

SUBPROYECTO:
"Opciones para la promoción
e innovación tecnológica de
maderas procedentes de
plantaciones forestales con
especies nativas de la
Región Amazónica"

**ESTUDIO DE
TRABAJABILIDAD DE
LA MADERA DE CUATRO
ESPECIES PROCEDENTES
DE PLANTACIONES
EN LA REGION UCAYALI**



LA MOLINA – PERÚ

SUBPROYECTO: “Opciones para la promoción e innovación tecnológica de maderas procedentes de plantaciones forestales con especies nativas de la región amazónica”

**ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE
LA MADERA DE CUATRO ESPECIES
PROCEDENTES DE PLANTACIONES
EN LA REGION UCAYALI**

ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE CUATRO ESPECIES PROCEDENTES DE PLANTACIONES EN LA REGION UCAYALI

Esta publicación ha sido posible gracias al esfuerzo y dedicación del equipo técnico del Sub proyecto "Opciones para la promoción e Innovación Tecnológica de Maderas Procedentes de Plantaciones Forestales con especies Nativas de la Región Amazónica", MADERAS – INCAGRO.

ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO

Neptalí Rodolfo Bustamante Guillén

COLABORACIÓN

Daniel Renato Orrego Medina

EQUIPO TÉCNICO SUB PROYECTO MADERAS

José Eloy Cuellar Bautista (Coordinador General) - INIA

Ymber Flores Bendezu (Coordinador Técnico) - INIA

Auberto Ricse Tembladera - INIA

Walter Angulo Ruiz - INIA

Pedro Reyes Inca – INIA

Moises Acevedo Mallqui – UNALM

Miguel Melendez Cardenas - UNALM

Julio Ugarte Guerra - ICRAF

Roberto Porro - ICRAF

EQUIPO EDITOR

José Eloy Cuellar Bautista

Haydeé Miriam Ramos León

COORDINACIÓN EDITORIAL, DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

Gabriela Rosario Mas Rivera

José Eloy Cuellar Bautista

IMPRESIÓN

Corporación Grafica Andina SAC

Depósito Legal N° 2010-12046

CONTENIDO

	PÁG.
I. INTRODUCCIÓN	6
II. REVISIÓN DE LITERATURA	7
Consideraciones Sobre Trabajabilidad de la Madera	7
2.1. Generalidades	7
2.2. Defectos Generados en el Labrado Mecanizado	7
2.3. Factores que Inciden en el Corte de la Madera	8
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1. Lugar de Ejecución	9
3.2. Selección y Colección de Muestras	9
3.3. Materiales y Métodos	9
3.3.1. Materiales	9
3.3.2. Equipo	9
3.4. Métodos y Procedimientos	11
3.4.1. Acondicionamiento de la Madera	11
3.4.2. Preparación y Dimensionado de las Probetas	11
3.4.3. Realización de Ensayos	12
3.4.4. Evaluación de Probetas	12
3.4.5. Análisis Estadístico de los Grados de Calidad	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
4.1. Grados Promedios de Calidad de Superficie en los Ensayos de Trabajabilidad	15
4.1.1. Contenido de Humedad	15
4.1.2. Ensayo de Cepillado	15
4.1.3. Ensayo de Moldurado	17
4.1.4. Ensayo de Taladrado	18
4.1.5. Ensayo de Torneado	19
4.2. Variabilidad de la Calidad de Superficie en los Ensayos de Trabajabilidad	20
4.3. Análisis de Variancia de la Calidad de Superficie en los Ensayos de Trabajabilidad	20
4.3.1. Ensayo de Cepillado	20
4.3.2. Ensayo de Moldurado	22
4.3.3. Ensayo de Taladrado	22
4.3.4. Ensayo de Torneado	26
V. CONCLUSIONES	27
VI. RECOMENDACIONES	28
VII. BIBLIOGRAFÍA	29
VIII. ANEXOS	30

LISTA DE CUADROS

Nº	PÁG.	
01	Dimensiones y Número de Probetas Utilizadas para los Ensayos de Trabajabilidad de la Madera	11
02	Calidad de Superficie en Función de la Extensión de la Superficie Defectuosa y la Gravedad del Defecto en los Ensayos de Trabajabilidad de la Madera	12
03	Factores de Conversión de Defectos Según su Severidad en los Ensayos de Trabajabilidad de la Madera.	13
04	Gravedad de los Defectos de Cepillado	13
05	Contenido de Humedad Promedio de las Probetas Utilizadas en los Ensayos de Trabajabilidad de la Madera	15
06	Grados Promedios de Calidad de Superficie y Tiempo Promedio de Penetración en el Ensayo de Taladrado, Según Carga de Penetración, Velocidad de Giro y Especie	15
07	Variabilidad del Grado Promedio de Calidad de Superficie en los Ensayos de Trabajabilidad de la Madera, Según Especie	21
08	Análisis de Variancia de la Calidad de Superficie por Especie en el Ensayo de Cepillado con Tres Planos de Corte, Dos Ángulos de Corte y Dos Velocidades de Alimentación	21
09	Prueba de Tukey para el Ensayo de Cepillado por Plano de Corte, Ángulo de Corte y Velocidad de Alimentación, Según Especie	23
10	Análisis de Variancia de la Calidad de Superficie por Especie en el Ensayo de Moldurado con Tres Planos de Corte y Dos Velocidades de giro	24
11	Análisis de Variancia de la Calidad de Superficie por Especie en el Ensayo de Taladrado con Tres Planos de Corte, Dos Cargas de Penetración y Dos Velocidades de Giro	25
12	Análisis de Variancia de la Calidad de Superficie por Especie en el Ensayo de Torneado con Tres Ángulos de Corte y Dos Velocidades de giro	26

