

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**IDENTIFICACIÓN DE USOS PROBABLES DE *Pinus patula* Schlect.et
Cham. CON BASE EN LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO- MECÁNICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA EN
ILTAQUI- COTACACHI- IMBABURA**

**Tesis presentada como requisito para optar por el Título de
Ingeniero Forestal**

AUTOR:

Olay Stalin Meneses Tirira

DIRECTOR

Ing. Edgar Vásquez, MBA

IBARRA-ECUADOR

2011

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**“IDENTIFICACIÓN DE USOS PROBABLES DE *Pinus patula* Schlect.et
Cham. CON BASE EN LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO- MECÁNICAS Y DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA EN
ILTAQUI- COTACACHI- IMBABURA (2010-2011)”**

**Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener el Título de:**

INGENIERO FORESTAL

APROBADA:

Ing. Edgar Vásquez, MBA.
Director

Ing. Carlos Arcos, MSc.
Asesor

Ing. Roberto Sánchez, MSc.
Asesor

Ing. Gladys Yaguana
Asesor

Ing. Antonio Jaramillo, MSc.
Biometrista

**IBARRA - ECUADOR
2011**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100311170-3		
APELLIDOS Y NOMBRES:	MENESES TIRIRA OLAY STALIN		
DIRECCIÓN	Ibarra, Juana Atabalipa 5-34 y Av. Teodoro Gómez, Yacucalle.		
EMAIL:	menesesstalin@hotmail.com ó menesesstalin@yahoo.es		
TELÉFONO FIJO:	2 609 - 894	TELÉFONO MÓVIL:	080444194

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Identificación de Usos Probables de <i>Pinus patula</i> Schlect. Et Cham. Con Base en la Determinación de las Propiedades Físico- Mecánicas y de Trabajabilidad de la Madera en Ittaqui- Cotacachi- Imbabura(2010-2011)"
AUTOR:	Olay Stalin Meneses Tirira
FECHA:	12 de diciembre del 2011
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	X PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO FORESTAL
DIRECTOR:	Ing. Edgar Vásquez, MBA.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Olay Stalin Meneses Tirira** con cédula de ciudadanía Nro.**100311170-3** en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 143.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, **22 de diciembre del 2011**

EL AUTOR:

ACEPTACIÓN:

OLAY STALIN MENESES TIRIRA

100311170-3

Esp. Ximena Vallejo

JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **OLAY STALIN MENESES TIRIRA**, con cédula de ciudadanía Nro. **100311170-3** manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominada “**Identificación de Usos Probables de *Pinus patula* Schlect. Et Cham. Con Base en la Determinación de las Propiedades Físico- Mecánicas y de Trabajabilidad de la Madera en Itaqui- Cotacachi- Imbabura(2010-2011)**”, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

OLAY STALIN MENESES TIRIRA

100311170-3

Ibarra, **22 de diciembre del 2011.**

Formato del Registro Bibliográfico

Autor personal	Título
Guía: Fecha:	FICAYA-UTN
MENESES TIRIRA, OLAY STALIN. "Identificación de Usos Probables de <i>Pinus patula</i> Schlect. Et Cham. Con Base en la Determinación de las Propiedades Físico-Mecánicas y de Trabajabilidad de la Madera en Iltaqi- Cotacachi- Imbabura (2010-2011)"/ TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Forestal Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal Ibarra. EC. Diciembre del 2011. 136 p. anex., diagr.	
DIRECTOR: Ing. Vásquez, Edgar.	
Resumen	El estudio " Identificación de Usos Probables de <i>Pinus patula</i> Schlect. Et Cham. Con Base en la Determinación de las Propiedades Físico- Mecánicas y de Trabajabilidad de la Madera ", se realizó con la finalidad de determinar las propiedades Físico - mecánicas conforme a las Normas COPANT y ASTM D143 - 09, el ensayo de Trabajabilidad de la madera mediante el criterio de mínimos defectos conforme a la Norma ASTM D-1666-87. Para la evaluación de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, se aplicó el cálculo de Estimadores Estadísticos con varianza combinada. Los resultados obtenidos mostraron que la madera juvenil es menos densa, menos resistente que la madera madura de esta especie. Sin embargo no presento mayores problemas en cuanto a la trabajabilidad, ya que la mayoría de los defectos presentes fueron ocasionados por la presencia de las nudosidades.

Fecha: 12 de diciembre del 2011.

f).....
Ing. Edgar Vásquez, MBA
DIRECTOR DE TESIS

f).....
Stalin Meneses
AUTOR

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Técnica del Norte** por darme la oportunidad de realizar mis estudios de Ingeniería Forestal en esta gran institución y por el apoyo brindado para la realización de este trabajo.

Al **Ing. Raúl Fuentes**, por haber facilitado el material para la realización de la presente investigación y brindarme su apoyo y amistad.

Al **Ing. Edgar Vásquez**, Director de Tesis, por brindarme la oportunidad y el apoyo incondicional para culminar con éxito esta etapa de mi vida académica, ya que con la ayuda de sus conocimientos se aclaró dudas y por sus substanciales sugerencias durante la redacción de la Tesis.

Al **Ing. Carlos Arcos, Ing. Gladys Yaguana e Ing. Roberto Sánchez**, por su buena disposición para formar parte del cuerpo de asesores y por sus oportunas sugerencias que ayudaron a enriquecer más este trabajo.

Al **Ing. Miguel Echeverría**, por su colaboración en el manejo de la maquinaria utilizada en la realización de los ensayos de trabajabilidad.

A la **Escuela Politécnica Nacional** por facilitar su prestigioso laboratorio de Resistencia de Materiales para la realización de los diferentes ensayos de propiedades Mecánicas. A todos y cada una de las personas que de una u otra forma colaboraron para la terminación de la presente investigación.

EL AUTOR

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la oportunidad de ser quien soy, por estar siempre conmigo y darme la fe y las fuerzas que necesite cada día para lograr mis metas y sueños, por guiarme por el buen camino, por ser mi fuente de inspiración, te lo dedico de corazón.

A MI MADRE

Sra. María Rosario Tirira Enríquez, por darme la vida, por tu amor, cariño y comprensión en todos los momentos de mi vida, por ser lo que eres y por hacer de mi lo que ahora soy. Por el apoyo incondicional que me has brindado., Gracias con todo mi corazón, que Dios no pudo escoger de una manera mejor, a mi madre.

A MI PADRE

Sr. José María Meneses Chuga por su amor, cariño y comprensión, por enseñarme a valorar la vida y ser el mejor de mis amigos en el que puedo confiar toda mi vida, por sacarnos adelante a mí y a mis hermanos ante la vida pero sobre todo por darme la oportunidad de superarme le agradezco sus esfuerzos y sacrificios para que yo lograra mis propósitos, gracias por todas las cosas que espero algún día poder corresponder.

A MIS HERMANOS

Narcisa, Norma, David, Lenin, Rosalba, Mariel y Alexandra por el gran apoyo, cariño y comprensión recibidos durante toda mi carrera. Gracias por depositar su confianza en mí, les deseo la mejor de la suerte en su vida y ojala todos sus sueños e ilusiones se vean culminadas.

STALIN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS.....	2
1.1.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.2	PREGUNTAS DIRECTRICES.....	2

CAPÍTULO II

2	REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1	Comportamiento de la madera.....	4
2.2	Propiedades Físicas de la Madera.....	5
2.2.1	Contenido de humedad.....	5
2.2.2	Peso Específico y Densidad	6
2.2.3	Contracción	8
2.2.4	Anisotropía.....	10
2.3	Propiedades Mecánicas de la Madera.....	11
2.3.1	Flexión Estática.....	12
2.3.2	Esfuerzo de las Fibras al límite proporcional.....	13
2.3.3	Módulo de Ruptura (M.O.R).....	13
2.3.4	Módulo de Elasticidad (M.O.E).....	14
2.3.5	Compresión Paralela	14
2.3.6	Compresión Perpendicular	15
2.3.7	Dureza	15
2.4	Trabajabilidad de la Madera.....	16
2.4.1	Cepillado	17
2.4.2	Lijado	19
2.4.3	Moldurado	20
2.4.4	Torneado	21
2.4.5	Taladrado.....	23
2.4.6	Defectos más comunes del maquinado en la madera (Trabajabilidad).....	24

2.4.7	Calificación de las pruebas de Trabajabilidad	25
2.5	Variabilidad	26
2.6	Descripción de la especie en estudio	26
2.6.1	Clasificación Botánica	26
2.6.2	Distribución Natural.....	26
2.6.3	Distribución Botánica.....	26
2.6.4	Ecología.....	27
2.6.5	Silvicultura	28
2.6.6	Madera.....	28

CAPÍTULO III

3	MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DEL MATERIAL DE ESTUDIO	31
3.1.1	Ubicación geográfica y política del sitio de extracción del material de estudio	32
3.1.2	Datos Climáticos	32
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	35
3.2.1	Materiales de Campo.....	35
3.2.2	Maquinaria Equipo y Materiales.....	35
3.3	METODOLOGÍA	38
3.3.1	Revisión de bibliografía	38
3.3.2	Etapas de la investigación	38
3.3.3	Análisis de la Información	85

CAPÍTULO IV

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	86
4.1	RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS.....	86
4.1.1	Contenido de Humedad.....	86
4.1.2	Densidad.....	87
4.1.3	Contracción	90
4.2	RESULTADOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS (Madera Seca al Aire) 95	
4.2.1	Flexión Estática.....	95
4.2.2	Compresión Paralela a la Fibra	97

4.2.3	Compresión Perpendicular al Grano	100
4.2.4	Dureza (Janka)	100
4.3	ENSAYO DE TRABAJABILIDAD (Madera seca al aire 12% CH) ..	103
4.3.1	Cepillado	103
4.3.2	Lijado	107
4.3.3	Moldurado	114
4.3.4	Torneado	118
4.3.5	Taladrado.....	119
4.4	Usos potenciales	120
4.5	DISCUSIÓN.....	120
4.5.1	Propiedades Físicas	122
4.5.2	Propiedades Mecánicas	122
4.5.3	Propiedades de trabajabilidad	123

CAPÍTULO V

5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	124
5.1	Conclusiones	124
	Propiedades Físico – Mecánicas	124
	Trabajabilidad	125
5.2	Recomendaciones	126

CAPÍTULO VI

6	RESUMEN.....	127
----------	---------------------	------------

CAPÍTULO VII

7	SUMMARY	129
----------	----------------------	------------

CAPÍTULO VIII

8	BIBLIOGRAFÍA.....	131
----------	--------------------------	------------

CAPÍTULO IX

9	ANEXOS.....	136
----------	--------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de una cuchilla.....	16
Figura 2. Plantación de <i>Pinus patula</i> , 12 años de edad.....	27
Figura 3. Ubicación Geográfico.....	29
Figura 4. Ubicación del Área de Estudio.....	30
Figura 5. Estructura macroscópica de la madera.....	36
Figura 6. Preparación, selección de Viguetas y Probetas.....	37
Figura 7. Tipo de corte en la troza para la obtención de probetas.....	38
Figura 8. Dimensión de probetas para determinar propiedades Físicas.....	40
Figura 9. Orientación y dimensionamiento de probetas.....	41
Figura 10. Dimensión de probeta para ensayo de Contracción.....	44
Figura 11. Probeta para ensayo de contracción.....	45
Figura 12. Máquina de ensayo universal.....	49
Figura 13. Dimensionamiento de probetas para el ensayo de flexión estática.....	50
Figura 14. Propiedades Mecánicas: Flexión Estática, Disposición de Probetas y Accesorios (Normas COPANT).....	53
Figura 15. Flexión Estática, Disposición de Probetas y Accesorios (Normas ASTM).....	53
Figura 16. Detalles y dimensiones del cabezal para ensayos de Flexión Estática.....	54
Figura 17. Tipo de fallas en flexión estática.....	55
Figura 18. Ensayo de flexión estática.....	56
Figura 19. Registrador de la deformación (deflectómetro).....	57
Figura 20. Propiedades Mecánicas: Compresión Paralela al Grano, Disposición de Accesorios y Probetas.....	59
Figura 21. Probeta para ensayo de compresión paralela al grano.....	60
Figura 22. Ensayo de compresión paralela.....	60
Figura 23. Probeta para ensayo de compresión perpendicular al grano.....	61
Figura 24. Accesorio para Compresión Perpendicular al Grano (Normas COPANT).....	62

Figura 25. Accesorios para Compresión Perpendicular al Grano (Normas ASTM).....	62
Figura 26. Ensayo de Compresión Perpendicular.....	63
Figura 27. Probeta para ensayo de dureza (Janka).....	63
Figura 28. Accesorios para el ensayo de dureza.....	64
Figura 29. Ensayo de dureza (janka).....	64
Figura 30. Tipos de corte según su orientación en el tronco.....	67
Figura 31. Central maderera de la UTN.....	67
Figura 32. Dimensiones de probetas destinadas a ensayos de Trabajabilidad.....	68
Figura 33. Nomenclatura usada en cuchillas de cepilladora.....	70
Figura 34. Ensayo de Lijado.....	72
Figura 35. Ensayo de Moldurado.....	73
Figura 36. Probeta para ensayo de torneado.....	74
Figura 37. Ensayo de torneado.....	75
Figura 38. Ensayo de Taladrado.....	76
Figura 39. Probetas después del ensayo de taladrado.....	77

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Ensayo de CH en la madera de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	78
Cuadro 2. Densidad verde de la madera de <i>Pinus patula</i> por árbol, UTN, 2011.....	79
Cuadro 3. Densidad seca al aire de la madera de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	80
Cuadro 4. Densidad Básica de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	80
Cuadro 5. Densidad anhidra de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	81
Cuadro 6. Contracción tangencial normal de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	82
Cuadro 7. Contracción Radial normal de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	82
Cuadro 8. Contracción longitudinal normal de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	83
Cuadro 9. Contracción Volumétrica normal de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	83
Cuadro 10. Contracción tangencial total de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	84
Cuadro 11. Contracción Radial Total de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	85
Cuadro 12. Contracción Longitudinal Total de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	85
Cuadro 13. Contracción Volumétrica Total de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	86
Cuadro 14. Contracción relación tangencial/radial de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	86
Cuadro 15. Esfuerzo límite proporcional en Flexión estática de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	87
Cuadro 16. Módulo de Ruptura en flexión estática de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	88
Cuadro 17. Módulo de Elasticidad en flexión estática de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	88
Cuadro 18. Esfuerzo límite proporcional en compresión paralela de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	89
Cuadro 19. Esfuerzo de ruptura en compresión paralela de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	90
Cuadro 20. Módulo de elasticidad en compresión paralela de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	90
Cuadro 21. Resultados promedios por árbol del E.L.P en compresión perpendicular de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	91

Cuadro 22. Ensayo de dureza en la cara radial de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	92
Cuadro 23. Resultados promedios por árbol, ensayo de dureza en la cara tangencial de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	92
Cuadro 24. Dureza en la cara axial de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	93
Cuadro 25. Rangos de calificación para ensayos de trabajabilidad.....	93
Cuadro 26. Resultados promedios por cara de los defectos del cepillado en la madera de <i>Pinus patula</i> , a favor del Grano, UTN, 2011.....	95
Cuadro 27. Resultados promedios por cara de los defectos del cepillado en la madera de <i>Pinus patula</i> , en contra del Grano, UTN, 2011.....	97
Cuadro 28. Resultados promedios por cara de los defectos del lijado (Lija N° 60) en la madera de <i>Pinus patula</i> , a Favor del Grano, UTN, 2011.....	100
Cuadro 29. Resultados promedios por cara de los defectos del lijado (Lija N° 60) en la madera de <i>Pinus patula</i> , en Contra del Grano, UTN, 2011.....	102
Cuadro 30. Resultados promedios por cara de los defectos del lijado (Lija N° 100) en la madera de <i>Pinus patula</i> , a Favor y en Contra del Grano, UTN, 2011.....	104
Cuadro 32. Resultados promedios por cara de los defectos del Moldurado en la madera de <i>Pinus patula</i> , a Favor del Grano, UTN, 2011.....	106
Cuadro 33. Resultados promedios por cara de los defectos del Moldurado en la madera de <i>Pinus patula</i> , en Contra del Grano, UTN, 2011.....	108
Cuadro 34. Resultados promedios del ensayo de Torneado de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	109
Cuadro 35. Resultados Promedios por cara del ensayo de Taladrado de <i>Pinus patula</i> , UTN, 2011.....	110
Cuadro 36. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de madera joven con madera de mayor edad.....	112

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

En Ecuador existe una limitada capacitación en aprovechamiento y utilización de los productos forestales. El bajo precio asignado a la madera en pie, la falta de conocimientos de usos posibles de cada una de las especies forestales, el escaso valor que el propietario de un bosque otorga a los recursos forestales puestos a su disposición, el uso de maquinaria inapropiada en los distintos procesos de aprovechamiento e industrialización de la madera, todo ello en conjunto determina que los índices de aprovechamiento en el país sean los más bajos desde el punto de vista internacional.

El *Pinus patula* en Ecuador fue introducido como una alternativa en los sitios cuya característica persistente están dadas por la presencia de neblina. Cabe destacar que esta especie es resistente a estas condiciones meteorológicas, al contrario que el *Pinus radiata* que es una especie susceptible en estas condiciones y muy difundida en el callejón interandino.

Para la mejor utilización los recursos forestales, básicamente se necesita conocer las Propiedades Tecnológicas de la madera (propiedades físicas, mecánicas y trabajabilidad). Con base en la evaluación de estos factores, se puede determinar los usos más convenientes que se podrá dar a cada una de las especies forestales maderables. Las características tecnológicas de la madera son determinantes para su aprovechamiento y posterior aplicación específica en usos y procesos donde ciertas propiedades son decisivas para obtener un beneficio máximo desde el punto de vista económico y técnico. El propósito fundamental del presente estudio, fue determinar los valores numéricos promedios de las propiedades

Físicas, Mecánicas y de trabajabilidad de la madera de *Pinus patula*, y, la evaluación y análisis de los resultados con el fin de encontrar los posibles usos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Identificar los Usos Probables de *Pinus patula* Schlect.et Cham., con base en la determinación de las propiedades físico- mecánicas y de trabajabilidad de la madera en Iltaqi- Cantón Cotacachi-Provincia de Imbabura.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las propiedades físico- mecánicas y de trabajabilidad de la madera de *Pinus patula* Schlect.et Cham.
- Correlacionar las propiedades físico - mecánicas y de trabajabilidad de *Pinus patula* Schlect.et Cham., con madera de mayor edad.

1.2 PREGUNTAS DIRECTRICES

- En Iltaqi, cantón Cotacachi Provincia de Imbabura, se conocen los usos actuales de la madera de *Pinus patula* Schlect.et?
- Se considera que la madera de *Pinus patula*, no origina variación en las propiedades Físico - Mecánicas y Trabajabilidad?
- Se considera que la madera de *Pinus patula*, origina variación en las propiedades Físico - Mecánicas y Trabajabilidad?

- Se ha correlacionado las propiedades físico - Mecánicas y de Trabajabilidad de *Pinus patula* Schlect.et Cham. Con madera de mayor edad?

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Comportamiento de la madera

El comportamiento higroscópico de la madera es uno de los temas de estudio que pueden ser considerados como indispensables para una buena utilización del recurso forestal en la fabricación de distintas manufacturas independientemente de que sean para un uso en interiores o exteriores, es necesario determinar el efecto de las condiciones climáticas sobre el cambio de humedad y de forma de la madera, y con ello inferir los fenómenos que pueden ocurrir ante un eventual y siempre probable cambio de humedad. Por lo regular el comportamiento higroscópico de la madera es deducido en función de la determinación del hinchamiento y/o contracción máxima de la madera y de su anisotropía (Honorato, 2001).

El mismo autor señala que la madera se ha usado a través de los siglos para un amplio rango de propósitos en los cuales la resistencia es un factor de importancia crítica, como resultado de las pruebas de ensayo y error realizadas durante mucho tiempo, se han asociado ciertas maderas con cualidades y usos específicos, atribuyéndoles estándares tradicionales de resistencia y durabilidad. Sin embargo, es preciso llevar a cabo pruebas adecuadas para saber qué tan resistente es la madera para darle el uso correcto.

2.2 Propiedades Físicas de la Madera

2.2.1 Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene una madera, expresada en % de su peso en estado anhidro, el agua en una madera húmeda se encuentra en dos formas: una llamada agua libre es la que llena los vasos de la madera; fibras, meatos, etc. Su presencia generalmente no influye en las propiedades de la madera (Gutiérrez y Plaza, 1985).

La madera es una sustancia higroscópica, es decir, tiene afinidad por el agua en forma líquida y gaseosa. Esta propiedad de la madera es dependiente de la temperatura y la humedad de la atmósfera circundante; en consecuencia, el contenido de humedad de la madera variará con los cambios en las condiciones atmosféricas que la rodean. Todas las propiedades físicas de la madera son grandemente afectadas por las fluctuaciones en el contenido de humedad. Para utilizar la madera en forma adecuada es imprescindible conocer su contenido de humedad, entender su localización y el movimiento del agua a través de ella (Arroyo, 1983).

Según Pérez (1983) y Campos, et al, (1990) el contenido de humedad influye en la capacidad mecánica de la madera, menor contenido de humedad, bajo el punto de saturación de las fibras (PSF), en general, aumenta la capacidad mecánica que determina un incremento de la resistencia de la madera, tanto en flexión estática, compresión paralela y compresión perpendicular. A partir del punto de saturación de la fibra, un aumento en el contenido de humedad no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

Según La Junta de Cartagena, (1982) en el Manual de diseño para maderas del grupo andino, la madera contiene agua bajo tres formas: **agua libre**, **agua higroscópica** y **agua de constitución**. El agua libre se encuentra llenando las cavidades celulares. El agua higroscópica se halla contenida en las paredes celulares. El agua de constitución se encuentra formando parte integrante de la

estructura molecular. Cuando se seca una madera el agua que primero se evapora es la que está en estado libre sin que se modifiquen sus propiedades quedando el agua de impregnación en el tejido leñoso. La máxima humedad que pueda contener una madera sin que exista agua libre se llama punto de saturación de las fibras (P.S.F). Si continúa la evaporación en la madera empieza a disminuir el agua de impregnación (higroscópica) con alteración de sus propiedades físicas y mecánicas. Los tejidos leñosos de la madera disminuyen de volumen, aumentando al mismo tiempo su dureza y resistencia mecánica y el agua de constitución no se pierde sino por combustión de la madera.

En el mismo Manual también se dice que el agua puede presentarse en la madera en tres estados: **madera verde**, cuando ha perdido parte del agua libre y su contenido de humedad es mayor al 30%; **madera seca al aire**, cuando ha perdido la totalidad del agua libre y parte de su agua higroscópica y su contenido de humedad se encuentra entre (12 y +-%); y, **madera anhidra** cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica.

La humedad de la madera influye en la resistencia mecánica, su aptitud para el maquinado, poder calorífico, resistencia al ataque de hongos, impregnación, peso, y sobre todo, en los cambios dimensionales que sufre la madera a consecuencia precisamente de su variación. El contenido de humedad es la cantidad de agua que existe en una pieza de madera expresada como un porcentaje del peso de ésta en condición totalmente seca. Así mismo, está directamente relacionado con las propiedades de resistencia de la madera (Fuentes, 2001).

2.2.2 Peso Específico y Densidad

El peso específico constituye una de las propiedades físicas más importantes de la madera pues de ella dependen la mayor parte de sus propiedades físicas y tecnológicas, sirviendo en la práctica como una referencia para la clasificación de la madera. Es a partir del peso específico, que se puede apreciar la calidad de una madera; de él depende grandemente su resistencia mecánica y se define como el

peso de un material por unidad de volumen, representado generalmente en gramos por centímetro cúbico (Fuentes, 2001).

Richter y Berger (1978), consideran que el peso específico tiene una relación directa con la composición química y el volumen de madera leñosa por masa y es la característica tecnológica más importante de la madera, pues a ella están estrechamente relacionadas otras propiedades como la resistencia mecánica y las contracciones en la madera.

El peso específico es la relación entre el peso de la madera a un determinado contenido de humedad y el volumen del agua a una determinada temperatura, según el Manual de Diseño del Acuerdo de Cartagena, (1982).

El peso específico es de especial interés por ser un buen índice de la cantidad de material leñoso (paredes celulares) que posee la madera, es el valor más importante para predecir su resistencia mecánica (USDA, 1987; Robles y Echenique, 1983).

La relación entre la resistencia a la flexión y el peso específico es directo, mientras mayor es el peso específico mayor será la resistencia (Dudek, 1978).

La resistencia a la flexión es máxima a un contenido de humedad de 3 a 5%; desde este índice hasta el punto de saturación de la fibra (P.S.F.) la disminución es lineal, por cada aumento del 1% de contenido de humedad, baja la resistencia en 4%.

Según las normas COPANT (1975) la densidad es la relación entre el peso y el volumen de la madera a un determinado contenido de humedad. Esto da lugar a que la densidad sea calculada en cuatro diferentes estados.

a) **Densidad en estado saturado.**- Es el cociente entre el peso y el volumen de la madera en estado saturado.

b) **Densidad en estado seco al aire.**- Es el cociente entre el peso y el volumen que se encuentra con un contenido de humedad en equilibrio con el medio existente.

c) **Densidad en estado anhidro.**- Es la relación entre el peso y el volumen de la madera seca al horno.

d) **Densidad básica.**- Es el cociente entre el peso de la madera anhidra y el volumen en estado saturado correspondiente.

La madera presenta una alta variabilidad en sus propiedades, tal es el caso de la densidad (Van Buijtenen, 1963). En muchas especies disminuye del centro a la periferia y de la base hacia ápice (Daniel *et al.*, 1982; Harold y Hocker, 1984); también se reconoce la variación que existe entre árboles, sitios, rodales y especies (Zobel y Van Buijtenen, 1989).

Aun cuando la densidad básica, medida como la razón entre peso anhidro y el volumen en verde (pa/vv) ha sido repetidamente utilizada como un índice de las propiedades mecánicas de la madera. No hay estudios de su efecto conjunto con caracteres anatómicos y valores de contracción sobre la resistencia mecánica de la madera. La densidad básica (pa/vv) de la madera es una característica hereditaria, que también es afectada por prácticas silvícolas. El valor de la densidad básica se ha aplicado para estimar algunos de valores de resistencia mecánica, como módulos de elasticidad y de ruptura en flexión y el esfuerzo al límite proporcional en compresión perpendicular, altamente relacionados con la densidad básica (Brown *et al.*, 1952; Williamson, 1975; Panshin & DeZeeuw, 1980).

2.2.3 Contracción

Las normas COPANT (1975) definen a la contracción como la propiedad que posee la madera de variar sus dimensiones y su volumen cuando su estado de humedad varía. Esta se la expresa en porcentaje.

Cuando una madera se seca por debajo del punto de saturación de fibras disminuye su volumen y si vuelve a aumentar su contenido de humedad, volverá a aumentar su volumen. Este fenómeno constituye el llamado movimiento o juego de la madera y por su importancia es necesario medirlo y expresarlo en cifras (Gutiérrez y Plaza, 1967).

El porcentaje de variación de volumen entre los dos estados de húmeda, mide la contracción volumétrica de la madera.

La madera durante su vida útil sufre cambios dimensionales, aumento o disminución, como respuesta a las variaciones de contenido de humedad (CH) que se registran en su interior. Estos cambios dimensionales se originan debido a que la madera está formada por polímeros que contienen grupos hidroxilos y otros grupos funcionales con oxígeno que atraen a la humedad a través de puentes de hidrógeno. Los cambios dimensionales de la madera se realizan cuando las paredes celulares de la madera empiezan a perder el agua presente en ellas. A este punto se le denomina punto de saturación de la fibra (PSF). No todas las especies de madera se contraen en la misma magnitud ante cambios semejantes de contenido de humedad. La proporción en que se contrae la madera depende de factores como: la densidad básica de las diferentes especies, orientación de las microfibrillas en la pared celular, el contenido de extractivos, diferencias entre duramen y albura, presencia y dimensiones de los anillos de crecimiento, porcentaje de madera temprana y tardía, presencia de madera juvenil, velocidad de crecimiento de los árboles, posición transversal de la que fueron extraídas las piezas de madera, longitud de las traqueidas, contenido de lignina, cantidad y grado de cristalinidad de la celulosa y porcentaje de radios presente (Panshin y de Zeeuw, 1980; Wiedenbeck *et al.*, 1990).

Aunque la magnitud de la contracción es muy variable según el tipo de madera, se puede enunciar una media de 14% para la volumétrica; 7% para la tangencial y de 4% para la radial. La contracción se determina linealmente en las direcciones tangencial y radial, así como la volumétrica; la contracción axial casi nunca se

calcula por su baja magnitud. Este cálculo se realiza tanto del estado verde hasta el anhidro, como del estado verde hasta cerca de 12% de CH (Fuentes, 2001).

La contracción tangencial es un índice de la cantidad de microfibrillas celulósicas cuya orientación paralela al eje longitudinal del árbol no está influida por la presencia de los radios y que debido a esta orientación contribuyen, en forma importante en el comportamiento físico de la madera. Por lo anterior, la contracción tangencial en conjunto con variables anatómicas y la densidad relativa básica se puede utilizar para predecir la resistencia mecánica de la madera (Lindsay & Chalk, 1954; McIntosh, 1954; Schniewind, 1959; Wardrop, 1964; Petric & Scukanec, 1975; Revolet *al.*, 1982; Harada, 1984).

2.2.4 Anisotropía

La madera está formada por diferentes tejidos que realizan diferentes funciones y hacen que su estructura no sea homogénea. Esta heterogeneidad se refleja en sus propiedades físico-mecánicas y es la causa de algunos de sus defectos y también de sus ventajas. La madera es un material anisotrópico, es decir, sus propiedades físicas y mecánicas se manifiestan con diferente intensidad según el plano que se trate. Así se tiene que por la colocación que presentan los elementos en la madera, la contracción y el hinchamiento en cada sentido: axial, tangencial y radial, se presentarán con diferente intensidad (Fuentes, 2001).

El mismo autor dice que, cuando se habla de las propiedades físicas se hace referencia a estas tres direcciones y cuando se habla de las propiedades mecánicas sólo se habla de dos direcciones, la dirección paralela a las fibras (que coincide con la longitudinal) y la dirección perpendicular a las fibras (que engloba a la tangencial y radial, cuyas propiedades mecánicas suelen tener valores similares).

2.3 Propiedades Mecánicas de la Madera

Una de las principales funciones de la madera en el tronco y las ramas del árbol vivo, es la de soporte mecánico. Una vez transformada la madera en algún producto, el soporte mecánico continúa desempeñando un papel esencial en una gran cantidad de usos. Las propiedades mecánicas de la madera son las relacionadas con su comportamiento ante la acción de fuerza externa o interna. Las fuerzas externas son aquellas fuera de las piezas de madera, que tienden a alterar su tamaño o forma. Las internas, son las generadas por cambios en el contenido de humedad, actúan en el interior de las piezas y también producen deformaciones (Echenique y Fernández, 1993).

Las propiedades mecánicas de la madera son el resultado del comportamiento de la madera ante la aplicación de fuerzas, “comportamiento que varía de acuerdo con la clase de fuerzas, extensión de la madera y sobre todo con su organización anatómica”. A la fuerza o sistema de fuerzas que encuentran sobre un cuerpo tratando de deformarlo se lo llama esfuerzos. Según Brown (1980), existen tres clases de esfuerzos llamados Primarios:

1. Si el esfuerzo trata de acortar las dimensiones o volumen del cuerpo es un esfuerzo de compresión;
2. Si tiende a aumentar las dimensiones y volumen del cuerpo, será de tensión.
3. El esfuerzo de corte resulta de las fuerzas que tiende a desplazar una porción de un cuerpo con respecto a otro, en dirección a un plano de contacto.

Los ensayos de propiedades mecánicas de la madera se realizan generalmente con el objetivo de proponer los usos posibles y dar al técnico los datos necesarios para el cálculo de estructura de maderas (Hoheisel, 1973).

Las propiedades mecánicas de la madera son la expresión de su comportamiento bajo la aplicación de fuerzas o cargas. Este comportamiento puede sufrir variadas

modificaciones, dependiendo del tipo de fuerza aplicada y de las diferencias básicas en la organización estructural de la madera. Existen tres tipos de esfuerzos primarios que pueden actuar sobre un cuerpo (Arroyo, 1983).

La madera, frente a las propiedades mecánicas, presenta la capacidad de resistir esfuerzos aplicados, que tienden a alterar su forma y tamaño. La resistencia a tales esfuerzos, depende de la magnitud de ellas y de la manera de su aplicación, pero más que nada dependerá de varias características de la madera que son, entre otras, el peso específico aparente y el contenido de humedad (Vargas, 1987).

