178.00
125	225.00
150	280.00
175	333.00
200	387.00
250	498.00
300	310.00
350	725.00
400	850.00
450	975.00
500	1145.00
550	Falló al centro 1245.00

TABLA XXVII Resultados ensayo de flexión árbol 4, troza 2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14368

ARBOL 4

TROZA 2

SECCIÓN DE PROBETA: 5.081 * 5.093 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 4BS2

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	60.00
50	120.00
75	180.00
100	235.00
125	295.00
150	355.00
175	420.00
200	485.00
250	615.00
300	718.00
350	835.00
400	990.00
450	1160.00
500	1330.00
550	Falló al centro 1490.00

ARBOL 4

TROZA 3

SECCIÓN DE PROBETA: 5.112 * 5.023 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 4CW5

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	45.00
50	110.00
75	180.00
100	239.00
125	290.00
150	355.00
175	415.00
200	480.00
250	605.00
300	722.00
350	823.00
400	965.00
450	1150.00
500	1380.00
550	1690.00
600	2180.00
624	Carga última Falló al centro.

TABLA XXVIII Resultados ensayo de flexión árbol 4, troza 3



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14386

ARBOL 4

TROZA 3

SECCIÓN DE PROBETA: 5.156 * 5.077 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 4CW6

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	40.00
50	98.00
75	133.00
100	188.00
125	223.00
150	260.00
175	285.00
200	315.00
250	433.00
300	513.00
350	604.00
400	773.00
450	866.00
500	975.00
550	1175.00
Falló al centro.	

ARBOL 5

TROZA 1

SECCIÓN DE PROBETA: 5.013 * 5.121 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 5AE5

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	42.00
50	95.00
75	155.00
100	205.00
125	260.00
150	315.00
175	370.00
200	425.00
250	535.00
300	635.00
350	710.00
400	845.00
450	975.00
500	1135.00
550	1320.00
Carga última	Falló al centro

TABLA XXIX Resultados ensayo de flexión árbol 5, troza 1



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14366

ARBOL 5

TROZA 1

SECCIÓN DE PROBETA: 5.094 * 5.087 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 5AE6

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	58.00
50	115.00
75	170.00
100	230.00
125	287.00
150	345.00
175	400.00
200	470.00
250	600.00
300	730.00
350	875.00
400	1100.00
450	
500	
550	Falló por nudo

ARBOL 5

TROZA 2

SECCIÓN DE PROBETA: 5.144 * 5.141 cm.

LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.

IDENTIFICACIÓN PROBETA: 5BW3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	45.00
50	110.00
75	180.00
100	220.00
125	282.00
150	340.00
175	405.00
200	480.00
250	605.00
300	750.00
350	990.00
475	Falló por nudo

TABLA XXX Resultados ensayo de flexión árbol 5, troza 2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14498

**ARBOL 5
TROZA 2**

SECCIÓN DE PROBETA: 5.144 * 5.141 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 5BW3

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	45.00
50	110.00
75	160.00
100	220.00
125	282.00
150	340.00
175	405.00
200	480.00
250	605.00
300	750.00
350	990.00
475	Falló por nudo

**ARBOL 5
TROZA 2**

SECCIÓN DE PROBETA: 5.198 * 5.141 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 5BW4

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	55.00
50	115.00
75	175.00
100	230.00
125	280.00
150	335.00
175	390.00
200	450.00
250	560.00
300	634.00
350	750.00
400	900.00
675	Carga última Falló al centro

TABLA XXXI Resultados ensayo de flexión árbol 5, troza 3



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1871-M

O.T.No. 14386

**ARBOL 5
TROZA 3
SECCIÓN DE PROBETA: 4.971 * 4.956 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 5CN3**

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	70.00
50	120.00
75	165.00
100	210.00
125	260.00
150	310.00
175	360.00
200	415.00
250	520.00
300	620.00
350	723.00
400	850.00
450	920.00
500	1070.00
550	1260.00
665	Carga última Falló al centro

**ARBOL 5
TROZA 3
SECCIÓN DE PROBETA: 5.106 * 5.064 cm.
LUZ ENTRE APOYOS: 71.1 cm.
IDENTIFICACIÓN PROBETA: 5CN4**

CARGA EN KG	DEFLEXIÓN EN mm.
25	55.00
50	115.00
75	175.00
100	235.00
125	300.00
150	360.00
175	425.00
200	495.00
250	620.00
300	720.00
350	910.00
430	Falló por nudo

[Signature]
ING. DILMA MEDICANOS
JEFE INTERINO METALES

[Signature]
Vo.Bo. ING. HAYLO C. DE LEON
DIRECTOR INTERINO C.I.I.



TABLA XXXII Resultados ensayo compresión paralela árbol 1, troza 1-3

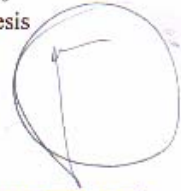


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: No. 1315-M O.T.No. 14254
INTERESADO: WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
PROYECTO: TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
FECHA: 31/07/2002
ASUNTO: ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

El estudiante **William Giovanni Castillo Sosa**, con carné No. **9330210** de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de Compresión Paralela a la Fibra a 90 probetas de madera, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis **PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA.**



RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESION PARALELA A LA FIBRA

ARBOL No. 1
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1A	N 1	5.085*5.080	25,83	5350	207,11	Con nudo
1A	N 2	5.018*5.048	25,33	4780	188,70	Con nudo
1A	N 3	5.028*5.044	25,36	6060	238,95	Con nudo
1A	N 4	5.109*5.080	25,85	5390	208,50	Con nudo
1A	S 4	5.073*5.093	25,84	7470	289,12	***
1A	W 5	5.074*5.023	25,49	5730	224,82	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1B	N1	5.020*5.099	25,60	4690	183,22	Con nudo
1B	N2	5.085*5.095	25,91	7300	281,77	**
1B	N4	4.983*5.095	25,39	7320	288,32	**
1B	S3	5.000*4.999	25,00	6330	253,25	**
1B	S4	5.052*5.108	25,81	4980	192,98	Con nudo
1B	E4	5.097*5.051	25,74	6860	266,46	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1C	N1	4.996*5.032	25,14	5920	235,48	**
1C	N3	5.013*5.076	25,45	7380	290,03	**
1C	S2	5.092*5.123	26,09	5300	203,17	Con nudo
1C	S4	5.039*5.068	25,53	3620	141,81	Con nudo
1C	E4	5.022*5.028	25,25	4830	191,28	Con nudo
1C	W4	5.083*5.084	25,84	4330	167,56	Con nudo

TABLA XXXIII Resultados ensayo compresión paralela árbol 2, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T.No. 14254

RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA



ARBOL No. 2
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2A	N 2	5.001*4.920	24.60	8010	325,54	***
2A	N 3	5.059*5.056	25.58	5170	202,12	Con nudo
2A	N 4	5.025*5.087	25.56	8450	330,57	***
2A	S 2	4.992*5.148	25.70	5570	216,74	Con nudo
2A	W 5	4.921*4.998	24.60	8140	330,96	***
2A	W 6	5.057*5.054	25.56	6080	237,89	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2B	N 2	5.074*5.088	25.82	5980	231,63	Con nudo
2B	N 4	5.076*5.054	25.65	7020	273,64	**
2B	N 5	5.088*5.108	25.89	6950	267,42	**
2B	S 1	5.091*5.098	25.95	5640	217,31	Con nudo
2B	S 2	5.088*5.098	25.94	5490	211,65	Con nudo
2B	S 3	5.069*5.092	25.81	4670	180,93	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2C	N 3	5.037*5.027	25.32	7010	276,85	Con nudo
2C	N 4	5.075*5.075	25.77	3730	144,74	Con nudo
2C	S 1	5.057*5.040	25.49	4980	195,39	Con nudo
2C	S 4	5.028*5.028	25.28	6710	265,42	Con nudo
2C	E 3	5.059*5.058	25.59	5040	196,96	Con nudo
2C	E 3	5.065*5.118	25.92	4900	189,02	Con nudo

TABLA XXXIV Resultados ensayo compresión paralela árbol 3, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T.No. 14254

RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA

ARBOL No. 3

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3A	N 1	5.006*5.025	25.16	5840	232,16	***
3A	N 2	5.061*5.055	25,58	4040	157,92	Con nudos
3A	S 3	5.057*5.094	25.76	8850	265,91	**
3A	S 4	5.061*5.027	25.44	6300	247,63	**
3A	W 4	5.021*5.000	25,11	6700	266,88	**
3A	W 5	5.076*5.081	25,79	4110	169,36	Con nudos

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3B	N 3	5.143*5.107	26.27	7020	267,27	***
3B	S 1	5.178*5.152	26,68	4870	182,55	Con nudo
3B	S 2	5.004*5.012	25,08	4540	181,02	Con nudo
3B	S 3	5.101*5.145	26,24	5890	216,81	Con nudo
3B	E 3	4.992*4.982	24.87	5990	240,85	Con nudo
3B	W 6	5.068*5.114	25,92	6230	240,38	***

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3C	N 1	5.049*5.020	25,35	6270	247,38	**
3C	N 3	5.026*5.068	25,47	7850	300,33	**
3C	S 1	5.060*5.080	25,70	6700	221,75	Con nudo
3C	S 2	5.064*5.054	25,59	5010	195,75	Con nudo
3C	E 3	5.095*5.065	25,81	6800	263,50	Con nudo
3C	W 5	5.095*4.924	25,09	4950	197,27	Con nudo

TABLA XXXV Resultados ensayo compresión paralela árbol 4, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T.No. 14254

RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA

ARBOL No. 4
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4A	N 1	4.983*4.984	24.74	7870	318,16	***
4A	N 3	5.034*4.990	25.12	5540	220,54	Con nudo
4A	S 2	4.985*4.986	24.86	5920	238,18	Con nudo
4A	S 3	5.004*5.047	25.26	4900	194,02	Con nudo
4A	S 4	4.995*4.992	24.94	5560	222,98	Con nudo
4A	E 3	5.022*5.011	25.17	5700	226,50	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4B	N 1	5.005*5.021	25.13	4720	187,82	Con nudo
4B	N 2	4.995*4.982	24.89	8080	324,69	***
4B	S 1	5.080*5.094	25.88	5350	206,74	Con nudo
4B	S 2	5.066*5.100	25.84	5180	200,49	Con nudo
4B	S 3	5.056*5.037	25.47	5200	204,19	Con nudo
4B	W 5	4.843*4.857	23.52	5570	236,80	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4C	N 1	5.010*5.030	25.20	7310	290,08	***
4C	N 2	5.002*4.987	24.94	5690	228,10	Con nudo
4C	S 1	5.006*4.970	24.88	6440	258,84	***
4C	S 2	5.049*5.041	25.45	5230	205,48	Con nudo
4C	E 4	5.095*5.059	25.78	5320	206,40	Con nudo
4C	W 5	5.055*5.095	25.76	4860	188,70	Con nudo

TABLA XXXVI Resultados ensayo compresión paralela árbol 5, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T.No. 14254

RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.