LISTA DE FIGURAS

Nº	PÁG.	
01	Ángulos de Corte para el Ensayo de Cepillado	10
02	Cuchilla para Ensayo de Moldurado	10
03	Broca para el Ensayo de Taladrado	10
04	Cuchilla para el Ensayo de Torneado	11
05	Zonas de Evaluación en Probetas del Ensayo de Moldurado	14
06	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Cepillado con Ángulo de Corte de 15°, Según Plano de Corte, Velocidad de Alimentación y Especie	15
07	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Cepillado con Ángulo de Corte de 35°, Según Plano de Corte, Velocidad de Alimentación y Especie	16
08	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Cepillado de Capirona, Según Nivel de Fuste, Ángulo de Corte y Velocidad de Alimentación	16
09	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Moldurado, Según Plano de Corte, Velocidad de Giro y Especie	17

10	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Moldurado de Capirona, Según Nivel de Fuste y Velocidad de Giro	17
11	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Taladrado con 15 kg. de Carga de Penetración, Según Plano de Corte, Velocidad de Giro y Especie	18
12	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Taladrado con 30 kg. de Carga de Penetración, Según Plano de Corte, Velocidad de Giro y Especie	19
13	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Taladrado de Capirona, Según Nivel de Fuste, Tipo de Broca y Velocidad de Giro	19
14	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Torneado, Según Ángulo de Corte, Velocidad de Giro y Especie	20
15	Grados Promedios de Calidad de Superficie en el Torneado de Capirona, Según Nivel del Fuste, Ángulo de Corte y Velocidad de Giro	20
16	Plots de Interacción entre Ángulo de Corte y Velocidad de Alimentación en el Ensayo de Cepillado para Tornillo en Faja de 5 m. y Marupa	23

LISTA DE ANEXOS

Nº		PÁG.
01	Relación de Trozas Empleadas en la Preparación de Probetas para los Ensayos Físico-Mecánicos y de Trabajabilidad de la Madera	31
02	Formatos para el Registro de Información de los Ensayos de Cepillado y Moldurado	34
03	Fotos Ensayo de Cepillado	42
04	Fotos Ensayo de Moldurado	43
05	Fotos Ensayo de Taladrado	44
06	Fotos Ensayo de Torneado	47

INTRODUCCIÓN

Aunque existe abundante información acerca de las características de las maderas de especies nativas procedentes de los bosques naturales amazónicos, la madera obtenida de plantaciones ha sido escasamente estudiada, lo cual obstaculiza su utilización y ocasiona una imagen negativa sobre su calidad.

Actualmente existen plantaciones forestales en Selva Central (Chanchamayo, Satipo, Oxapampa); Ucayali (Provincias de Padre Abad y Coronel Portillo) y Loreto (Maynas, Requena, Yurimaguas). El sistema de producción a ser mejorado es el de la cadena de valor de las plantaciones forestales establecidas en la Región Ucayali, a través del estudio de los procesos de transformación secundaria o trabajabilidad de la madera, que es una propiedad tecnológica básica para una producción industrial de madera con calidad.

El objetivo de la presente investigación es la evaluación del comportamiento de la madera al cepillado, moldurado, taladrado y torneado bajo condiciones estandarizadas de ensayo, de las especies: Tornillo (en faja de 5 y 30 m, y en campo abierto), Pino Chuncho, Marupa y Capirona, procedentes de plantaciones forestales de la Región Ucayali.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

CONSIDERACIONES SOBRE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA

2.1. GENERALIDADES

El Centro de Utilización y Promoción de Productos Forestales (CUPROFOR 1999), señala la finalidad de los ensayos de cepillado y moldurado:

- Cepillado: Esta prueba se realiza para determinar los efectos en la superficie de la madera de los diferentes ángulos de corte y velocidades de alimentación.
- Moldurado: Es una operación que se realiza con el objetivo de darle una mayor apariencia y terminado a la madera, con una gama amplia de formas, dependiendo del tipo de herramienta con que se hagan los productos. Estos productos pueden ser marcos para puertas y ventanas, cantos o esquinas de muebles, rodones y otras formas que el mercado demande.
- Taladrado: se analiza la calidad de la superficie perforada con relación a la herramienta de corte. Esta prueba es muy frecuente en la manufactura de artículos de madera y estos se utilizan para la colocación de tornillos, tarugos y herrajes o elementos de unión.
- Torneado: esta prueba es hecha con una cuchilla que da cuerpo a la madera al cortarla con diferentes ángulos. El torneado no es uno de los usos más comunes en la madera; existen productos que incrementan su valor y calidad con el torneado.