2.3.1 Flexión Estática

La flexión estática ha sido considerada la principal propiedad mecánica para la evaluación de madera con fines estructurales ya que en ella se integran propiedades como la compresión, la tracción y el cizalle (Valenzuela y Nakayama, 1991; Cown *et al.*, 1999).

La flexión estática es una forma compleja de carga en la cual se combinan los esfuerzos de tensión, compresión y Cizallamiento. La flexión estática se presenta en los miembros estructurales llamados “vigas” (Lemos y Tipán, 1981).

Según Vargas (1987), la flexión estática es la resistencia que ofrecen las maderas a romperse, cuando son sometidas a cargas que actúan perpendicularmente a su eje de apoyo. La resistencia a la flexión es una de las más importantes propiedades mecánicas en la utilización de la madera como material de construcción, siendo el factor principal en la construcción de casas, puertas, tejados, paredes de madera, etc. Los defectos tienen mucha importancia en la resistencia; nudos, fibras reviradas, rajaduras y otros, reducen la flexión; y, si se encuentran en el lado convexo, reducen mucho más la resistencia de la madera. Este ensayo proporciona dos resultados, los cuales son: el módulo de ruptura (MOR), y el módulo de elasticidad (MOE).

La flexión estática es el trabajo impuesto a una pieza que descansa ya sea sobre dos apoyos o varios puntos, que soporta una carga uniformemente repartida en su longitud (Toledo, 1974).

De acuerdo a Dudek (1978), la influencia del contenido de humedad y densidad, en la determinación de esta propiedad es de la siguiente manera:

1. La relación entre la resistencia a la flexión y el peso específico es directa; mientras mayor es el peso específico, mayor es la resistencia.
2. La resistencia a la flexión es máxima a un C.H. de 3 a 5%, desde este índice hasta el punto de saturación de fibras la dimensión es lineal, por cada aumento del 1% el C.H. baja la resistencia en un 4%.
3. Las fibras oblicuas también tienen su influencia y se ha determinado que con una desviación de 15 grados la resistencia baja en un 30%.

2.3.2 Esfuerzo de las Fibras al límite proporcional

Es el esfuerzo que se produce en las fibras de una viga sometida tanto a tensión y a presión hasta la carga al límite proporcional; es decir, hasta cuando deja de existir una correlación lineal entre el esfuerzo y la deformación. También se lo define como el esfuerzo máximo que puede soportar la madera sin deformarse (Fuentes, 2001).

2.3.3 Módulo de Ruptura (M.O.R)

Esfuerzo computado en el tope y el fondo de las fibras de una viga sometida a la carga máxima que ocasiona la falla. Es un valor aproximado de un verdadero esfuerzo, puesto que la fórmula para el cálculo; se basa en suposiciones válidas solamente hasta el límite proporcional. El módulo de ruptura es el esfuerzo desarrollado por la madera en el momento de la falla (Viteri, 1969).

2.3.4 Módulo de Elasticidad (M.O.E)

El módulo de elasticidad expresa la relación de esfuerzos por unidad de área a la correspondiente deformación dentro del límite de proporcionalidad. El MOE además es un valor indicativo de la rigidez de la madera y no de la resistencia. (Maldonado, 1969).

El MOE es la fuerza necesaria para alargar 1 cm² de área al doble de su longitud. (Dudek, 1978).

2.3.5 Compresión Paralela

Según la Enciclopedia Biblioteca Profesional de la Tecnología de Madera (1965), es la resistencia a la acción de una fuerza que tiende a aplastar la madera que será mayor en sentido perpendicular a las fibras y menor en dirección axial o paralela. Además, agrega que la resistencia a la compresión paralela depende del grosor de las paredes celulares que componen las fibras; si son gruesas la madera es compacta.

La composición química influye en la resistencia a la compresión y si el contenido de lignina es mayor, mayor será la resistencia por lo que generalmente las especies de las zonas tropicales tienen mayor resistencia que de las zonas templadas. El contenido de humedad influye en la resistencia, pues a mayor humedad mayor expansión de la madera. Del estado seco al horno hasta el P.S.F. disminuye la resistencia en proporción lineal por cada 1% de contenido de humedad de aumento disminuye la resistencia en un 5%, y por último señala que cuando el peso específico es mayor la madera tendrá mayor resistencia a la compresión (Dudek, 1978).

2.3.6 Compresión Perpendicular

La compresión perpendicular es la presión que sufren las fibras de la madera debido a la acción de una fuerza aplicada perpendicularmente a ellas. En la práctica es una propiedad que debe ser considerada como importante especialmente en la construcción que presentan muchos elementos que sirvan de apoyo: durmientes, rieles etc. (Viteri, 1970).

La resistencia aumenta con el peso específico, sin embargo con relaciones irregulares. Existe también una diferencia entre maderas latifoliadas y coníferas. Además, influye el ángulo de los anillos de crecimiento y la dirección de la fuerza actuante, de 0 a 30% de contenido de humedad la resistencia disminuye entre 2 y 3% por cada 1% de humedad. (Dudek, 1978).

2.3.7 Dureza

La dureza es la resistencia que opone la madera a la abrasión, desgaste, penetración y la compresión que en ella se ejerce (Vargas, 1987). Para la determinación de la dureza se utiliza generalmente el método JANKA, que consiste en medir el esfuerzo necesario para introducir en las caras transversales y en las laterales (tangencial y radial) de una probeta, una semiesfera de acero de 1 cm² de área diametral hasta una profundidad igual a su radio. Los resultados obtenidos son muy utilizados para la industria del parquet, machimbre, etc. Cabe resaltar que la lectura obtenida de la resistencia es única, sin necesidad de cálculos.

La Enciclopedia Biblioteca Profesional de la Tecnología de la Madera, (1965) con respecto a la dureza indica que depende casi siempre de la cohesión de las fibras y de su estructura y consiste en la mayor o menor dificultad puesta por la madera a la penetración de otros cuerpos.

La misma enciclopedia dice que las maderas fibrosas son las más duras, la dureza varía según la clase de árbol, aún en el mismo tronco. El árbol es más duro en su interior (duramen) y más blando en su exterior (albura). La dureza cambia con el secado: las maderas verdes son más blandas.

2.4 Trabajabilidad de la Madera

El maquinado de la madera (trabajabilidad) es una de las propiedades tecnológicas que influyen en la utilización o subutilización de las especies forestales maderables ya que determina la facilidad o dificultad de su procesamiento a ser sometidas a las máquinas y herramientas por lo que su conocimiento, permite observar la calidad superficial que se obtendrá de la madera una vez elaborada en un producto final (Serrano, 2000).

Según la Junta del Acuerdo de Cartagena JUNAC, del Pacto Andino, (1982). En su libro titulado: Factores que afectan la trabajabilidad de 105 maderas de los bosques tropicales, definen este concepto como trabajar una madera hasta convertirla en formas convenientes, y que con la ayuda de máquinas se lleva a cabo para dar forma y calidad a las superficies de materiales elaborados y semielaborados como por ejm: el lijado de tableros contrachapados, el cepillado de madera aserrada o el moldurado de madera aserrada.

Existen tres métodos para evaluar la calidad de la superficie de la madera que son: medida por la luz, medida por punzón (estilete); y, medida por observación visual. Los dos primeros métodos presentan las mejores condiciones, pero solamente aprecian un aspecto sobre el acabado o pulido de la superficie. El tercer método que habla sobre la observación se considera hasta ahora como el mejor método para apreciar todos los aspectos de la calidad de la superficie de una madera, todo este método se lo realiza de una manera cualitativa (Freiré, Martínez y Valarezo, 1972).

2.4.1 Cepillado

El cepillado es el proceso de elaboración de la madera, que consta de obtener superficies lisas mediante la acción de las cuchillas con movimiento lineal o circular (Jonhton, 1974).

Cepillar o sacar una cara en limpio de la madera es un proceso básico en su transformación. Esta operación se efectúa en las primeras etapas de la línea de producción de los productos y permite obtener un grosor igual en las piezas y una superficie uniforme en las caras. El desbaste del material se efectúa con cuchillas que son colocadas en un cabezal que gira mientras la madera es arrastrada en la mesa del cepillo mediante unos rodillos (Martínez y Martínez, 1996).

El cepillado es una de las operaciones de maquinado más importante, en este ensayo los resultados que se obtengan pueden mejorarse adecuando las variables que intervienen en esta operación a las características de la madera disponible. Tales variables pueden ser: las revoluciones por minuto del cabezal, tipo de cuchilla con diferentes aleaciones, número de marcas de cuchilla por centímetro, ángulos de corte de las cuchillas, velocidad de alimentación de la madera y afilado de las cuchillas. En la mayoría de los cepillos el único factor que se puede variar, dentro de los límites que la máquina lo permita, es la velocidad de avance del material, pues las revoluciones por minuto en el cabezal son fijas, así como el ángulo para colocar las cuchillas. Este último factor sí es posible modificarlo con la variación del ángulo de la punta de las cuchillas, logrando con esto tener diferentes ángulos de corte, los que dependiendo de la especie que se desea cepillar podrán ser más o menos eficientes (Martínez y Martínez, 1996).

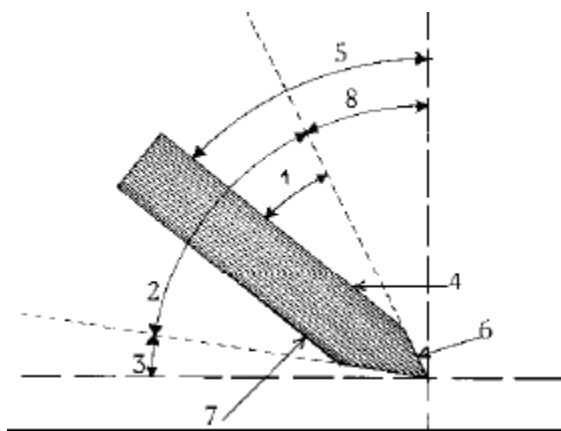
La Junta del Acuerdo de Cartagena (1982), señala que el cepillado es una operación realizada por corte periférico y como en los demás ensayos de labrado se persiguen cuatro metas:

- Obtener calidad de superficie

- Obtener eficiencia de operación
- Limitar el consumo de energía
- Limitar el desgaste

Según Jonhton (1974), se debe tomar en cuenta la siguiente terminología para la trabajabilidad de la madera:

- **Ángulo de cara anterior.**- Es el ángulo dado por la inclinación de la cuchilla o cuchillas en el cabezal portacuchillas.
- **Ángulo de corte.**- éste es el ángulo comprometido entre la cara anterior de la cuchilla o entre el bisel frontal y un plano que pasa por el filo de la cuchilla y el eje del cabezal portacuchillas.
- **Bisel Frontal.**- Es el bisel que se hace sobre la cara anterior para reducir el ángulo de corte.
- **Ángulo Libre.**- Es el ángulo comprendido entre la tangente que pasa por el filo de la cuchilla y el bisel posterior.
- **Ancho del Igualado.**- Es el ancho que se produce en la zona inmediata al filo de las cuchillas al afilarlas para que generen un círculo de corte común.
- **Marcas de Viruta.**- son los segmentos de trocoides que se genera sobre la madera por el paso sucesivo de las cuchillas.
- **Profundidad de Corte.**- es el espesor de la madera que se va a remover.



1. Ángulo del bisel
2. Ángulo de hierro
3. Ángulo libre
4. Cara anterior
5. Ángulo de corte inicial
6. Bisel
7. Cara posterior
8. Ángulo de corte nuevo

Figura 1: Perfil de una Cuchilla

Fuente: Jonhton (1974)

2.4.2 Lijado

Es un proceso de elaboración de la madera para obtener superficies suaves mediante la acción del papel lija con movimiento lineal o circular, estas superficies de madera una vez lijadas generalmente están destinadas a la aplicación de revestimiento para una mejor" vistosidad (laca, barniz), así lo define, Jonhton (1974).

Esta operación tiene como finalidad corregir los defectos del proceso de cepillado, como son las marcas de viruta, huellas de cuchillas y posibles imperfecciones manifestadas como grano algodónoso, grano arrancado, o grano levantado, o cualquier otro defecto causado por otra operación en la madera. También, representa una de las últimas etapas en el proceso de maquinado de la superficie de las piezas de madera, antes de aplicar el acabado final. Es importante mencionar que cualquier imperfección que no se pueda eliminar con el lijado, cuando se aplique el acabado el defecto se acentuará. De ahí la importancia de conocer los defectos que pueden aparecer en la superficie lijada y cómo eliminar

parte de éstos. La graduación del grano de las lijas para el lijado de la madera, deberá de variar de acuerdo con los defectos que tenga la superficie que se desea someter al proceso de lijado. La graduación que se emplea para denominar a cada una de las calidades de lija, se refiere a la cantidad de perforaciones que tiene una malla por pulgada cuadrada, a través de la cual se hace pasar el abrasivo para ser depositado en la base de la lija (Martínez y Martínez, 1996).

Según la Junta del Acuerdo de Cartagena (1985), los tipos de máquinas más vinculadas a la producción de elementos de madera para la construcción son aquellos para lijar superficies planas entre las máquinas. De este tipo cabe mencionar:

- Lijadoras de Cilindros
- Lijadoras de banda múltiple
- Lijadoras de banda larga
- Lijadoras de disco
- Lijaduras de canto
- Pulidoras
- Lijadoras portátiles y
- Lijadoras de vibración

De estas las más importantes para la madera de la construcción son las tres primeras.

2.4.3 Moldurado

El moldurado es el proceso de elaboración de la madera que consiste en dar una forma decorativa o funcional, normalmente en el borde de una pieza. (Muñoz y Flores, 1989).

El moldurado es una operación que se realiza en los cantos de las piezas de madera con el objetivo de darles mejor terminado y apariencia. Es muy común

observar este tipo de trabajo en marcos de puertas, de ventanas, cantos o esquinas de muebles, ensambles y otras muchas formas de adornos. El número de formas que se obtienen en los perfiles de moldurados es muy grande, pues varía de acuerdo con la forma que tenga la herramienta de corte, pudiendo ser secciones rectas, curvas o combinadas. La manufactura de las molduras generalmente se realiza en una máquina denominada trompo, molduradora o tupí, aunque también pueden ser elaboradas en un router. A estas máquinas se les coloca un cortador con la forma del perfil que se desea obtener. En el maquinado de estos perfiles se deberá obtener una superficie limpia y lista para someterse a la operación de lijado. Si es necesario dedicar tiempo para eliminar defectos quiere decir que algo en el proceso de moldurado no es apropiado, debido a que podría existir alguna falla en la herramienta que se esté utilizando o que la especie de madera que se sometió al proceso de moldurado no sea apropiado para este tipo de operación (Martínez y Martínez, 1996).

Tanto el moldurado como el cepillado es una operación de corte periférico, que permite dar a la madera perfiles muy variados a partir de las proyecciones de cuchillas de configuraciones variables, hay dos tipos de moldurados:

- Moldurado longitudinal.
- Moldurado transversal (en curva o recto).

Los dos tipos son utilizados en ebanistería, pero el primero es utilizado con más frecuencia en obras de construcción (Martínez y Martínez, 1996).

2.4.4 Torneado

Es una operación a través de la cual se obtiene una pieza cilíndrica de una pieza de forma cuadrada. El torneado es importante cuando se tienen que fabricar artículos de madera como pies de lámparas y patas de cama, entre otros (Moya *et al.*, 2001). El ensayo de torneado de cada especie representa diversos grados de dificultad, en algunos casos se pueden resolver las dificultades mediante la optimización de los principales parámetros; sin embargo, también existen maderas que presentan una inaptitud completa para obtener productos torneados aceptables en el mercado.

También se define al moldurado como el proceso mediante el cual se imprime un movimiento rotatorio a la pieza de madera que es puesta a disposición de cuchillas, cuyo ángulo de corte permite obtener productos de diferente tipo tales como pasamanos, palas para muebles, etc. (Muñoz y Flores, 1989).

Muñoz y Flores (1989), señalan los defectos comunes en Torneado en orden de importancia:

- Grano astillado
- Grano arrancando
- Grano rugoso
- Grano velloso

Los parámetros que influyen en el torneado básicamente son:

- Ángulo de corte
- Velocidad de giro
- Velocidad de penetración (depende de la Madera)

La falta de cohesión transversal, en relación con la resistencia, produce astillamiento, arrancado, etc.

Por lo general, las maderas de grano fino dan buenos resultados, pero desgastan las cuchillas y el avance es lento; la madera blanda y de grano grueso presenta dificultades para un torneado satisfactorio a menos que se tenga un ángulo apropiado, buen filo, velocidad de la herramienta suficiente y una lenta velocidad de alimentación. Se concluye que en torneado hay dos grupos de propiedades mecánicas, que determinan por una parte la facilidad de corte de los filos y por otra parte la cohesión transversal. En el caso de maderas blandas y de poca cohesión transversal se produce vellosidades y arrancado con ángulos de corte muy elevados. Si el ángulo de corte es muy elevado incluso se produce el clivaje (Muñoz y Flores, 1989).

2.4.5 Taladrado

Es el proceso que consiste en la realización de huecos sobre una pieza de madera, destinados a recibir tornillos, puntillas o cualquier otra pieza en forma de un cilindro. (Herrera e Hidalgo, 1984).

Los factores que afectan la calidad, el desgaste, la eficiencia y el gasto de energía en taladrarse son:

- Factores relativos a la madera
- Factores relativos a las máquinas y brocas
- Condiciones de corte

- **Factores relativos a la madera**

Es evidente que cuatro son los factores de la madera que afectan al taladrado: propiedades físicas, mecánicas, características anatómicas, de la anisotropía de la madera y su contenido de humedad CH.

- **Factores relativos a máquinas y brocas**

Existen diferentes tipos de taladro, desde el berbiquí e inclusive la simple broca manual, hasta los taladros complejos, automáticos con cabezales múltiples verticales, horizontales y dispositivos angulares.

Los tipos de taladros más conocidos son: taladros portátiles, verticales de columna con un solo eje, múltiples verticales y horizontales.

- **Condiciones de Corte**

Velocidad de corte: una velocidad de giro excesiva para una potencia dada reduce la eficiencia, ya que limita la velocidad y su penetración; y, suelen producir quemaduras internas del hueco y desgaste acelerado de los filos.

Carga de penetración: el uso de cargas de penetración elevadas para lograr velocidades de penetración elevadas, sobre todo en el caso de especies de alta densidad y otras que presentan problemas de corte neto, fricciones y dificultades de evaluación por fibrosidad, implica potencias suficientes para velocidades determinadas de giro. Por lo tanto, dada la carga de penetración, la especie y la potencia instalada, la velocidad de giro tendrá un valor límite(Herrera e Hidalgo, 1984).

Taladrar es un proceso que muy frecuentemente se usa en la manufactura de artículos de madera. Es común utilizar los barrenos para la colocación de tornillos, pernos de madera y herrajes o elementos de unión. Existen en general dos requisitos para llevar a cabo la operación de taladrado: el primero exige un alto grado de precisión del orificio, como es el caso del taladro de huecos para uniones con tacos o pernos de madera; y, el segundo tipo no necesita una gran precisión, sino una gran eficiencia de penetración, como es el caso de huecos para tornillos y pernos utilizados en obras estructurales (Reyes, 1977).

2.4.6 Defectos más comunes del maquinado en la madera (Trabajabilidad)

De acuerdo con Flores y Fuentes (2001), los defectos más comunes en el maquinado de la madera son los siguientes:

- **Grano astillado:** Es una condición de aspereza que presenta la madera cuando las fibras se desprenden de la superficie trabajada dejando huella en forma de pequeños agujeritos.

- **Grano apelmusado:** Es una condición de aspereza de la superficie de la madera en la que pequeñas partículas o grupos de fibras que no fueron cortadas por la herramienta de corte (fresa, cuchilla, broca, etc.) sobresalen de la superficie general de la tabla sin desprenderse, permaneciendo adheridas a ella.

- **Grano levantado:** Es una condición de aspereza de la superficie de la madera, en la que una parte del anillo de crecimiento u otra sección de madera se levanta sobre la superficie general de la pieza trabajada.

- **Marcas de astilla:** Son huellas (abolladuras) poco profundas en la superficie de la tabla, causadas por virutas que permanecen adheridas al cabezal porta cuchillas del cepillo debido a que no son eliminadas por el escape del mismo. Este defecto es exclusivo del ensayo de cepillado.

- **Grano rasgado:** Son fibras cortadas transversalmente por la herramienta de corte, dejando una superficie áspera, este defecto se presenta en los ensayos de moldurado, torneado y taladrado.

- **Rayones:** Marcas semejantes a un rasguño, ocasionado por la lija, presentándose exclusivamente en el ensayo de lijado.

2.4.7 Calificación de las pruebas de Trabajabilidad

La calificación de las probetas con las que se evalúa el maquinado de la madera está referida a grados de defectos de 1 a 5, de acuerdo a la tabla de clasificación utilizada por Flores (1990), que se expone a continuación:

1. **Grado 1 excelente:** Libre de defectos.
2. **Grado 2 buena:** Con defectos superficiales que pueden eliminarse con lija del número 100.
3. **Grado 3 regular:** Con defectos marcados que pueden ser eliminados utilizando una lija gruesa del número 60 y después una lija final del número 100.
4. **Grado 4 pobre:** Con defectos severos que para eliminarse requiere cepillar de nuevo la pieza de madera.
5. **Grado 5 muy pobre:** Con defectos muy severos, que para eliminarlos es necesario sanear la pieza de madera.

2.5 Variabilidad

La variabilidad dentro de una misma especie es el producto de un sistema de factores que afectan recíprocamente modificando los procesos fisiológicos responsables para la formación de la madera. Cambios pequeños en el grosor de la pared celular, longitud de la fibra, diámetro de las células, proporción de celulosa y que podrían parecer insignificantes, causan grandes diferencias en las propiedades físicas de la madera, (Universidad de los Andes, 1982).

2.6 Descripción de la especie en estudio

2.6.1 Clasificación Botánica

Familia: PINACEAE

Nombre Científico: *Pinus patula* Schlecht.et Cham.

Nombres comunes: Pino pátula, penador de neblinas, ocote, pino llorón, pino triste, pino lacio, pino colorado, pino chino, pino xalacote, pino macho, ocote liso, ocote colorado (Martínez, M.1994).

2.6.2 Distribución Natural

Pinus patula es originario de México. El área de distribución es limitada y continua, crece básicamente en tres zonas boscosas, en las faldas al este de la Sierra Madre Oriental, entre los paralelos de los 18 y 21 a altitudes de 1800 a 2700 msnm. En esta zona se encuentran frecuentemente asociado con *P. teocote* (Lamprecht, 1990).

2.6.3 Distribución Botánica

El árbol de *Pinus patula* alcanza una altura de aproximadamente de 35- 40 m (en plantaciones hasta 50m) y un DAP de hasta 120 cm (Lamprecht, 1990).

La copa es más o menos esférica. Sus acículas en forma de agujas colgantes, le confieren una apariencia característica de (pino llorón) (Lamprecht, 1990.).

La corteza es suberosa, de color grisáceo-marrón y con profundos surcos longitudinales; en un árbol maduro, ésta puede constituir hasta el 12% del volumen total. En sitios secos y en tierras bajas algunos árboles desarrollan una corteza casi completamente lisa. (Lamprecht, 1990).

Las hojas aciculares están en hacecillos de tres a cuatro (ramas a veces de cinco) y miden aproximadamente de 15 a 30 cm de largo, son colgantes y permanecen en el árbol de 2 a 4 años (Lamprecht, 1990).

Los conos son brillantes, de color gris claro a marrón, miden de 4 a 12 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 (Lamprecht, 1990).

2.6.4 Ecología

2.6.4.1 Requerimientos Ambientales

El *Pinus patula*, requiere de un clima moderadamente cálido, con temperaturas de 12 a 18 °C (La temperatura absoluta no debe ser menor a -10°C) (Lamprecht, 1990).

La precipitación media anual varía entre los 1000 y 2000mm., distribuidos preferentemente entre los meses de mayo y octubre (Lamprecht, 1990).

Se desarrolla principalmente en zonas templadas con exposiciones norte y aquellas que reciben una gran cantidad de niebla durante el año. Es posible encontrarlo en lugares donde llegan los vientos húmedos del Golfo de México,

aunque también puede crecer en donde no existe humedad relativa alta. Crece en terrenos de topografía plana y lomeríos con pendientes hasta de 100%.

2.6.4.2 Plagas

En las plantaciones de *Pinus patula* la principal plaga es *Diplodia pini* y *Rhizina undulada*, especialmente en regiones donde las tormentas de granizo son frecuentes. Entre los insectos dañinos, hasta ahora sólo son de importancia los insectos de orden Lepidóptera devoradores de hojas. En regiones con ventarrones frecuentes, ocurren a menudo quebraduras de fustes y ápices, pero raras veces la caída de los árboles (Lamprecht, 1990).

2.6.5 Silvicultura

Especie heliófila de rápido crecimiento alcanza su madurez reproductiva a temprana edad. A partir de los cinco años de edad ya produce semillas viables (Lamprecht, 1990).

2.6.5.1 Propagación

Por semillas y estructuras vegetativas, injerto (Aguilera, 2001).

2.6.6 Madera

Las características de la madera son expuestas por Escobar (1985), que señalan lo siguiente:

La albura es de color amarillento y el **duramen** presenta un color rojizo claro. A veces forma **anillos** de crecimiento bien definidos. **Olor** y **sabor** ausentes o no distintivos, salvo cuando se está aserrando que se produce un olor agradable de la resina que exuda. **Grano** recto. **Textura** mediana. **Brillo** bajo. **Veteado** de bonita apariencia sujeto a la formación de anillos de crecimiento.

2.6.6.1 Secado

Se seca relativamente bien tanto en el secado al aire libre como artificial (S.H), presentándose en ambos métodos torceduras que pueden hasta inutilizar por completo la pieza de madera(Escobar, 1985).

2.6.6.2 Durabilidad natural

Se puede considerar como no durable y es muy susceptible al ataque de hongos cromógenos (mancha azul) e insectos. Así mismo, es muy susceptible al ataque de hongos xilófagos.(Escobar, 1985).

2.6.6.3 Preservación

La madera es difícil de tratar por el sistema de difusión y es fácil tratable por los sistemas de inmersión, Baño caliente y frío y vacío- presión (Escobar, 1985).

2.6.6.4 Trabajabilidad

La madera se deja maquinar con relativa facilidad, aplicando las velocidades y ángulos de corte adecuados así como las correspondientes velocidades de alimentación. Cuando se presenta madera juvenil, se forma el grano levantado de aspecto lanoso(Escobar, 1985).

2.6.6.5 Propiedades físicas y mecánicas

Las propiedades mecánicas son muy bajas, lo cual concuerda con su densidad y las claves para identificación de resultados(Escobar, 1985).

2.6.6.6 Uso

La madera redonda se utiliza, para la construcción, mueblería y prefabricados; para pulpa y papel, encofrados, cajonería, interiores de muebles. Actualmente el

uso potencial es para chapas, baja lenguas, palillos; en forma de madera laminada y densificada se puede usar en mangos para herramientas, objetos torneados, bigas, contrachapados y Triplex (Escobar, 1985).

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL LUGAR DE EXTRACCIÓN DEL MATERIAL DE ESTUDIO

La Obtención de las viguetas (madera) para los diferentes estudios se lo realizó del ensayo de procedencias de *Pinus patula* ubicado en el Cantón Cotacachi en la comunidad de Iltaqi, este Proyecto de Mejoramiento genético Forestal fue ejecutado por el Ex INEFAN el 7 y 8 de mayo de 1998.



Figura 2. Plantación de *Pinus patula*, 12 años de edad.

3.1.1 Ubicación geográfica y política del sitio de extracción del material de estudio (Ver figura 3 y 4).

PROVINCIA :	Imbabura
CANTÓN :	Cotacachi
PARROQUIA :	El Sagrario
LOCALIDAD:	Comunidad de Iltaqui
ALTITUD :	2710 msnm
ÁREA:	1. 940 ha.
LATITUD :	0° 18' 26'' N
LONGITUD :	78° 18' 36'' W

3.1.2 Datos Climáticos

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL :	1356 mm. No existe ningún mes ecológicamente seco, siendo los de menor precipitación julio y Agosto. (Citado por Viscaino y Pupiales, 2008).
TEMPERATURA:	Media 10.5°C (Mín 8°C Máx 13 °C). (Citado por Viscaino y Pupiales, 2008).
CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA:	Bosque muy húmedo- Montano (bmh-M) (Holdridge).

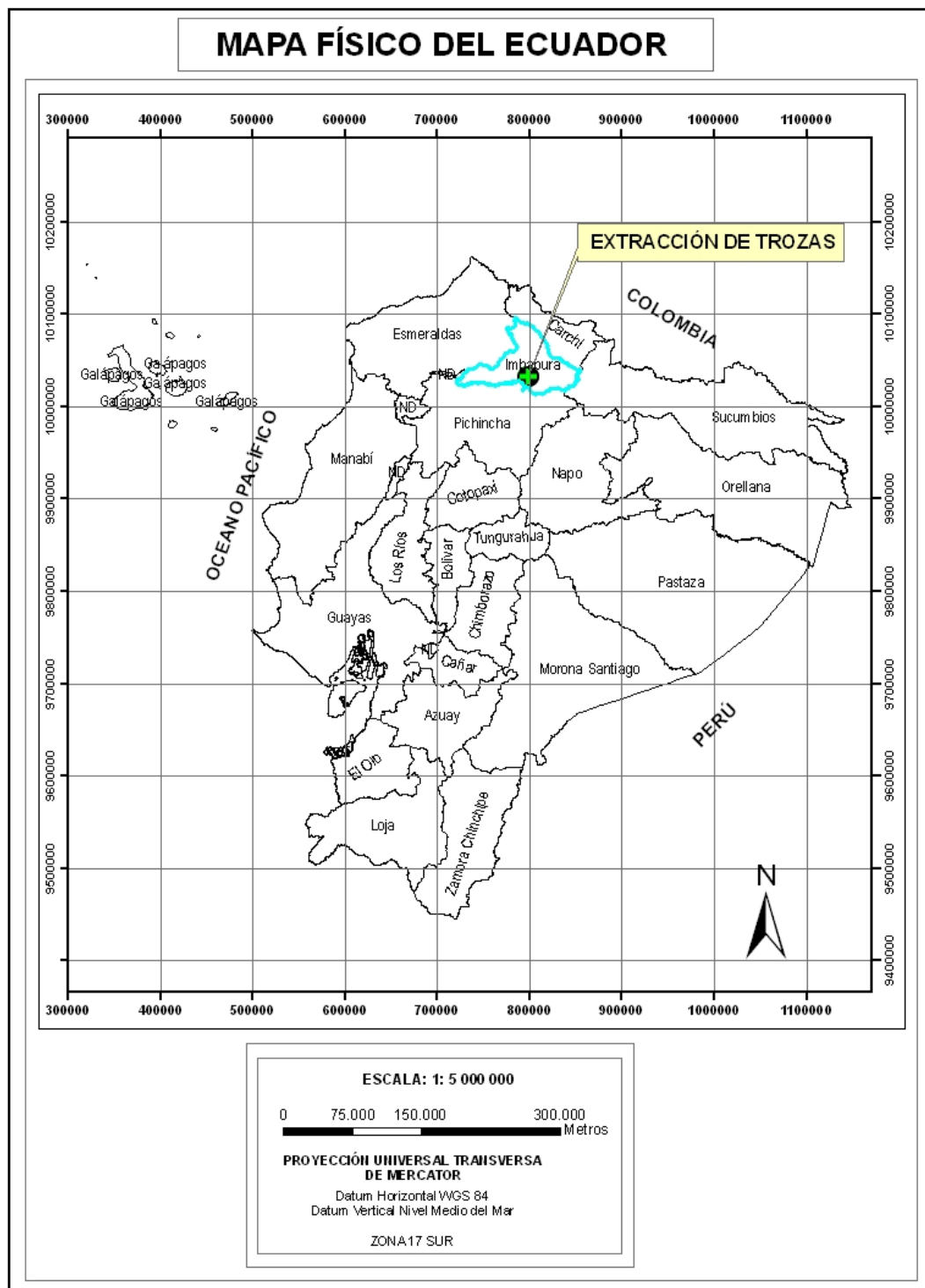


Figura 3. Ubicación Geográfica

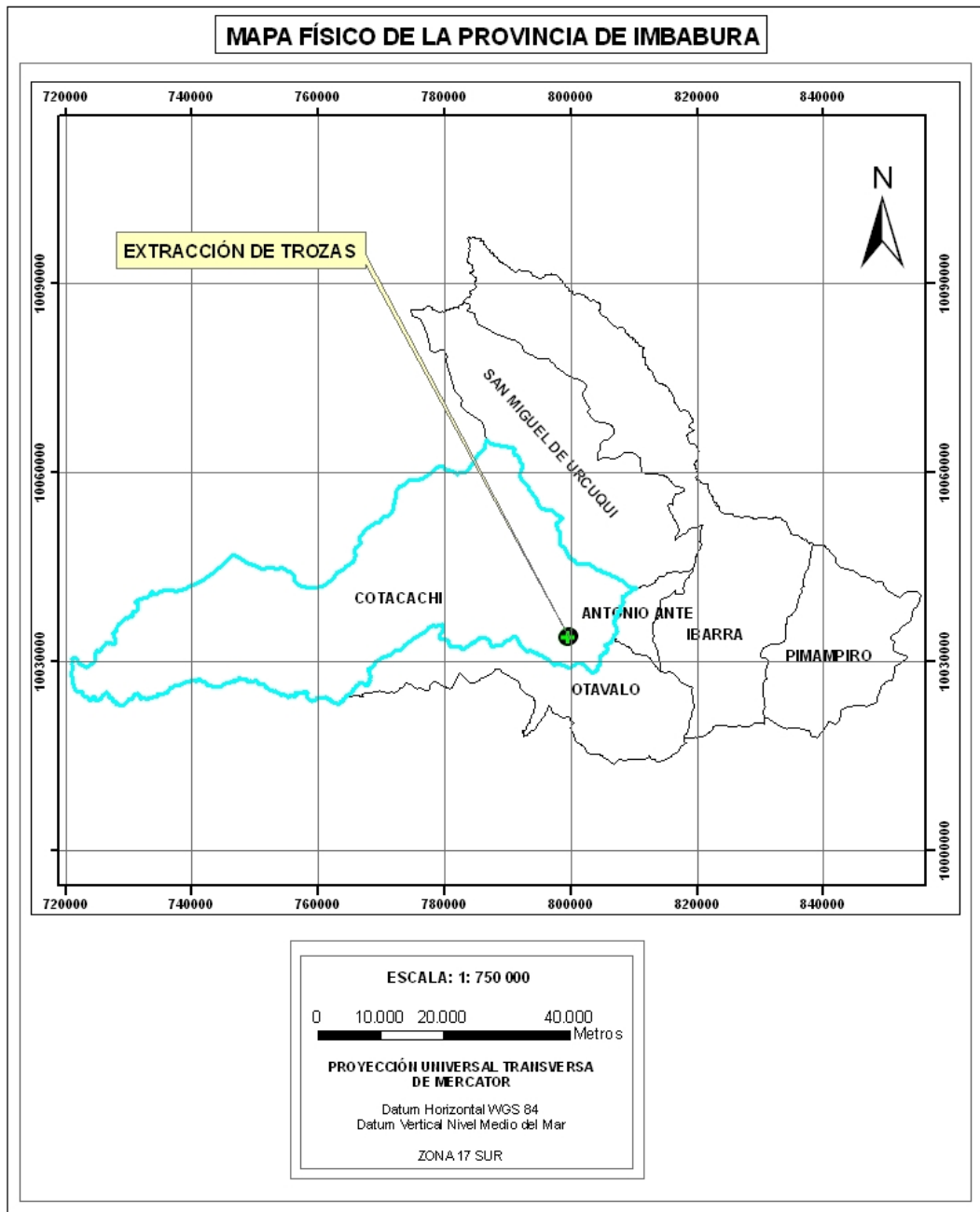


Figura 4. Ubicación del Área de Estudio

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 Materiales de Campo

- Cinta de marcaje
- Cinta diamétrica
- Cinta métrica
- Etiqueta
- Hipsómetro
- Libreta de campo
- Pintura
- Trozas

3.2.2 Maquinaria Equipo y Materiales

La Maquinaria, Equipos y materiales utilizados para el desarrollo del presente estudio fueron los siguientes:

3.2.2.1 Obtención y Acondicionamiento de probetas:

- Canteadora (sierra de mesa)
- Moto sierra
- Sierra circular
- Sierra radial
- Sierra de Cinta

3.2.2.2 Ensayo de Propiedades Físicas:

- Balanza eléctrica digital(precisión de 0,01gr.)
- Estufa eléctrica, provista de un termómetro regulador.
- Calibrador

- Estilete
- Y libreta de Apuntes.