ARBOL No. 5
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5A	N 2	5.013*5.051	25,32	7970	314,76	Con nudo
5A	S 1	5.022*5.033	25,28	7540	298,31	Con nudo
5A	S 2	4.785*4.952	23,70	7400	312,30	Con nudo
5A	E 4	5.008*5.043	25,28	7960	315,18	Con nudo
5A	W 4	5.031*5.051	25,56	8080	316,08	Con nudo
5A	W 5	4.995*5.020	25,07	5420	216,15	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5B	N 1	4.857*4.977	24,67	6350	257,39	Con nudo
5B	N 2	5.058*5.025	25,42	8070	317,51	Con nudo
5B	S 2	4.958*4.980	24,74	6980	282,13	**
5B	S 4	5.048*5.068	25,58	9630	376,42	**
5B	E 4	5.031*5.069	25,50	4900	192,14	Con nudo
5B	W 4	5.009*5.009	25,09	5800	231,17	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5C	N 3	5.035*5.056	25,46	5530	217,23	Con nudo
5C	N 4	5.064*5.068	25,66	5500	214,31	Con nudo
5C	S 2	5.081*5.055	25,88	4950	194,28	Con nudo
5C	S 3	5.052*5.040	25,46	6110	239,96	Con nudo
5C	W 1	5.075*5.028	25,52	4750	186,15	Con nudo
5C	W 5	5.105*5.059	26,83	8420	326,03	****

Atestamos,

Ing. Pablo C. De León R.
Jefe Sección Metales y
Productos Manufacturados

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez
Director C.I.I.

cbr

TABLA XXXVII Resultados ensayo compresión perpendicular árbol 1, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME 1317-M O.T.No. 14428
INTERESADO: WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
PROYECTO: TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
ASUNTO: ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA.
FECHA: 01/09/2002

El estudiante William Giovanni Castillo Sosa, con carné No. 9330210 de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de Compresión Perpendicular a la Fibra a 120 probetas de madera, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA.

RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA.

ARBOL No. 1
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm.)	AREA (C.C)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1A	W 5	5 * 5.013	25.065	R	2070.0	82.69	**
1A	W 5	5 * 5.135	25.675	R	1867.5	72.74	**
1A	W 6	5 * 5.027	25.14	R	1490.0	59.28	**
1A	W 6	5 * 5.112	25.56	R	2775.0	108.57	Con nudo
1A	W 6	5 * 5.065	25.33	T	1885.0	74.42	**
1A	W 5	5 * 5.047	25.24	T	1792.5	71.03	**
1A	W 5	5 * 5.116	25.58	T	2360.0	92.26	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm.)	AREA (C.C)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1B	W 3	5 * 5.124	25.62	R	2015	78.65	**
1B	W 3	5 * 5.005	25.03	R	1685	75.32	**
1B	W 3	5 * 5.087	25.49	R	1925	75.53	**
1B	W 3	5 * 5.126	25.52	R	1740	67.89	**
1B	W 4	5 * 5.051	25.31	T	1757.5	69.46	**
1B	W 4	5 * 5.054	25.32	T	1717.5	67.83	Con nudo
1B	W 4	5 * 5.055	25.33	T	1920	75.81	**
1B	W 4	5 * 5.084	25.42	T	1800	62.94	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm.)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1C	W 3	5 * 5.034	25.17	R	1637.5	65.06	**
1C	W 3	5 * 5.095	25.46	R	1467.5	58.39	**
1C	W 3	5 * 5.089	25.45	R	2270.0	89.21	Con nudo
1C	W 3	5 * 5.080	25.40	R	3480.0	136.22	Con nudo
1C	W 4	5 * 5.070	25.35	T	1525.0	60.16	**
1C	W 4	5 * 5.073	25.37	T	1750.0	68.98	**
1C	W 4	5 * 5.078	25.39	T	1910.0	75.23	**
1C	W 4	5 * 5.101	25.51	T	1645.0	64.50	**

TABLA XXXVIII Resultados ensayo compresión perpendicular árbol 2, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ARBOL No. 2

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
2A	E 3	5 * 5.146	25.73	R	1855.0	72.09	**
2A	E 3	5 * 5.122	25.61	T	1490.0	58.18	**
2A	E 3	5 * 5.086	25.33	R	1465.0	57.84	**
2A	E 3	5 * 5.115	25.675	T	1617.5	63.25	**
2A	E 4	5 * 5.072	25.38	R	1540.0	72.56	**
2A	E 4	5 * 5.123	25.615	T	2580.0	100.72	**
2A	E 4	5 * 5.052	25.28	R	2125.0	84.13	Con nudo
2A	E 4	5 * 5.142	25.71	T	1650.0	71.96	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
2B	N 1	5 * 5.097	25.49	T	1430.0	59.72	**
2B	N 1	5 * 5.140	25.70	R	1837.5	64.76	**
2B	N 1	5 * 5.118	25.59	T	1820.0	71.12	**
2B	N 1	5 * 5.041	25.21	R	2017.5	80.04	Con nudo
2B	N 2	5 * 5.125	25.63	T	1380.0	53.86	Con nudo
2B	N 2	5 * 5.095	25.46	R	2437.5	95.68	**
2B	N 2	5 * 5.065	25.33	T	1512.5	59.72	**
2B	N 2	5 * 5.080	25.40	R	1645.0	64.76	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
2C	W 3	5 * 5.114	25.57	T	2600.0	101.68	**
2C	W 3	5 * 5.115	25.58	R	1520.0	63.34	**
2C	W 3	5 * 5.081	25.31	T	1365.0	53.94	**
2C	W 3	5 * 5.077	25.39	R	1400.0	55.16	**
2C	W 4	5 * 5.091	25.46	T	1412.5	55.49	**
2C	W 4	5 * 5.086	25.43	R	1940.0	76.29	**
2C	W 4	5 * 5.073	25.37	T	1825.0	71.95	**
2C	W 4	5 * 5.084	25.42	R	1540.0	60.58	**

TABLA IXL Resultados ensayo compresión perpendicular árbol 3, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ARBOL No. 3

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3A	S 3	5 * 5.137	25.69	R	1675.0	85.21	**
3A	S 3	5 * 5.112	25.58	T	1562.5	81.13	**
3A	S 3	5 * 5.137	25.69	R	1650.0	64.24	**
3A	S 3	5 * 5.141	25.71	T	1925.0	74.89	Con nudo
3A	S 4	5 * 5.113	25.57	R	2612.5	102.19	**
3A	S 4	5 * 5.116	25.28	T	2670.0	105.62	**
3A	S 4	5 * 5.052	25.31	R	1952.5	77.54	**
3A	S 4	5 * 5.081	25.41	T	2682.5	105.59	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3B	E 3	5 * 5.101	25.61	R	1937.50	75.97	**
3B	E 3	5 * 5.134	25.67	T	1435.00	55.90	**
3B	E 3	5 * 5.077	25.39	R	2840.00	111.88	**
3B	E 3	5 * 5.107	25.54	T	1437.50	56.30	**
3B	E 4	5 * 5.136	25.58	R	2360.00	91.90	Con nudo
3B	E 4	5 * 5.109	25.55	T	1462.50	57.25	**
3B	E 4	5 * 5.162	25.81	R	1900.00	73.61	**
3B	E 4	5 * 5.133	25.67	T	1725.00	67.21	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3C	W 3	5 * 5.097	25.45	R	1500.00	58.86	**
3C	W 3	5 * 4.958	24.79	T	1760.00	71.00	**
3C	W 3	5 * 5.107	25.54	R	1725.00	67.55	**
3C	W 3	5 * 5.120	25.60	T	1500.00	58.59	**
3C	W 4	5 * 5.179	25.90	R	1520.00	58.70	**
3C	W 4	5 * 5.116	25.58	T	1335.00	52.19	**
3C	W 4	5 * 5.096	25.48	R	1545.00	78.33	**
3C	W 4	5 * 5.152	25.65	T	2000.00	77.94	Con nudo

TABLA XL Resultados ensayo compresión perpendicular árbol 4, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ARBOL No. 4

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4A	W 3	5 * 5.102	25,51	R	1850,0	72,52	**
4A	W 3	5 * 5.094	25,47	T	1870,0	65,57	**
4A	W 3	5 * 5.092	25,46	R	1875,0	73,64	**
4A	W 3	5 * 5.141	25,71	T	1937,5	75,37	**
4A	W 4	5 * 5.054	25,27	R	2012,5	79,64	**
4A	W 4	5 * 5.089	25,45	T	2025,0	79,68	Con nudo
4A	W 4	5 * 5.095	25,48	R	1190,0	46,71	**
4A	W 4	5 * 5.059	25,30	T	1735,0	68,69	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4B	S 1	5 * 5.101	25,51	R	1567,50	61,07	Con nudo
4B	S 1	5 * 5.077	25,39	T	1870,00	65,79	**
4B	S 1	5 * 5.112	25,56	R	1880,00	73,55	**
4B	S 1	5 * 5.104	25,52	T	1812,50	63,19	**
4B	S 2	5 * 5.090	25,45	R	2512,50	102,65	**
4B	S 2	5 * 5.110	25,55	T	1895,00	73,78	Con nudo
4B	S 2	5 * 5.110	25,55	R	1567,50	61,57	Con nudo
4B	S 2	5 * 5.092	25,48	R	1567,50	61,57	Con nudo
4B	S 2	5 * 5.150	25,75	T	2070,00	80,39	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4C	W 5	5 * 5.144	25,72	R	2015,00	78,34	**
4C	W 5	5 * 5.113	25,57	T	1937,50	75,79	Con nudo
4C	W 5	5 * 5.089	25,45	R	1810,00	63,27	Con nudo
4C	W 5	5 * 5.105	25,53	T	1535,00	60,14	Con nudo
4C	W 5	5 * 5.084	25,42	R	1362,50	54,39	**
4C	W 5	5 * 5.080	25,40	T	1737,50	68,41	**
4C	W 6	5 * 5.101	25,51	R	1880,00	65,87	Con nudo
4C	W 6	5 * 5.088	25,49	T	1340,00	52,57	**
4B	S 2	5 * 5.110	25,55	T	1895,00	73,78	Con nudo
4B	S 2	5 * 5.092	25,48	R	1567,50	61,57	Con nudo
4B	S 2	5 * 5.150	25,75	T	2070,00	80,39	Con nudo