3.2.2.3 Ensayo de Propiedades Mecánicas:

- Máquina universal de ensayos de resistencia de materiales.
- Dispositivos para cada ensayo
- Calibrador
- Balanza de precisión
- Libreta de apuntes

3.2.2.4 Ensayos de Trabajabilidad:

- Cepilladora (cepillo regruesador y cepillo planeador)
- Canteadora (sierra de mesa)
- Lijadora de banda
- Taladro de pedestal
- Torno manual
- Broca
- Tupí
- Formón

3.2.2.5 Materiales y Equipos de Oficina

- Cámara Fotográfica
- Computador
- Materiales de escritorio

3.2.2.6 Normas de Ensayo

Las propiedades físicas se realizaron según los estándares de las Normas COPANT y para el ensayo de propiedades mecánicas y trabajabilidad según las

Normas ASTM en razón a que la información generada pueda ser sujeta de comparación. Estas normas se detallan a continuación:

3.2.2.7 Normas para determinar las propiedades Físicas y mecánicas

ASTM D 143-09 Determinación de las propiedades mecánicas.

COPANT 458 Selección y colección de muestras

COPANT 459 Acondicionamiento de las maderas destinadas a los ensayos físicos y mecánicos.

COPANT 460 Métodos de determinación de contenido de humedad (Probetas de 3 cm x 3cm x 10cm).

COPANT 461 Método de determinación de densidad (probetas de 3 cm x 3cm x 10cm)

COPANT 462 Método de determinación de contracción (Probetas de 3x3x10cm).

3.2.2.8 Normas para el ensayo de Trabajabilidad

ASTM 1666-87 Ensayo de Cepillado (Probetas de 6x10x100cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de lijado (Probetas de 6x10x100cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de Moldurado (Probetas de 6x10x100cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de Taladrado (Probetas de 6x10x100cm)

ASTM 1666-87 Ensayo de Torneado (Probetas de 5x5x15cm)

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Revisión de bibliografía

Además se siguió pautas desarrolladas en otras investigaciones en las que indican que las variaciones entre los árboles son más significativas que la variación dentro del mismo árbol (Cerro Grande, 2005).

3.3.2 Etapas de la investigación

3.3.2.1 Reconocimiento del sitio de donde se obtuvo las muestras para la investigación

El área de extracción de las trozas de *Pinus patula* cubre 1,94 ha. de bosque y corresponde a un avance en el conocimiento del estudio “Evaluación de Procedencias de *Pinus patula*” ubicado en la Provincia de Imbabura en la comunidad de Iltaqui.

3.3.2.2 Selección de los árboles

Para los diferentes ensayos se seleccionaron 7 árboles, con base en los siguientes criterios: árboles sanos, troncos rectos (lo más cilíndrico posible) y ser representativos de la plantación forestal (Ensayo de Procedencias) en diámetro.

El número de árboles seleccionados se hizo tomando en cuenta el grado de precisión que se desea lograr en los diferentes ensayos.

3.3.2.3 Tumba de árboles, corte de bloques y Codificación

Los árboles seleccionados se cortaron, una vez tumbados se marcaron en trozas de 2.40 m de largo y se extrajo las trozas 1 y 2 a partir de la base del árbol. Posteriormente, cada una de ellas fue aserrada con la ayuda de una moto sierra.

Las piezas obtenidas (bloques) se marcaron con un código, en el que se indica el número de árbol y el orden de la troza para su fácil identificación. Para el dimensionamiento de los bloques se tomaron en cuenta las Normas de la Sociedad Americana para pruebas y Materiales (ASTM por sus siglas en inglés) y las Normas COPANT, que son similares.

3.3.2.4 Tratamiento de bloques y transporte

Se fumigó los bloques con Maderol para evitar la presencia de hongo. Se sellaron los extremos con fundas plásticas, se transportó las piezas inmediatamente para evitar deshidratación y no sufran defectos producto de la pérdida del contenido de humedad (tensión).

3.3.2.5 Preparación, selección de viguetas y probetas

Se realizaron a partir de cada una de las trozas, cortes paralelos obteniéndose piezas con un espesor de 0.08 m incluida la médula y una longitud del total de la troza de 2.40 m, esto para los ensayos de Propiedades físicas-Mecánicas (Ver Figuras 5 y 6). En cambio para los ensayos de trabajabilidad se prepararon viguetas de 0.12 x 0.07 m de ancho y espesor y del largo total de la troza orientadas a su vez en los tres cortes: Tangencial, Radial y Oblicuo (Ver Figura 7). De las viguetas obtenidas se seleccionaron para la preparación de las probetas para realizar los ensayos correspondientes. Cada probeta se codificó para su fácil identificación de la siguiente forma:

2 P 3 – A

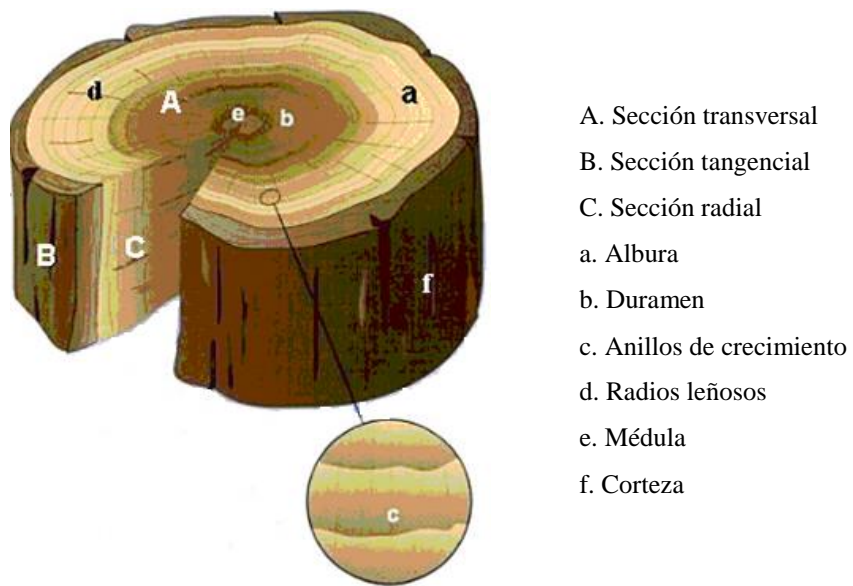
Dónde:

2 = número del árbol

P = especie (*Pinus patula*)

3 = número de troza en cada árbol

A = Orden de la Probeta



- A. Sección transversal
- B. Sección tangencial
- C. Sección radial
- a. Albura
- b. Duramen
- c. Anillos de crecimiento
- d. Radios leñosos
- e. Médula
- f. Corteza

Figura 5. Estructura macroscópica de la madera:

Fuente: Martínez & Vignote, 2006

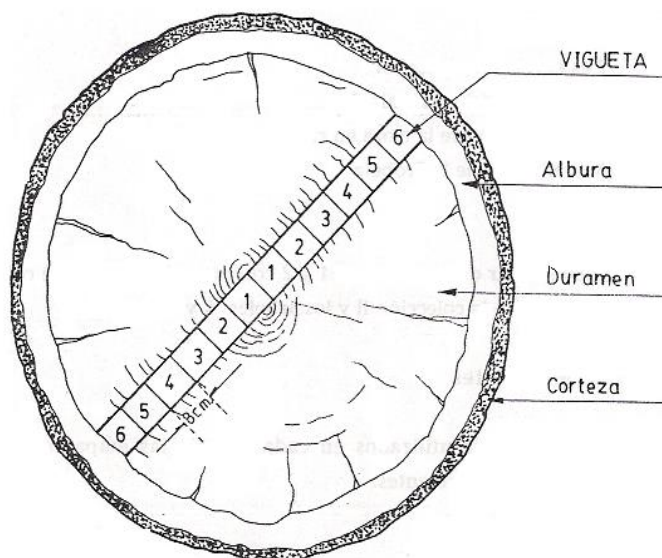
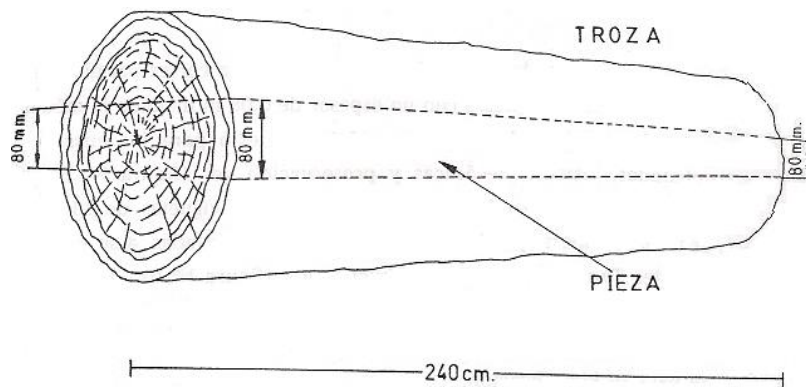
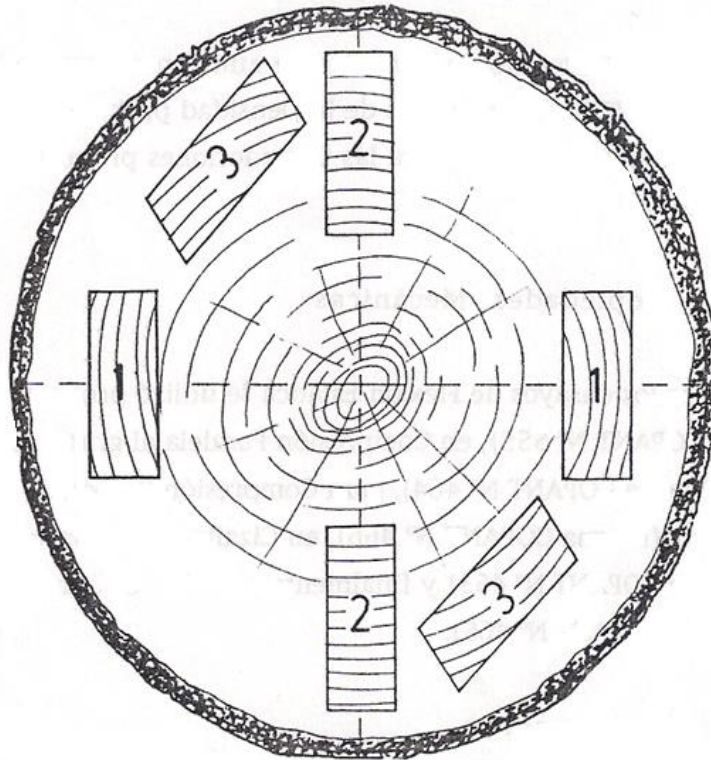


Figura 6. Preparación, selección de Viguetas y Probetas.

Fuente: Normas INEN (23).



- 1 Corte Tangencial.
- 2 Corte Radial.
- 3 Corte Oblicuo.

Figura 7. Tipo de corte en la troza para la obtención de probetas.

Tomado: Herrera e Hidalgo (6)

3.3.2.6 Determinación de las Propiedades Físicas

La maderera como materia prima de cualquier proceso industrial o de transformación, depende entre otros factores del conocimiento de sus propiedades físicas. Las propiedades físicas incluyen la humedad y su efecto sobre el comportamiento de la madera y sus cambios dimensionales. Como la madera es un material poroso y heterogéneo en su estructura y que presenta un comportamiento anisotrópico e higroscópico, sus propiedades físicas son también variables. El conocimiento de las propiedades físicas básicas de la madera tales como contenido de humedad, densidad y cambios dimensionales, permite procesarla bien y mejor utilización de la madera como material.

En el presente estudio se contempla la determinación de las siguientes propiedades físicas: contenido de humedad; Densidad en estado Saturado, densidad en estado seco al aire, densidad en estado anhidro, densidad básica, Contracción normal (Tangencial, radial, longitudinal, volumétrica) y Contracción total (Tangencial, radial, longitudinal, volumétrica) Estos ensayos se los realizó en el Laboratorio de Usos Múltiples de la FICAYA- UTN.

3.3.2.6.1 Contenido de humedad

Para determinar el contenido (CH) se utilizó siete probetas libre de defectos para cada uno de los árboles muestreados (42 probetas en total).

Esta propiedad se determinó según los estándares de las Normas COPANT 460.

a) Dimensión de Probetas

Para este ensayo se utilizó probetas con las siguientes dimensiones: 10 cm de longitud y de 3 cm x 3 cm de sección transversal, orientadas de tal forma que se distinguen dos caras radiales y dos caras tangenciales. Ver figura 8.

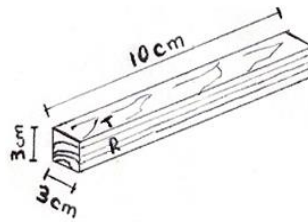


Figura 8. Dimensión de probeta para determinar propiedades Físicas.

Tomado de: Normas CAPANT.

b) Procedimiento del ensayo

Para determinar el CH se realizó en función del peso, las probetas fueron pesadas en condición verde (peso húmedo). Luego se determinó el peso en estado anhidro; se colocaron las probetas en estado verde al ambiente por el tiempo de 12 horas, luego en el cuarto climatizado por 24 horas a una temperatura de 20 ° C y una humedad relativa del 65%, posteriormente se colocaron en una estufa eléctrica provista de termo regulador a una temperatura inicial de 40 ° C durante 6 horas; luego se elevó a 70° C durante 18 horas. Se retiró las probetas a las 24 horas tras permanecer a una temperatura de 102 +/- 3 ° C, obteniéndose así el peso en estado anhidro.

c) Fórmulas para el Cálculo

El cálculo del contenido humedad (CH) se lo realizó mediante la siguiente fórmula:

$$CH\% = \frac{P.V. - P.S.H.}{P.S.H.} \times 100$$

Donde:

CH. = Al contenido de humedad expresada en porcentaje (%).

P.V. = Es el peso de la probeta en estado verde expresado en gramos (gr).

P.S.H.= Al peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

3.3.2.6.2 Densidad

Para determinar esta propiedad se utilizó siete probetas de seis árboles muestreados (42 probetas en total). Esta propiedad se determinó según los estándares de la norma COPANT 461.

a) Dimensión de Probetas

Para este ensayo se utilizó probetas con las siguientes dimensiones: 10 cm de longitud y de 3 cm x 3 cm de sección transversal, orientadas de tal forma que se distingan dos caras radiales y dos caras tangenciales. Ver figura 9.

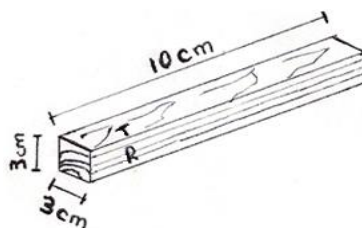


Figura 9. Orientación y dimensionamiento de probetas.

Tomado de: Normas COPANT.

b) Procedimiento del ensayo

Para determinar la densidad se tomó en cuenta las tres etapas de acuerdo con el estado de las probetas y por el contenido de humedad: madera en condición verde, seca al aire, seca al horno.

Madera en Condición Verde

Para determinar la densidad en estas condiciones, las probetas fueron almacenadas en fundas plásticas, se pesó en una balanza de precisión y así obtuvo el peso verde

(PV). Luego se realizó la medición con el calibrador o pie de Rey en las 6 caras, esto para determinar el volumen verde y posteriormente se realizó los cálculos de la densidad en esta condición.

Madera en Estado Seco al Aire

Las probetas se dejaron al ambiente durante 2 días, luego fueron colocadas en un cuarto climatizado a una temperatura de 20 ° C a una humedad relativa del 65 %. Se registró valores periódicos hasta obtener un peso constante (P.S.A).

Madera en estado Seco al Horno

Se colocó las probetas en la estufa, durante 6 horas a una temperatura de 40 ° C; 18 horas a 70 ° C; y, finalmente 24 horas a una temperatura de 103 ° C +/- 2° C. Luego se pesó y se realizó la medición en todas las probetas, utilizando el calibrador para obtener la densidad Anhidra.

c) Fórmulas para el Cálculo

Para los cálculos de densidad en los tres estados de las probetas (verde, seco al aire y seco al horno) se lo realizó mediante las siguientes fórmulas:

Densidad en condición verde (D.V):

$$D.V = \frac{P.V.}{V.V.} gr/cm^3$$

Donde:

D.V. = Densidad de la probeta en condición verde expresada en gramos /cm³

P.V. = Es el peso de la probeta en estado verde expresado en gramos (gr).

V.V.= Volumen de la probeta en estado verde expresado en cm³.

Densidad en condición seca al aire (D.S.A):

$$D.S.A. = \frac{P.S.A.}{V.S.A.} \text{ gr./cm}^3$$

Donde:

D.S.A. = Densidad de la probeta en condición seca al aire expresada en g / cm³

P.S.A. = Es el peso de la probeta en estado seco al aire expresado en gramos (gr)

V.S.A.= Volumen de la probeta en estado seco al aire expresado en cm³ (gr)

Densidad Anhidra (D.A):

$$D.A. = \frac{P.S.H.}{V.S.H.} \text{ gr./cm}^3$$

Donde:

D.A. = Densidad de la probeta en estado anhidro expresada en gr/ cm³

P.S.H. = Es el peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr)

V.S.H.= Volumen de la probeta en estado seco al horno expresado en cm³ (gr).

Densidad Básica (D.B.)

$$D.B. = \frac{P.S.H.}{V.V.} \text{ gr/cm}^3$$

Donde:

D.B. = Densidad básica expresada gr/cm³

P.S.H. = Es el peso de la probeta en estado seco al horno expresado en gramos (gr).

V.V.= Volumen de la probeta en estado seco verde expresado en cm³.

3.3.2.6.3 Contracción

El contenido de humedad de las probetas utilizadas fue mayor al punto de saturación de las fibras, según las normas COPANT 462.

a) Dimensión de Probeta

Las probetas seleccionadas para este ensayo fueron prismas rectos de 3 x 3 cm y de 10 cm de longitud, direccionados de modo que una de las caras opuestas entre sí sea una superficie tangencial a los anillos de crecimiento, de tal manera que las otras dos caras resultan ser una superficie radial (Ver figura 10).

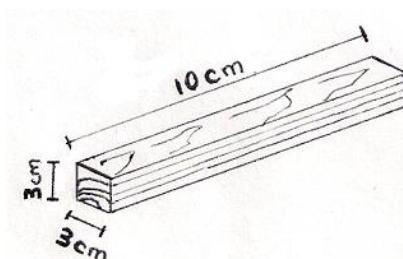


Figura 10. Dimensión de probeta para ensayo de Contracción

Fuente: El Autor

b) Procedimiento del ensayo

Se señaló las probetas en las 6 caras con la finalidad de indicar las posiciones donde debe realizarse la medición, (Ver figura 11). Se procedió a medir con el calibrador en las tres dimensiones de las probetas: radial, tangencial y longitudinal, de la siguiente forma:

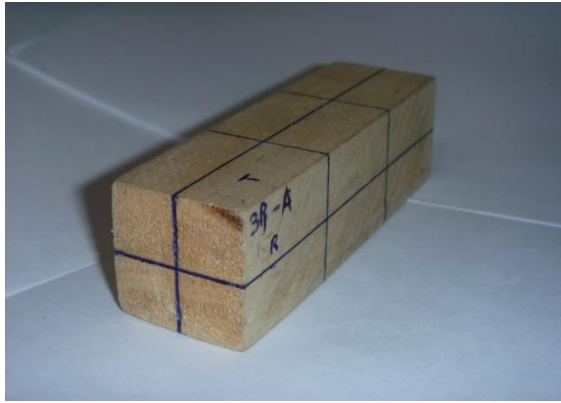


Figura 11. Probeta para ensayo de contracción

Fuente: El Autor

Dimensión Longitudinal, se midió la probeta de una a la otra base en los puntos centrales de la base.

Dimensión Radial, esta medición se la realizó entre la separación existente entre las dos caras tangenciales a 1,5 cm de las bases y al centro de la probeta.

Dimensión Tangencial, con el mismo procedimiento de la dimensión radial; fue medida entre las dos caras radiales.

c) Fórmulas para el Cálculo

Los datos obtenidos de los diferentes ensayos de contracción Normal y total se procedieron a calcular mediante las siguientes fórmulas:

- **Contracción Normal:**

Contracción radial Normal (C.R.N.)

$$\text{C.R.N. (\%)} = \frac{D.R.V. - D.R.S.A}{D.R.V.} \times 100$$

Donde:

C.R.N. = Es la contracción en sentido radial normal de la probeta en condición verde al estado seco al aire expresada en porcentaje (%).

D.R.V. = Es la dimensión radial en estado verde de la probeta expresada en milímetros (mm).

D.R.S.A.= Es la dimensión radial de la probeta en condición seco al aire, expresado en milímetros (mm).

Contracción tangencial normal (C.T.N.):

$$C.T.N. (\%) = \frac{D.T.V. - D.T.S.A}{D.T.V} \times 100$$

Donde:

C.T.N. = Es la contracción en el sentido tangencial normal de la probeta en condición verde al estado seco al aire, expresada en porcentaje (%).

D.T.V. = Es la dimensión tangencial de la probeta en estado verde expresada en milímetros (mm).

D.R.S.A.= Es la dimensión tangencial de la probeta en condición seco al aire, expresado en milímetros (mm).

Contracción longitudinal normal (C.L.N.).

$$C.L.N. (\%) = \frac{D.L.V. - D.L.S.A.}{D.L.V} \times 100$$

Donde:

C.L.N. = Es la contracción longitudinal normal de la probeta en condición verde al seco al aire, expresada en porcentaje (%).

D.L.V. = Es la dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada en milímetros (mm).

D.L.S.A.= Es la dimensión longitudinal de la probeta en condición seco al aire, expresado en milímetros (mm).

Contracción volumétrica normal (C.V.N.).

$$C.V.N. = C.R.N. + C.T.N. - \frac{C.R.N \times C.T.N.}{100}$$

Donde:

C.V.N. = Es la contracción volumétrica normal de la probeta del estado verde al estado seco al aire, expresada en porcentaje (%).

C.R.N. = Es la contracción radial normal de la probeta, expresada en porcentaje (%).

C.T.N. = Es la contracción tangencial normal de la probeta, expresada en porcentaje (%).

- Contracción Total:

Contracción radial total (C.R.T)

$$C.R.T. (\%) = \frac{D.R.V. - D.R.S.H.}{D.R.V} \times 100$$

Donde:

C.R.T. = Es la contracción radial total de la probeta del estado verde al estado seco al horno, expresada en porcentaje (%).

D.R.V. = Es la dimensión radial de la probeta en estado verde expresada, en milímetros (mm).

D.R.S.H. = Es la dimensión radial de la probeta en estado seco al horno, expresado en milímetros (mm).

Contracción tangencial total (C.T.T).

$$C.T.T. (\%) = \frac{D.T.V. - D.T.S.H.}{D.T.V.} \times 100$$

Donde:

C.T.T. = Es la contracción tangencial total de la probeta del estado verde al estado seco al horno, expresada en porcentaje (%).

D.T.V. = Es la dimensión tangencial de la probeta en estado verde expresada, en milímetros (mm).

D.T.S.H. = Es la dimensión tangencial de la probeta en estado seco al horno, expresado en milímetros (mm).

Contracción longitudinal total (C.L.T).

$$C.L.T. (\%) = \frac{D.L.V. - D.L.S.H.}{D.L.V.} \times 100$$

Donde:

C.L.T. = Es la contracción longitudinal total de la probeta del estado verde al estado seco al horno, expresada en porcentaje (%).

D.L.V. = Es la dimensión longitudinal de la probeta en estado verde expresada, en milímetros (mm).

D.L.S.H. = Es la dimensión longitudinal de la probeta en estado seco al horno, expresado en milímetros (mm).

Contracción volumétrica total (C.V.T)

$$C.V.T. = C.R.T. + C.T.T. - \frac{C.R.T. \times C.T.T.}{100}$$

Donde:

C.V.T. = Es la contracción volumétrica total de la probeta del estado verde al estado seco al horno, expresada en porcentaje (%).

C.R.T. = Es la contracción radial total de la probeta, expresada en porcentaje (%).

C.T.T. = Es la contracción tangencial total de la probeta, expresada en porcentaje (%).

- **Relación tangencial/ radial (T/R).**

$$T/R = \frac{C.T.T.}{C.R.T.}$$

Dónde:

C.T.T. = Es la contracción tangencial total de la probeta, expresada en porcentaje (%).

C.R.T. = Es la contracción radial total de la probeta, expresada en porcentaje (%).

3.3.2.7 Determinación de las propiedades Mecánicas

Este ensayo se realizó en madera seca al aire, 12% de contenido de humedad aproximadamente, contempla la determinación de: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza. Para tal fin se utilizó una máquina universal de pruebas mecánicas *Tinius Olsen*®, provista de un sistema hidráulico, transductor y software especializado para procesar la información generada en cada ensayo (Ver figura 12).

Estos ensayos se los realizó en el Laboratorio de resistencia de Materiales de la Escuela Politécnica Nacional.



Figura 12. Máquina de ensayo universal.

Fuente: El Autor

3.3.2.7.1 Flexión Estática

La prueba de flexión estática consistió en encontrar las deformaciones y la falla de las probetas sometidas a una aplicación de una carga a una velocidad constante, según la norma ASTM D143-09. La velocidad de aplicación de la carga para este ensayo fue de 2.5mm/minuto y con 71cm de luz entre los apoyos. Se seleccionó cinco árboles, se realizó seis ensayos por árbol (30 en total).

a) Dimensión de Probetas

Para este ensayo se utilizó probetas con las siguientes dimensiones: 76 cm de longitud y de 5 x 5 cm de sección transversal, orientadas de tal forma que se distinguen dos caras radiales y dos caras tangenciales (Ver figura 13).

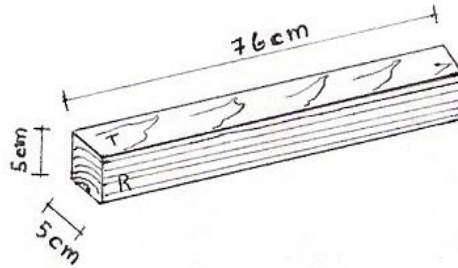


Figura 13. Dimensionamiento de probetas para el ensayo de flexión estática
Tomado de: Normas ASTM D143-09 (3).

b) Procedimiento del ensayo

Se realizó el dimensionamiento de las Probetas en los tres planos (radial, tangencial y longitudinal); una vez realizada la medición se fijó a cada una de las probetas sobre los apoyos a una distancia de 2,5 cm de los extremos, para obtener una luz de 71 cm. Cada una de las probetas se colocó de tal manera que al aplicar la carga en su cara tangencial, ésta sea aplicada exactamente en el centro de la probeta (ver figura 14 y 15). Se usó como elemento de carga un cabezal de metal, de forma y tamaño indicado en la figura 16.

La carga aplicada fue continua con una velocidad de 2.5 mm/min, hasta llegar a registrar las cargas máximas de resistencia y de ruptura (Ver Figura17).

c) Fórmulas para el cálculo

Esfuerzo Unitario en el Límite Proporcional (E.F.L.P.)

En el gráfico carga - deformación se puede observar la carga P1, en donde la recta termina y empieza a curvar. Esta carga se denomina carga al límite proporcional o también llamado límite elástico de la madera y se calcula con la siguiente fórmula:

$$E.F.L.P = \frac{1.5 \times L \times P1}{b \times h^2} \text{ kg./cm}^2$$

Donde:

E.F.L.P. = Es el esfuerzo unitario en el límite proporcional expresado en kg/cm^2 .

P1 = Es la carga en el límite proporcional en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm^2).

1,5 = Constante.

L = Luz de la probeta en centímetros.

b = Corresponde al ancho de la probeta en centímetros.

h^2 = Corresponde a la altura de la probeta en centímetros elevado al cuadrado.

Módulo de Ruptura o Esfuerzo Unitario Máximo (MOR):

$$\text{M.O.R.} = \frac{1,5 \times L \times P2}{b \times h^2} \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

MOR = Es el esfuerzo unitario máximo expresado en kgf/cm^2 .

P2 = Es la carga máxima obtenida en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm^2).

1,5 = Constante.

L = Luz de la probeta en centímetros.

b = Corresponde al ancho de la probeta en centímetros.

h^2 = Corresponde a la altura de la probeta en centímetros elevado al cuadrado.

Módulo de Elasticidad (MOE)

$$\text{M.O.E.} = \frac{0,25 \times L^3 \times P1}{b \times h^3 \times Y^3} \text{ Kg/cm}^2$$

Donde:

MOE = Es el módulo de elasticidad expresado en kgf/cm^2 .

P_1 = Es la carga en el límite proporcional en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado (kgf/cm^2).

0,25 = Constante.

L^3 = Luz de la probeta en cm^3 .

b = Corresponde al ancho de la probeta en centímetros.

h^3 = Altura de la probeta en cm^3 .

Y^3 = La deflexión en el Límite proporcional en cm^3 .

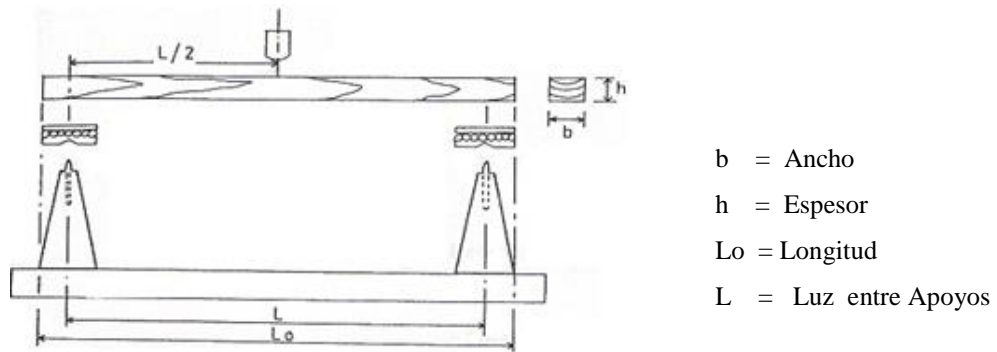


Figura 14. Propiedades Mecánicas: Flexión Estática, Disposición de Probetas y Accesorios

Tomado de: Normas COPANT (22).

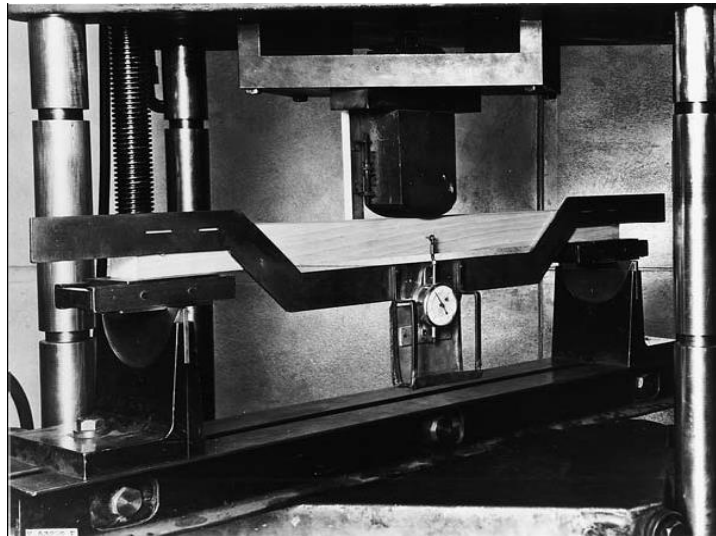


Figura 15. Flexión Estática, Disposición de Probetas y Accesorios.

Tomado de: Norma ASTM D143 – 09 (4).

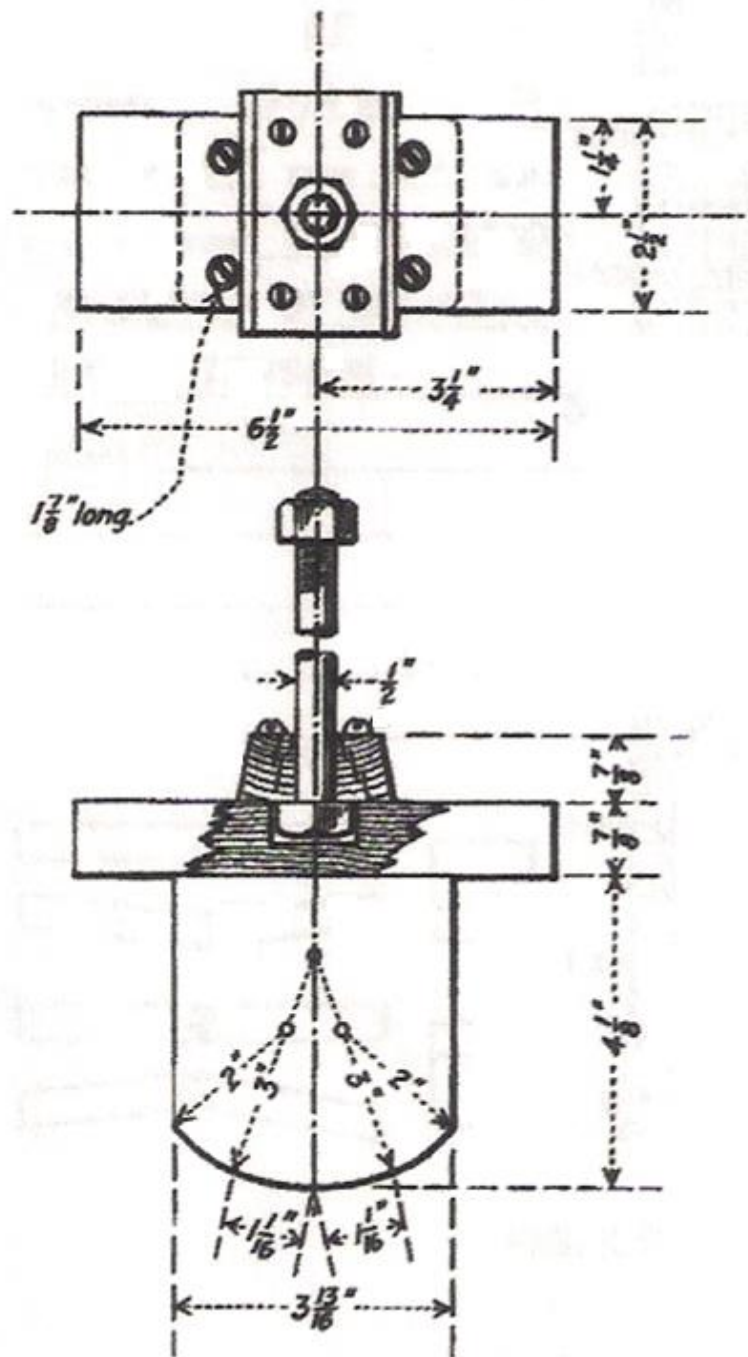


Figura 16. Detalles y dimensiones del cabezal para ensayos de Flexión Estática.

Tomado de: Normas ASTM D143-09 (4).

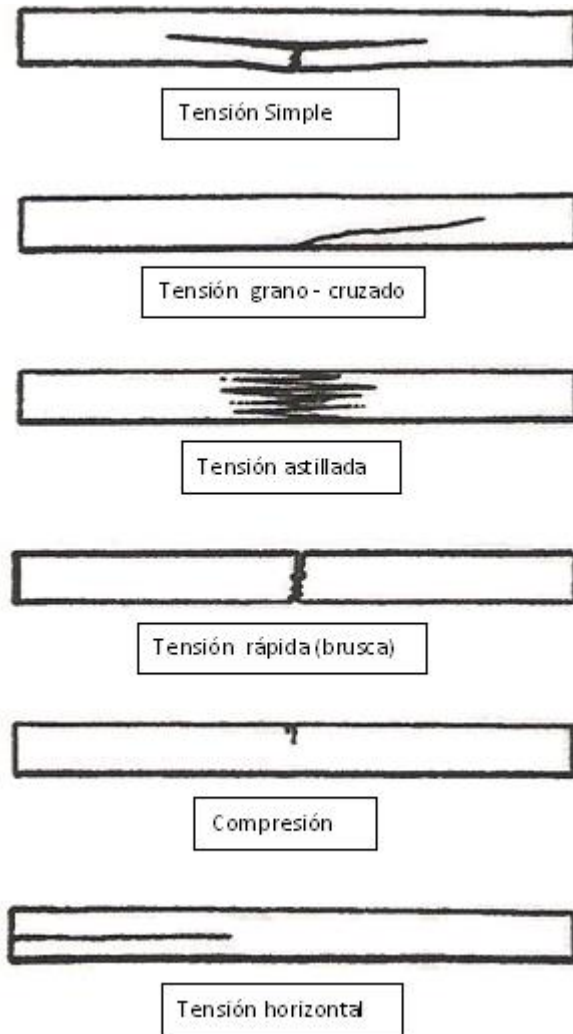


Figura 17. Tipo de fallas en flexión estática
Tomado de: Normas ASTM D143-09 (6)



Figura 18. Ensayo de flexión estática

Fuente: El Autor

3.3.2.7.2 Compresión paralela al Grano

El ensayo de compresión paralela, consistió en encontrar las deformaciones y la falla de las probetas sometidas a una aplicación de una carga paralela al grano a una velocidad constante, según los estándares de la Norma ASTM D143-09. La velocidad de aplicación de la carga para este ensayo fue de 0,6mm/minuto. Se seleccionó cinco árboles, se realizó seis ensayos por árbol (30 probetas en total).

a) Dimensión de Probeta

En ensayo se utilizaron probetas con las siguientes dimensiones: 20 cm de longitud y de 5cm x 5cm de sección transversal, orientadas de tal forma que se distinguen dos caras radiales y dos caras tangenciales.

b) Procedimiento del Ensayo

Para este tipo de ensayo se utilizó la máquina universal para pruebas de resistencia de materiales, con dispositivos para compresión paralela, la carga sobre las bases fue aplicada en forma continua a lo largo del ensayo, hasta

producir la falla. La máquina dispone de un registrador de la deformación (deflectómetro) instalado a un computador y con la ayuda de un Software grafica la relación carga –deformación. Los datos necesarios para el cálculo se obtuvieron directamente del gráfico (Ver figura 19).



Figura 19. Registrador de la deformación (deflectómetro)

Fuente: El Autor

c) Fórmulas para el Cálculo

Esfuerzo Unitario en el Límite Proporcional (E.F.L.P.)

En el gráfico carga - deformación se puede observar la carga P1, en donde la recta termina y empieza a curvar. Esta carga se denomina carga al límite proporcional o también llamado límite elástico de la madera y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{E.F.L.P.} = \frac{P1}{b \times d} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

E.F.L.P = Es el esfuerzo en el límite proporcional, expresado en kg/cm^2 .

P1 = Es la carga en el límite proporcional en kg.

b = Es el ancho de la probeta en cm.

d = Es el espesor de la probeta en cm.

Módulo de Ruptura (M.O.R.)

$$\text{M.O.R.} = \frac{P2}{b \times d} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

M.O.R = Es el módulo de ruptura o esfuerzo de ruptura en kg/cm^2 .

b = Ancho de la probeta en cm.

d = Espesor de la probeta en cm.

Módulo de elasticidad (M.O.E.)

$$\text{M.O.E.} = \frac{LXP1}{bxdy} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

M.O.E. = Módulo de elasticidad en kg/cm^2 .

L = Es la luz en cm.

b = Ancho de la probeta en cm.

d = Espesor de la probeta en cm.

y = Deformación o comportamiento en el límite proporcional obtenida en el gráfico en cm.

1. Base Fija
2. Cabezal con articulación esférica
3. Probeta
4. Abrazadera Simple
5. Abrazadera con Deflectómetro

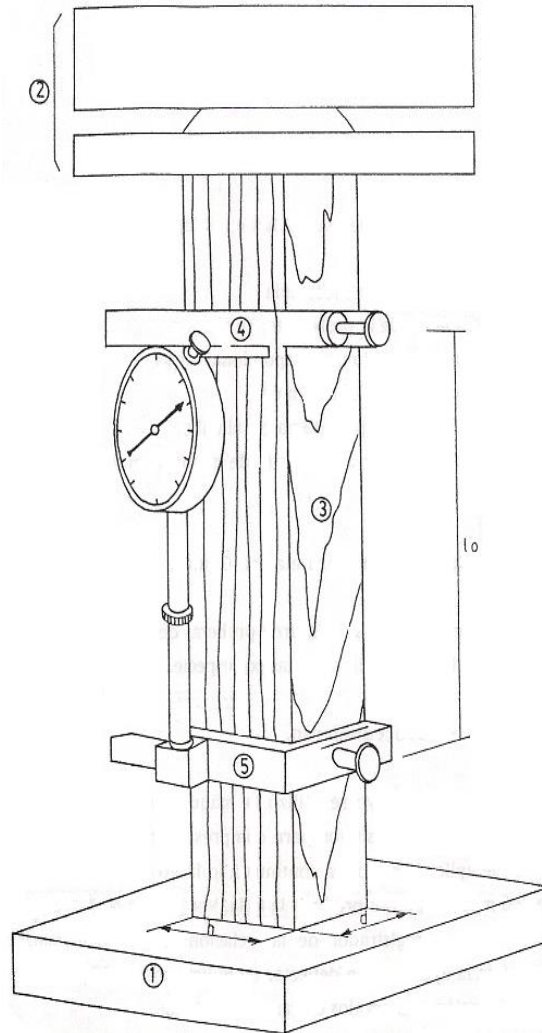


Figura 20. Propiedades Mecánicas: Compresión Paralela al Grano, Disposición de Accesorios y Probetas

Tomado de: Normas COPANT (22)

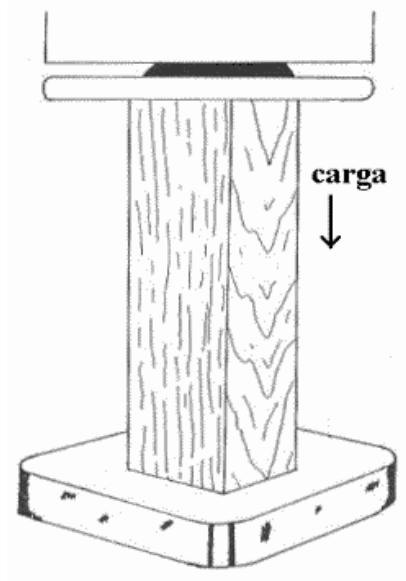


Figura 21. Probeta para ensayo de compresión paralela al grano

Fuente: El Autor



Figura 22. Ensayo de compresión paralela

Fuente: El Autor

3.3.2.7.3 Compresión Perpendicular

a) Dimensión de Probeta

Para este ensayo se utilizaron probetas de 5 x 5 x 15 cm; según la norma ASTM D-143 (Ver figura 23).

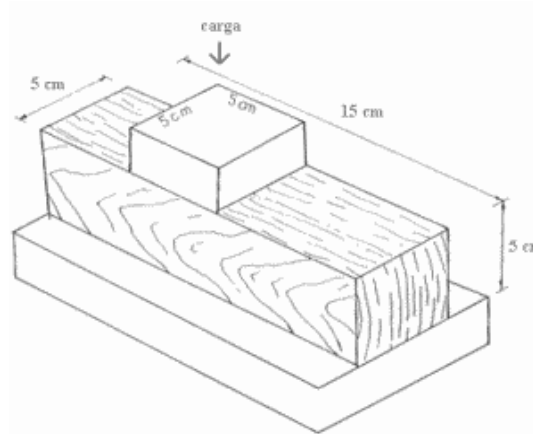


Figura 23. Probeta para ensayo de compresión perpendicular al grano

Fuente: El Autor

b) Procedimiento del Ensayo

Este ensayo se lo realizó en la máquina universal de resistencia de materiales; con los implementos necesarios para compresión perpendicular a una velocidad de 0,3 mm/ min, manteniéndose constante durante el ensayo. Además la máquina dispone de un registrador (deflectómetro) el cual grafica la relación carga – deformación, los datos necesarios para el cálculo se los obtiene directamente del gráfico (Ver Figura 24 y 25).

c) Fórmulas para el Cálculo

$$E.F.L.P. = \frac{P_1}{b \times h} \text{ kg/cm}^2$$

Donde:

E.F.L.P = Es el esfuerzo en el límite proporcional, expresado en kg/cm^2 .

P1 = Es la carga en el límite proporcional en kg.

b = Es el ancho de la probeta en cm.

h = Altura del bloque metálico en cm.

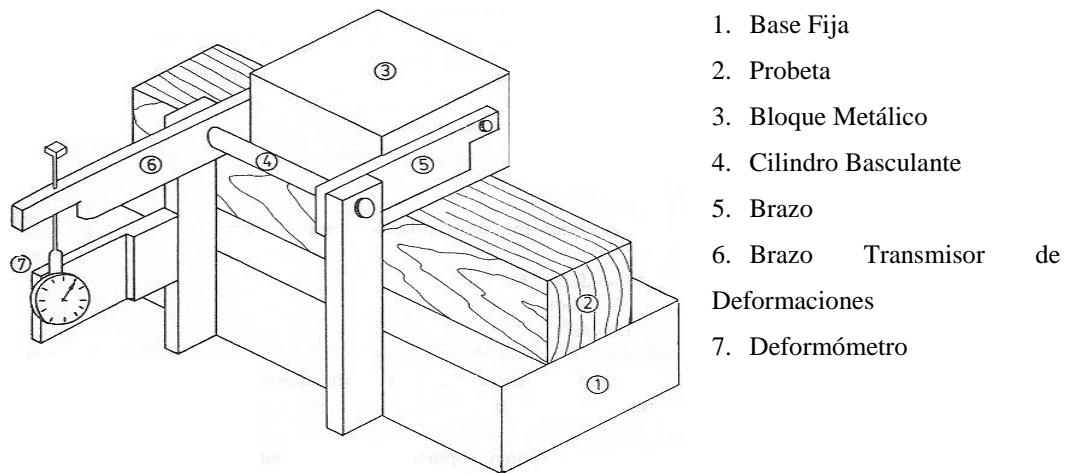


Figura 24. Accesorio para Compresión Perpendicular al Grano
 Tomado de: Normas COPANT (22)

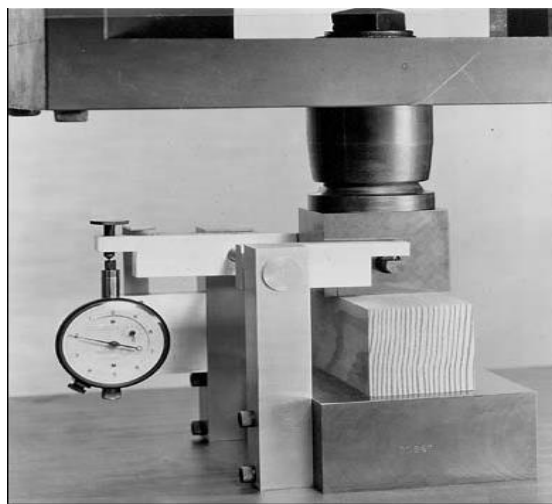


Figura25. Accesorios para Compresión Perpendicular al Grano
 Tomado de la Norma ASTM- D143-09 (13)



Figura 26. Ensayo de Compresión Perpendicular.

Fuente: El Autor

3.3.2.7.4 Dureza (Janka)

a) Dimensión de Probeta

Según la norma ASTM D143-09 para este ensayo se utilizó 6 probetas por árbol (30 en total) de 5 x 5 x 15 cm, orientadas de tal manera que sus dos caras sean paralelas al grano y las otras dos paralelas a los anillos de crecimiento, por lo que se determinó sus caras radiales y tangenciales (Ver figura 27).

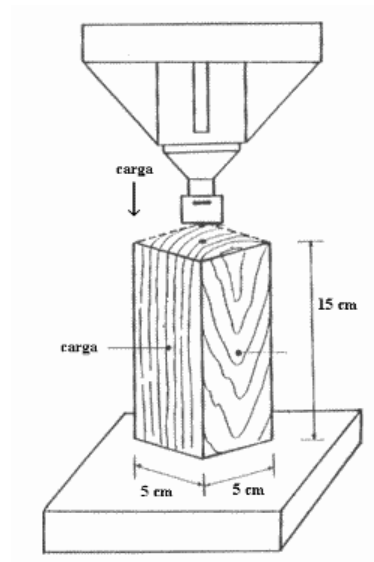


Figura 27. Probeta para ensayo de dureza (Janka)

Fuente: El Autor

b) Procedimiento

Se aplicó una carga a una velocidad de 0.6 mm/ minuto, con la máquina prensa Universal accionada de manera que la semiesfera penetre en cada uno de los dos lados contiguos de la probeta, así como en cada uno de sus extremos hasta que la penetración de la semiesfera se encuentre por llegar a su máximo momento en cual el anillo deja de ser móvil, lo que significa que se ha obtenido la penetración total de la semiesfera (Ver figura 28y 29).

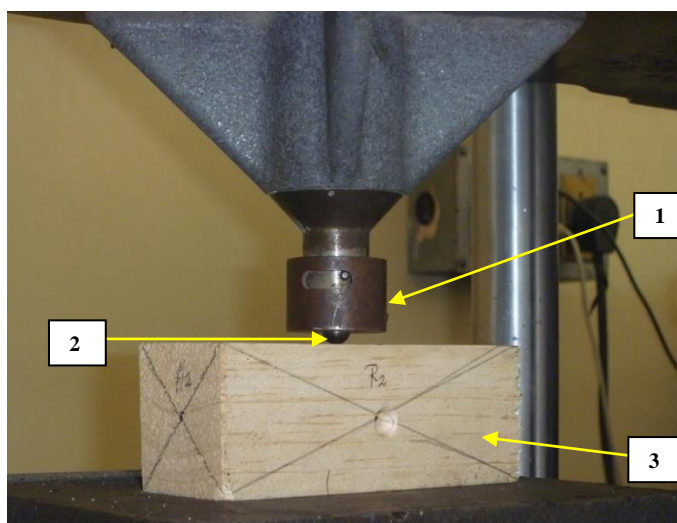


Figura 28. Accesorios para el ensayo de dureza (1 Anillo móvil; 2 Esfera; 3 Probeta)

Fuente: El Autor



Figura 29. Ensayo de dureza (janka).

Fuente: El Autor

3.3.2.8 Determinación de las Propiedades de Trabajabilidad

Actualmente, la información existente sobre el maquinado o trabajabilidad de la madera es poca o nula para muchas especies. Esta deficiencia es, con toda seguridad, una de las razones por las que potenciales usuarios de estas especies no las utilizan, ya que sin la información adecuada sobre el comportamiento de la madera en el momento de ser trabajada con máquinas y herramientas de carpintería, los industriales prefieren no correr el riesgo de usar especies desconocidas.

El conocimiento de las características de trabajabilidad de las maderas permite conocer la calidad superficial que se obtendrá en las operaciones de maquinado (Serrano 2000). En el procesamiento de la madera existen varios aspectos que deben considerarse para lograr una optimización de las operaciones de trabajabilidad, entre ellos concurren factores propios de la especie de madera tales como la dureza, la orientación del grano y la abrasividad, los parámetros de la herramienta de corte como son el ángulo de corte y la calidad del filo, así como

los detalles de las condiciones en que se realiza la operación (ancho y profundidad de corte, velocidad de corte y de avance, ajuste del equipo, etc.) que tienen gran importancia para lograr superficies de alta calidad en forma eficiente. Con base en el estudio de dichas variables es posible recomendar la combinación apropiada de parámetros para el adecuado proceso de la madera.

Los objetivos del presente estudio fue determinar las características de trabajabilidad de la madera de *Pinus patula* en las operaciones de cepillado, lijado, taladrado y torneado.

La metodología utilizada se basó en la norma ASTM D 1666-87 (re-aprobada en 2004), que establece un procedimiento de trabajo para la realización de ensayos de trabajabilidad. En ella se menciona que la evaluación de las probetas se debe realizar mediante una inspección visual, donde se identifican fibra levantada y grano desgarrado. Dependiendo de la magnitud de los defectos se clasifican las probetas sobre la base de la siguiente escala:

- a) **Grado 1: Excelente**, no acepta ningún tipo de defecto. La fibra levantada alrededor de los nudos sólo se observa con luz oblicua.

- b) **Grado 2: Bueno**, acepta fibra levantada entre un 10 a 20% del área inspeccionada.

- c) **Grado 3: Regular**, acepta fibra levantada hasta en un 30%. Mínima presencia de grano desgarrado.

- d) **Grado 4: Malo**, acepta fibra levantada hasta en un 40%. Grano desgarrado se acepta hasta un 30% del área inspeccionada.

- e) **Grado 5: Muy Malo**, la fibra levantada se encuentra sobre un 40%. Grano desgarrado se presenta sobre un 30%.

Todos los ensayos se realizaron en madera seca al aire con un contenido de humedad aproximado del 12 % (+ - 2 %). Las probetas utilizadas para los diferentes ensayos fueron debidamente orientadas según su orientación en el tronco (Ver figura30).

Estos ensayos se los realizó en el aserradero de la Central Maderera de La Universidad Técnica del Norte (Ver figura 31).

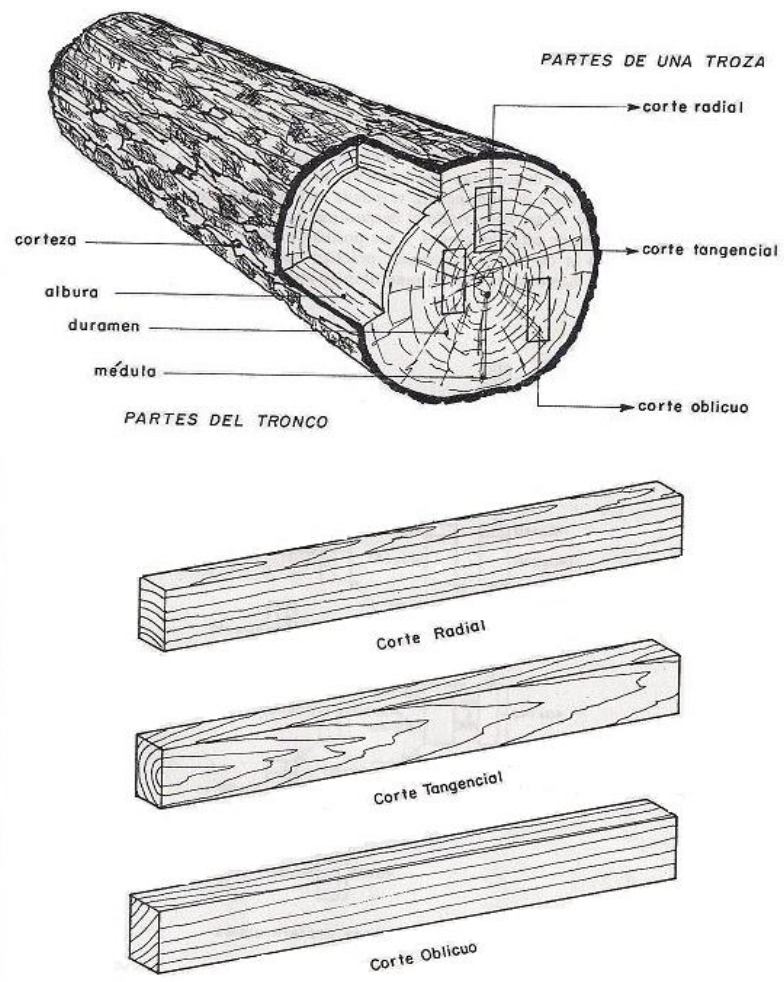


Figura 30. Tipos de corte según su orientación en el tronco.
Tomado: Manual de Diseño para maderas del Grupo Andino (2-3).



Figura 31. Central maderera de la UTN

Fuente: El Autor

3.3.2.8.1 Cepillado

Para este ensayo se seleccionó cinco árboles. El número de probetas empleadas fueron las siguientes: en corte tangencial 3, en corte radial 3 probetas; y, en corte oblicuo 3 probetas (total 45 probetas).

a) Maquinaria y Equipos

En este ensayo se utilizó la cepilladora de marca DAFIGO, motor de 3.7 H.P. 3485 rpm, mandril de 9 cm, mesa de 1.85m de largo y 35cm de ancho, porta cuchillas de 35cm; con tres cuchillas de acero rápido, con un ángulo de corte de 35 grados, alimentador de velocidad (motor) 1.5 H.P 1740 rpm y formularios.

b) Dimensiones de las Probetas

Las dimensiones de las probetas utilizadas para este ensayo fueron las siguientes: 100 cm de longitud, 10 cm de ancho y de 6 cm de espesor (Ver figura 32).

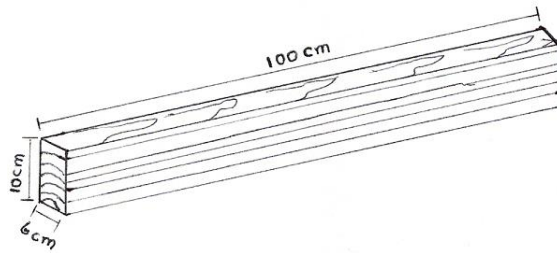


Figura 32. Dimensiones de probetas destinadas a ensayos de Trabajabilidad.

Fuente: El Autor

c) Procedimiento del Ensayo

Para su reconocimiento las probetas fueron codificadas indicando especie, número de árbol, orden de probeta y su orientación. Además, se marcaron con una flecha en el extremo de cada probeta para indicar la dirección de alimentación a favor y en contra del grano. Se trabajó en ambas caras de las probetas, a favor y en contra del grano.

En este ensayo se utilizará 3 cuchillas con un ángulo de corte de 45 grados (ángulo normal de las cuchillas), nivelado y colocado en el porta cuchillas en forma usual, con una velocidad de alimentación de 13,19 m/ minuto (Ver figura 33).

Los defectos a ser considerados fueron: grano vellosos, grano arrancado, grano levantado (astillado).

d) Fórmulas para el Cálculo

Se determinó la velocidad de alimentación mediante un cronómetro y comparando, las velocidades marcadas en el alimentador con las velocidades obtenidas.

$$\begin{array}{l}
 4,55\text{seg.} \text{-----} .1\text{m} \\
 60\text{seg.} \text{-----} X = \text{Val.}
 \end{array}$$

$$\mathbf{Val.} = \frac{60 \times 1}{4,55} = 13.19 \text{ m/min.}$$

El ancho de marca se determinó con la máquina ajustada a una velocidad de alimentación de 13.19 m/min.

$$\text{Ancho de marca (A.D.M)} = \frac{Val.}{N^{\circ} \times R.P.M}$$

Donde:

Val. = 13.19 m/min (velocidad de alimentación)

N° = 3 (número de Cuchillas en la porta cuchillas).

R.P.M = 4300 (velocidad de giro de la porta cuchillas).

$$\text{A.D.M} = \frac{13.19}{3 \times 4300} = 1,01 \text{ mm.}$$

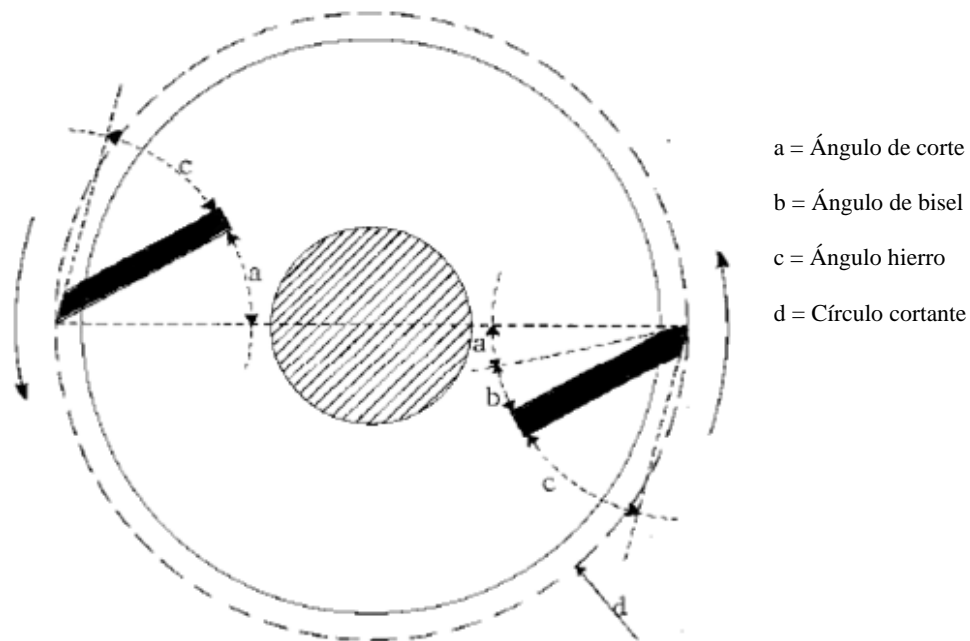


Figura 33. Nomenclatura usada en cuchillas de cepilladora.

Fuente: Norma ASTM D 1666- 87 (Reaprobada en el 2004).

3.3.2.8.2 Lijado

El ensayo de lijado se dividió en dos fases. El primer proceso de lijado (remoción con lija N°60) se lo realizó con la finalidad de obtener una superficie lisa a partir de una superficie brusca, consecuencia del maquinado previo (cepillado). El segundo proceso se realizó la remoción con la lija N°100.