TABLA XLI Resultados ensayo compresión perpendicular árbol 5, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ARBOL No. 5

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
5A	E 5	5 * 5.085	25.43	R	2825.0	111.11	**
5A	E 5	5 * 5.110	25.55	T	1525.0	59.69	**
5A	E 5	5 * 5.105	25.53	R	1625.0	63.66	**
5A	E 5	5 * 5.139	25.70	T	2175.0	84.65	Con nudo
5A	E 5	5 * 5.111	25.56	R	2040.0	79.83	**
5A	E 6	5 * 5.103	25.52	T	2237.5	87.69	**
5A	E 6	5 * 5.087	25.44	R	3100.0	121.88	Con nudo
5A	E 6	5 * 5.074	25.37	T	1937.5	76.37	Con nudo



TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
5B	W 3	5 * 4.950	24.75	T	1970.00	79.60	**
5B	W 3	5 * 6.174	25.87	R	1755.00	67.84	Con nudo
5B	W 3	5 * 5.082	25.41	T	1920.00	75.56	Con nudo
5B	W 3	5 * 5.077	25.39	R	1725.00	67.95	Con nudo
5B	W 3	5 * 5.077	25.39	R	1675.00	65.30	**
5B	W 4	5 * 5.130	25.65	T	2125.00	83.53	Con nudo
5B	W 4	5 * 5.088	25.44	R	1655.00	64.75	**
5B	W 4	5 * 5.112	25.56	T	2312.50	90.97	Con nudo
5B	W 4	5 * 5.094	25.42	R	2312.50	90.97	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SECCION REAL (cm)	AREA (C.C.)	POSICIÓN	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
5C	N 3	5 * 5.125	25.63	T	1750.00	68.29	**
5C	N 3	5 * 5.115	25.58	R	1672.50	65.40	**
5C	N 3	5 * 5.098	25.49	T	1455.00	57.08	**
5C	N 3	5 * 5.065	25.33	R	2042.50	80.65	Con nudo
5C	N 3	5 * 5.065	25.33	R	2042.50	80.65	**
5C	N 4	5 * 5.111	25.55	T	1420.00	55.58	**
5C	N 4	5 * 5.064	25.42	R	1535.00	60.39	**
5C	N 4	5 * 5.135	25.68	T	1620.00	63.08	**
5C	N 4	5 * 5.131	25.66	R	1740.00	67.82	**

NOTA
R= Radial
T= Tangencial

cm=centímetros
cm²=centímetros cuadrados

ing. Pablo C. De León R.
Jefe Sección Metales y
Productos Manufacturados

cbr

Atentamente,

Vo.Bo

Ing. Francisco Javier Quiroz
Director C.I.I.



TABLA XLII Resultados ensayo de dureza árbol 1, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 14599

INFORME No. 1872-M

INTERESADO WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
PROYECTO TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
ASUNTO: ENSAYO DE DUREZA
FECHA: 18/11/2002

El estudiante William Giovanni Castillo Sosa, con carné No. 9330210 de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de Dureza a 30 probetas de madera, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA.

RESULTADOS DE ENSAYO DE DUREZA.

ARBOL No. 1

TROZA 1

GRUPO	GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
1A	1A	W 5	RADIAL	310
1A	1A	W 5	RADIAL	250
1A	1A	W 5	TANGENCIAL	215
1A	1A	W 5	TANGENCIAL	230
1A	1A	W 5	PARALELO A	270
1A	1A	W 5	PARALELO A	345
1A	1A	W 6	RADIAL	200
1A	1A	W 6	RADIAL	215
1A	1A	W 6	TANGENCIAL	240
1A	1A	W 6	TANGENCIAL	235
1A	1A	W 6	PARALELO A	325
1A	1A	W 6	PARALELO A	300

TROZA 2

GRUPO	GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
1B	1B	W 3	RADIAL	184
1B	1B	W 3	RADIAL	156
1B	1B	W 3	TANGENCIAL	219
1B	1B	W 3	TANGENCIAL	190
1B	1B	W 3	PARALELO A	287
1B	1B	W 3	PARALELO A	282
1B	1B	W 4	RADIAL	225
1B	1B	W 4	RADIAL	280
1B	1B	W 4	TANGENCIAL	247
1B	1B	W 4	TANGENCIAL	242
1B	1B	W 4	PARALELO A	247
1B	1B	W 4	PARALELO A	245

TABLA XLIII Resultados ensayo de dureza árbol 1, troza 3 y árbol 2, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 14599

INFORME No. 1872-M

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
1C	W 3	RADIAL	185
1C	W 3	RADIAL	178
1C	W 3	TANGENCIAL	190
1C	W 3	TANGENCIAL	180
1C	W 3	PARALELO A LA FIBRA	212
1C	W 3	PARALELO A LA FIBRA	275
1C	W 4	RADIAL	184
1C	W 4	RADIAL	180
1C	W 4	TANGENCIAL	185
1C	W 4	TANGENCIAL	180
1C	W 4	PARALELO A LA FIBRA	281
1C	W 4	PARALELO A LA FIBRA	280

ARBOL No. 2

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
2A	E 3	RADIAL	285
2A	E 3	RADIAL	240
2A	E 3	TANGENCIAL	305
2A	E 3	TANGENCIAL	200
2A	E 3	PARALELO A LA FIBRA	245
2A	E 3	PARALELO A LA FIBRA	255
2A	E 4	RADIAL	275
2A	E 4	RADIAL	325
2A	E 4	TANGENCIAL	210
2A	E 4	TANGENCIAL	210
2A	E 4	PARALELO A LA FIBRA	317.5
2A	E 4	PARALELO A LA FIBRA	295

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
2B	N1	RADIAL	239
2B	N1	RADIAL	270
2B	N1	TANGENCIAL	392
2B	N1	TANGENCIAL	325
2B	N1	PARALELO A LA FIBRA	327
2B	N1	PARALELO A LA FIBRA	430
2B	N2	RADIAL	185
2B	N2	RADIAL	270
2B	N2	TANGENCIAL	280
2B	N2	TANGENCIAL	280
2B	N2	PARALELO A LA FIBRA	315
2B	N2	PARALELO A LA FIBRA	270

TABLA XLIV Resultados ensayo de dureza árbol 2, troza 3 y árbol 3 troza 1-2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 14599

TROZA 3 INFORME No. 1872-M

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
2C	W3	RADIAL	265
2C	W3	RADIAL	150
2C	W3	TANGENCIAL	240
2C	W3	TANGENCIAL	180
2C	W3	PARALELO A LA FIBRA	244
2C	W3	PARALELO A LA FIBRA	272
2C	W4	RADIAL	240
2C	W4	RADIAL	225
2C	W4	TANGENCIAL	218
2C	W4	TANGENCIAL	331
2C	W4	PARALELO A LA FIBRA	323

ARBOL No. 3

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
3A	S 3	RADIAL	270
3A	S 3	RADIAL	285
3A	S 3	TANGENCIAL	185
3A	S 3	TANGENCIAL	205
3A	S 3	PARALELO A LA FIBRA	310
3A	S 3	PARALELO A LA FIBRA	320
3A	S 4	RADIAL	150
3A	S 4	RADIAL	140
3A	S 4	TANGENCIAL	160
3A	S 4	TANGENCIAL	135
3A	S 4	PARALELO A LA FIBRA	170
3A	S 4	PARALELO A LA FIBRA	200

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
3B	E 3	RADIAL	150
3B	E 3	RADIAL	145
3B	E 3	TANGENCIAL	150
3B	E 3	TANGENCIAL	180
3B	E 3	PARALELO A LA FIBRA	192
3B	E 3	PARALELO A LA FIBRA	218
3B	E 4	RADIAL	245
3B	E 4	RADIAL	205
3B	E 4	TANGENCIAL	170
3B	E 4	TANGENCIAL	208
3B	E 4	PARALELO A LA FIBRA	230
3B	E 4	PARALELO A LA FIBRA	242

TABLA XLV Resultados ensayo de dureza árbol 3, troza 3 y árbol 4 troza 1-2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 14599

INFORME No. 1872-M

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
3C	W 3	RADIAL	220
3C	W 3	RADIAL	182
3C	W 3	TANGENCIAL	165
3C	W 3	TANGENCIAL	162
3C	W 3	PARALELO A LA FIBRA	229
3C	W 3	PARALELO A LA FIBRA	203
3C	W 4	RADIAL	155
3C	W 4	RADIAL	220
3C	W 4	TANGENCIAL	180
3C	W 4	TANGENCIAL	178
3C	W 4	PARALELO A LA FIBRA	253
3C	W 4	PARALELO A LA FIBRA	232

ARBOL No. 4

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
4A	W 3	RADIAL	225
4A	W 3	RADIAL	212
4A	W 3	TANGENCIAL	129
4A	W 3	TANGENCIAL	150
4A	W 3	PARALELO A LA FIBRA	231
4A	W 3	PARALELO A LA FIBRA	225
4A	W 4	RADIAL	140
4A	W 4	RADIAL	152
4A	W 4	TANGENCIAL	149
4A	W 4	TANGENCIAL	211
4A	W 4	PARALELO A LA FIBRA	233
4A	W 4	PARALELO A LA FIBRA	243

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
4B	S 1	RADIAL	200
4B	S 1	RADIAL	200
4B	S 1	TANGENCIAL	157
4B	S 1	TANGENCIAL	167
4B	S 1	PARALELO A LA FIBRA	257
4B	S 1	PARALELO A LA FIBRA	227
4B	S 2	RADIAL	425
4B	S 2	RADIAL	335
4B	S 2	TANGENCIAL	375
4B	S 2	TANGENCIAL	370
4B	S 2	PARALELO A LA FIBRA	388
4B	S 2	PARALELO A LA FIBRA	555