El propósito de este ensayo fue determinar la eficiencia, calidad superficial y tipos de defectos ocasionados con los dos tipos de lijas.

Para este ensayo se utilizó 9 probetas por árbol, con los diferentes tipos de cortes según su orientación en el tronco: 3 tangenciales, 3 radiales y 3 oblicuas (45 probetas en total).

a) Maquinaria y Equipos

Lijadora de Banda, giro de polea de 656,25 rpm, diámetro del tambor porta lija 24 cm fuerza motriz 2H.P 3400 rpm, velocidad de corte de giro de lija, 5,58m/seg, velocidad de avance o alimentación 0,063m/seg. Lijas número 60 y 100 de 7,10 m de largo por 0,15m de ancho.

b) Dimensiones de Probetas

En ensayo se utilizaron probetas con las siguientes dimensiones: 100 cm de longitud, 10 cm de ancho y 3 cm de espesor.

c) Procedimiento

Se realizó dos pasadas con la lija en cada una de las probetas a favor y en contra del grano con la finalidad de remover 0,5 mm aproximadamente. Después del lijado inmediatamente se determinó la temperatura de la lija mediante un termómetro para saber el grado de fricción. También se midió la velocidad de desgaste de la lija y velocidad de ensuciamiento esto relacionado con la eliminación fácil o difícil de las partículas de madera.

La remoción se midió con la ayuda de un calibrador de 0,05 mm de apreciación. Se tomó las medidas antes y después del lijado a una distancia de 33 cm de cada uno de los dos extremos de las probetas. Con estos datos se realizó el cálculo de remoción por m de lija pasada.



Figura 34. Ensayo de Lijado

Fuente: El Autor

3.3.2.8.3 Moldurado

Para este ensayo se utilizó las mismas probetas del lijado, 3 en corte radial, 3 en corte tangencial y 3 en corte oblicuo, nueve probetas por árbol (45 probetas en total). Estas probetas fueron previamente cepilladas, lijadas y canteadas, para obtener una superficie uniforme, especialmente a lo largo del canto.

a) Maquinaria y equipos utilizados

MOLDURERA modelo GA-250-5C, tiene 4 husillos, dos horizontales y dos verticales totalmente regulables, y un quinto husillo tipo universal, diámetros de husillos de 40mm, los verticales tiene una altura máxima de 130mm, los horizontales un ancho máximo de 250mm, el universal tiene un ancho total de 180mm, los 5 motores son de 5HP de 3450 r.p.m., a 220v, 60hz, la velocidad de corte es de 6000 r.p.m., las calibraciones tanto verticales como horizontales son por manivela y acople rápido, capotas de protección en cada husillo, guías de madera normales y rodajas de presión auxiliares, el sistema de avance de la madera se obtiene por un motor-variador-reductor de 3 HP trifásico de 1750 r.p.m., a 220v, 60hz, con regulador manual y rango desde 8 hasta 24 m/min., sistema de cadenas sincronizada para todos los rodillos de arrastre, zapatas anti-

vibratorias para los husillos horizontales, moto-reductor de ½ HP de 60 r.p.m., para el sistema de calibración del espesor de la madera, centralilla metálica para el sistema eléctrico con contractores térmicos y botoneras más luces de señalización y paro de seguridad.

b) Dimensiones de Probetas

En este ensayo se utilizó probetas con las siguientes dimensiones: 100 cm de longitud, 9 cm de ancho y 2,5 cm de espesor.

c) Procedimiento del Ensayo

Este ensayo se lo realizó con dos cuchillas: una sobresalida y la otra escondida (para el contrapeso). Se midió el ángulo de corte con respecto al filo (45°) de la cuchilla sobresalida y el centro del radio.

Se hizo pasadas en los cantos de la probeta para obtener resultados a favor y en contra del grano. Estas pasadas permitieron obtener el tiempo de alimentación para lograr un ancho de marca de cuchilla de 1 mm.



Figura 35. Ensayo de Moldurado

Fuente: El Autor

3.3.2.8.4 Torneado

En este ensayo se utilizó dos clases de gubias: una de 2 cm de ancho, con un radio de curvatura exterior de 1 cm (arista) y afilada en el lado convexo, con un ángulo de hierro de 30 grados, para así obtener ángulos de corte de 0° y 15 °; la segunda gubia de 2 cm de ancho, y un radio de curvatura exterior de 1 cm (arista) y afilada en la parte cóncava con un ángulo de hierro de 40°, para obtener un ángulo de corte de 40°.

a) Descripción de la Maquinaria y Equipos

Torno manual marca INVICTA de punta móvil, motor de 2H.P, 1720 rpm velocidad variable con correa y poleas, distancia entre puntas 1,30m (capacidad para tornear) volteo de 40cm de diámetro, soporte con guía escalonada para ángulos de 0 grados, 15 grados y 40 grados dos gubias, una cóncava y otra convexa.

b) Dimensiones de Probetas

Para este ensayo se utilizaron seis probetas por árbol (30 probetas en total), con las siguientes dimensiones de 5 x 5 cm de lado y 15 cm de longitud. Ver figura 36.

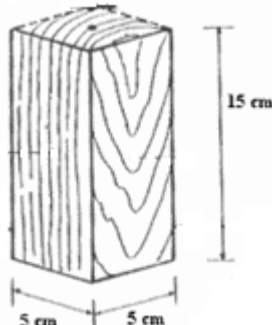


Figura 36. Probeta para ensayo de torneado.

Fuente: El Autor

c) Procedimiento del ensayo

Se realizó el ensayo en la misma probeta con los diferentes ángulos de corte tales como: 0° , 15° y 40° .

Para lograr un ángulo de corte de 40° se ensayó tangencialmente por encima de la probeta con la gubia afilada en la parte convexa. Para obtener un ángulo de corte de 15° se ensayó radialmente en la probeta con la gubia afilada en la parte cóncava con una inclinación necesaria. Y finalmente para obtener un ángulo de corte de 0° se ensayó radialmente en la misma probeta con la gubia afilada en la parte cóncava.

Se determinó el tiempo de penetración con la ayuda de un cronómetro esto con el fin de que el tiempo de penetración sea similar para los tres tipos de corte.

La calidad de grados de defectos se realizó de acuerdo a la Norma ASTM D-1666-87 tomando en cuenta: grano arrancado, grano velloso y grano levantado. El porcentaje de afectación de defectos fue realizada por medición directa en las zonas afectadas de cada probeta, auxiliándose de una lupa para identificar los tipos de defectos que se presentaran en las probetas.



Figura 37. Ensayo de torneado

Fuente: El Autor

3.3.2.8.5 Taladrado

Se utilizó nueve probetas por árbol, debidamente orientadas: 3 tangenciales, 3 oblicuas y 3 radiales, de 100 cm de longitud, 9 cm de ancho y 2.5 cm de espesor. Los puntos a taladrarse se señalaron con la ayuda de una plantilla, se realizó dos ensayos por probeta, uno a cada extremo, a una distancia de 10 cm de los extremos y a 4.5 cm de los cantos (Ver Figura 38). Se aplicó una carga constante de 15 kg para realizar la penetración y se cronometró el tiempo que tardó la broca en pasar de un lado a otro. La calidad de grados de defectos se realizó de acuerdo a la Norma ASTM D-1666-87 tomando en cuenta los siguientes defectos: grano levantado, grano vellosos y grano arrancado.



Figura 38. Ensayo de Taladrado

Fuente: El Autor



Figura 39. Probetas después del ensayo de taladrado

Fuente: El Autor

3.3.3 Análisis de la Información

Para la realización del análisis estadístico se lo realizó mediante estimadores, tales como son:

Media aritmética	$\bar{x} = \frac{\sum Xi}{n}$
Varianza combinada	$Sc^2 = \frac{[(\sum X_1^2 - \frac{(\sum X_1)^2}{n_1})] + [(\sum X_2^2 - \frac{(\sum X_2)^2}{n_2})]}{n_1 + n_2}$
Desviación Típica de las medias	$Sc\bar{x} = \sqrt{\frac{Sc^2}{n_1 + n_2}}$
Límites de confianza	Límite de la media = $\bar{x} \pm (Sc\bar{x} * t)$
Coficiente de Variación	$CV \% = (Sc/sc\bar{x}) * 100$

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio fueron evaluados por medio de estimadores estadísticos, con la finalidad de determinar y calificar las propiedades Físicas, Mecánicas y Trabajabilidad. Además se consideró como ayuda, la tabla de límites de los diferentes valores para calificar a la especie según Hoheisel y de la tabla de Identificación de resultados de las propiedades mecánicas según las Normas ASTM D 143-87. Para los diferentes ensayos de trabajabilidad se procedió conforme la Norma ASTM 1666-87.

Para facilitar la interpretación se formaron los grupos A, B y C, en los que se indica la semejanza entre los árboles que conforman cada grupo.

4.1 RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

4.1.1 Contenido de Humedad

Los resultados obtenidos de este ensayo se muestran los cuadros de Anexos A2 y A3.

Cuadro 1. Ensayo de CH en la madera de *Pinus patula*, UTN, 2011

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO C.H / ARBOL (%)	GRUPOS
6	75,965	A
4	74,772	A B
3	71,005	B C
5	69,549	B C
1	67,891	C
7	67,851	C
PROMEDIO	71,172	

En el cuadro que precede además, se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de t de Student al 95% de probabilidad estadístico, determinándose que los árboles 4 y 6 conforman el grupo A; con los mayores CH; mientras que, los árboles 3, 5, 1 y 7, son los de menor CH, y se encuentran en el grupo C.

4.1.2 Densidad

4.1.2.1 Densidad en estado verde

Los resultados del ensayo de densidad en condición verde se muestran en los cuadros de los Anexos A4 y A5.

Cuadro 2. Densidad verde de la madera de *Pinus patula* por árbol, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm³)	GRUPOS
6	0,580	A
7	0,564	A B
5	0,559	B
1	0,540	C
4	0,536	C
3	0,529	C
PROMEDIO	0,551	

En el cuadro 2 se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de t de Student, al 95% de probabilidad estadística, determinándose que los árboles 6 y 7 conforman el grupo A; con mayores densidades; mientras que, los árboles 1, 4 y 3 son los de menor densidad en condición verde, y se encuentran en el grupo C.

4.1.2.2 Densidad en estado seca al aire (DSA)

Los resultados del ensayo de la densidad seca al aire se presentan en los cuadros de anexo A4 y A6.

Cuadro 3. Densidad seca al aire de la madera de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm ³)	GRUPOS
7	0,378	A
5	0,370	A B
6	0,367	A B
1	0,363	B
3	0,347	C
4	0,344	C
PROMEDIO	0,362	

En el cuadro 3 constan los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de t de Student al 95% de probabilidad estadístico determinándose que los árboles 7, 5 y 6 conforman el grupo A; con los mayores valores en DSA; mientras que, los árboles 3 y 4, son los de menor DSA, y se encuentran en el grupo C.

Según la tabla de calificación de Hoheisel la densidad seca al aire de *Pinus patula* es **muy baja**, puesto que el promedio total es de 0,362gr/cm³, encontrándose dentro de los límites de 0,10gr/cm³ a 0,45gr/cm³.

4.1.2.3 Densidad Básica

Los resultados del ensayo de densidad básica se presentan en los cuadros de anexo A4 y A7.

Cuadro 4. Densidad Básica de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm ³)	GRUPOS		
7	0,337	A		
5	0,330	A	B	
6	0,330	A	B	
1	0,322		B	
3	0,309			C
4	0,307			C
PROMEDIO	0,323			

En el presente cuadro se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de t de Student, al 95% de probabilidad estadístico, determinándose que los árboles 7, 5 y 6 conforman el grupo A, con mayores densidades; mientras que, los árboles 3 y 4 son los de menor densidad básica, y se encuentran en el grupo C.

Según Hoheisel la densidad básica de *Pinus patula* es **muy baja**, puesto que el promedio total es de 0,323gr/cm³, encontrándose bajo el límite < 0,35 gr/cm³ (Ver anexo A1)

4.1.2.4 Densidad en estado Anhidro

Los resultados del ensayo de la densidad Anhidro se presentan en los cuadros de anexo A4 y A8.

Cuadro 5. Densidad anhidra de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm ³)	GRUPOS
7	0,362	A
5	0,356	A
6	0,355	A
1	0,347	A
3	0,332	B
4	0,329	B
PROMEDIO	0,347	

En la prueba de t de Student al 95% de probabilidad estadística, se formaron dos grupos, conformando el grupo B únicamente los árboles 3 y 4, los cuales, presentaron la menor densidad Anhidra.

4.1.3 Contracción

4.1.3.1 Contracción Normal

Los resultados obtenidos del ensayo de contracción normal (CN) se presentan en el cuadro de anexo A9.

4.1.3.1.1 Contracción tangencial normal

En contracción tangencial normal se tienen los resultados promedios por árbol que se resumen a continuación:

Cuadro 6. Contracción tangencial normal de *Pinus patula*, UTN, 2011.

Nº DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ARBOL (%)	GRUPOS
5	3,294	A
1	3,276	A B
3	3,187	A B
6	3,095	B
7	3,079	B
4	3,024	B
PROMEDIO	3,159	

En cuanto a la variabilidad se encontró diferencias significativas entre el árbol 5 que es parte del grupo A, con los árboles 6, 7 y 4 que conforman el grupo B, pues, mediante una prueba de t de Student $t_c > t_t$, al 95% de probabilidad estadística.

4.1.3.1.2 Contracción radial normal

Los resultados promedios del ensayo de contracción radial normal se resumen en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Contracción Radial normal de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ARBOL (%)	GRUPOS
1	1,881	A
3	1,780	A B
5	1,776	A B
4	1,772	A B
6	1,745	A B
7	1,711	B
PROMEDIO	1,778	

Se encontró diferencias significativas entre los árboles 1-7, puesto que mediante una prueba de *t* de Student $t_{c} 2,696 > t_{t} 2,179$, al 95% de probabilidad estadística.

4.1.3.1.3 Contracción longitudinal normal (Crn)

En contracción longitudinal normal se tienen los resultados promedios por árbol que se resumen en el presente cuadro:

Cuadro 8. Contracción longitudinal normal de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ARBOL (%)	GRUPOS
5	0,065	A
3	0,061	A
4	0,058	A
6	0,058	A
1	0,056	A
7	0,055	A
PROMEDIO	0,059	

En cuanto a la variable contracción longitudinal normal no se encontró diferencias significativas entre los árboles en la prueba de *t* de Student al 95% de probabilidad estadística.

4.1.3.1.4 Contracción volumétrica normal (CVN)

Los resultados promedios por árbol de la contracción volumétrica normal se resumen en el cuadro 9.

Cuadro 9. Contracción Volumétrica normal de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ARBOL (%)	GRUPOS
1	5,096	A
5	5,010	A
3	4,910	A B
6	4,786	B
4	4,742	B
7	4,737	B
PROMEDIO	4,880	

En el cuadro 9, se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de *t* de Student al 95% de probabilidad estadística determinándose que los árboles 1 y 5 conforman el grupo A; con los mayores valores en CVN; mientras que, los árboles 3, 6, 4 y 7, son los de menor contracción, y se encuentran en el grupo B.

4.1.3.2 Contracción Total

4.1.2.2.1 Contracción tangencial total

Los resultados promedios de contracción total en la cara tangencial se resumen en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Contracción tangencial total de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL (%)	GRUPO
5	4,414	A
1	4,368	A
3	4,304	A
6	4,208	A
7	4,157	A
4	4,144	A
PROMEDIO	4,266	

En cuanto a la variable contracción tangencial total no se encontró diferencias significativas entre los árboles en la prueba de *t* de Student al 95% de probabilidad estadística.

4.1.2.2 Contracción radial total

Los resultados promedios por árbol de la contracción radial total se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Contracción Radial Total de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL (%)	GRUPO
1	2,663	A
5	2,643	A
6	2,610	A
3	2,576	A
4	2,562	A
7	2,545	A
PROMEDIO	2,600	

Según el análisis de los resultados, la variable contracción radial total no se encontró diferencias significativas entre los árboles en la prueba de *t* de Student al 95% de probabilidad estadística.

4.1.2.2.3 Contracción longitudinal total

Los resultados promedios obtenidos de este ensayo se resumen en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Contracción Longitudinal Total de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ARBOL (%)	GRUPO
5	0,231	A
7	0,226	A
4	0,216	A
3	0,214	A
1	0,208	A
6	0,195	A
PROMEDIO	0,215	

En cuanto a la variable contracción longitudinal total no se encontró diferencias significativas entre los árboles en la prueba de *t* de Student al 95% de probabilidad estadística.

4.1.2.2.4 Contracción volumétrica total

Se encontró diferencias significativas entre los árboles 1-7, puesto que mediante una prueba de *t* de Student $t_{c, 2,355} > t_{t, 2,179}$ (Cuadro 13).

Cuadro 13. Contracción Volumétrica Total de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ARBOL (%)	GRUPOS
5	6,940	A
1	6,916	A
3	6,769	A
6	6,708	A B
4	6,600	A B
7	6,597	B
PROMEDIO	6,755	

Según Hoheisel la contracción volumétrica total de *Pinus patula* es **muy baja**, puesto que el promedio total es de 6,755 %, encontrándose bajo el límite < 7,50 %. Ver anexo 1.

4.1.2.3 Relación Tangencial / Radial

Según la tabla de calificación de Hoheisel este promedio corresponde a una relación T/R Baja, por encontrarse dentro de los límites <1,7 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Contracción relación tangencial/radial de *Pinus patula*, UTN, 2011.

Nº DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ARBOL (%)	GRUPOS
3	1,686	A
1	1,684	A
5	1,680	A
6	1,659	A
7	1,636	A
4	1,630	A
PROMEDIO	1,663	

En cuanto a la variable relación tangencial/radial no se encontró diferencias significativas entre los árboles en la prueba de *t* de Student al 95% de probabilidad estadística.

4.2 RESULTADOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS (Madera Seca al Aire)

4.2.1 Flexión Estática

Los resultados del ensayo de Flexión Estática se presentan en el cuadro de anexo A 21.

4.2.1.1 Esfuerzo límite proporcional (E.F.L.P)

Resultados promedios por árbol:

Cuadro 15. Esfuerzo límite proporcional en flexión estática de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL (kgf/cm ²)	GRUPOS
7	236,69	A
1	232,65	A B
4	221,02	B
5	220,15	B
6	218,31	B
PROMEDIO	225,77	

En el Cuadro 15, además, se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de t de Student al 95% de probabilidad estadístico determinándose que los árboles 7 y 1 conforman el grupo A; con los mayores valores en E.F.L.P; mientras que, los árboles 4, 5 y 6, son los valores menores en E.F.L.P, y se encuentran en el grupo B.

Según la tabla de calificación de Hoheisel, este promedio (225,77 kg/cm²) corresponde a **Muy Bajo** por encontrarse dentro de los límites < 250 Kg/cm² (Ver anexo A1).

4.2.1.2 Módulo de ruptura (M.O.R)

Resultados promedios por árbol:

Cuadro 16. Módulo de Ruptura en flexión estática de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL (kgf/cm ²)	GRUPOS
7	417,91	A
4	416,34	A B
1	408,96	A B
5	406,12	A B
6	394,19	B
PROMEDIO	408,70	

El resultado promedio (408,70kg/cm²) corresponde a la calificación de **Bajo**, y se encuentra dentro de los límites de calificación 401 Kg/cm² – 900 kg/cm²(Ver anexo A1).

De acuerdo con el análisis de resultados existe diferencias significativas entre los arboles 7 – 6 puesto que mediante una prueba de *t* de Student $t_c(3,380) > t_t(2,179)$.

4.2.1.3 Módulo de elasticidad (M.O.E)

Los valores promedios correspondientes según la tabla de calificación de Hoheisel se encuentra dentro de los límites (<70000 kg/cm²), y según esta calificación el MOE es **Muy Bajo** (Cuadro 17).

Cuadro 17. Módulo de Elasticidad en flexión estática de *Pinus patula*, UTN, 2011.

Nº DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL M.O.E * 10 ³ (kgf/cm ²)	GRUPOS
7	51,242	A
4	48,364	A B
1	47,584	B
5	45,989	B C
6	43,394	C
PROMEDIO	47,314	

En el cuadro que precede, además, se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de *t* de Student al 95% de probabilidad estadístico determinándose que los árboles 7 y 4 conforman el grupo A; con los mayores valores en M.O.E; mientras que, los árboles 5 y 6, son los de menor M.O.E, y conforman el grupo C.

4.2.2 Compresión Paralela a la Fibra

Los resultados obtenidos en este ensayo se muestran en el cuadro de anexo A25.

4.2.2.1 Esfuerzo límite proporcional (E.F.L.P)

Según la tabla de calificación de Hoheisel los valores promedios del Cuadro 18 se encuentra dentro de los límites ($<200 \text{ kg/cm}^2$), y de acuerdo a esta calificación el E.F.L.P. es **Muy Bajo** (Ver anexo A1).

Cuadro 18. Esfuerzo límite proporcional en compresión paralela de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL (kgf/cm^2)	GRUPOS
1	135,20	A
6	133,54	A
4	131,50	A
5	130,83	A
7	121,88	B
PROMEDIO	130,59	

Existe diferencias significativas entre los árboles del grupo A, con el árbol 7 que conforma el grupo B, puesto que mediante una prueba de t de Student $t_c > t_t$ 2,179, al 95% de probabilidad estadística.

4.2.2.2 Módulo de ruptura (M.O.R)

De los resultados promedios del Cuadro 19, según la tabla de calificación de Hoheisel se encuentra dentro de los límites ($<300 \text{ kg/cm}^2$), y por lo tanto el M.O.R tiene una calificación de **Muy Bajo**.

Cuadro 19. Esfuerzo de ruptura en compresión paralela de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL (kgf/cm ²)	GRUPOS
1	215,66	A
5	213,71	A
6	209,97	A B
4	206,07	B
7	195,63	C
PROMEDIO	208,20	

En el Cuadro 19, además, se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de t de Student al 95% de probabilidad estadístico determinándose que los árboles 1, 5 y 6 conforman el grupo A; con los mayores valores en M.O.R; mientras que, el árbol 7, con menor valor en M.O.R, y se encuentran en el grupo C.

4.2.2.3 Módulo de elasticidad (M.O.E)

Según la tabla de calificación de Hoheisel Anexo A1, los resultados promedios corresponde a un MOE **Muy bajo**, por encontrarse dentro de los límites (<150kg/cm²).

Cuadro 20. Módulo de elasticidad en compresión paralela de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL M.O.E * 10 ³ (kgf/cm ²)	GRUPOS
5	144,07	A
4	131,77	A
6	130,57	A B
1	129,91	A B
7	116,65	B
PROMEDIO	130,59	

En cuanto a la variabilidad existe diferencias significativas entre los árboles 5 y 4 que son parte del grupo A, con el árbol 7 del grupo B, puesto que, mediante una prueba de t de Student $t_c > t_t$ (2,179).

4.2.3 Compresión Perpendicular al Grano

Los resultados del presente ensayo se presentan en el cuadro de anexo A29.

4.2.3.1 Esfuerzo límite proporcional (E.L.P)

Según la tabla de calificación de Hoheisel, los resultados promedios del presente ensayo corresponde a un E.L.P **Bajo**, por encontrarse dentro de los límites 36kg/cm^2 - 75kg/cm^2 (Ver anexo A1).

Cuadro 21. Resultados promedios por árbol del E.L.P en compresión perpendicular de *Pinus patula*, UTN, 2011.

Nº DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL (kgf/cm ²)	GRUPOS
5	42,35	A
7	41,17	A
1	40,24	A
6	40,12	A
4	39,46	A
PROMEDIO	40,67	

En cuanto a la variable E.L.P no se encontró diferencias significativas entre los árboles en la prueba de t de Student al 95% de probabilidad estadística.

4.2.4 Dureza (Janka)

Los resultados del ensayo de dureza se muestran en el cuadro de anexo A31.

4.2.4.1 Dureza en la cara radial

Los resultados promedios del ensayo de dureza en la cara radial, según la tabla de calificación de Hoheisel se encuentra dentro de los límites ($<200 \text{ kg/cm}^2$), y por tanto la Dureza tiene una calificación de **Muy Bajo**.

Cuadro 22. Ensayo de dureza en la cara radial de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL (kgf/cm ²)	GRUPOS
7	167,58	A
5	161,50	A B
1	157,04	A B
4	143,67	B C
6	137,50	C
PROMEDIO	153,46	

En el cuadro 22, se indican los grupos formados de las comparaciones realizadas con las pruebas de t de Student al 95% de probabilidad estadístico determinándose que los árboles 1, 5 y 7 conforman el grupo A; con mayor dureza; mientras que, los árboles 4 y 6, con menor dureza, y se encuentran en el grupo C.

4.2.4.2 Dureza en la cara tangencial

En cuanto a la variabilidad se encontraron diferencias significativas entre los árboles 1-4; 1-6; 4-5; 4-6; 4-7 y 6-7 puesto que $t_c > t_t (2,179)$

Cuadro 23. Resultados promedios por árbol, ensayo de dureza en la cara tangencial de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL (kg/cm ²)	GRUPOS
1	162,29	A
7	161,83	A
5	158,08	A B
6	148,13	B
4	139,04	C
PROMEDIO	153,88	

Además se obtuvo un promedio de 153,88 kg/cm² y según a la tabla de calificación de Hoheisel corresponde a una dureza en la cara tangencial **Muy Baja**, al encontrarse dentro de los límites (<200 kg/cm²). Ver anexo A1

4.2.4.3 Dureza en la cara axial

Resultados promedios por árbol:

Cuadro 24. Dureza en la cara axial de *Pinus patula*, UTN, 2011.

N° DE ÁRBOL	PROMEDIO / ÁRBOL (kg/cm ²)	GRUPO
4	234,33	A
6	226,25	A
5	221,71	A
1	221,29	A
7	216,88	A
PROMEDIO	224,09	

Según la tabla de calificación de Hoheisel, los resultados promedios del ensayo de dureza en la cara axial corresponde a una calificación **Muy Bajo**, por encontrarse dentro de los límites (< 250 kg/cm²). Ver anexo A1.

En cuanto a la variable Dureza en la cara axial no se encontró diferencias significativas entre los árboles en la prueba de *t* de Student al 95% de probabilidad estadística.

4.3 ENSAYO DE TRABAJABILIDAD (Madera seca al aire 12% CH)

Se procedió a calificar los resultados obtenidos de cada ensayo, en base a la Norma ASTM D1666 – 87 (2004), en los que se indica rangos de calificación que van de 1 a 5 grados. Ver cuadro 25

Cuadro 25. Rangos de calificación para ensayos de trabajabilidad

CALIFICACIÓN	Rangos
Excelente (1)	0,10 – 1,00
Bueno (2)	1,10 – 2,00
Regular (3)	2,10 – 3,00
Malo (4)	3,10 – 4,00
Muy Malo(5)	4,10 – 5,00

Fuente: Norma ASTM D1666 – 87 (2004)

4.3.1 Cepillado

Los resultados del ensayo de cepillado se presentan en los cuadros de anexos A35, A36 y A37.

La velocidad de alimentación de la máquina cepilladora fue de 13.19 m/min para los cortes tangencial, radial y oblicuo a favor y en contra del grano obteniéndose los respectivos promedios por cara.

Este ensayo se efectuó con 15 probetas por cara (45 en total), cuyos resultados se clasificaron en 5 grados según los rangos de clasificación, que se muestran en los cuadros 26 y 27.

Cuadro 26. Resultados promedios por cara de los defectos del cepillado en la madera de *Pinus patula*, a favor del Grano, UTN, 2011.

Orientación	A FAVOR DEL GRANO									
	Grano arrancado						Grano levantado		Grano vellosa	
	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio afectación
RADIAL	15	1,21	7	0,63	0	0,00	15	0,94	15	0,73
TANGENCIAL	15	0,98	11	0,41	3	0,08	15	1,15	15	1,01
OBLICUA	15	1,18	10	0,57	1	0,23	15	1,02	15	0,54

4.3.1.1 Alimentación a Favor del grano

Grano arrancado: de los 5 grados solo el tercero, a excepción de la cara radial, siendo el más frecuente (en todas las probetas) el grado 1 con promedios que oscilan 0.98 y 1,21 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Grano levantado: El más frecuente (en todas las probetas) fue el grado 1 con promedios que oscilan 0.94 y 1,15 % con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Grano Velloso: El más frecuente (en todas las probetas) fue el grado 1 con promedios que oscilan 0.54 y 1,01 % con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Cuadro 27. Resultados promedios por cara de los defectos del cepillado en la madera de *Pinus patula*, en contra del Grano, UTN, 2011.

Orientación	EN CONTRA DEL GRANO									
	Grano arrancado						Grano levantado		Grano veloso	
	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación
RADIAL	15	1,56	9	1,02	3	0,28	15	0,72	15	1,05
TANGENCIAL	15	1,47	10	0,66	4	0,25	15	0,89	15	0,78
OBLICUA	15	1,59	11	0,88	6	0,44	15	1,82	15	1,03

4.3.1.2 Alimentación en contra del grano

Grano arrancado: de los 5 grados solo se presentaron tres, siendo el más frecuente (en todas las probetas) el grado 1 con promedios que oscilan 1,47 y 1,59 con calificación de Bueno (B).

Grano levantado: Todas las probetas ensayadas presentaron defectos de grado 1 con promedios que oscilan 0,72 y 1,82 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Grano Velloso: Todas las probetas ensayadas en contra del grano en los cortes tangencial, radial y oblicuo, presentaron grado 1 con promedios que oscilan de 0,78 y 1,05 % con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Cabe indicar que los defectos en el ensayo de cepillado son ocasionados por la presencia de nudosidades características de la madera de todas las coníferas dentro de las cuales está el pino.

4.3.2 Lijado

Este ensayo se efectuó con 15 probetas por cara, cuyos resultados se clasificaron en 5 grados según los rangos de clasificación, que se muestran en los cuadros siguientes:

La velocidad de alimentación de la máquina lijadora fue de 4,15 m/min para los cortes tangencial, radial y oblicuo a favor y en contra del grano obteniéndose los respectivos promedios por cara.

Los ensayos de lijado se los realizó con dos tipos de lija de banda: lija N° 60 y lija N° 100, para evaluar los defectos ocasionados por los dos tipos de lija.

4.3.2.1 Lija de 60

La remoción de mm/km de lija pasada tanto para los cortes tangenciales radiales y oblicuos se obtuvieron datos que oscilan de 0,408 mm a 0,565 mm esto a favor del grano y de 0,450 mm a 0,590 mm en contra del grano.

Los resultados del ensayo de cepillado se presentan en los cuadros de anexos A38, A39 y A40.

4.3.2.1.1 Lijado a Favor del Grano

Grano Levantado: para los cortes radial, tangencial y oblicuo, se presentó hasta el grado 2, siendo el más frecuente (en todas las probetas) el grado 1 con promedios que van de 2,01 a 2,19 con calificaciones de Bueno (B) y Regular (R). Los defectos presentes en las piezas, la mayoría son causados por la presencia de las nudosidades.

Grano Velloso: Para los cortes radiales, tangenciales y oblicuos, el grado más frecuente fue el grado 1 (en todas las probetas) con promedios que oscilan de 1,01 a 1,79 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B). Los defectos presentes en las piezas, la mayoría son causados por la presencia de nudosidades.

Cuadro 28. Resultados promedios por cara de los defectos del lijado (Lija N° 60) en la madera de *Pinus patula*, a Favor del Grano, UTN, 2011.

Orientación	A FAVOR DEL GRANO							
	Grano levantado				Grano veloso			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación
RADIAL	15	2,01	5	0,35	15	1,01	5	0,21
TANGENCIAL	15	2,19	8	0,15	15	1,79	4	0,04
OBLICUA	15	2,18	7	0,36	15	1,06	1	0,08

4.3.2.1.2 Lijado en Contra del Grano

Gano Levantado: para los cortes radial, tangencial y oblicuo, se presentó hasta el grado 2, siendo el más frecuente (en todas las probetas) el grado 1 con promedios que van de 2,24 a 2,41 con calificación de Regular (R). Cabe indicar que los defectos son ocasionados por la presencia de nudosidades.

Grano Velloso: El grado más frecuente en todas las probetas fue el grado 1, con promedios que oscilan de 1,07 y 2,05 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B). Los defectos presentes en las piezas, la mayoría son causados por los nudos presentes.

Cuadro 29. Resultados promedios por cara de los defectos del lijado (Lija N° 60) en la madera de *Pinus patula*, en Contra del Grano, UTN, 2011.

Orientación	EN CONTRA DEL GRANO							
	Grano levantado				Grano veloso			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación
RADIAL	15	2,41	5	0,08	15	2,05	2	0,07
TANGENCIAL	15	2,24	8	0,31	15	1,87	4	0,37
OBLICUA	15	2,25	7	0,15	15	1,07	1	0,13

4.3.2.2 Lija de 100

Los resultados del ensayo de cepillado se presentan en los cuadros de anexos A41, A42 y A43.