TABLA XLVI Resultados ensayo de dureza árbol 4, troza 3 y árbol 5 troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 14599

TROZA 3 INFORME No. 1872-M

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
4C	W 5	RADIAL	257
4C	W 5	RADIAL	280
4C	W 5	TANGENCIAL	260
4C	W 5	TANGENCIAL	280
4C	W 5	PARALELO A LA FIBRA	290
4C	W 5	PARALELO A LA FIBRA	305
4C	W 6	RADIAL	381
4C	W 6	RADIAL	370
4C	W 6	TANGENCIAL	290
4C	W 6	TANGENCIAL	278
4C	W 6	PARALELO A LA FIBRA	345
4C	W 6	PARALELO A LA FIBRA	308

ARBOL No. 5

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
5A	E 5	RADIAL	212
5A	E 5	RADIAL	270
5A	E 5	TANGENCIAL	190
5A	E 5	TANGENCIAL	182
5A	E 5	PARALELO A LA FIBRA	287
5A	E 5	PARALELO A LA FIBRA	265
5A	E 6	RADIAL	236
5A	E 6	RADIAL	225
5A	E 6	TANGENCIAL	173
5A	E 6	TANGENCIAL	178
5A	E 6	PARALELO A LA FIBRA	283
5A	E 6	PARALELO A LA FIBRA	252

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
5B	W 3	RADIAL	150
5B	W 3	RADIAL	150
5B	W 3	TANGENCIAL	162
5B	W 3	TANGENCIAL	120
5B	W 3	PARALELO A LA FIBRA	158
5B	W 3	PARALELO A LA FIBRA	240
5B	W 4	RADIAL	205
5B	W 4	RADIAL	200
5B	W 4	TANGENCIAL	190
5B	W 4	TANGENCIAL	187
5B	W 4	PARALELO A LA FIBRA	293
5B	W 4	PARALELO A LA FIBRA	270

TABLA XLVII Resultados ensayo de dureza árbol 5, troza 3



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



O.T. No. 14599
INFORME No. 1872-M

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	SENTIDO	CARGA (KG.)
5C	N 3	RADIAL	258
5C	N 3	RADIAL	260
5C	N 3	TANGENCIAL	182
5C	N 3	TANGENCIAL	170
5C	N 3	PARALELO A LA FIBRA	253
5C	N 3	PARALELO A LA FIBRA	240
5C	N 4	RADIAL	130
5C	N 4	RADIAL	129
5C	N 4	TANGENCIAL	150
5C	N 4	TANGENCIAL	150
5C	N 4	PARALELO A LA FIBRA	225
5C	N 4	PARALELO A LA FIBRA	244

Atentamente,

Ing. Dilma Mejicanos
JEFE INTERINO METALES

Vo.Bo. 
Ing. Pablo C. De León
DIRECTOR INTERINO C.I.


/cbr



TABLA XLVIII Resultados ensayo de corte paralelo árbol 1, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1115-M O.T. No.14255
INTERESADO: WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
PROYECTO: TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
ASUNTO: ENSAYO DE CORTE PARALELO A LA FIBRA
FECHA: 21/11/2001

El estudiante **William Giovanni Castillo Sosa**, con carné No. **9330210** de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones que se realizara ensayo a Corte Paralelo a la Fibra a 180 probetas de madera, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis **PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA**.

RESULTADOS DE ENSAYO DE CORTE PARALELO A LA FIBRA.

ARBOL No. 1
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
1A	N 1	5.1075*4.9905	25.49	2225.0	87.29	***
1A	N 1	5.2030*5.0335	26.19	1802.5	68.83	***
1A	N 2	5.2705*4.983	26.26	1930.0	73.49	***
1A	N 2	5.1395*4.995	25.67	1892.5	73.72	***
1A	N 3	5.2510*5.0405	26.47	1665.0	62.91	***
1A	N 3	5.2075*5.0045	26.06	1975.0	75.78	***
1A	S 4	5.2900*5.0445	26.69	2012.5	75.42	**
1A	S 4	5.1720*5.0455	26.10	1450.0	55.57	**
1A	W 1	5.1895*5.0310	26.11	1680.0	64.35	**
1A	W 1	5.0955*5.0395	25.68	1702.5	66.30	**
1A	W 4	5.2585*5.067	26.64	1517.5	56.95	**
1A	W 4	5.1845*4.9895	25.87	1662.5	64.27	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
1B	N 1	5.2035*5.064	26.3505	1605	60.91	***
1B	N 1	5.2200*5.075	26.4915	1765	66.63	***
1B	N 2	5.0845*4.9675	25.2573	1630	64.54	***
1B	N 2	5.2365*5.0525	26.4574	1710	64.63	***
1B	N 4	5.2495*5.0415	26.4654	1840	69.52	***
1B	N 4	5.1540*4.9535	25.5303	1800	70.50	***
1B	S 3	5.1350*4.9495	25.4157	2027.5	79.77	***
1B	S 3	5.2340*5.003	26.1857	2022.5	77.24	***
1B	S 4	5.1260*5.0625	25.9504	2000	77.07	Con nudo
1B	S 4	5.2855*5.0525	26.705	2295	85.94	***
1B	E 1	5.2025*5.0260	26.1478	2055	78.59	***
1B	E 1	5.1505*5.0165	25.8375	1560	60.38	***



FACULTAD DE INGENIERIA USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 476-3992, Planta 476-0790 al 4 Ext. 372, FAX: 476-3993
E-mail: lnge.cen_invest@usac.edu.gt



TABLA XLIX Resultados ensayo de corte paralelo árbol 1, troza 3 y árbol 2, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1115-M O.T. No.14255

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
1C	N 1	5.186*5.064	26.262	1470.0	56.97	***
1C	N 1	5.108*4.991	25.494	1560.0	61.19	**
1C	N 3	5.159*5.005	25.821	1737.5	67.29	**
1C	N 3	5.193*5.013	26.032	1350.0	51.86	***
1C	S 2	5.109*4.994	25.514	1312.5	51.44	***
1C	S 2	5.240*5.076	26.598	1786.0	67.15	***
1C	S 4	5.113*5.027	25.703	1890.0	73.53	***
1C	S 4	5.215*5.068	26.43	1855.0	70.19	***
1C	E 1	5.260*5.032	26.468	1280.0	48.36	***
1C	E 1	5.163*5.069	26.171	1420.0	54.26	***
1C	W 1	5.168*5.056	26.129	1432.0	54.81	***
1C	W 1	5.260*5.137	27.021	1665.0	61.62	***

ARBOL No. 2

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2A	N 1	5.227*5.036	26.32	1935.0	73.51	***
2A	N 1	5.169*5.022	25.96	1992.5	76.76	***
2A	N 2	5.160*4.980	25.70	2120.0	82.50	***
2A	N 2	5.206*4.965	25.85	1757.5	68.00	***
2A	N 4	5.179*5.082	26.32	1917.5	72.86	***
2A	S 2	5.237*5.019	26.28	1725.0	65.63	***
2A	S 2	5.159*5.022	25.91	1757.5	67.84	***
2A	W 1	5.253*4.989	26.21	1882.5	71.83	***
2A	W 1	5.190*4.989	25.89	1855.0	71.64	***
2A	W 3	5.240*5.225	27.38	1745.0	63.73	***
2A	W 3	5.125*5.056	25.91	1912.5	73.81	***
2A	W 4	5.242*5.064	26.55	1750.0	65.93	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2B	N 1	5.155*5.068	26.125	1762.5	67.46	***
2B	N 1	5.269*5.088	26.809	1725	64.34	***
2B	N 2	5.214*5.098	26.581	1555	58.50	***
2B	N 2	5.160*5.185	26.755	1465	54.76	***
2B	N 4	5.217*5.079	26.497	1850	69.82	***
2B	N 4	5.213*5.074	26.451	1852.5	70.04	***
2B	S 1	5.209*5.064	26.378	1667.5	63.22	***
2B	S 1	5.098*5.110	26.051	2275	87.33	Con nudo
2B	S 2	5.244*5.135	26.928	1770	65.73	***
2B	S 2	5.179*5.083	26.325	1575	59.83	Con nudo
2B	S 3	5.205*5.074	26.41	1637.5	62.00	Con nudo
2B	S 3	5.261*5.090	26.778	1390	51.91	***

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 476-3992. Planta 476-0790 al 4 Ext. 372. FAX: 476-3993
E-mail: ingu.cen_invest@usac.edu.gt



TABLA L Resultados ensayo de corte paralelo árbol 2, troza 3 y árbol 3, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1115-M O.T. No.14255
TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2C	N 3	5.201*5.127	26.665	1345.0	50.44	***
2C	N 3	5.137*5.092	26.158	1750.0	66.90	***
2C	N 4	5.166*5.045	26.062	1842.5	70.70	***
2C	N 4	5.267*5.107	26.898	1685.0	62.64	***
2C	S 1	5.186*5.036	26.525	1562.5	58.91	***
2C	S 1	5.115*5.046	25.81	1690.0	65.48	***
2C	S 3	5.220*5.044	26.33	1740.0	66.08	***
2C	S 3	5.103*5.031	25.673	1525.0	59.40	***
2C	S 4	5.230*5.043	26.375	1660.0	62.94	***
2C	S 4	5.127*5.054	25.912	1545.0	59.62	***
2C	E 1	5.232*5.137	26.877	1500.0	55.81	***
2C	E 1	5.164*5.120	26.44	1590.0	60.14	***

ARBOL No. 3

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3A	N 1	5.195*5.057	26.27	2037.5	77.56	***
3A	N 1	5.197*5.061	26.30	1575.0	59.89	***
3A	N 2	5.219*5.031	26.26	1152.5	43.89	Con nudo
3A	N 2	5.172*5.033	26.03	1375.0	52.82	***
3A	S 3	5.287*5.062	26.76	2207.5	82.49	***
3A	S 3	5.194*5.039	26.17	1732.5	66.20	***
3A	S 4	5.132*5.050	25.92	1745.0	67.32	***
3A	S 4	5.155*5.015	26.03	1120.0	43.03	***
3A	W 1	5.150*5.042	25.97	1527.5	58.82	***
3A	W 1	5.210*5.034	26.23	1640.0	62.52	***
3A	W 1	5.181*5.020	26.01	1852.5	71.22	***
3A	W 1	5.209*4.999	26.04	1995.0	76.61	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3B	N 3	5.150*5.124	26.39	1572.50	59.59	***
3B	N 3	5.163*5.109	26.38	1670.00	63.31	***
3B	S 1	5.165*5.101	26.35	1500.00	56.93	***
3B	S 1	5.149*5.151	26.52	1437.50	54.20	***
3B	S 2	5.190*4.985	25.94	1462.50	56.38	***
3B	S 2	5.154*4.988	25.76	1580.00	61.34	***
3B	S 3	5.235*5.099	26.69	1320.00	49.45	***
3B	S 3	5.125*5.095	26.11	1570.00	60.13	***
3B	E 3	5.201*4.968	25.84	1327.50	51.38	***
3B	E 3	5.190*4.946	25.67	1565.00	60.97	***
3B	W 1	5.233*5.140	26.90	1450.00	53.91	***
3B	W 1	5.158*5.085	26.09	1857.50	71.21	***

TABLA LI Resultados ensayo de corte paralelo árbol 3, troza 3 y árbol 4, troza 1-2



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1115-M O.T. No.14255

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3C	N 3	5.172*5.052	26.13	1590.00	60.85	***
3C	N 3	5.157*5.082	26.21	1452.50	55.42	***
3C	S 1	5.171*5.063	26.18	1515.00	57.87	***
3C	S 1	5.180*5.099	26.41	1620.00	61.33	Con nudo
3C	S 2	5.141*5.011	25.76	1470.00	57.07	***
3C	S 2	5.214*5.019	26.17	1340.00	51.20	***
3C	E 1	5.176*5.070	26.24	875.00	33.35	***
3C	E 1	5.163*5.040	26.02	1427.50	54.86	***
3C	E 2	5.227*5.072	26.51	1812.50	68.37	***
3C	E 2	5.199*5.088	26.45	865.00	32.70	***
3C	W 1	5.139*5.955	30.60	1512.50	49.43	***
3C	W 1	5.139*5.933	30.49	1525.00	50.02	***

ARBOL No. 4

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4A	N 1	5.180*4.955	25.67	2015.0	78.50	***
4A	N 1	5.142*4.949	25.45	1817.5	71.41	***
4A	N 3	5.180*4.983	28.90	1787.5	61.85	***
4A	N 3	5.172*4.957	25.64	1485.0	57.92	***
4A	S 2	5.174*4.986	25.80	2300.0	89.15	Con nudo
4A	S 2	5.126*4.986	25.56	1845.0	72.18	Con nudo
4A	S 3	5.160*5.035	25.98	1602.5	61.68	Con nudo
4A	S 3	5.123*5.028	25.76	1485.0	57.65	***
4A	S 4	5.160*4.975	25.67	1395.0	54.34	***
4A	S 4	5.181*5.002	25.91	1390.0	53.65	***
4A	E 2	5.210*5.011	26.11	1722.5	65.97	***
4A	E 2	5.157*5.055	26.07	1755.0	67.32	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4B	N 1	5.204*5.014	26.09	1307.50	50.11	***
4B	N 1	5.156*5.037	25.97	1427.50	54.97	***
4B	N 2	5.171*4.965	25.67	1772.50	69.05	***
4B	N 2	5.140*4.988	25.64	1392.50	54.31	***
4B	N 3	5.210*4.904	25.55	1890.00	73.97	Con nudo
4B	N 3	5.171*4.883	25.25	1640.00	64.95	Con nudo
4B	S 1	5.172*5.113	26.44	2030.00	76.78	Con nudo
4B	S 1	5.188*5.088	26.40	1570.00	59.47	***
4B	S 2	5.124*5.047	25.86	1425.00	55.10	***
4B	S 2	5.113*5.059	25.87	1442.50	55.76	***
4B	S 3	5.224*5.085	26.56	1882.50	70.88	***
4B	S 3	5.205*5.050	26.28	1837.50	69.92	***

TABLA LII Resultados ensayo de corte paralelo árbol 4, troza 3 y árbol 5, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1115-M O.T. No.14255

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4C	N 1	5.173*5.043	26.09	1422.50	54.52	Con nudo
4C	N 1	5.154*5.032	25.93	1557.50	60.07	***
4C	N 2	5.157*4.973	25.63	1432.50	55.89	***
4C	N 2	5.194*5.003	25.98	1135.00	43.69	***
4C	S 1	5.168*5.026	25.97	1662.50	64.02	Con nudo
4C	S 1	5.167*5.012	25.88	1630.00	62.98	Con nudo
4C	S 2	5.203*5.059	26.32	1942.50	73.80	Con nudo
4C	S 2	5.162*5.029	25.96	1395.00	53.74	***
4C	E 1	5.147*5.098	26.24	945.00	36.01	Con nudo
4C	E 1	5.165*5.110	26.39	1000.00	37.89	***
4C	W 2	5.165*5.095	26.32	1412.50	53.67	***
4C	W 2	5.216*5.062	26.40	1540.00	58.33	***

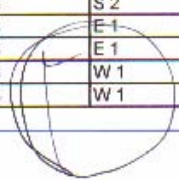
ARBOL No. 5

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5A	N 2	5.144*5.029	25.87	2030.0	78.47	***
5A	N 2	5.200*5.034	26.18	1702.5	65.04	***
5A	S 1	5.114*5.058	25.87	1500.0	57.99	***
5A	S 1	5.188*5.056	26.23	1622.5	61.88	***
5A	S 2	5.162*4.969	25.65	2130.0	83.04	***
5A	S 2	5.196*4.978	25.87	1905.0	73.65	***
5A	E 1	5.140*4.949	25.44	1555.0	61.13	***
5A	E 1	5.135*5.023	25.79	1827.5	70.85	***
5A	W 1	5.123*5.005	25.64	1530.0	59.67	***
5A	W 1	5.153*5.006	25.80	1257.5	48.75	***
5A	W 3	5.093*5.052	25.73	1670.0	64.91	***
5A	W 3	5.171*5.048	26.10	1612.5	61.77	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5B	N 1	5.196*4.973	25.84	1405.00	54.37	Con nudo
5B	N 1	5.172*4.954	25.62	1155.00	45.08	***
5B	N 2	5.194*4.977	25.85	2300.00	88.97	Con nudo
5B	N 2	5.159*5.046	26.03	1952.50	75.00	***
5B	S 1	5.161*5.003	25.82	2457.50	95.18	Con nudo
5B	S 1	5.155*5.070	26.14	1762.50	67.44	***
5B	S 2	5.153*4.950	25.51	935.00	36.66	Con nudo
5B	S 2	5.143*4.962	25.52	1415.00	55.45	***
5B	E 1	5.157*4.991	25.74	2030.00	78.87	***
5B	E 1	5.131*5.040	25.86	1450.00	56.07	***
5B	W 1	5.132*5.035	25.84	1390.00	53.79	***
5B	W 1	5.143*5.002	25.73	2062.50	80.17	***



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 13
Teléfono directo 476-3992, Planta 476-0790 al 4 Fax. 372, FAX: 476-3993
E-mail: inge.cen_invest@usac.edu.gt



TABLA LIII Resultados ensayo de corte paralelo árbol 5, troza 3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME:

1115-M

O.T. No.14255

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5C	N 1	5.158*5.011	25.85	1910.00	73.90	***
5C	N 1	5.166*5.019	25.93	1350.00	52.07	***
5C	N 3	5.130*5.065	25.98	1952.50	75.14	***
5C	N 3	5.251*5.082	26.69	1737.50	65.11	Con nudo
5C	N 4	5.166*5.069	26.19	1450.00	55.37	***
5C	N 4	5.211*5.076	26.45	1375.00	51.98	***
5C	S 2	5.183*5.043	26.14	842.50	32.23	***
5C	S 2	5.143*5.045	25.95	1612.50	62.15	***
5C	S 3	5.175*5.049	26.13	1740.00	66.59	***
5C	S 3	5.201*5.079	26.42	1710.00	64.73	***
5C	W 2	5.171*5.107	26.41	1710.00	64.75	***
5C	W 2	5.153*5.065	26.10	1700.00	65.13	***

Atentamente,

Ing. Pablo C. De León R.
Jefe Sección Metales y
Productos Manufacturados

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez
Director C.I.



cbrr

TABLA LIV Resultados ensayo de clivaje árbol 1, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1417-M
INTERESADO: WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
PROYECTO: TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
ASUNTO: ENSAYO DE CLIVAJE
FECHA: 29/08/2002

O.T.No. 14498

El estudiante William Giovanni Castillo Sosa, con carné No. 9330210 de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo de Clivaje a 180 probetas de madera, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA.

RESULTADOS DE CLIVAJE

**ARBOL No. 1
TROZA 1**

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
1A	N 2	4,99	127,5	25,53	Con nudo
1A	N 2	5,04	156,0	30,98	***
1A	N 3	5,03	115,0	22,84	Con nudo
1A	N 3	4,99	239,0	47,87	Con nudo
1A	N 3	5,05	128,0	25,35	***
1A	S 4	4,98	115,0	23,08	***
1A	S 4	5,01	143,0	28,52	***
1A	W 3	5,04	198,0	39,26	***
1A	W 3	5,05	216,0	42,74	***
1A	W 4	5,05	245,0	48,56	Con nudo
1A	W 4	5,07	182,0	35,88	***
1A	W 4	5,07	118,0	23,29	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
1B	N 1	5,07	171,50	33,84	Con nudo
1B	N 1	5,03	165,00	32,82	***
1B	N 2	5,05	220,50	43,65	***
1B	N 2	5,04	221,00	43,88	***
1B	N 4	5,03	162,00	32,22	***
1B	N 4	5,00	173,50	34,69	***
1B	S 3	4,96	200,50	40,44	***
1B	S 3	4,99	120,00	24,05	***
1B	S 4	5,01	227,00	45,27	***
1B	S 4	5,02	204,00	40,65	***
1B	E 4	5,02	218,50	43,56	***
1B	E 4	5,01	227,00	45,29	***