4.3.2.2.1 Lijado a Favor del Grano

Grano levantado: en los cortes tangenciales, radiales y oblicuos a favor del grano, se encontró defectos de grado 1, con promedios que van de 0,75 a 1,52 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Grano Velloso: en los cortes tangenciales, radiales y oblicuos a favor del grano, únicamente se presentó defectos de grado 1, con promedios que oscilan de 0,33 a 1,02 con calificación de Excelente (E).

4.3.2.2.2 Lijado en Contra del Grano

Grano levantado: en los cortes tangenciales, radiales y oblicuos en contra del grano, se encontró defectos de grado 1, con promedios que oscilan de 1,21 a 2,12 con calificaciones de Bueno (B) y Regular (R).

Grano Velloso: en los cortes tangenciales, radiales y oblicuos en contra del grano, únicamente se presentó defectos de grado 1, con promedios que oscilan de 0,43 a 1,03 con calificación de Excelente (E).

Cuadro 30. Resultados promedios por cara de los defectos del lijado (Lija N° 100) en la madera de *Pinus patula*, a Favor y en Contra del Grano, UTN, 2011

Orientación	A FAVOR DEL GRANO				EN CONTRA DEL GRANO			
	Grano levantado		Grano veloso		Grano levantado		Grano veloso	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectada	Porcentaje Promedio Afectación
RADIAL	15	1,52	15	1,02	15	2,12	15	1,03
TANGENCIAL	15	0,90	15	0,33	15	1,21	15	0,72
OBLICUA	15	0,75	15	0,48	15	1,48	15	0,43

4.3.3 Moldurado

Los resultados del ensayo de cepillado se presentan en los cuadros de anexos A44, A45 y A46.

4.3.3.1 Moldurado a Favor del Grano

Grano Levantado: para los cortes radial, tangencial y oblicuo, se presentó hasta el grado 2, siendo el más frecuente en todas las probetas el grado 1 con promedios que van de 1,62 a 2,06 con calificación de Bueno. Los defectos presentes en las piezas, la mayoría son causados por la presencia de las nudosidades.

Grano Velloso: Para los cortes radiales, tangenciales y oblicuos, el grado más frecuente fue el grado 1 (en todas las probetas) con promedios que oscilan de 1,02 a 1,10 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Cuadro 32. Resultados promedios por cara de los defectos del Moldurado en la madera de *Pinus patula*, a Favor del Grano, UTN, 2011.

Orientación	A FAVOR DEL GRANO							
	Grano levantado				Grano vellosa			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación
RADIAL	15	1,62	12	2,37	15	1,10	1	0,67
TANGENCIAL	15	1,95	13	2,35	15	1,02	3	1,15
OBLICUA	15	2,06	9	0,99	15	1,09		

4.3.3.2 Moldurado en Contra del Grano

Grano levantado: en los cortes tangenciales, radiales y oblicuos a favor del grano, se encontró defectos de grado 1 (en todas las probetas) y grado 2, con promedios que van de 1,67 a 2,27 con calificaciones Bueno (B) y Regular (R).

Grano Velloso: en los cortes tangenciales, radiales y oblicuos a favor del grano, únicamente se presentó defectos de grado 1 (en todas las probetas) y grado 2, con promedios que oscilan de 1,00 a 1,47 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Cuadro 33. Resultados promedios por cara de los defectos del Moldurado en la madera de *Pinus patula*, en Contra del Grano, UTN, 2011.

Orientación	EN CONTRA DEL GRANO							
	Grano levantado				Grano veloso			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación
RADIAL	15	1,67	12	2,27	15	1,47	2	1,08
TANGENCIAL	15	2,09	8	1,96	15	1,00		
OBLICUA	15	2,27	9	1,72	15	1,24		

4.3.4 Torneado

Los resultados del ensayo de torneado se presentan en los cuadros de anexos A47.

Cuadro 34. Resultados promedios del ensayo de Torneado de *Pinus patula*, UTN, 2011.

Ángulos de Corte	CORTE PARALELO AL GRANO					
	Grano Arrancado		Grano Levantado		Grano Velloso	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación
Ángulo de Corte 0°	30	1,21	30	1,23	30	0,99
Ángulo de Corte 15°	25	0,85	30	1,11	30	0,99
Ángulo de Corte 40°	30	1,06	30	1,24	30	1,16

Grano arrancado: para el ángulo de corte 0°, se encontró un promedio de 1,21 con calificación de Bueno (B).

Grano levantado: para el ángulo de corte 0°, todas las probetas presentaron defectos de grado 1 con un promedio de 1,23 con calificación de Bueno (B).

Grano Velloso: para el ángulo de corte 0°, las probetas ensayadas presentaron defectos de grado 1 con un promedio de 0,99 con calificación de Excelente (E).

Grano arrancado: para el ángulo de corte 15°, todas las probetas presentaron defectos de grado 1 con un promedio de 0,85 con calificación de Excelente (E).

Grano levantado: para el ángulo de corte 15°, se evidenció la presencia de defectos de grado 1 en todas las probetas con un promedio de 1,11 con calificación de Bueno (B).

Grano Velloso: para el ángulo de corte 15°, se observó en todas las probetas defectos de grado 1 con un promedio de 0,99 con calificación de Excelente (E).

Grano arrancado: para el ángulo de corte 40°, las probetas ensayadas presentaron defectos de grado 1 con un promedio de 1,06 con calificación de Excelente (E).

Grano levantado: para el ángulo de corte 40°, se observó en todas las probetas defectos de grado 1 con un promedio de 1,24 con calificación de Bueno (B).

Grano Velloso: para el ángulo de corte 40°, todas las probetas presentaron defectos de grado 1 con un promedio de 1,16 con calificación de Bueno (B).

4.3.5 Taladrado

Los resultados del ensayo de cepillado se presentan en los cuadros de anexos A48, A49 y A50.

Cuadro 35. Resultados Promedios por cara del ensayo de Taladrado de *Pinus patula*, UTN, 2011.

Orientación	DEFECTOS					
	Grano Arrancado		Grano levantado		Grano velloso	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación	Probetas Afectadas	Porcentaje Promedio Afectación
RADIAL	15	1,21	14	1,09	11	0,66
TANGENCIAL	15	1,48	15	1,40	12	0,90
OBLICUA	15	1,36	15	1,27	11	0,81

Grano arrancado: para los cortes radiales, tangenciales y oblicuos, presentaron defectos de grado 1 con promedios que oscilan de 1,21 a 1,48 con calificación de Bueno (B).

Grano levantado: las probetas ensayadas presentaron defectos de grado 1 con promedios que oscilan 1,09 y 1,40 con calificaciones de Excelente (E) y Bueno (B).

Grano Velloso: todas las probetas ensayadas en los cortes tangencial, radial y oblicuo, presentaron grado 1 con promedios que oscilan de 0.66a 0,90con calificación de Excelente (E).

4.4 Usos potenciales

Ebanistería, molduras, decoraciones de interiores, juguetes, artesanías (tallados), esculturas, postes para transmisión, pilotes, chapas, cajas, embalajes, encofrados, teleras, estibas, muebles, artículos torneados, marcos para cuadros, puertas, ventanas, cajas corrientes, fabricación de palillos, mangos para herramienta y por su pulpa de fibra larga es muy apreciada para la producción de papel periódico. Además los brotes de las hojas preparadas en jarabe con azúcar alivian el catarro y las fricciones con la resina curan el reumatismo.

4.5 DISCUSIÓN

Según la tabla de límites de valores de Hoheisel (ver anexo A1) para la clasificación de especies que rige para las propiedades físicas y mecánicas, se elaboró un cuadro de comparación entre los resultados obtenidos en el presente estudio (*Pinus patula*) con los realizados en *Pinus radiata* por La Junta del Acuerdo de Cartagena - Proyecto Andino de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales (PADT – REFORT) en el “Estudio Integral de la Madera para la Construcción” Quito – Ecuador , el estudio “Algunos Usos Potenciales de *Pinus patula*”. Memorias II Congreso Nacional de Productos Derivados de la Madera. Bogotá – Colombia y el Catálogo de Cien Especies Forestales de Honduras “Distribución, Propiedades y Usos” estudio realizado por la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), Siguatepeque – Honduras, 1988. Esta comparación se fundamenta en que estas especies tienen la densidad básica similar.

Cuadro 36. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas de madera joven con madera de mayor edad.

Propiedades	<i>Pinus patula</i> (12 años) (Ecuador)	<i>Pinus patula</i> (>20 años) (Colombia)	<i>Pinus radiata</i> (>20 años) (Ecuador)	<i>Pinus ayacahuite</i> (>20 años) (Honduras)
FISÍCAS				
Densidad				
Densidad Básica (gr./cm ³)	0,323 MB	0,43 B	0,39B	0,37B
Densidad seca al aire (gr./cm ³)	0,362 MB	0,53 B	0,48B	
Contracción				
Contracción volumétrica total (%)	6,76 MB	11,88 M	11,90 M	8,85 B
Relación tangencial /radial (%)	1,66 B	1,77 B	1,70 B	2,91 M
MECÁNICAS				
Flexión Estática				
E.F.L.P (kgf/cm ²)	225,77 MB	467,00 B	293 B	434 B
M.O.R (kgf/cm ²)	408,70 B	759,00 B	664 B	614 B
M.O.E (kgf/cm ²) * 10 ³	47,314 MB	99,66 B	76 B	110 B
Compresión Paralela				
E.F.L.P (kgf/cm ²)	130,59 MB	255,00 B	-----	277 B
M.O.R (kgf/cm ²)	208,20 MB	372,00 B	290 MB	374 B
M.O.E (kgf/cm ²) * 10 ³	130,59	-----	-----	-----
Compresión Perpendicular				
E.F.L.P (kgf/cm ²)	40,67 B	51,00 B	70 B	45 B
Dureza				
Cara Radial (Kgf)	153,46 MB	327,00 B 350,00 B	264 B	264 B
Cara Tangencial (Kgf)	153,88 MB			
Extremos (Kgf)	224,09 MB	339,00 B	328 B	280 B

Donde:

MB: Muy Bajo

B: Bajo

M: Mediano

4.5.1 Propiedades Físicas

La densidad específica obtenida en esta investigación de $0,32 \text{ gr/cm}^3$, es menor que la obtenida en Colombia debido a que en este estudio se ha trabajado con madera joven, de apenas 12 años en la cual los tejidos no se hallan completamente lignificados o endurecidos, mientras que el valor constante en el cuadro (Colombia) se lo ha hecho con madera madura (mayor a 20 años), cuyo grado de lignificación es mayor.

Estudios realizados en *Pinus patula* (Colombia), *Pinus radiata* (Ecuador) y *Pinus ayacahuite* (Honduras) en madera madura (mayor a 20 años) cuyas densidades son similares que van de $0,43 \text{ gr/cm}^3$, $0,39 \text{ gr/cm}^3$ y $0,37 \text{ gr/cm}^3$ respectivamente se tiene resultados semejantes como se muestra en el cuadro 35 y según la tabla de valores de Hoheisel se tiene calificaciones de Baja en las tres especies.

4.5.2 Propiedades Mecánicas

En lo que respecta a propiedades mecánicas como: flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza, se detecto diferencias destacables en las variables evaluadas con valores menores, con respecto a la información que se obtuvieron en Colombia en la misma especie pero con madera madura se tienen valores mayores, esta diferencia se da en virtud en que la presente investigación se realizo con madera joven cuya estructura anatómica se encuentran en proceso de crecimiento, esto hace que sus propiedades tanto físicas como mecánicas sean Muy bajas.

Información obtenida de estudios de propiedades mecánicas realizados en pino en Ecuador, Colombia y Honduras en madera madura se tienen valores similares en sus propiedades de flexión estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza, ya que, según la tabla de límites de de valores para la clasificación de especies de Hoheisel, estos valores están dentro del rango de calificación de Bajo.

4.5.3 Propiedades de trabajabilidad

En cuanto a los resultados de trabajabilidad, la madera joven de *Pinus patula* presenta mayor cantidad de nudos que la madura, esto hace que los defectos sean más frecuentes en las distintas caras.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Al efectuar las comparaciones de las propiedades físicas, mecánicas y de trabajabilidad, se llegan a las conclusiones siguientes:

Propiedades Físico – Mecánicas

La densidad específica de una madera joven es menor ($0,32 \text{ gr/cm}^3$) que la de madera adulta ($0,43 \text{ gr/cm}^3$).

La contracción volumétrica total fue de 6,76 %, siendo el plano tangencial el que más contracción se observó con 4,27%, es decir, 60,89% más contráctil en relación al plano radial.

La relación de anisotropía(T/R) en madera joven fue de 1,66 la cual se clasifica como **Bajo**, e indica estabilidad dimensional en la madera.

La propiedad de dureza en la presente investigación se determinó valores menores a los realizados para la misma especie en Colombia con madera madura cuyos resultados fueron mayores. Con esto se concluye que la madera joven de esta especie es más suave, calificándose según la tabla de límites de valores de Hoheisel como **Muy bajo**.

El ensayo de flexión estática mostró un MOR de $408,70 \text{ kgf/cm}^2$, menor a los valores obtenidos en la misma especie en Colombia con madera madura cuyos resultados fueron superiores.

En el ensayo de compresión paralela, los resultados obtenidos del MOR en la presente investigación fueron de 208,20 kgf/cm², calificándose como **Muy Bajo** y con madera madura se obtuvieron valores superiores calificándose como **Bajo**.

Trabajabilidad

El factor cepillado a favor y en contra, la presencia de nudos, la edad y los planos de la madera, influyeron directamente en la generación de estos defectos. La severidad de los defectos de cepillado fueron en general bajos ya que pueden ser eliminados con facilidad con el proceso de lijado. Los defectos de cepillado que más superficie afectada mostraron fueron el grano arrancado, seguido por el grano levantado y finalmente el grano velloso los cuales pueden ser reducidos sustancialmente cepillando la madera a favor del grano, siendo a su vez menores en el plano tangencial de la madera.

La severidad de los defectos de moldurado fueron en general bajos ya que pueden ser eliminados con facilidad con el lijado. Los defectos de moldurado de la madera que más superficie afectada mostraron fueron el grano levantado, seguido por el grano velloso, el mejor comportamiento lo mostró el plano radial al tener la menor superficie afectada por defectos de moldurado.

El ensayo de lija N° 60, para tener un desgaste requerido por las Normas ASTM 1666 - 87 (2004) se necesita tres pasadas en la lija de banda. Los defectos del lijado que más superficie afectada mostraron fueron el grano levantado, seguido por el grano velloso.

Para el ensayo de lijado (lija N° 100) se tiene calificaciones que van de bueno a Excelente por lo que esta madera sí posee condiciones para recibir productos de acabados como Barniz y laca.

Los defectos del ensayo del torneado que más superficie afectada mostraron fueron el grano levantado seguido por el arrancado, y finalmente el grano velloso. El mejor ángulo de corte fue el de 15 grados, con 0 y 40 grados de corte el acabado de torneado desmejora. Estos defectos pueden ser eliminados fácilmente con el lijado

En general, la clasificación del taladrado fue de excelente en la entrada y de buena a excelente en la salida de la broca.

Con la anteriormente expuesto, queda demostrado que existen variación en acabados de trabajabilidad en los distintos planos de *Pinus patula*. Cabe mencionar que los defectos están relacionados por la presencia de nudos y la madurez de la madera.

5.2 Recomendaciones

Promover y poner a disposición los resultados obtenidos en el presente estudio, con la finalidad de que se conozcan las potencialidades de esta especie y de esta manera logren mejores oportunidades de competitividad en el mercado de los productos forestales maderables.

Que se determinen las propiedades con material maduro (árboles con DAP igual o mayor a 40 cm, según la Norma.), para establecer variaciones.

Debido a que estos ensayos son costosos, se sugiere que la Universidad Técnica del Norte, repare la prensa Instron, donada por el MAE con la finalidad de facilitar futuras tesis sobre propiedades mecánicas.

CAPÍTULO VI

6 RESUMEN

El estudio “Identificación de Usos Probables de *Pinus patula* Schlect. Et Cham. Con Base en la Determinación de las Propiedades Físico- Mecánicas y de Trabajabilidad de la Madera”, se realizó en el sector de Iltahui, cantón Cotacachi, provincia Imbabura, con la finalidad de determinar las propiedades Físico - mecánicas conforme a las Normas COPANT y ASTM D143 -09, el ensayo de Trabajabilidad de la madera mediante el criterio de mínimos defectos conforme a la Norma ASTM D-1666-87 (2004).

El número de árboles utilizados en los diferentes ensayos fueron: 7 para ensayos de propiedades Físicas, 5 en propiedades Mecánicas y Trabajabilidad, con sus respectivas repeticiones.

Los resultados de los ensayos físico- mecánicos mostraron que la densidad básica de la madera es de 0.323 gr/cm^3 , la cual se clasifica como **muy baja** (madera suave); la contracción volumétrica se ubicó en 6,76 %, y la Relación de Anisotropía (RAN T/R) fue de 1,66 lo cual indica que es una madera que tiene una estabilidad dimensional.

En los cuatro ensayos mecánicos evaluados, sus propiedades mecánicas (Flexión Estática, compresión paralela, compresión perpendicular y dureza o Janka) están en un rango de calificación de muy bajo a bajo.

En los diferentes ensayos de trabajabilidad tales como: Cepillado, lijado, moldurado, torneado y taladrado, se obtuvieron calificaciones de Regular hasta Excelente.

Para la evaluación de los resultados obtenidos en los diferentes ensayos, se aplicó el cálculo de Estimadores Estadísticos con varianza combinada.

Los resultados obtenidos mostraron que la madera juvenil es menos densa, menos resistente que la madera madura de esta especie. Sin embargo no presento mayores problemas en cuanto a la trabajabilidad, ya que la mayoría de los defectos presentes fueron ocasionados por la presencia de las nudosidades.

CAPÍTULO VII

7 SUMMARY

The study, "Identification of probable uses of *Pinus patula* Schlect. Et Cham. Based on the Determination of Physico-Mechanical Properties and Workability of the Wood "was held in the area of Iltaqui, Canton Cotacachi, Imbabura province, in order to determine the physical properties - mechanical accordance with ASTM Standards and COPANT D143 -09, testing workability of wood by the criterion of minimum defects under ASTM D-1666-87 (2004).

The number of trees used in different trials were: 7 for Physical property tests, 5 Mechanical properties and workability, with their repetitions.

The results of physical-mechanical tests showed that the basic wood density is 0.323 g/cm³, which is classified as very low (soft wood), the volumetric shrinkage was at 6.76% and the ratio anisotropy (RAN T / R) was 1.66 which indicates that it is a timber that has a dimensional stability.

In all four trials evaluated mechanical, mechanical properties (static bending, compression parallel and perpendicular compression or Janka hardness) are in a scoring range from very low to low.

In various tests of workability such as brushing, sanding, molding, turning and drilling, Regular is scored to excellent. For the evaluation of the results obtained in different trials, we applied the calculation of variance combined statistical estimates.

The results obtained showed that juvenile wood is less dense, less resistant than

mature wood of this species. However, no further problems in terms of workability, since most of these defects were caused by the presence of lumps.

CAPÍTULO VIII

8 BIBLIOGRAFÍA

1. ARROYO, J. 1983. Propiedades Físico-Mecánicas de la Madera. Universidad de Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela.
2. ASTM. D 143 - 09. Standards, methods of testing small clear specimens of timber. ASTM D1666-87. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 04.09. Wood American Society for Testing and Materials. Philadelphia, P.A, USA 238-278 pag.
3. COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas). 1972. (458, 459, 461,462, 555, 464, 466, 742, y 743). Buenos Aires, Argentina.
4. CORMADERA (Corporación de Desarrollo Forestal y Maderero del Ecuador). 1997. Manual para la producción de Pino (*Pinus radiata* D. Don.). Quito, Ecuador.
5. COWN, D. J., HERBERT, J. & BALL, R. 1999. Modelling *Pinus radiata* lumber characteristic. Part 1: Mechanical properties of small clears. New Zealand Journal of Forestry Science. 29(2): 203-213.
6. ECHENIQUE, M. R. Y FERNÁNDEZ, F. R. 1993. Ciencia y Tecnología de la Madera. Textos Universitarios. Universidad Veracruzana. México. 140 p.

7. ESCUELA NACIONAL DE CIENCIA FORESTALES (ESNACIFOR), 1988.
Catálogo de Cien Especies Forestales de Honduras: Distribución,
Propiedades y Usos. Siguatepeque, Honduras.
8. FLORES V., R. Y M. E. FUENTES L. 2001. Maquinado de dos especies de
encino *Quercus affinis* y *Q. crassifolia*. Ciencias Forestales en México.
Instituto Nacional de investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria.
México. 85(24): en prensa.
9. FUENTES, L. M. E. 1990. Propiedades físico-mecánicas de cinco especies de
encino (*Quercus spp.*) del Estado de Puebla. Tesis Profesional. División
de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. 54 p.
10. HAROLD, W. & HOCKER, JR. 1984. Introducción a la Biología Forestal.
AGT Editor, S.A. México. 433 p.
11. HONORATO S., J. A. 1997. Propiedades físicas y mecánicas de los encinos
mexicanas INIFAP, Campo Experimental San Martinito. Documento
interno 7 p.
12. HONORATO, S. Y FUENTES E. 2001 "propiedades físico-mecánicas de
la madera de cinco especies de encino del estado de Guanajuato."
México Vol. 26. pp. C. 3-7.
13. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC), DEL
PACTO ANDINO. 1982. En su libro titulado: Factores que afectan
la Trabajabilidad de 105 maderas de los Bosques tropicales del
Grupo Andino. Lima, Perú.

14. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA. 1980. Normas y Métodos para ensayos Tecnológicos. Estudio de la tecnología e Ingeniería de la madera. Subproyecto N° 1 Lima, Perú.
15. JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA.1981. Estudio Integral de la Madera para la Construcción. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales Lima, Perú.
16. LASO, E. Ensayos Físicos y Mecánicos. Mérida, Instituto Forestal Latinoamericano N°3 y 4, Mérida, Venezuela.
17. LOZADA, J. 1958. Propiedades Físicas y Mecánicas de saqui- saqui (*Bombacopsissepia*).Tesis de Ingeniero Forestal, Mérida,Venezuela, Universidad de los Andes.
18. MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO.1981. Proyectos Andinos de desarrollo Tecnológico en el área de los recursos Forestales Tropicales. Lima, Perú.
19. MANUAL DEL GRUPO ANDINO PARA LA PRESERVACIÓN DE LA MADERA.1988. Primera edición, Lima, Perú.
20. MUÑOZ, C. y FLORES, C. 1989. Determinación de los usos Posibles de *Alnus acuminata* y *Freziera canencens*, en base al estudio de las Propiedades Físico-mecánicas y de trabajabilidad Tesis, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
21. NEILL, D. y PALACIOS, W. 1989.Árboles de la Amazonia Ecuatoriana, Quito, Ecuador.

22. NORMAS COPANT. 1972- 1975. Comisión Panamericana de normas Técnicas para Ensayos Tecnológicos de las Propiedades Físicas, Mecánicas y Preservación de la Madera, Asunción, Paraguay.
23. NORMAS INEN.1983. Maderas. Selección y Colección de Muestras, Norma Ecuatoriana N° 1158, Quito, Ecuador. Norma Ecuatoriana N° 1158, Quito, Ecuador.
24. LAMPRECHT, H. 1998. Silvicultura de los Trópicos. Edición en Alemania 1990 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Edición en español. GTZ. República Federal de Alemania. 267 Pág.
25. ORBE, J. 1988. Métodos de Preservación de Maderas, Centro de Investigación Forestal “Luciano Andrade Marín” Conocoto, Ecuador.
26. REYES, E. 1977. Análisis de métodos de ensayos de cepillado, torneado y taladrado. Mérida, Venezuela, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal. 64 p.
27. SERRANO, J.R. 2000. Trabajabilidad de la madera Cartago, CR, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de ingeniería Forestal – Instituto Nacional de aprendizaje, Núcleo de tecnología de los materiales, Industria de la madera y afinas. 49 p.
28. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. 1980. Variabilidad de la madera dentro de una misma especie, Facultad de Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela.

29. VAN BUIJTENEN, J. P. 1963. Inheritance of wood properties and their relation to growth rate in *Pinus taeda*. Wood Consultation on Forest Genetics and Tree Improvement. FAO. Roma. 13p.
30. VARGAS, J. 1987. "Anatomía y Tecnología de la Madera". Manual del Técnico Forestal. Escuela Técnica Superior Forestal (ETSFOR) – Cooperación Técnica Alemana (GTZ). Cochabamba, Bolivia
31. VARGAS, A. Z. 2004. Determinación de las propiedades físicas y mecánicas en la madera de *Quercus laeta* de la región del Salto. Durango. Tesis profesional. Instituto Tecnológico Forestal No.1, El Salto, Durango. 76 p
32. VITERI, C. 1970. Informe de las propiedades Mecánicas de la Madera, curso de Post- grado, Instituto Forestal Latinoamericano, Mérida, Venezuela.
33. ZOBEL, B.; VAN BIJTENEN, J. 1989. "Wood variation its causes and control", Springer Series in Wood Science, New York. Cap. Number 3 y 5.

CAPÍTULO IX

9 ANEXOS

Anexo A: Cuadros

Anexo B: Fotografías

Anexo C: Figuras

ANEXO A

CUADRO A1

TABLA DE LÍMITES DE VALORES PARA LA CLASIFICACIÓN DE LAS ESPECIES SEGÚN HOHEISEL

Clasificación	Muy Bajo	Bajo	Mediano	Alto	Muy Alto
Densidad Básica gr/cm ³	<0,35	0,36 - 0,50	0,51 - 0,71	0,72 - 1,00	> 1,00
Densidad Seca al aire gr/cm ³	<0,45	0,46 - 0,55	0,56 - 0,75	0,75	
Contracción Total Volumétrica %	<7,5	7,6 - 10	11,00 - 15,00	16 - 19	> 20
Relación Tan/Rad %	<1,4	1,7 - 2,0	2,1 - 2,3	2,4 - 26	> 3, 00
Flexión Estática					
E.F.L.P. Kg/cm ²	<250	251 - 500	501 - 750	751 - 1000 1351 -	> 1000
M.O.R. Kg/cm ²	<400	401 - 900	901 - 1350	1800	> 1801
M.O.E. x 1000 kg/cm ²	<70	71 - 110	120 - 150	151 - 200	> 201
Compresión Paralela					
E.F.L.P. Kg/cm ²	<200	201 - 300	301 - 450	451 - 600	> 601
M.O.R. Kg/cm ²	<300	301 - 450	451 - 700	701 - 950	> 951
M.O.E. x 1000 kg/cm ²					
Compresión Perpendicular					
E.F.L.P. Kg/cm ²	<35	36 - 75	76 - 120	121 - 175	> 156
Dureza					
Lados Kgf	<200	201 - 400	401 - 800	801 - 1200 1001 -	> 1201
Extremos Kgf	<250	251 - 500	501 - 1000	1500	> 1501

CUADRO A2

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

# ÁRBOL	CÓDIGO PROBETA	PESO (gr)			C.H (%)	PROMEDIO C.H / ARBOL (%)
		Verde	S.A	S.H		
1	1P1-A	52,860	33,672	31,559	67,496	67,891
	1P1-B	52,087	34,008	31,842	63,580	
	1P1-C	50,774	32,306	30,192	68,170	
	1P1-D	49,933	29,862	28,051	78,008	
	1P1-E	49,342	28,559	26,782	84,236	
	1P1-F	44,271	31,269	29,309	51,049	
	1P1-G	49,258	32,362	30,275	62,702	
3	3P1-A	53,353	32,518	30,230	76,490	71,005
	3P1-B	48,189	29,591	27,756	73,617	
	3P1-C	45,939	29,071	27,114	69,429	
	3P1-D	47,804	29,625	27,822	71,821	
	3P1-E	47,248	29,536	27,837	69,731	
	3P1-F	47,630	30,340	28,386	67,794	
	3P1-G	47,448	30,149	28,217	68,154	
4	4P2-A	53,530	30,538	28,845	85,578	74,772
	4P2-B	54,192	31,018	29,048	86,560	
	4P2-C	49,909	30,674	28,716	73,802	
	4P2-D	53,818	34,518	32,277	66,738	
	4P2-E	44,600	28,548	26,777	66,561	
	4P2-F	47,793	30,373	28,457	67,948	
	4P2-G	47,421	28,695	26,911	76,214	
5	5P2-A	51,422	30,521	28,747	78,878	69,549
	5P2-B	54,221	32,378	30,166	79,742	
	5P2-C	50,091	30,961	29,129	71,963	
	5P2-D	55,46	33,784	31,668	75,129	
	5P2-E	50,219	32,426	30,591	64,163	
	5P2-F	52,426	34,232	32,067	63,489	
	5P2-G	51,753	35,829	33,720	53,479	
6	6P2-A	51,652	30,960	29,088	77,572	75,965
	6P2-B	47,525	29,868	28,087	69,206	
	6P2-C	54,366	34,931	32,986	64,815	
	6P2-D	55,494	33,975	32,879	68,783	
	6P2-E	53,952	30,942	29,018	85,926	
	6P2-F	53,381	30,424	28,648	86,334	
	6P2-G	51,405	30,541	28,699	79,118	
7	7P2-A	55,112	32,989	30,990	77,838	67,851
	7P2-B	54,973	34,147	31,999	71,796	
	7P2-C	53,093	34,130	33,869	56,760	
	7P2-D	50,448	36,926	33,653	49,906	
	7P2-E	50,695	31,256	28,237	79,534	
	7P2-F	53,442	34,142	32,000	67,006	
	7P2-G	46,438	28,725	26,981	72,114	

CUADRO A3

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° ÁRBOL	C.H PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	69,448	63,252	2,126	64,817	74,080	11,452	7,953	2,179	-1,465	No significativo
4 - 5	72,160	82,430	2,426	66,873	77,448	12,582	9,079	2,179	2,152	No significativo
6 - 7	71,908	96,379	2,624	66,191	77,625	13,653	9,817	2,179	3,093	Significativo
1 - 4	71,332	94,682	2,601	65,665	76,998	13,641	9,730	2,179	-2,646	Significativo
1 - 5	68,720	104,233	2,729	62,775	74,666	14,857	10,209	2,179	-0,607	No significativo
1 - 6	71,928	94,979	2,605	66,253	77,604	13,549	9,746	2,179	-3,100	Significativo
1 - 7	67,871	125,361	2,992	61,351	74,391	16,497	11,196	2,179	0,014	No significativo
3 - 4	72,888	134,200	3,096	66,142	79,635	15,893	11,584	2,179	-1,217	No significativo
3 - 5	70,277	51,000	1,909	66,118	74,436	10,162	7,141	2,179	0,763	No Significativo
3 - 6	73,485	41,747	1,727	69,722	77,248	8,793	6,461	2,179	-2,872	Significativo
3 - 7	69,428	64,652	2,149	64,745	74,110	11,581	8,041	2,179	1,468	No significativo
4 - 6	75,368	73,177	2,286	70,386	80,350	11,350	8,554	2,179	-0,522	No significativo
4 - 7	71,311	96,082	2,620	65,603	77,019	13,746	9,802	2,179	2,642	Significativo
5 - 6	72,757	82,727	2,431	67,460	78,054	12,501	9,095	2,179	-2,639	Significativo
5 - 7	68,700	105,632	2,747	62,714	74,685	14,960	10,278	2,179	-0,618	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo

tt<tc = Significativo

CUADRO A4

RESULTADOS DE DENSIDAD VERDE, SECA AL AIRE, BÁSICA Y ANHIDRA *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ARBOL	D.V. PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm ³)	D.S.A. PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm ³)	D.B. PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm ³)	D.S.H. PROMEDIO/ ÁRBOL (gr/cm ³)
1	0,540	0,363	0,322	0,347
3	0,529	0,347	0,309	0,332
4	0,536	0,344	0,307	0,329
5	0,559	0,370	0,330	0,356
6	0,580	0,367	0,330	0,355
7	0,564	0,378	0,337	0,362