TABLA LV

Resultados ensayo de clivaje árbol 1, troza 3 y árbol 2, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
1C	N 1	5,08	116,0	22,84	***
1C	N 1	5,04	134,0	26,61	***
1C	N 3	5,00	240,0	48,00	***
1C	N 4	5,07	123,0	24,25	Con nudo
1C	S 2	5,02	120,0	23,91	***
1C	S 4	5,02	166,0	33,06	***
1C	S 4	5,03	228,0	45,36	Con nudo
1C	S 5	4,98	107,0	21,50	***
1C	E 3	5,05	133,0	26,35	***
1C	E 3	5,08	239,0	47,07	Con nudo
1C	W 4	5,08	140,0	27,56	Con nudo
1C	W 4	5,06	196,0	38,70	***

ARBOL No. 2

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2A	N 1	5,03	261,5	27,71	***
2A	N 1	5,02	222,0	44,21	***
2A	N 2	4,96	182,0	36,69	***
2A	N 2	4,98	156,0	31,33	***
2A	N 4	5,09	178,0	35,00	***
2A	N 4	5,08	161,0	31,67	***
2A	S 2	5,23	239,5	45,80	***
2A	S 2	5,23	214,0	40,96	***
2A	W 3	5,02	200,0	39,83	***
2A	W 3	5,05	155,0	30,67	Con nudo
2A	W 4	5,01	200,0	39,92	***
2A	W 4	5,00	156,0	31,19	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2B	N 1	5,08	255,00	50,20	Con nudo
2B	N 1	5,09	164,00	32,22	***
2B	N 1	5,08	120,00	23,60	***
2B	N 1	5,09	218,50	42,95	***
2B	N 2	5,06	164,50	32,48	Con nudo
2B	S 1	5,05	121,50	24,07	***
2B	S 1	5,05	0,00	0,00	Falló por nudo.
2B	S 2	5,08	145,50	28,66	Con nudo
2B	S 2	5,06	173,00	34,18	***
2B	S 3	5,05	140,00	27,71	***
2B	S 3	5,05	187,50	37,10	Con nudo
2B	E 4	5,07	172,00	33,95	***



TABLA LVI Resultados ensayo de clivaje árbol 2, troza 3 y árbol 3, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2C	N 3	5,15	112,00	21,76	***
2C	N 3	5,10	215,50	42,26	***
2C	N 4	5,06	135,00	26,66	***
2C	N 4	5,04	210,00	41,87	***
2C	S 1	5,05	166,00	32,87	***
2C	S 1	5,03	188,50	37,48	***
2C	S 3	5,08	0,00	0,00	Falló por nudo
2C	S 3	5,05	170,00	33,65	***
2C	S 4	5,06	192,00	37,97	***
2C	S 4	5,05	0,00	0,00	Falló por nudo
2C	E 3	5,12	161,50	31,54	***
2C	E 3	5,12	185,00	36,11	***

ARBOL No. 3

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3A	N 1	5,02	237,5	47,34	***
3A	N 1	5,06	168,0	33,20	***
3A	N 2	5,04	168,0	32,92	Con nudo
3A	N 2	5,06	134,0	26,47	***
3A	N 3	5,01	225,0	44,87	***
3A	S 3	5,06	223,5	44,21	***
3A	S 3	5,06	238,5	47,13	***
3A	S 4	5,05	155,0	30,69	***
3A	S 4	5,06	153,5	30,32	***
3A	W3	5,08	225,5	44,38	***
3A	W 4	5,01	258,0	51,47	***
3A	W 5	5,07	201,5	39,74	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3B	N 3	5,12	153,50	29,97	***
3B	N 3	5,13	143,50	27,99	***
3B	S 1	5,11	148,00	28,96	Con nudo
3B	S 1	5,11	138,50	27,09	***
3B	S 2	5,04	190,50	37,78	Con nudo
3B	S 2	4,99	135,00	27,07	Con nudo
3B	S 3	5,11	165,00	32,27	***
3B	S 3	5,10	108,00	21,19	***
3B	E 3	4,99	205,50	41,15	Con nudo
3B	E 3	5,01	221,00	44,08	***
3B	W 3	5,09	170,00	33,43	Con nudo
3B	W 3	5,10	177,50	34,80	Con nudo

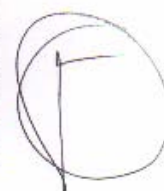


TABLA LVII Resultados ensayo de clivaje árbol 3, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ARBOL No. 3

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3A	N 1	5,02	237,5	47,34	***
3A	N 1	5,06	168,0	33,20	***
3A	N 2	5,04	168,0	32,92	Con nudo
3A	N 2	5,06	134,0	26,47	***
3A	N 3	5,01	225,0	44,87	***
3A	S 3	5,06	223,5	44,21	***
3A	S 3	5,06	238,5	47,13	***
3A	S 4	5,05	155,0	30,69	***
3A	S 4	5,06	153,5	30,32	***
3A	W3	5,08	225,5	44,38	***
3A	W 4	5,01	258,0	51,47	***
3A	W 5	5,07	201,5	39,74	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3B	N 3	5,12	153,50	29,97	***
3B	N 3	5,13	143,50	27,99	***
3B	S 1	5,11	148,00	28,96	Con nudo
3B	S 1	5,11	138,50	27,09	***
3B	S 2	5,04	190,50	37,78	Con nudo
3B	S 2	4,99	135,00	27,07	Con nudo
3B	S 3	5,11	185,00	32,27	***
3B	S 3	5,10	108,00	21,19	***
3B	E 3	4,99	205,50	41,15	Con nudo
3B	E 3	5,01	221,00	44,08	***
3B	W 3	5,09	170,00	33,43	Con nudo
3B	W 3	5,10	177,50	34,80	Con nudo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3C	N 3	5,07	133,0	26,22	***
3C	N 3	5,06	160,0	31,60	***
3C	S 1	5,05	130,0	25,72	***
3C	S 1	5,04	134,0	26,59	***
3C	S 2	5,01	177,5	35,40	***
3C	S 2	5,00	175,0	35,00	***
3C	E 2	5,04	180,5	35,81	***
3C	E 2	5,07	141,0	27,84	***
3C	E 3	5,05	161,0	31,86	***
3C	E 3	5,07	145,0	28,58	***
3C	W 3	5,06	165,0	36,55	***
3C	W 3	4,94	161,0	32,58	***



TABLA LVIII Resultados ensayo de clivaje árbol 4, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



**ARBOL No. 4
TROZA 1**

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4A	N 1	4,95	273,0	27,71	***
4A	N 1	4,98	264,5	53,11	***
4A	N 3	5,00	204,0	40,80	***
4A	N 3	4,93	205,5	41,67	***
4A	S 1	5,03	236,0	46,90	***
4A	S 2	4,94	177,0	35,86	***
4A	S 2	4,97	156,5	31,50	***
4A	S 3	5,04	155,0	30,78	***
4A	S 3	5,05	179,5	35,58	***
4A	S 4	4,99	187,5	37,61	***
4A	S 4	5,00	199,0	39,83	***
4A	E 3	5,06	229,5	45,43	***
4A	E 3	5,06	197,5	39,00	***
4A	E 3	5,03	180,0	35,79	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4B	N 1	5,03	123,00	24,45	***
4B	N 1	5,01	167,00	33,31	***
4B	N 2	5,03	138,00	27,05	Con nudo
4B	N 2	4,97	226,50	45,57	****
4B	N 3	4,91	189,00	38,51	****
4B	N 3	4,87	178,50	36,69	***
4B	S 1	5,07	180,50	35,60	***
4B	S 1	5,08	140,00	27,59	***
4B	S 2	5,08	126,50	24,92	Con nudo
4B	S 3	5,04	236,00	46,84	***
4B	S 3	5,05	144,00	28,54	***
4B	W 4	4,93	160,00	32,49	***

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
4C	N 1	5,04	0,00	0,00	Falló por nudo
4C	N 1	5,05	179,00	35,45	***
4C	N 2	5,02	112,50	22,41	***
4C	N 2	4,97	152,50	30,68	***
4C	S 1	5,02	198,00	39,45	***
4C	S 2	5,05	154,00	30,50	***
4C	S 2	5,04	185,50	36,79	***
4C	E 3	5,08	158,50	31,19	***
4C	E 3	5,07	185,00	36,50	***
4C	W 3	5,08	130,00	5,02	Falló por nudo

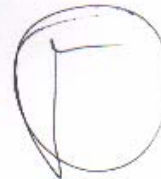


TABLA LIX Resultados ensayo de clivaje árbol 5, troza 1-2



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ARBOL No. 5
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5A	N 2	5,04	187,5	37,20	***
5A	N 2	5,03	243,0	48,34	***
5A	S 1	5,02	191,5	38,16	***
5A	S 1	5,03	165,0	32,79	***
5A	S 2	5,44	279,0	51,32	***
5A	S 2	4,96	258,0	51,98	***
5A	E 4	5,05	197,5	39,13	***
5A	E 4	5,04	193,5	38,42	***
5A	W 3	5,04	163,5	32,45	***
5A	W 3	5,04	182,5	36,20	***
5A	W 4	4,99	180,5	36,14	Con nudo
5A	W 4	5,04	138,0	27,39	Con nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5B	N 1	5,05	108,00	21,41	***
5B	N 1	4,95	110,00	22,21	Con nudo
5B	N 2	5,01	203,50	40,59	***
5B	N 2	4,99	185,50	33,15	Con nudo
5B	S 1	5,01	218,00	43,48	Con nudo
5B	S 1	5,02	203,00	40,43	***
5B	S 2	4,99	190,50	38,21	***
5B	S 2	4,96	127,50	25,70	***
5B	E 4	5,03	270,00	53,67	***
5B	E 4	5,01	253,50	50,56	Con nudo
5B	W 3	5,02	240,00	47,84	***
5B	W 3	5,00	211,00	42,20	***



TABLA LX Resultados ensayo de clivaje árbol 5, troza 3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	LONGITUD	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5C	N 1	5,03	105,0	20,88	***
5C	N 3	5,03	181,5	36,08	***
5C	N 3	50,61	190,0	3,75	***
5C	N 4	5,04	193,5	38,37	***
5C	N 4	5,06	123,5	24,39	***
5C	S 2	5,06	118,0	23,33	***
5C	S 2	5,04	130,0	25,80	***
5C	S 3	5,01	155,5	31,03	***
5C	S 3	5,03	201,0	39,94	***
5C	W 3	5,05	123,5	24,48	***
5C	W 3	5,06	129,0	25,49	***
5C	W 4	5,06	187,0	36,93	***
5A	W 3	5,04	182,5	36,20	***
5A	W 4	4,99	180,5	36,14	Con nudo
5A	W 4	5,04	138,0	27,39	Con nudo

Atentamente,

Ing. Pablo C. De León R.
Jefe Sección Metales y
Productos Manufacturados

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez
Director C.I.I.



cbr

TABLA LXI Resultados ensayo de tensión paralela árbol 1, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1055-M O.T. No.14228
INTERESADO: WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
PROYECTO: TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
ASUNTO: ENSAYO A TENSION PARALELA A LA FIBRA
FECHA: 09/11/2001

El estudiante **William Giovanni Castillo Sosa**, con carné No. **8330210** de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones que se realizara ensayo a Tensión paralela a la fibra a 90 probetas, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis **PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA.**

RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA.

ARBOL No. 1
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1A	N 1	0.618*1.052	0.65	415	638.46	*****
1A	N 2	0.630*0.796	0.501	316	630.74	***
1A	N 3	0.627*0.927	0.581	550	846.64	***
1A	N 4	0.689*1.257	0.866	710	819.86	***
1A	S 4	0.447*1.071	0.479	285	594.99	***
1A	W 1	0.511*1.057	0.54	360	666.67	***

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1B	N1	0.540*1.238	0.669	527.5	788.49	***
1B	N2	0.615*1.081	0.665	464.5	698.50	***
1B	N4	0.596*1.187	0.707	625	884.02	***
1B	S3	0.641*1.187	0.761	495	650.46	***
1B	S4	0.495*1.080	0.535	50	93.46	***
1B	E1	0.695*1.230	0.855	790	923.98	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1C	N1	0.629*1.190	0.749	570	761.01	**
1C	N5	0.499*0.805	0.402	155	385.57	***
1C	S2	0.664*1.202	0.798	275	344.61	**
1C	S4	0.591*1.155	0.683	345	505.12	**
1C	E1	0.642*1.116	0.716	670	935.75	**
1C	W1	0.626*1.096	0.686	645	940.23	**



FACULTAD DE INGENIERIA - USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 476-3992. Planta: 476-0790 al 4 Ext. 372. FAX: 476-3993
E-Mail: inge.cen_invest@usac.edu.gt

TABLA LXII Resultados ensayo de tensión paralela árbol 2, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME:

1055-M

O.T. No.14228

RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA.

ARBOL No. 2

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2A	N 1	0.526*1.132	0.595	305	512.61	**
2A	N 2	0.540*1.293	0.698	450	644.70	**
2A	N 4	0.670*1.213	0.813	795	977.86	**
2A	S 2	0.639*1.087	0.695	465	689.08	**
2A	W 1	0.654*1.193	0.78	347.5	445.51	**
2A	W 3	0.710*1.112	0.79	582.5	737.34	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
2B	N 1	0.656*1.177	0.772	No hay	0.00	Se rasgo base.
2B	N 2	0.638*1.003	0.64	555	867.19	***
2B	N 4	0.587*1.290	0.757	602.5	795.90	**
2B	S 1	0.549*1.212	0.665	422.5	635.34	***
2B	S 2	0.505*1.080	0.545	497.5	912.84	**
2B	S 3	0.554*1.207	0.669	555	829.60	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
3C	N 3	0.568*1.081	0.614	332.5	541.53	**
3C	N 4	0.488*1.268	0.619	427.5	690.63	**
3C	S 1	0.582*1.068	0.632	200	316.46	**
3C	S 3	0.660*1.278	0.843	330	391.46	**
3C	S 4	0.699*1.282	0.896	517.5	577.57	**
3C	E 1	0.648*1.207	0.762	635	812.02	**

TABLA LXIII Resultados ensayo de tensión paralela árbol 3, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1055-M O.T. No.14228

RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA.

ARBOL No. 3
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3A	N 1	0.682*1.131	0.771	877.5	1138.13	**
3A	N 2	0.592*1.158	0.686	37.5	54.66	Tenia nodo.
3A	S 3	0.592*1.270	0.752	357.5	475.40	**
3A	S 4	0.584*1.353	0.763	285	373.53	**
3A	W 1	0.478*1.038	0.497	230	462.78	**
3A	W 1	0.526*1.239	0.652	370	567.48	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3B	N 1	0.637*1.134	0.722	537.5	744.46	*
3B	N 3	0.570*1.014	0.578	350	605.54	**
3B	S 1	0.654*1.236	0.808	530	655.94	**
3B	S 2	0.656*0.909	0.596	250	419.46	**
3B	S 3	0.578*1.196	0.689	472.5	685.78	**
3B	E 3	0.702*1.278	0.897	575	641.03	Tenia nodo

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3C	N 3	0.485*1.043	0.506	287.5	568.18	**
3C	S 1	0.565*1.096	0.619	312.5	504.85	**
3C	S 2	0.452*1.042	0.471	317.5	674.10	**
3C	E 2	0.634*1.306	0.828	535	404.59	**
3C	E 1	0.559*1.137	0.636	365	573.90	**

RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA.

ARBOL No. 3

TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3A	N 1	0.682*1.131	0.771	877.5	1138.13	**
3A	N 2	0.592*1.158	0.686	37.5	54.66	Tenia nodo.
3A	S 3	0.592*1.270	0.752	357.5	475.40	**
3A	S 4	0.584*1.353	0.763	285	373.53	**
3A	W 1	0.478*1.038	0.497	230	462.78	**
3A	W 1	0.526*1.239	0.652	370	567.48	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3B	N 1	0.637*1.134	0.722	537.5	744.46	*
3B	N 3	0.570*1.014	0.578	350	605.54	**
3B	S 1	0.654*1.236	0.808	530	655.94	**
3B	S 2	0.656*0.909	0.596	250	419.46	**
3B	S 3	0.578*1.196	0.689	472.5	685.78	**
3B	E 3	0.702*1.278	0.897	575	641.03	Tenia nodo

TABLA LXIV Resultados ensayo de tensión paralela árbol 3, troza 3 y árbol 4, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1055-M O.T. No.14228

RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA.

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3C	N 3	0.485*1.043	0.506	287.5	588.18	***
3C	S 1	0.565*1.096	0.619	312.5	504.85	**
3C	S 2	0.452*1.042	0.471	317.5	674.10	**
3C	E 2	0.634*1.306	0.828	335	404.59	**
3C	E 1	0.559*1.137	0.636	365	573.90	**
3C	W 1	0.501*1.194	0.598	462.5	773.41	**

**ARBOL No. 4
TROZA 1**

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
4A	N 1	0.561*1.211	0.679	277.5	408.69	**
4A	N 2	0.604*1.000	0.604	425	703.64	**
4A	N 3	0.646*1.322	0.854	412.5	483.02	**
4A	S 2	0.557*1.139	0.634	560	883.28	**
4A	S 3	0.612*1.244	0.761	522.5	686.60	**
4A	E 2	0.575*1.139	0.655	45	68.70	Tenia Nudo

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
4B	N 1	0.667*1.241	0.828	662.5	800.12	**
4B	N 2	0.521*1.118	0.582	442.5	760.31	**
4B	S 1	0.631*1.224	0.772	620	803.11	**
4B	S 2	0.634*1.128	0.715	462.5	648.85	**
4B	S 3	0.613*1.223	0.75	830	1108.67	*
4B	W 3	0.585*1.173	0.696	530	772.69	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
4C	N 1	0.579*1.190	0.689	717.5	1041.36	**
4C	N 2	0.579*1.198	0.693	500	721.50	*
4C	S 1	0.662*1.255	0.831	840	1010.83	*
4C	S 2	0.564*0.967	0.545	425	779.82	**
4C	E 1	0.545*1.013	0.552	380	688.41	**
4C	W 2	0.512*1.248	0.639	632.5	989.83	**



TABLA LXV Resultados ensayo de tensión paralela árbol 5, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME: 1055-M O.T. No.14228

RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSION PARALELA A LA FIBRA.

ARBOL No. 5
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
5A	N 1	0.541*0.983	0.532	382.5	718.98	
5A	S 1	0.689*1.007	0.874	217.5	322.70	
5A	S 2	0.496*1.360	0.675	405	600.00	
5A	E 1	0.528*1.131	0.597	570	854.77	
5A	W 1	0.637*1.150	0.733	307.5	419.51	
5A	W 3	0.550*1.312	0.722	662.5	917.59	

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
5B	N 1	0.370*0.985	0.364	380	1043.96**	
5B	N 2	0.627*1.228	0.77	757.5	983.77*	
5B	N 3	0.614*1.157	0.71	667.5	940.14**	
5B	S 1	0.612*1.238	0.758	577.5	761.87**	
5B	S 2	0.620*1.172	0.727	737.5	1014.44**	
5B	W 1	0.610*1.187	0.724	547.5	756.22**	

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
5C	N 1	0.596*1.687	1	555	555.00**	
5C	N 2	0.602*1.034	0.622	540	868.17*	
5C	N 4	0.617*1.150	0.71	407.5	573.94**	
5C	S 2	0.595*1.213	0.722	385	533.24*	
5C	S 3	0.691*1.240	0.857	795	927.65**	
5C	W 2	0.503*0.948	0.477	155	324.96**	

atentamente,

Ing. Pablo C. De León R.
Jefe Sección Metales y
Productos Manufacturados

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez
Director C.I.T.

cbr



TABLA LXVI Resultados ensayo de tensión perpendicular árbol 1, troza 1-3



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



INFORME: 1293-M O.T. No.14532
 INTERESADO: WILLIAM GIOVANI CASTILLO SOSA
 PROYECTO: TESIS PROPIEDADES PINUS PATULA
 ASUNTO: ENSAYO DE TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA
 FECHA: 26/07/2002



El estudiante **William Giovanni Castillo Sosa**, con carné No. **9330210** de la carrera de Ingeniería Civil, solicito a este Centro de Investigaciones de Ingeniería que se realizara ensayo a Tensión perpendicular a la Fibra 180 probetas de madera, los ensayos en cuestión son parte de su trabajo de tesis **PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE PINUS PATULA.**

RESULTADOS DE ENSAYO DE TENSION PERPENDICULAR A LA FIBRA.