CUADRO A5

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE DENSIDAD VERDE DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° ÁRBOL	D.V. PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	0,535	0,000697	0,00706	0,519	0,550	4,940	0,026	2,179	1,651	No significativo
1 - 4	0,538	0,001137	0,00901	0,519	0,558	6,264	0,034	2,179	0,460	No significativo
1 - 5	0,550	0,000682	0,00698	0,534	0,565	4,753	0,026	2,179	-2,600	Significativo
1 - 6	0,560	0,000802	0,00757	0,544	0,577	5,056	0,028	2,179	-5,265	Significativo
1 - 7	0,552	0,000846	0,00777	0,535	0,569	5,268	0,029	2,179	-3,033	Significativo
3 - 4	0,533	0,001032	0,00859	0,514	0,551	6,035	0,032	2,179	-0,874	No significativo
3 - 5	0,544	0,000578	0,00642	0,53	0,558	4,422	0,024	2,179	-4,638	Significativo
3 - 6	0,555	0,000698	0,00706	0,539	0,570	4,767	0,026	2,179	-7,293	Significativo
3 - 7	0,547	0,000742	0,00728	0,53	0,562	2,725	0,027	2,179	-4,839	Significativo
4 - 5	0,548	0,001017	0,00852	0,529	0,566	5,827	0,032	2,179	-2,615	Significativo
4 - 6	0,558	0,001138	0,00901	0,539	0,578	6,043	0,034	2,179	-4,881	Significativo
4 - 7	0,550	0,001181	0,00919	0,53	0,570	6,249	0,034	2,179	-3,017	Significativo
5 - 6	0,570	0,000683	0,00698	0,554	0,585	4,590	0,026	2,179	-3,109	Significativo
5 - 7	0,562	0,000726	0,00720	0,545	0,577	4,803	0,027	2,179	-0,754	No significativo
6 - 7	0,572	0,000847	0,00778	0,555	0,589	5,088	0,029	2,179	2,094	No significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A6

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE DENSIDAD SECA AL AIRE DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	D.S.A. PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	0,355	0,00023	0,00407	0,346	0,364	4,288	0,015	2,179	3,757	Significativo
1 - 4	0,354	0,00039	0,00530	0,342	0,365	5,619	0,020	2,179	3,582	Significativo
1 - 5	0,367	0,00046	0,00575	0,354	0,379	5,870	0,022	2,179	-1,366	No significativo
1 - 6	0,365	0,00044	0,00561	0,353	0,377	5,748	0,021	2,179	-0,815	No significativo
1 - 7	0,371	0,00069	0,00701	0,355	0,386	7,080	0,026	2,179	-2,201	Significativo
3 - 4	0,346	0,00027	0,00436	0,336	0,355	4,717	0,016	2,179	0,852	No significativo
3 - 5	0,359	0,00034	0,00489	0,348	0,370	5,099	0,018	2,179	-4,730	Significativo
3 - 6	0,357	0,00031	0,00472	0,347	0,368	4,944	0,018	2,179	-4,206	Significativo
3 - 7	0,363	0,00074	0,00727	0,349	0,381	7,448	0,027	2,179	-3,577	Significativo
4 - 5	0,357	0,00050	0,00596	0,344	0,370	6,244	0,022	2,179	-4,506	Significativo
4 - 6	0,356	0,00047	0,00582	0,343	0,368	6,126	0,022	2,179	-4,050	Significativo
4 - 7	0,361	0,00072	0,00718	0,345	0,377	7,444	0,027	2,179	-4,795	Significativo
5 - 6	0,369	0,00054	0,00623	0,355	0,383	6,320	0,023	2,179	0,527	No significativo
5 - 7	0,374	0,00079	0,00752	0,358	0,391	7,514	0,028	2,179	-1,007	No Significativo
6 - 7	0,373	0,00077	0,00741	0,357	0,389	7,436	0,028	2,179	-1,466	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A7

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE DENSIDAD BÁSICA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	D. BÁSICA PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE $t_{0,05}$ GL = 12		VARIABILIDAD/ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	0,316	0,00018	0,00363	0,308	0,323	4,299	0,014	2,179	3,665	significativo
1 - 4	0,315	0,00028	0,00448	0,305	0,324	5,333	0,017	2,179	3,378	Significativo
1 - 5	0,326	0,00034	0,00495	0,315	0,337	5,674	0,019	2,179	-1,617	No Significativo
1 - 6	0,326	0,00041	0,00543	0,314	0,338	6,229	0,020	2,179	-1,525	No significativo
1 - 7	0,330	0,00059	0,00649	0,316	0,344	7,367	0,024	2,179	-2,333	Significativo
3 - 4	0,308	0,00020	0,00375	0,300	0,316	4,553	0,014	2,179	0,496	No significativo
3 - 5	0,320	0,00026	0,00429	0,310	0,329	5,024	0,016	2,179	-4,962	Significativo
3 - 6	0,320	0,00033	0,00484	0,309	0,330	5,668	0,018	2,179	-4,455	Significativo
3 - 7	0,323	0,00051	0,00601	0,310	0,336	6,957	0,022	2,179	-4,733	Significativo
4 - 5	0,319	0,00036	0,00504	0,308	0,330	5,915	0,019	2,179	-4,595	Significativo
4 - 6	0,319	0,00043	0,00551	0,307	0,331	6,473	0,021	2,179	-4,249	Significativo
4 - 7	0,322	0,00060	0,00656	0,308	0,336	7,620	0,025	2,179	-4,616	Significativo
5 - 6	0,330	0,00049	0,00590	0,317	0,343	6,684	0,022	2,179	-0,040	No significativo
5 - 7	0,334	0,00066	0,00689	0,319	0,349	7,720	0,026	2,179	-1,037	No Significativo
6 - 7	0,334	0,00073	0,00724	0,318	0,350	8,116	0,027	2,179	-0,947	No Significativo

Decisión: $tt > tc$ = No significativo
 $tt < tc$ = Significativo

CUADRO A8

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE DENSIDAD SECA AL HORNO DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	D.S.H PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	0,340	0,000208	0,00386	0,331	0,348	4,253	0,014	2,179	3,777	Significativo
1 - 4	0,338	0,000369	0,00513	0,327	0,349	5,679	0,019	2,179	3,369	Significativo
1 - 5	0,352	0,000400	0,00534	0,339	0,363	5,695	0,020	2,179	-1,631	No significativo
1 - 6	0,351	0,000438	0,00559	0,339	0,363	5,969	0,021	2,179	-1,430	No significativo
1 - 7	0,355	0,000713	0,00714	0,339	0,370	7,536	0,027	2,179	-2,161	No Significativo
3 - 4	0,331	0,000257	0,00428	0,321	0,340	4,847	0,016	2,179	0,633	No significativo
3 - 5	0,344	0,000288	0,00454	0,334	0,354	4,938	0,017	2,179	-5,132	Significativo
3 - 6	0,344	0,000327	0,00483	0,333	0,354	5,263	0,018	2,179	-4,673	Significativo
3 - 7	0,347	0,000602	0,00656	0,333	0,361	7,067	0,025	2,179	-4,576	Significativo
4 - 5	0,343	0,000448	0,00566	0,330	0,355	6,184	0,021	2,179	-4,594	Significativo
4 - 6	0,342	0,000487	0,00590	0,329	0,355	6,451	0,022	2,179	-4,288	Significativo
4 - 7	0,346	0,000762	0,00738	0,330	0,362	7,983	0,028	2,179	-4,434	Significativo
5 - 6	0,356	0,000518	0,00608	0,342	0,368	6,410	0,023	2,179	0,117	No significativo
5 - 7	0,359	0,000793	0,00753	0,342	0,375	7,850	0,028	2,179	-0,892	No Significativo
6 - 7	0,359	0,000832	0,00771	0,342	0,375	8,046	0,029	2,179	-0,964	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A9

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL Y VOLUMÉTRICA NORMAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

Nº ARBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL C.T.N (%)	PROMEDIO/ ÁRBOL C.R.N (%)	PROMEDIO/ ÁRBOL C.L.N (%)	PROMEDIO / ÁRBOL C.V.N (%)
1	3,276	1,881	0,056	5,096
3	3,187	1,780	0,061	4,910
4	3,024	1,772	0,058	4,742
5	3,294	1,776	0,065	5,010
6	3,095	1,745	0,058	4,786
7	3,079	1,711	0,055	4,737

CUADRO A10

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN TANGENCIAL NORMAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	C.T.N PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	3,232	0,246006	0,13256	2,943	3,520	15,348	0,496	2,179	0,674	No Significativo
1 - 4	3,150	0,206823	0,12154	2,885	3,415	14,438	0,455	2,179	2,079	No Significativo
1 - 5	3,285	0,117181	0,09149	3,086	3,484	10,421	0,342	2,179	-0,189	No significativo
1 - 6	3,186	0,121792	0,09327	2,983	3,389	10,955	0,349	2,179	1,941	No Significativo
1 - 7	3,178	0,282056	0,14194	2,868	3,487	16,714	0,531	2,179	1,391	No Significativo
3 - 4	3,106	0,253837	0,13465	2,812	3,399	16,225	0,504	2,179	1,214	No significativo
3 - 5	3,241	0,164195	0,10830	3,004	3,476	12,505	0,405	2,179	-0,984	No Significativo
3 - 6	3,141	0,168806	0,10981	2,902	3,380	13,080	0,411	2,179	0,835	No Significativo
3 - 7	3,133	0,329070	0,15331	2,799	3,467	18,310	0,574	2,179	0,705	No Significativo
4 - 5	3,159	0,125012	0,09450	2,953	3,364	11,194	0,354	2,179	-2,857	Significativo
4 - 6	3,060	0,129623	0,09622	2,850	3,269	11,768	0,360	2,179	-0,745	No Significativo
4 - 7	3,052	0,289887	0,14390	2,738	3,365	17,646	0,538	2,179	-0,384	No Significativo
5 - 6	3,195	0,039982	0,05344	3,078	3,311	6,259	0,200	2,179	3,710	Significativo
5 - 7	3,187	0,200245	0,11960	2,926	3,447	14,044	0,447	2,179	2,795	Significativo
6 - 7	3,087	0,204856	0,12097	2,823	3,351	14,661	0,453	2,179	0,136	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A11

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN RADIAL NORMAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	C.R.N PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	1,831	0,067853	0,06962	1,678	1,982	14,233	0,260	2,179	1,449	No Significativo
1 - 4	1,827	0,067803	0,06959	1,675	1,978	14,258	0,260	2,179	1,560	No Significativo
1 - 5	1,829	0,062629	0,06688	1,682	1,974	13,690	0,250	2,179	1,570	No significativo
1 - 6	1,813	0,095656	0,08266	1,633	1,993	17,063	0,309	2,179	1,644	No Significativo
1 - 7	1,796	0,055185	0,06278	1,659	1,933	13,080	0,235	2,179	2,696	Significativo
3 - 4	1,776	0,046456	0,05760	1,650	1,901	12,137	0,216	2,179	0,134	No significativo
3 - 5	1,778	0,041282	0,05430	1,659	1,896	11,430	0,203	2,179	0,076	No Significativo
3 - 6	1,763	0,074309	0,07285	1,603	1,921	15,469	0,273	2,179	0,480	No Significativo
3 - 7	1,746	0,033838	0,04916	1,638	1,853	10,539	0,184	2,179	1,392	No Significativo
4 - 5	1,774	0,041232	0,05427	1,656	1,892	11,448	0,203	2,179	-0,066	No Significativo
4 - 6	1,759	0,074259	0,07283	1,600	1,917	15,498	0,273	2,179	0,375	No Significativo
4 - 7	1,742	0,033788	0,04913	1,635	1,849	10,554	0,184	2,179	1,236	No Significativo
5 - 6	1,761	0,069085	0,07025	1,607	1,913	14,933	0,263	2,179	0,439	No Significativo
5 - 7	1,744	0,028614	0,04521	1,645	1,842	9,703	0,169	2,179	1,422	No Significativo
6 - 7	1,728	0,061641	0,06635	1,583	1,873	14,368	0,248	2,179	0,504	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A12

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN LONGITUDINAL NORMAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham

N° DE ÁRBOL	C.L.N PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	0,059	0,000735	0,00724	0,043	0,074	46,216	0,027	2,179	-0,611	No Significativo
1 - 4	0,057	0,000453	0,00569	0,045	0,070	37,111	0,021	2,179	-0,326	No Significativo
1 - 5	0,061	0,000821	0,00766	0,044	0,077	47,144	0,029	2,179	-1,138	No significativo
1 - 6	0,057	0,000618	0,00664	0,043	0,072	43,437	0,025	2,179	-0,237	No Significativo
1 - 7	0,056	0,000539	0,00620	0,042	0,069	41,669	0,023	2,179	0,230	No Significativo
3 - 4	0,060	0,000612	0,00661	0,045	0,074	41,517	0,025	2,179	0,389	No significativo
3 - 5	0,063	0,000980	0,00837	0,045	0,081	49,686	0,031	2,179	-0,512	No Significativo
3 - 6	0,060	0,000776	0,00745	0,043	0,076	46,882	0,028	2,179	0,384	No Significativo
3 - 7	0,058	0,000698	0,00706	0,043	0,073	45,593	0,026	2,179	0,830	No Significativo
4 - 5	0,062	0,000698	0,00706	0,046	0,077	42,821	0,026	2,179	-0,971	No Significativo
4 - 6	0,058	0,000495	0,00594	0,045	0,071	38,257	0,022	2,179	0,048	No Significativo
4 - 7	0,057	0,000416	0,00545	0,045	0,069	36,013	0,020	2,179	0,603	No Significativo
5 - 6	0,062	0,000863	0,00785	0,044	0,079	47,709	0,029	2,179	0,910	No Significativo
5 - 7	0,060	0,000784	0,00748	0,044	0,076	46,618	0,028	2,179	1,355	No Significativo
6 - 7	0,057	0,000581	0,00644	0,042	0,071	42,650	0,024	2,179	0,466	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A13

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA NORMAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	C.V.N PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	5,003	0,312810	0,14948	4,677	5,328	11,180	0,559	2,179	1,246	No Significativo
1 - 4	4,919	0,210976	0,12276	4,651	5,186	9,338	0,459	2,179	2,884	Significativo
1 - 5	5,053	0,105158	0,08667	4,864	5,242	6,417	0,324	2,179	0,986	No significativo
1 - 6	4,941	0,126752	0,09515	4,734	5,148	7,206	0,356	2,179	3,256	Significativo
1 - 7	4,917	0,267603	0,13826	4,615	5,218	10,522	0,517	2,179	2,594	Significativo
3 - 4	4,826	0,379249	0,16459	4,467	5,184	12,761	0,616	2,179	1,019	No significativo
3 - 5	4,960	0,273430	0,13975	4,655	5,265	10,542	0,523	2,179	-0,722	No Significativo
3 - 6	4,848	0,295024	0,14517	4,531	5,164	11,204	0,543	2,179	0,851	No Significativo
3 - 7	4,824	0,435875	0,17645	4,439	5,208	13,688	0,660	2,179	0,976	No Significativo
4 - 5	4,876	0,171596	0,11071	4,635	5,117	8,495	0,414	2,179	-2,426	Significativo
4 - 6	4,764	0,193190	0,11747	4,508	5,020	9,226	0,440	2,179	-0,376	No Significativo
4 - 7	4,740	0,334041	0,15447	4,403	5,076	12,194	0,578	2,179	0,030	No Significativo
5 - 6	4,898	0,087372	0,07900	4,726	5,070	6,035	0,296	2,179	2,841	Significativo
5 - 7	4,874	0,228223	0,12768	4,596	5,152	9,802	0,478	2,179	2,189	Significativo
6 - 7	4,762	0,249817	0,13358	4,471	5,053	10,497	0,500	2,179	0,365	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A14

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL Y VOLUMÉTRICA TOTAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

Nº ARBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL C.T.T (%)	PROMEDIO/ ÁRBOL C.R.T (%)	PROMEDIO/ ÁRBOL C.L.T (%)	PROMEDIO/ ÁRBOL C.V.T (%)
1	4,368	2,663	0,208	6,916
3	4,304	2,576	0,214	6,769
4	4,144	2,562	0,216	6,600
5	4,414	2,643	0,231	6,940
6	4,208	2,610	0,195	6,708
7	4,157	2,545	0,226	6,597

CUADRO A15

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN TANGENCIAL TOTAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	C.T.T. PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	4,336	0,332265	0,15406	4,000	4,672	13,294	0,576	2,179	0,420	No Significativo
1 - 4	4,256	0,539420	0,19629	3,829	4,684	17,256	0,734	2,179	1,143	No Significativo
1 - 5	4,391	0,539099	0,19623	3,964	4,819	16,721	0,734	2,179	-0,232	No significativo
1 - 6	4,288	0,331440	0,15386	3,953	4,624	13,425	0,576	2,179	1,042	No Significativo
1 - 7	4,263	0,367233	0,16196	3,910	4,616	14,216	0,606	2,179	1,305	No Significativo
3 - 4	4,224	0,521930	0,19308	3,803	4,645	17,104	0,722	2,179	0,826	No significativo
3 - 5	4,359	0,521608	0,19302	3,938	4,779	16,569	0,722	2,179	-0,571	No Significativo
3 - 6	4,256	0,313949	0,14975	3,930	4,582	13,165	0,560	2,179	0,638	No Significativo
3 - 7	4,231	0,349742	0,15806	3,886	4,575	13,980	0,591	2,179	0,928	No Significativo
4 - 5	4,279	0,728763	0,22815	3,782	4,776	19,950	0,854	2,179	-1,183	No Significativo
4 - 6	4,176	0,521104	0,19293	3,756	4,597	17,286	0,722	2,179	-0,332	No Significativo
4 - 7	4,151	0,556897	0,19945	3,716	4,585	17,980	0,746	2,179	-0,064	No Significativo
5 - 6	4,311	0,520783	0,19287	3,891	4,731	16,740	0,722	2,179	1,067	No Significativo
5 - 7	4,286	0,556576	0,19939	3,851	4,720	17,408	0,746	2,179	1,289	No Significativo
6 - 7	4,183	0,348917	0,15787	3,839	4,527	14,123	0,591	2,179	0,324	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A16

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN RADIAL TOTAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	C.R.T. PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	2,620	0,084399	0,07764	2,450	2,788	11,092	0,291	2,179	1,121	No Significativo
1 - 4	2,613	0,080210	0,07569	2,447	2,777	10,842	0,283	2,179	1,334	No Significativo
1 - 5	2,653	0,123647	0,09398	2,448	2,858	13,254	0,352	2,179	0,205	No significativo
1 - 6	2,637	0,154866	0,10518	2,407	2,865	14,927	0,394	2,179	0,503	No Significativo
1 - 7	2,604	0,067123	0,06924	2,453	2,755	9,949	0,259	2,179	1,694	No Significativo
3 - 4	2,569	0,037836	0,05199	2,455	2,682	7,572	0,195	2,179	0,269	No significativo
3 - 5	2,610	0,081273	0,07619	2,444	2,776	10,925	0,285	2,179	-0,889	No Significativo
3 - 6	2,593	0,112491	0,08964	2,397	2,788	12,936	0,335	2,179	-0,381	No Significativo
3 - 7	2,561	0,024748	0,04204	2,469	2,652	6,144	0,157	2,179	0,720	No Significativo
4 - 5	2,603	0,077083	0,07420	2,441	2,764	10,668	0,278	2,179	-1,101	No Significativo
4 - 6	2,586	0,108302	0,08795	2,394	2,777	12,727	0,329	2,179	-0,547	No Significativo
4 - 7	2,554	0,020559	0,03832	2,470	2,637	5,615	0,143	2,179	0,425	No Significativo
5 - 6	2,627	0,151739	0,10411	2,400	2,853	14,830	0,390	2,179	0,322	No Significativo
5 - 7	2,594	0,063996	0,06761	2,447	2,742	9,751	0,253	2,179	1,449	No Significativo
6 - 7	2,578	0,095215	0,08247	2,398	2,757	11,971	0,309	2,179	0,781	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A17

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN LONGITUDINAL TOTAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	C.L.T. PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	0,211	0,001793	0,01132	0,186	0,235	20,089	0,042	2,179	-0,568	No Significativo
1 - 4	0,212	0,002593	0,01361	0,182	0,242	24,038	0,051	2,179	-0,630	No Significativo
1 - 5	0,220	0,002971	0,01457	0,188	0,251	24,856	0,055	2,179	-1,608	No significativo
1 - 6	0,202	0,003948	0,01679	0,165	0,238	31,231	0,063	2,179	0,759	No Significativo
1 - 7	0,217	0,003140	0,01498	0,184	0,250	25,830	0,056	2,179	-1,250	No Significativo
3 - 4	0,215	0,002295	0,01280	0,187	0,243	22,276	0,048	2,179	-0,167	No significativo
3 - 5	0,223	0,002673	0,01382	0,192	0,253	23,235	0,052	2,179	-1,230	No Significativo
3 - 6	0,205	0,003650	0,01615	0,169	0,240	29,557	0,060	2,179	1,187	No Significativo
3 - 7	0,220	0,002841	0,01425	0,189	0,251	24,214	0,053	2,179	-0,862	No Significativo
4 - 5	0,224	0,003473	0,01575	0,189	0,258	26,359	0,059	2,179	-0,943	No Significativo
4 - 6	0,206	0,004451	0,01783	0,167	0,244	32,466	0,067	2,179	1,195	No Significativo
4 - 7	0,221	0,003642	0,01613	0,186	0,256	27,280	0,060	2,179	-0,629	No Significativo
5 - 6	0,213	0,004828	0,01857	0,172	0,253	32,635	0,069	2,179	1,948	No Significativo
5 - 7	0,229	0,004019	0,01694	0,192	0,266	27,727	0,063	2,179	0,278	No Significativo
6 - 7	0,211	0,004997	0,01889	0,169	0,252	33,572	0,071	2,179	-1,665	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A18

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN VOLUÉTRICA TOTAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	C.V.T. PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE $t_{0,05}$ GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	6,843	0,205576	0,12118	6,579	7,107	6,626	0,453	2,179	1,215	No Significativo
1 - 4	6,758	0,408705	0,17086	6,386	7,131	9,460	0,639	2,179	1,850	No Significativo
1 - 5	6,928	0,586178	0,20462	6,482	7,374	11,051	0,766	2,179	-0,114	No significativo
1 - 6	6,812	0,293673	0,14483	6,497	7,128	7,955	0,542	2,179	1,436	No Significativo
1 - 7	6,757	0,258034	0,13576	6,461	7,052	7,518	0,508	2,179	2,355	Significativo
3 - 4	6,685	0,448707	0,17903	6,294	7,075	10,021	0,670	2,179	0,943	No significativo
3 - 5	6,855	0,626180	0,21149	6,394	7,315	11,545	0,791	2,179	-0,807	No Significativo
3 - 6	6,739	0,333675	0,15438	6,402	7,075	8,572	0,578	2,179	0,393	No Significativo
3 - 7	6,683	0,298036	0,14591	6,365	7,001	8,169	0,546	2,179	1,182	No Significativo
4 - 5	6,770	0,829309	0,24339	6,240	7,300	13,452	0,911	2,179	-1,395	No Significativo
4 - 6	6,654	0,536804	0,19581	6,228	7,081	11,011	0,733	2,179	-0,552	No Significativo
4 - 7	6,599	0,501165	0,18920	6,186	7,011	10,729	0,708	2,179	0,019	No Significativo
5 - 6	6,824	0,714276	0,22588	6,332	7,316	12,385	0,845	2,179	1,025	No Significativo
5 - 7	6,769	0,678638	0,22017	6,288	7,248	12,172	0,824	2,179	2,559	Significativo
6 - 7	6,653	0,386133	0,16608	6,291	7,014	9,341	0,621	2,179	0,673	No Significativo

Decisión: $tt > tc$ = No significativo
 $tt < tc$ = Significativo

CUADRO A19

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN RELACIÓN TANGENCIAL/ RADIAL DE *Pinus patula*
Schlect.et Cham.

N° ARBOL	CÓDIGO PROBETA	C.T.T (%)	C.R.T (%)	TANGENCIAL/ RADIAL (%)	T/R PROMEDIO/ ÁRBOL (%)
1	1P1-A	4,462	3,015	1,48	1,684
	1P1-B	4,618	2,615	1,766	
	1P1-C	4,711	2,508	1,878	
	1P1-D	4,605	2,108	2,185	
	1P1-E	4,27	2,787	1,532	
	1P1-F	4,824	2,451	1,968	
	1P1-G	3,089	3,155	0,979	
3	3P1-A	3,339	2,563	1,303	1,686
	3P1-B	4,634	2,649	1,749	
	3P1-C	4,007	2,632	1,522	
	3P1-D	4,666	2,483	1,879	
	3P1-E	4,355	2,407	1,809	
	3P1-F	5,059	2,335	2,167	
	3P1-G	4,066	2,961	1,373	
4	4P2-A	3,648	2,262	1,613	1,63
	4P2-B	3,636	2,688	1,353	
	4P2-C	5,197	2,648	1,963	
	4P2-D	5,519	2,392	2,307	
	4P2-E	3,993	2,507	1,593	
	4P2-F	3,368	2,653	1,27	
	4P2-G	3,648	2,782	1,311	
5	5P2-A	3,97	2,508	1,583	1,68
	5P2-B	6,059	2,96	2,047	
	5P2-C	3,951	2,181	1,812	
	5P2-D	4,214	3,236	1,302	
	5P2-E	5,092	2,488	2,047	
	5P2-F	3,722	2,525	1,474	
	5P2-G	3,89	2,606	1,493	
6	6P2-A	3,406	2,857	1,192	1,659
	6P2-B	4,132	3,183	1,298	
	6P2-C	3,84	2,345	1,638	
	6P2-D	4,37	1,849	2,363	
	6P2-E	4,298	2,806	1,532	
	6P2-F	5,237	2,716	1,928	
	6P2-G	4,174	2,513	1,661	
7	7P2-A	4,251	2,496	1,703	1,636
	7P2-B	4,708	2,488	1,892	
	7P2-C	4,174	2,513	1,661	
	7P2-D	5,042	2,508	2,01	
	7P2-E	4,167	2,72	1,532	
	7P2-F	3,372	2,602	1,296	
	7P2-G	3,385	2,491	1,359	

CUADRO A20

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE CONTRACCIÓN RELACIÓN TANGENCIAL /RADIAL (T/R) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	T/R PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (%)	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 12		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 3	1,685	0,124752	0,09440	1,479	1,891	20,962	0,353	2,179	-0,021	No Significativo
1 - 4	1,657	0,151394	0,10399	1,430	1,884	23,482	0,389	2,179	0,519	No Significativo
1 - 5	1,682	0,121188	0,09304	1,479	1,885	20,699	0,348	2,179	0,046	No significativo
1 - 6	1,672	0,155894	0,10552	1,441	1,901	23,623	0,395	2,179	0,238	No Significativo
1 - 7	1,660	0,112637	0,08970	1,465	1,855	20,218	0,336	2,179	0,535	No Significativo
3 - 4	1,658	0,119852	0,09253	1,456	1,860	20,880	0,346	2,179	0,605	No significativo
3 - 5	1,683	0,089647	0,08002	1,508	1,857	17,792	0,299	2,179	0,079	No Significativo
3 - 6	1,673	0,124352	0,09425	1,467	1,878	21,085	0,353	2,179	0,288	No Significativo
3 - 7	1,661	0,081095	0,07611	1,495	1,827	17,145	0,285	2,179	0,657	No Significativo
4 - 5	1,655	0,116289	0,09114	1,456	1,853	20,607	0,341	2,179	-0,545	No Significativo
4 - 6	1,645	0,150994	0,10385	1,418	1,871	23,630	0,389	2,179	-0,278	No Significativo
4 - 7	1,633	0,107737	0,08772	1,442	1,824	20,100	0,328	2,179	-0,068	No Significativo
5 - 6	1,670	0,120788	0,09289	1,467	1,872	20,820	0,348	2,179	0,225	No Significativo
5 - 7	1,658	0,077532	0,07442	1,496	1,820	16,795	0,278	2,179	0,587	No Significativo
6 - 7	1,648	0,112237	0,08954	1,452	1,843	20,336	0,335	2,179	0,255	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A21

RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL E.F.L.P (Kgf/cm2)	PROMEDIO/ ÁRBOL M.O.R (Kgf/cm2)	PROMEDIO/ ÁRBOL M.O.E (Kgf/cm2)
1	232,65	408,960	47583,64
2	221,02	416,344	48364,13
3	220,15	406,120	45988,80
4	218,31	394,192	43394,05
5	236,69	417,906	51241,78

CUADRO A22

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA (E.F.L.P) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	E.F.L.P PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (kg/cm2)	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	226,837	723,269	7,764	209,540	244,134	11,856	26,894	2,228	1,497	No Significativo
1 - 5	226,402	703,960	7,659	209,337	243,467	11,719	26,532	2,228	1,632	No Significativo
1 - 6	225,481	701,562	7,646	208,446	242,517	11,747	26,487	2,228	1,875	No significativo
1 - 7	234,670	641,809	7,313	218,376	250,964	10,796	25,334	2,228	-0,552	No Significativo
4 - 5	220,589	566,460	6,871	205,282	235,897	10,789	23,800	2,228	0,127	No Significativo
4 - 6	219,668	564,062	6,856	204,393	234,944	10,812	23,750	2,228	0,396	No significativo
4 - 7	228,857	504,309	6,483	214,414	243,301	9,813	22,457	2,228	-2,416	Significativo
5 - 6	219,233	544,753	6,738	204,222	234,245	10,646	23,340	2,228	0,273	No Significativo
5 - 7	228,422	485,000	6,357	214,258	242,586	9,641	22,023	2,228	-2,601	Significativo
6 - 7	227,501	482,602	6,342	213,372	241,630	9,656	21,968	2,228	-2,898	Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A23

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA (M.O.R.) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	M.O.R. PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (Kg/cm ²)	VARIANZA COMBINADA (SC ²)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	412,652	974,550	9,012	392,574	432,730	7,565	31,218	2,228	-0,819	No Significativo
1 - 5	407,540	1854,346	12,431	379,844	435,236	10,566	43,062	2,228	0,228	No Significativo
1 - 6	401,576	807,883	8,205	383,295	419,857	7,078	28,423	2,228	1,800	No significativo
1 - 7	413,433	4010,438	18,281	372,702	454,164	15,318	63,328	2,228	-0,489	No Significativo
4 - 5	411,232	1561,758	11,408	385,815	436,649	9,610	39,519	2,228	0,896	No Significativo
4 - 6	405,268	515,295	6,553	390,668	419,868	5,601	22,700	2,228	3,380	Significativo
4 - 7	417,125	3717,850	17,602	377,908	456,342	14,618	60,974	2,228	-0,089	No Significativo
5 - 6	400,156	1395,091	10,782	376,133	424,179	9,334	37,351	2,228	1,106	No Significativo
5 - 7	412,013	4597,646	19,574	368,402	455,624	16,457	67,806	2,228	-0,602	No Significativo
6 - 7	406,049	3551,183	17,203	367,721	444,377	14,676	59,592	2,228	-2,379	Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A24

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE FLEXIÓN ESTÁTICA (M.O.E.) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	M.O.E PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (kgf/cm ²)	VARIANZA COMBINADA (SC ²)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	47973,889	37354260,233	1764,328	44042,965	51904,813	12,740	6111,813	2,228	-0,442	No Significativo
1 - 5	46786,223	37943925,691	1778,200	42824,394	50748,052	13,166	6159,864	2,228	0,897	No Significativo
1 - 6	45488,846	29177833,862	1559,322	42014,676	48963,017	11,875	5401,651	2,228	2,687	Significativo
1 - 7	49412,712	15013566,711	1118,539	46920,606	51904,818	7,842	3874,734	2,228	-3,270	Significativo
4 - 5	47176,468	51663897,934	2074,928	42553,529	51799,407	15,236	7187,760	2,228	1,145	No Significativo
4 - 6	45879,092	42897806,104	1890,719	41666,570	50091,613	14,276	6549,642	2,228	2,629	Significativo
4 - 7	49802,957	28733538,953	1547,405	46355,340	53250,575	10,763	5360,367	2,228	-1,860	No Significativo
5 - 6	44691,425	43487471,563	1903,669	40450,051	48932,800	14,756	6594,503	2,228	1,363	No Significativo
5 - 7	48615,291	29323204,412	1563,202	45132,477	52098,105	11,139	5415,090	2,228	-3,360	Significativo
6 - 7	47317,915	20557112,583	1308,852	44401,793	50234,036	9,582	4533,995	2,228	-5,996	Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A25

RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

Nº ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL E.F.L.P (kgf/cm2)	PROMEDIO/ ÁRBOLM.O. R (Kgf/cm2)	PROMEDIO/ ÁRBOL M.O.E x 10 ³ (Kgf/cm2)
1	135,20	215,66	129,912
2	131,50	206,07	131,766
3	130,83	213,71	144,066
4	133,54	209,97	130,567
5	121,88	195,63	116,651