**ARBOL No. 1
TROZA 1**

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1A	N 2	5.073*2.3235	11,79	314,0	26,64	***
1A	N 2	5.047*2.3755	11,99	132,0	11,01	**
1A	S 4	5.063*2.542	12,87	407,5	31,66	**
1A	W 4	4.999*2.4025	12,01	352,0	29,31	**
1A	W 4	5.090*2.7035	13,76	285,0	20,71	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1B	N 2	5.095*2.5175	12,827	278,0	21,67	**
1B	N 2	5.073*2.318	12,064	337,5	27,98	**
1B	N 4	5.004*2.525	12,636	262,5	20,77	**
1B	N 4	4.987*2.501	12,472	267,0	21,41	**
1B	S 4	4.973*2.495	12,408	240,0	19,34	**
1B	S 4	5.018*2.453	12,304	407,0	33,08	**
1B	E 4	4.989*2.501	12,477	447,5	35,87	**
1B	E 4	4.959*2.188	10,85	381,0	35,12	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
1C	N 1	5.053*2.4225	12,24	118,0	9,64	Con nudo
1C	N 1	5.085*2.448	12,45	454,0	36,47	**
1C	N 3	5.092*2.349	11,96	204,0	17,06	**
1C	N 3	5.114*2.127	10,88	170,0	15,63	Con nudo
1C	S 2	4.973*2.444	12,16	256,0	21,06	**
1C	S 2	5.000*2.202	11,01	220,0	19,98	**
1C	E 3	5.116*2.601	13,31	272,0	20,44	**
1C	E 4	5.108*2.134	10,90	218,0	20,09	**
1C	W 4	5.039*2.074	10,45	306,0	29,27	**
1C	W 4	5.056*2.491	12,60	301,5	23,93	**

TABLA LXVII Resultados ensayo de tensión perpendicular árbol 2, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ARBOL No. 2
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
2A	N 1	5.087*2.471	12,570	336,0	26,73	**
2A	N 1	5.092*2.658	13,535	210,0	15,52	**
2A	N 2	4.941*2.121	10,480	306,5	29,25	**
2A	N 4	5.021*2.725	13,685	280,0	20,46	**
2A	N 4	4.984*2.583	12,874	330,5	25,67	**
2A	S 2	5.179*2.364	12,246	314,0	25,64	**
2A	W 3	5.022*2.131	10,704	229,0	21,39	**
2A	W 4	4.964*2.232	11,082	436,0	39,34	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
2B	N 1	5.070*2.625	13,311	256,0	0,00	**
2B	N 1	5.045*2.732	13,785	338,0	24,52	**
2B	N 1	5.050*2.495	12,600	336,5	26,71	**
2B	N 2	5.055*2.869	14,505	0,0	0,00	No entró probeta en prensa.
2B	N 2	5.037*2.645	13,325	317,5	23,83	**
2B	S 1	5.068*2.450	12,419	253,0	20,37	**
2B	S 1	5.080*2.656	13,492	262,0	19,42	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
2C	N 3	5.058*2.788	14,094	317,0	22,49	**
2C	N 4	5.048*1.941	9,798	236,0	24,09	**
2C	N 4	5.074*2.560	12,989	259,0	19,94	**
2C	S 1	5.022*2.501	12,563	490,0	39,00	Con nudo
2C	S 1	5.071*2.542	12,89	211,0	16,37	**
2C	S 4	5.033*2.571	12,942	339,0	26,19	**
2C	S 4	5.037*2.262	11,396	341,5	29,97	**
2C	E 4	5.077*2.104	10,685	171,0	16,00	**

TABLA LXVIII Resultados ensayo de tensión perpendicular árbol 3, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No.14532

ARBOL No. 3
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3A	N 1	5.023*2.469	12,402	248,0	20,00	**
3A	N 1	5.022*2.585	12,984	266,5	20,53	**
3A	N 2	5.029*2.550	12,826	342,0	26,66	Tenia nudo.
3A	N 2	5.045*2.338	11,798	235,5	19,96	**
3A	S 3	5.041*2.237	11,277	218,0	19,33	**
3A	S 4	5.048*2.578	13,016	522,0	40,10	Tenia nudo.
3A	S 4	5.037*2.841	14,310	427,5	29,87	**
3A	W 4	5.105*2.557	13,056	224,5	17,20	**
3A	W 4	5.125*2.450	12,559	270,5	21,54	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3B	N 3	5.096*2.395	12,205	288,5	23,64	**
3B	N 3	5.087*2.397	12,196	259,5	21,28	**
3B	S 1	5.127*2.502	12,828	170,0	13,25	**
3B	S 2	5.059*2.484	12,567	234,5	18,66	**
3B	S 2	5.038*2.856	14,389	235,0	16,33	**
3B	E 3	5.024*2.282	11,364	495,0	43,56	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
3C	N 3	5.070*2.514	12,748	376,5	29,54	Con nudo
3C	N 3	5.073*2.256	11,445	251,5	21,97	**
3C	E 4	5.056*2.404	12,155	361,5	29,74	**
3C	E 4	5.035*2.482	12,499	256,0	20,48	**
3C	E 5	5.088*2.777	14,076	312,0	22,17	**
3C	E 5	5.053*2.478	12,524	358,5	28,63	**
3C	W 4	4.954*2.089	10,351	210,5	20,34	**
3C	W 4	4.949*2.445	10,980	197,5	17,97	**

TABLA LXIX Resultados ensayo de tensión perpendicular árbol 4, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 14532

ARBOL No. 4
TROZA 1

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
4A	N 1	4.965*2.451	12,172	376,5	30,93	**
4A	N 1	4.948*2.384	11,798	615,0	52,13	**
4A	N 3	4.996*2.547	12,725	398,5	31,32	**
4A	N 3	4.889*2.356	11,757	325,5	27,69	**
4A	S 2	4.936*2.362	11,661	418,5	35,89	**
4A	S 2	4.926*2.388	11,763	392,0	33,32	**
4A	S 3	5.019*2.495	12,522	240,0	19,17	**
4A	S 5	5.047*2.338	11,802	337,5	28,80	**
4A	E 3	5.030*2.415	12,147	311,5	25,64	**
4A	E 5	5.047*2.527	12,754	288,5	22,62	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
4B	N 1	5.010*2.425	12,152	220,5	18,15	**
4B	N 1	5.012*2.159	10,821	184,0	17,00	**
4B	N 2	4.985*2.558	12,754	478,5	37,36	**
4B	N 2	4.992*2.538	12,672	367,0	28,96	Falló por ruptura en dientes.
4B	S 2	5.042*2.488	12,544	314,5	25,07	**
4B	S 2	5.061*2.384	12,068	225,0	18,64	**
4B	S 2	5.084*2.528	12,855	286,0	20,69	**
4B	S 2	5.003*2.456	12,287	348,0	28,32	**
4B	S 2	5.040*2.547	12,837	493,5	38,44	**
4B	W 3	4.896*2.452	12,005	255,0	21,24	**
4B	W 3	4.904*2.311	11,333	297,0	26,21	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACION	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSION	OBSERVACIONES
4C	N 1	5.040*2.156	10,869	235,0	21,62	**
4C	N 1	5.043*2.548	12,839	238,5	18,58	**
4C	N 2	4.979*2.448	12,189	211,5	17,35	**
4C	N 2	4.990*2.180	10,881	180,0	16,54	**
4C	S 1	5.046*2.571	12,973	300,0	23,12	**
4C	S 1	5.050*2.442	12,335	405,5	32,87	**
4C	S 2	5.022*2.518	12,648	310,0	24,51	**
4C	S 2	5.038*2.393	12,058	306,0	25,38	**
4C	E 4	5.103*2.342	11,954	187,0	15,64	**
4C	E 4	5.056*2.507	12,675	251,5	19,84	**
4C	W 5	5.072*2.084	10,570	291,0	27,53	**
4C	W 5	5.042*2.383	12,018	228,5	19,01	**

TABLA LXX Resultados ensayo de tensión perpendicular árbol 5, troza 1-3



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



O.T. No. 14532

**ARBOL No. 5
TROZA 1**

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5A	N 2	5.070*2.697	13,874	466,0	34,08	**
5A	N 2	5.062*2.728	13,812	345,0	24,98	**
5A	S 1	5.042*2.332	11,758	427,0	36,32	**
5A	S 1	5.038*2.336	11,769	472,5	40,15	**
5A	E 4	4.994*2.750	13,736	352,5	25,66	**
5A	E 4	5.076*2.467	12,525	376,0	30,02	**
5A	W 3	5.054*2.377	12,013	180,0	14,98	**
5A	W 3	5.059*2.248	11,373	246,0	21,63	**
5A	W 4	5.026*2.489	12,512	422,0	33,73	**
5A	W 4	5.023*2.693	13,627	474,5	35,08	**

TROZA 2

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5B	N 1	4.924*2.455	12,091	354	29,28	**
5B	N 1	4.875*2.379	11,838	276,5	23,36	**
5B	N 2	4.982*2.438	12,149	292,5	24,08	**
5B	N 2	5.018*2.600	13,049	345,5	26,48	**
5B	S 1	5.031*2.878	13,473	533,5	39,60	**
5B	S 1	5.027*2.627	13,206	389	29,46	**
5B	S 2	4.962*2.406	11,939	75	6,28	Fallo en una de las cabezas.
5B	S 2	4.967*2.588	12,857	398,5	30,99	**
5B	E 4	5.014*2.753	13,806	292,5	21,19	**
5B	E 4	5.020*2.810	14,106	319	22,61	**
5B	W 4	5.003*2.528	12,65	477,5	37,75	**
5B	W 4	5.012*2.521	12,635	251,5	19,91	**

TROZA 3

GRUPO	IDENTIFICACIÓN	DATOS PROMEDIO	AREA (C.C)	CARGA (Kg)	TENSIÓN	OBSERVACIONES
5C	N 1	5.010*2.376	11,904	329,5	27,68	**
5C	N 1	5.044*2.434	12,280	272,5	22,19	**
5C	N 3	5.006*2.661	13,321	429,5	32,24	**
5C	N 3	5.055*2.724	13,770	279,0	20,26	**
5C	N 4	5.076*2.478	12,581	578,5	45,98	Con nudo
5C	N 4	5.044*2.040	10,292	225,0	21,86	**
5C	S 3	5.008*2.524	12,643	280,0	22,15	**
5C	S 3	5.010*2.660	13,276	276,0	20,79	**

Atentamente,

Ing. Pablo C. De León R.
Jefe Sección Metales y
Productos Manufacturados

Vo.Bo.

Ing. Francisco Javier Quiñonez
Director C.I.I.



/cbr