CUADRO A26

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA (E.F.L.P.) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	E.F.L.P PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (kgf/cm2)	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	133,352	106,215	2,975	126,724	139,981	7,728	10,306	2,228	1,242	No Significativo
1 - 5	133,016	100,337	2,892	126,574	139,459	7,531	10,017	2,228	1,511	No Significativo
1 - 6	134,368	115,204	3,098	127,464	141,271	7,988	10,733	2,228	0,537	No significativo
1 - 7	128,540	102,730	2,926	122,021	135,059	7,885	10,136	2,228	4,553	Significativo
4 - 5	131,168	19,317	1,269	128,341	133,995	3,351	4,395	2,228	0,529	No Significativo
4 - 6	132,519	34,185	1,688	128,759	136,280	4,412	5,847	2,228	-1,203	No significativo
4 - 7	126,692	21,710	1,345	123,695	129,688	3,678	4,659	2,228	7,155	Significativo
5 - 6	132,184	28,306	1,536	128,762	135,606	4,025	5,320	2,228	-1,760	No Significativo
5 - 7	126,356	15,832	1,149	123,797	128,915	3,149	3,979	2,228	7,794	Significativo
6 - 7	127,707	30,699	1,599	124,144	131,271	4,339	5,541	2,228	7,287	Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A27

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA (M.O.R.) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	M.O.R PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (kgf/cm ²)	VARIANZA COMBINADA (SC ²)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	210,863	159,819	3,649	202,732	218,994	5,995	12,642	2,228	2,627	Significativo
1 - 5	214,681	118,513	3,143	207,679	221,683	5,071	10,886	2,228	0,621	No Significativo
1 - 6	212,812	98,199	2,861	206,438	219,185	4,656	9,910	2,228	1,989	No significativo
1 - 7	205,641	167,582	3,737	197,315	213,967	6,295	12,945	2,228	5,360	Significativo
4 - 5	209,887	114,510	3,089	203,005	216,770	5,098	10,701	2,228	-2,472	Significativo
4 - 6	208,018	94,196	2,802	201,776	214,261	4,666	9,705	2,228	-1,391	No significativo
4 - 7	200,848	163,578	3,692	192,622	209,074	6,368	12,790	2,228	2,829	Significativo
5 - 6	211,836	52,891	2,099	207,159	216,514	3,433	7,273	2,228	1,781	No Significativo
5 - 7	204,665	122,273	3,192	197,553	211,777	5,403	11,058	2,228	5,664	Significativo
6 - 7	202,796	101,959	2,915	196,302	209,291	4,979	10,097	2,228	4,920	Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A28

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PARALELA (M.O.E.) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	M.O.E * 10 ³ PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (kgf/cm ²)	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	130,839	557,770	6,818	115,649	146,029	18,051	23,617	2,228	-0,272	No Significativo
1 - 5	136,989	933,057	8,818	117,343	156,635	22,298	30,546	2,228	-1,605	No Significativo
1 - 6	130,240	1635,015	11,673	104,233	156,246	31,047	40,435	2,228	-0,056	No significativo
1 - 7	123,282	552,324	6,784	108,166	138,397	19,063	23,502	2,228	1,955	No Significativo
4 - 5	137,916	812,682	8,229	119,581	156,251	20,670	28,508	2,228	-1,495	No Significativo
4 - 6	131,167	1514,640	11,235	106,135	156,198	29,671	38,918	2,228	0,107	No significativo
4 - 7	124,209	431,949	6,000	110,842	137,576	16,733	20,783	2,228	2,519	Significativo
5 - 6	137,316	1889,927	12,550	109,356	165,277	31,659	43,473	2,228	1,076	No Significativo
5 - 7	130,359	807,236	8,202	112,085	148,632	21,795	28,412	2,228	3,342	Significativo
6 - 7	123,609	1509,194	11,215	98,623	148,595	31,428	38,848	2,228	1,241	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A29

RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° ÁRBOL	PROMEDIO/ ÁRBOL E.F.L.P (Kgf/cm2)
1	40,239
2	39,462
3	42,347
4	40,123
5	41,173

CUADRO A30

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN PERPENDICULAR (E.L.P.) DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	E.L.P PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (kgf/cm ²)	VARIANZA COMBINADA (SC ²)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	39,851	28,849	1,551	36,396	43,305	13,478	5,371	2,228	0,501	No Significativo
1 - 5	41,293	20,005	1,291	38,416	44,169	10,832	4,473	2,228	-1,633	No Significativo
1 - 6	40,181	21,924	1,352	37,169	43,192	11,653	4,682	2,228	0,086	No significativo
1 - 7	40,706	24,587	1,431	37,517	43,895	12,181	4,959	2,228	-0,652	No Significativo
4 - 5	40,905	22,676	1,375	37,841	43,967	11,642	4,762	2,228	-2,099	No Significativo
4 - 6	39,793	24,595	1,432	36,602	42,982	12,463	4,959	2,228	-0,462	No Significativo
4 - 7	40,318	27,258	1,507	36,959	43,675	12,950	5,221	2,228	-1,135	No Significativo
5 - 6	41,235	15,751	1,146	38,682	43,787	9,625	3,969	2,228	1,941	No Significativo
5 - 7	41,760	18,414	1,239	39,000	44,520	10,276	4,291	2,228	0,948	No Significativo
6 - 7	40,648	20,333	1,302	37,747	43,548	11,093	4,509	2,228	-0,807	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A31

RESULTADOS DEL ENSAYO DE DUREZA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° ÁRBOL	CÓDIGO PROBETA	CARGA (kgf)					
		CARA RADIAL	PROMEDIO/ ÁRBOL	CARA TANGENCIAL	PROMEDIO/ ÁRBOL	CARA AXIAL	PROMEDIO/Á RBOL
	1P1-A	197,50		168,75		255,00	
	1P1-B	180,00		210,00		230,00	
1	1P2-C	132,50		132,50		200,00	
	1P2-D	153,75	157,04	177,50	162,29	217,50	221,29
	1P2-E	123,50		125,00		212,50	
	1P2-F	155,00		160,00		212,75	
	4P1-A	163,75		140,00		312,50	
	4P1-B	118,75		140,00		235,00	
2	4P1-C	131,50		117,50		220,00	
	4P2-D	124,50	143,67	156,00	139,04	188,50	234,33
	4P2-E	180,00		142,50		215,00	
	4P2-F	143,50		138,25		235,00	
	5P1-A	223,50		221,00		200,00	
	5P2-B	132,50		135,00		197,50	
3	5P2-C	160,00		177,50		205,00	
	5P2-D	142,50	161,50	137,50	158,08	235,00	221,71
	5P2-E	155,00		127,50		265,00	
	5P2-F	155,50		150,00		227,75	
	6P2-A	105,00		150,00		235,00	
	6P2-B	117,50		142,50		230,00	
4	6P2-C	170,00		132,50		215,00	
	6P2-D	135,00	137,50	146,00	148,13	265,00	226,25
	6P2-E	155,00		162,50		182,50	
	6P2-F	142,50		155,25		230,00	
	7P1-A	164,00		120,00		226,25	
	7P1-B	175,00		177,50		215,00	
5	7P1-C	180,00		195,00		237,50	
	7P1-D	167,50	167,58	142,50	161,83	197,50	216,88
	7P1-E	161,25		178,50		205,00	
	7P1-F	157,75		157,50		220,00	

CUADRO A32

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE DUREZA EN LA CARA RADIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

Nº DE ÁRBOL	DUREZA PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (Kgf)	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	150,354	676,601	7,509	133,624	167,084	17,3	26,012	2,228	1,781	No Significativo
1 - 5	159,271	903,28	8,676	139,941	178,601	18,87	30,055	2,228	-0,514	No Significativo
1 - 6	147,271	675,63	7,504	130,553	163,989	17,65	25,993	2,228	2,604	Significativo
1 - 7	162,313	426,514	5,962	149,03	175,595	12,724	20,652	2,228	-1,768	No Significativo
4 - 5	152,583	798,621	8,158	134,407	170,759	18,521	28,26	2,228	-2,186	No Significativo
4 - 6	140,583	570,971	6,898	125,215	155,952	16,997	23,895	2,228	0,894	No Significativo
4 - 7	155,625	321,854	5,179	144,086	167,164	11,528	17,94	2,228	-4,618	Significativo
5 - 6	149,5	797,65	8,153	131,335	167,665	18,891	28,243	2,228	2,944	Significativo
5 - 7	164,542	548,533	6,761	149,478	179,605	14,234	23,421	2,228	-0,9	No Significativo
6 - 7	152,542	320,883	5,171	141,02	164,063	11,743	17,913	2,228	-5,818	Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A33

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE DUREZA EN LA CARA TANGENCIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

Nº DE ÁRBOL	DUREZA PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES (Kgf)	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	150,667	559,86	6,83	135,448	165,885	15,704	23,661	2,228	3,404	Significativo
1 - 5	160,188	1112,526	9,629	138,735	181,64	20,822	33,355	2,228	0,437	No Significativo
1 - 6	155,208	537,377	6,692	140,299	170,118	14,936	23,181	2,228	2,117	No Significativo
1 - 7	162,063	859,839	8,465	143,203	180,922	18,094	29,323	2,228	0,054	No Significativo
4 - 5	148,563	705,876	7,67	131,475	165,65	17,884	26,568	2,228	-2,483	Significativo
4 - 6	143,583	130,727	3,301	136,23	150,937	7,963	11,434	2,228	-2,752	Significativo
4 - 7	150,438	453,189	6,145	136,746	164,129	14,151	21,288	2,228	-3,709	Significativo
5 - 6	153,104	683,393	7,546	136,291	169,918	17,075	26,142	2,228	1,32	No Significativo
5 - 7	159,958	1005,854	9,155	139,56	180,357	19,827	31,715	2,228	-0,41	No Significativo
6 - 7	154,979	430,705	5,991	141,631	168,327	13,391	20,753	2,228	-2,288	Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A34

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ENSAYO DE DUREZA EN LA CARA AXIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

N° DE ÁRBOL	DUREZA PROMEDIO ENTRE ÁRBOLES	VARIANZA COMBINADA (SC2)	ERROR ESTANDAR DE LA MEDIA	LÍMITES DE CONFIANZA		COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	DESVIACIÓN ESTANDAR (SC)	PRUEBA DE t 0,05 GL = 10		VARIABILIDAD/ ÁRBOLES
				Li	Ls			tt	tc	
1 - 4	227,813	1062,089	9,408	206,852	248,773	14,305	32,590	2,228	-1,386	No Significativo
1 - 5	221,500	525,385	6,617	206,758	236,242	10,348	22,921	2,228	-0,063	No Significativo
1 - 6	223,771	547,693	6,756	208,719	238,823	10,458	23,403	2,228	-0,734	No Significativo
1 - 7	219,083	287,302	4,893	208,182	229,985	7,737	16,950	2,228	0,903	No Significativo
4 - 5	228,021	1221,464	10,089	205,542	250,499	15,327	34,949	2,228	1,251	No Significativo
4 - 6	230,292	1243,771	10,181	207,609	252,974	15,314	35,267	2,228	0,794	No Significativo
4 - 7	225,604	983,380	9,053	205,435	245,773	13,900	31,359	2,228	1,929	No Significativo
5 - 6	223,979	707,068	7,676	206,877	241,081	11,872	26,591	2,228	-0,592	No Significativo
5 - 7	219,292	446,677	6,101	205,698	232,885	9,638	21,135	2,228	0,792	No Significativo
6 - 7	221,563	468,984	6,252	207,634	235,491	9,774	21,656	2,228	1,500	No Significativo

Decisión: tt>tc = No significativo
tt<tc = Significativo

CUADRO A35

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CEPILLADO EN LA CARA RADIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN RADIAL (A FAVOR DEL GRANO)										ORIENTACIÓN RADIAL (EN CONTRA)									
	GRANO ARRANCADO						GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO		GRANO ARRANCADO						GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1		Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1	
	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N. P	Prom.	N. P	Prom.	N. P	Prom.	N. P	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.
1	0,72	3	2,02	2			2,58	3	1,26	3	2,10	3	1,63	1			0,98	3	1,20	3
2	1,75	3	0,00	0			0,39	3	0,33	3	1,23	3	0,58	2	0,37	2	0,90	3	0,30	3
3	1,77	3	0,25	1			0,57	3	0,15	3	1,87	3	1,08	2			0,55	3	2,05	3
4	0,76	3	0,07	1			0,47	3	1,27	3	0,65	3	0,03	1			0,40	3	0,88	3
6	1,05	3	0,82	3	0,24	2	0,69	3	0,63	3	1,93	3	1,76	3	0,20	1	0,78	3	0,79	3
PROMEDIO	1,21		0,63		0,24		0,94		0,73		1,56		1,02		0,28		0,72		1,05	

CUADRO A36

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CEPILLADO EN LA CARA TANGENCIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN TANGENCIAL (A FAVOR)										ORIENTACIÓN TANGENCIAL (EN CONTRA)									
	GRANO ARRANCADO						GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO		GRANO ARRANCADO						GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1		Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1	
	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N. P	Prom.	N. P	Prom.	N. P	Prom.	N. P	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.
1	1,11	3	0,66	2	0,18	1	3,39	3	1,91	3	1,40	3	0,79	2	0,22	1	0,31	3	0,96	3
2	0,62	3	0,68	3	0,22	2	0,12	3	1,14	3	0,73	3	1,13	2	0,00	0	1,43	3	0,47	3
3	1,59	3	0,22	2	0,00		0,30	3	0,68	3	1,48	3	1,13	3	0,08	1	0,40	3	1,33	3
4	1,03	3	0,03	1	0,00		1,27	3	0,97	3	3,27	3	0,03	1	0,00	0	0,43	3	0,48	3
6	0,55	3	0,45	3	0,00		0,69	3	0,36	3	0,48	3	0,21	2	0,93	2	1,87	3	0,65	3
PROMEDIO	0,98		0,41		0,08		1,15		1,01		1,47		0,66		0,25		0,89		0,78	

CUADRO A37

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CEPILLADO EN LA CARA OBLICUA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN OBLICUA (A FAVOR DEL GRANO)										ORIENTACIÓN OBLICUA (EN CONTRA)									
	GRANO ARRANCADO						GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO		GRANO ARRANCADO						GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1		Grado 1		Grado 2		Grado 3		Grado 1		Grado 1	
	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N. P.	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P
1	0,79	3	1,06	3			0,23	3	1,34	3	1,11	3	1,14	3	0,08	1	0,72	3	1,98	3
2	1,86	3	0,67	2			0,58	3	0,39	3	2,39	3	0,91	3	0,00	0	2,27	3	0,85	3
3	0,47	3	0,07	1			2,61	3	0,35	3	0,94	3	0,22	1	0,83	2	2,33	3	1,04	3
4	2,23	3	0,10	1			0,20	3	0,38	3	1,95	3	1,15	1	0,00	0	2,43	3	0,38	3
6	0,55	3	0,96	3	0,23	1	1,48	3	0,24	3	1,55	3	0,96	3	1,30	3	1,37	3	0,88	3
PROMEDIO	1,18		0,57		0,23		1,02		0,54		1,59		0,88		0,44		1,82		1,03	

CUADRO A38

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LIJADO (LIJA N° 60) EN LA CARA RADIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACION RADIAL (A FAVOR DEL GRANO)								ORIENTACION RADIAL (EN CONTRA DEL GRANO)							
	GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO				GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N. P.	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P.
1	2,60	3	1,38	2	2,25	3	1,00	2	2,87	3	0,13	2	4,13	3	0,33	1
2	0,67	3	0,03	1	0,53	3	0,02	1	1,25	3	0,10	1	2,55	3	0,02	1
3	3,24	3	0,10	1	1,38	3	0,00	0	3,85	3	0,02	1	1,60	3	0,00	
4	1,00	3	0,00	0	0,42	3	0,03	1	2,02	3	0,00	0	0,93	3	0,00	
6	2,52	3	0,25	1	0,48	3	0,02	1	2,05	3	0,17	1	1,02	3	0,00	
PROMEDIO	2,01		0,35		1,01		0,21		2,41		0,08		2,05		0,07	

CUADRO A39

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LIJADO (LIJA N° 60) EN LA CARA TANGENCIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACION TANGENCIAL (A FAVOR DEL GRANO)								ORIENTACION TANGENCIAL (EN CONTRA DEL GRANO)							
	GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO				GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N. P.	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P.
1	3,83	3	0,33	1	5,38		0,02	1	2,15	3	0,33	1	2,99		0,32	2
2	2,43	3	0,05	2	1,55		0,05	1	2,25	3	0,17	1	2,42		0,42	2
3	2,88	3	0,28	2	0,88		0,00	0	2,30	3	0,63	2	2,52			
4	0,93	3	0,03	1	0,38		0,05	1	2,40	3	0,20	2	0,50			
6	0,85	3	0,05	2	0,75		0,10	1	2,11	3	0,23	2	0,92			
PROMEDIO	2,19		0,15		1,79		0,04		2,24		0,31		1,87		0,37	

CUADRO A40

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LIJADO (LIJA N° 60) EN LA ORIENTACIÓN OBLICUA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN OBLICUA (A FAVOR DEL GRANO)								ORIENTACIÓN OBLICUA (EN CONTRA DEL GRANO)							
	GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO				GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N. P.	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N.P	Prom.	N. P.	Prom.
1	1,20	3	0,33	1	1,20	3	0	0	2,32	3	0,017	1	1,26	3		
2	1,83	3	0,42	1	1,42	3	0,417	1	2,07	3	0,017	1	1,83	3	0,13	1
3	2,83	3	0,43	2	1,25	3	0	0	2,42	3	0,333	2	0,83	3		
4	3,48	3	0,43	2	0,85	3	0	0	3,22	3	0,267	2	0,67	3		
6	1,53	3	0,2	1	0,60	3	0	0	1,22	3	0,100	1	0,73	3		
PROMEDIO	2,18		0,36		1,06		0,08		2,25		0,15		1,07		0,13	

CUADRO A41

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LIJADO (LIJA N° 100) EN LA ORIENTACIÓN RADIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN RADIAL (A FAVOR DEL GRANO)				ORIENTACIÓN RADIAL (EN CONTRA DEL GRANO)			
	GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO		GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.
1	1,72	3	1,48	3	2,80	3	2,05	3
2	1,50	3	1,47	3	1,55	3	1,33	3
3	3,60	3	1,67	3	4,17	3	0,70	3
4	0,27	3	0,25	3	0,38	3	0,67	3
6	0,53	3	0,23	3	1,68	3	0,38	3
PROMEDIO	1,52		1,02		2,12		1,03	

CUADRO A42

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LIJADO (LIJA N° 100) EN LA ORIENTACIÓN TANGENCIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN RADIAL (A FAVOR DEL GRANO)				ORIENTACIÓN RADIAL (EN CONTRA DEL GRANO)			
	GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO		GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.
1	0,35	3	0,60	3	1,55	3	0,92	3
2	1,90	3	0,37	3	1,93	3	1,47	3
3	1,67	3	0,27	3	1,33	3	0,72	3
4	0,35	3	0,10	3	0,60	3	0,15	3
6	0,25	3	0,32	3	0,65	3	0,37	3
PROMEDIO	0,90		0,33		1,21		0,72	

CUADRO A43

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LIJADO (LIJA N° 100) EN LA ORIENTACIÓN OBLICUA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN RADIAL (A FAVOR DEL GRANO)				ORIENTACIÓN RADIAL (EN CONTRA DEL GRANO)			
	GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO		GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.
1	1,25	3	0,50	3	1,14	3	0,58	3
2	0,90	3	0,73	3	1,37	3	0,53	3
3	0,80	3	0,35	3	2,60	3	0,38	3
4	0,33	3	0,60	3	1,27	3	0,37	3
6	0,45	3	0,22	3	1,00	3	0,30	3
PROMEDIO	0,75		0,48		1,48		0,43	

CUADRO A44

RESULTADOS DEL ENSAYO MOLDURADO EN LA ORIENTACIÓN RADIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham.

ÁRBOL	ORIENTACIÓN RADIAL (A FAVOR DEL GRANO)								ORIENTACIÓN RADIAL (EN CONTRA DEL GRANO)							
	GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO				GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.
1	1,38	3	2,70	3	1,60	3	0,67	1	1,23	3	2,13	3	0,58	3	1,50	1
2	2,18	3	2,60	3	0,77	3			1,32	3	2,08	2	2,42	3	0,67	1
3	1,33	3	1,18	1	1,50	3			1,30	3	2,65	2	1,52	3		
4	2,22	3	2,58	2	0,78	3			1,68	3	2,60	2	1,28	3		
6	1,00	3	2,78	3	0,85	3			2,82	3	1,88	3	1,55	3		
PROMEDIO	1,62		2,37		1,10		0,67		1,67		2,27		1,47		1,08	

CUADRO A45

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MOLDURADO EN LA ORIENTACIÓN TANGENCIAL DE *Pinus patula* Schlect.et Cham

ÀRBOL	ORIENTACIÓN TANGENCIAL (A FAVOR DEL GRANO)								ORIENTACIÓN TANGENCIAL (EN CONTRA DEL GRANO)							
	GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO				GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.
1	2,12	3	2,83	3	1,28	3	1,30	2	2,12	3	0,88	1	1,23	3	0	0
2	2,58	3	2,33	3	0,90	3	1,00	1	2,17	3	1,95	2	1,42	3	0	0
3	2,02	3	1,83	1	1,20	3			1,68	3	2,52	2	0,72	3	0	0
4	1,88	3	2,25	3	1,07	3			2,00	3	1,83	1	0,98	3	0	0
6	1,17	3	2,50	3	0,67	3			2,46	3	2,60	2	0,67	3	0	0
PROMEDIO	1,95		2,35		1,02		1,15		2,09		1,96		1,00		0,00	

CUADRO A46

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MOLDURADO EN LA ORIENTACIÓN OBLICUA DE *Pinus patula* Schlect.et Cham

ÁRBOL	ORIENTACIÓN OBLICUA (A FAVOR DEL GRANO)								ORIENTACIÓN OBLICUA (EN CONTRA DEL GRANO)							
	GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO				GRANO LEVANTADO				GRANO VELLOSO			
	Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2		Grado 1		Grado 2	
	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.	N. P.	Prom.
1	1,62	3	1,47	3	1,25	3	0	0	2,65	3	0,75	1	0,70	3	0	0
2	2,42	3	0,00	0	1,08	3	0		1,92	3	1,73	1	0,50	3	0	0
3	2,39	3	0,00	0	1,03	3	0		1,63	3	1,33	2	1,75	3		
4	2,55	3	1,83	3	0,98	3			2,58	3	2,52	3	1,83	3		
6	1,33	3	1,67	3	1,08	3			2,55	3	2,25	2	1,42	3		
PROMEDIO	2,06		0,99		1,09		0,00		2,27		1,72		1,24		0,00	

CUADRO A47

RESULTADOS DEL ENSAYO DE TORNEADO DE *Pinus patula* Schlect.et Cham

ÁNGULOS DE CORTE	CORTE PARALELO AL GRANO														
	ARBOL 1			ARBOL 2			ARBOL 3			ARBOL 4			ARBOL 6		
	Defectos (%)			Defectos (%)			Defectos (%)			Defectos (%)			Defectos (%)		
	Arrancado	Levantado	Velloso	Arrancado	Levantado	Velloso	Arrancado	Levantado	Velloso	Arrancado	Levantado	Velloso	Arrancado	Levantado	Velloso
Angulo de corte 0°	1,09	1,03	1,12	0,91	1,98	1,64	1,19	0,81	0,79	1,27	1,21	0,67	1,61	1,12	0,74
Angulo de corte 15°	0,74	1,36	1,21	1,63	0,43	0,87	0,74	0,69	0,96	0,73	1,23	0,73	0,43	1,85	1,19
Angulo de corte 40°	0,92	1,62	1,46	1,62	1,58	1,18	0,98	0,68	1,19	0,56	1,13	0,71	1,21	1,18	1,26

CUADRO A48

RESULTADOS DEL ENSAYO DE TALADRADO DE *Pinus patula* Schlect.et Cham

ÁRBOL	ORIENTACIÓN RADIAL					
	GRANO ARRANCADO		GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Prom. (%)	N. P.	Prom. (%)	N. P.	Prom. (%)	N. P.
1	1,08	3	0,92	2	0,72	2
2	1,38	3	1,05	3	0,68	1
3	1,15	3	1,07	3	0,60	2
4	1,42	3	1,20	3	0,65	3
6	1,05	3	1,23	3	0,63	3
PROMEDIO	1,21		1,09		0,66	

CUADRO A49

RESULTADOS DEL ENSAYO DE TALADRADO DE *Pinus patula* Schlect.et Cham

ÁRBOL	ORIENTACIÓN TANGENCIAL					
	GRANO ARRANCADO		GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Prom. (%)	N. P.	Prom. (%)	N. P.	Prom. (%)	N. P.
1	1,35	3	1,50	3	0,93	3
2	1,56	3	1,27	3	0,93	2
3	1,55	3	1,25	3	0,97	3
4	1,60	3	1,52	3	0,81	3
6	1,32	3	1,44	3	0,86	1
PROMEDIO	1,48		1,40		0,90	

CUADROA50

RESULTADOS DEL ENSAYO DE TALADRADO DE *Pinus patula* Schlect.et Cham

ÁRBOL	ORIENTACIÓN OBLICUA					
	GRANO ARRANCADO		GRANO LEVANTADO		GRANO VELLOSO	
	Grado 1		Grado 1		Grado 1	
	Prom. (%)	N. P.	Prom. (%)	N. P.	Prom. (%)	N. P.
1	1,20	3	1,32	3	0,92	2
2	1,50	3	1,13	3	0,83	3
3	1,38	3	1,20	3	0,73	1
4	1,50	3	1,35	3	0,78	3
6	1,23	3	1,35	3	0,77	2
PROMEDIO	1,36		1,27		0,81	

ANEXO B (FOTOGRAFÍAS)

ANEXO B1. Vista del lugar de extracción de muestras.



ANEXO B2. Medición de los árboles seleccionados para los diferentes ensayos.



ANEXO B3. Tumba de Arboles y Extracción de Trozas



ANEXO B4. Extracción de bloques



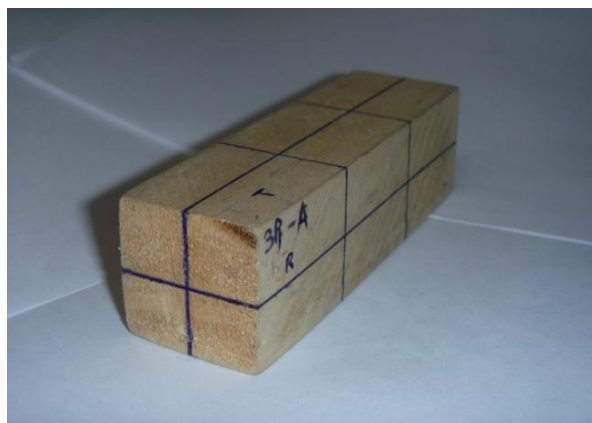
ANEXO B5. Preparación del material para los diferentes ensayos.



ANEXO B6. Obtención de viguetas.



ANEXO B7. Probetas destinadas a Ensayos de Propiedades Físicas



ANEXO B8. Ensayo de Flexión estática



ANEXO B9. Ruptura o falla de probeta en el ensayo de flexión estática



ANEXO B10. Ensayo de compresión paralela



ANEXO B 11. Ensayo de compresión perpendicular



ANEXO B12. Ensayo Dureza o Janka (lados)



ANEXO B13. Ensayo Dureza o Janka (Extremos)



ANEXO B14. Probetas para ensayos de trabajabilidad.



ANEXO B15. Preparación de Probetas para ensayo de trabajabilidad



ANEXO B16. Ensayo de cepillado



ANEXO B20. Ensayo de Lijado



ANEXO B21. Medición de viguetas antes y despues del ensayo de lijado



ANEXO B22. Ensayo de Moldurado.



ANEXO B23. Viguetas ensayadas.



ANEXO B24. Ensayo de Taladrado.



ANEXO B25. Probetas ensayadas.



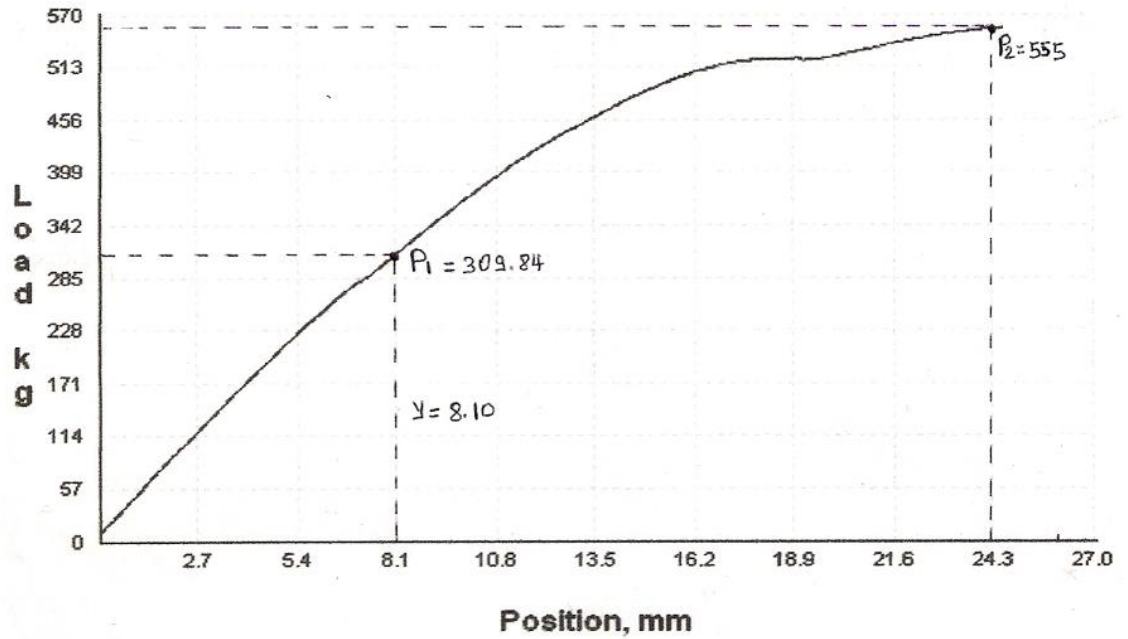
ANEXO B26. Ensayo de Torneado.



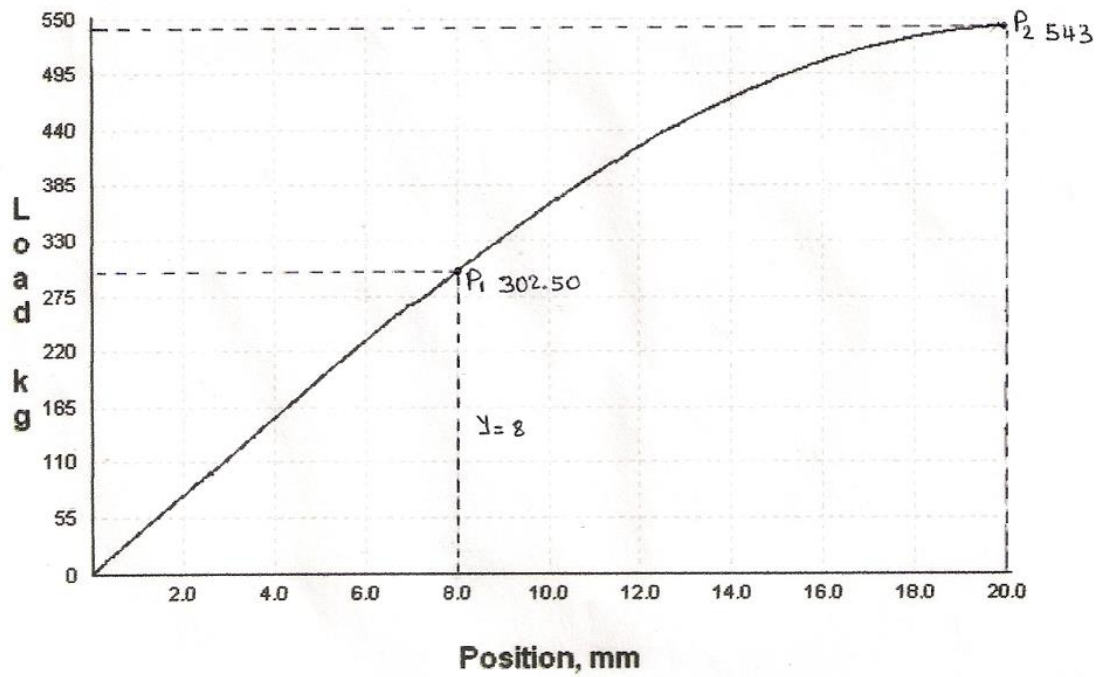
ANEXO C

ANEXO C1. Ensayo de Flexión Estática en *Pinus patula*

Probeta 1P1A



Probeta 4P1A



ANEXO C2. Ensayo de Compresión Paralela en *Pinus patula*

Probeta 1P1D