Ninin (1983), identifica cuatro metas fundamentales en el labrado mecanizado: obtener calidad de superficie, limitar el desgaste, limitar el consumo de energía y obtener eficiencia en la operación.

Lluncor (1977) y Ninin (1983) mencionan que el cepillado es un proceso de corte rotatorio en el cual la madera es removida en forma de virutas individuales; estas virutas son formadas por la acción sucesiva de cuchillas que están fijas en un cabezal porta cuchillas que se mueve rotatoriamente. Así mismo Ninin (1983), precisa que el cepillado, moldurado y torneado son operaciones de corte periférico.

2.2 DEFECTOS GENERADOS EN EL LABRADO MECANIZADO

Según Ninin (1983) en muchos casos puede existir una marcada diferencia de comportamiento y calidad de superficie en el cepillado, entre el plano tangencial y el plano radial de una misma madera. Destaca que la presencia de grano entrecruzado dificulta el corte en el plano radial. Agrega que la inclinación de las fibras, a favor o en contra del sentido de corte, repercute en el comportamiento del corte periférico con mayor o menor incidencia, según el grado de inclinación. Koch, citado por Rojas (1994), afirma que el grano entrecruzado, al ser cepillado produce grano arrancado y se presenta en la superficie radial.

Lousina State University Agricultural Center (2001), precisa que el grano arrancado se presenta al extraer con las cuchillas pequeñas piezas de madera, ocasionadas por una velocidad de alimentación muy rápida.

Lluncor (1989) refiere que el peor comportamiento al cepillado lo presentan aquellos árboles con mayor inclinación del grano, mientras que el mejor comportamiento se da a la inversa.

El mismo autor señala que en el cepillado el defecto de vellosidad se podría eliminar aumentando la velocidad del cabezal y para el caso de grano arrancado este se puede reducir o eliminar disminuyendo el ángulo de corte. La vellosidad puede ser considerada como un defecto secundario, ya que su eliminación exige menor trabajo de lijado que en el caso de arrancado.

Rojas (1994) obtuvo para el caso de Micrandia spruceana (Shiringarana), especie de densidad alta (0.61-0.75 gr/cm³), grano recto a entrecruzado; que al ser cepillada a favor del grano en los planos tangencial y oblícuo, los defectos de grano arrancado son mínimos y en la cara radial el defecto es mayor en comparación a los demás planos de corte; dichos resultados podrían ser atribuidos a la presencia de nudos en la cara radial o por que la especie es de grano entrecruzado.

Ninin (1983) precisa que en los ensayos de taladrado se producen defectos de astillado, siendo este el más grave, pues por ello la pieza puede ser rechazada. Este defecto puede deberse por una parte a

una falta de cohesión transversal entre las fibras (eventualmente por efecto de parénquima) y por otra parte, a la resistencia a la incisión relativamente grande para con la cohesión transversal. Bernui (1992) al estudiar las propiedades de torneado de 9 especies de la familia de bombacaceas, encontró que aquellas maderas que tienen densidad media (0.42-0.57 gr/cm³) tienen un acabado de bueno a excelente para ángulos de corte 0° y 15°.

Por otro lado Sato (1976) al realizar estudios de torneado, encontró que las maderas que tienen textura de media a fina y con densidad de media a alta se tornean con buen acabado como por ejemplo la especie Yacushapana. Lluncor (1977) y Ninin (1983) indican que en el ensayo de torneado se presenta el defecto de grano arrancado, como resultado de un proceso de formación de viruta por clivaje debido a la existencia de elementos de falla como radios y/o parénquima. Los mismos autores manifiestan que el defecto de vellosidad está relacionado con la falta de corte neto inherente, debido a las características de deformabilidad elástica de la madera y/o falta de capacidad de corte de las herramientas. Reviste poca gravedad pues es de fácil remoción.

Según Ninin (1983) el defecto de rugosidad es causado por la acción del filo con cierto ángulo con respecto a la orientación del grano. En un principio, el mecanismo de formación radica en que los filos, en el proceso de incisión de las fibras las comprimen y los elementos de notable elasticidad como los poros de cierto tamaño se aplastan por debajo actuando como cojines. Posteriormente al paso del filo, los poros vuelven aproximarse a su forma original pero sobresaliendo con puntas cortadas en forma de bisel debido a la diferencia de posición. Este defecto no es de mayor gravedad, pero puede causar ciertas limitaciones pues las superficies torneadas deben ser lijadas con más esfuerzo para suavizarlas.

2.3 FACTORES QUE INCIDEN EN EL CORTE DE LA MADERA

Valderrama (1990), señala que para efectos de trabajabilidad, deben de considerarse como factores la dirección del grano y la textura. Una madera de grano recto y textura media tienen mejor comportamiento al ser trabajado con

máquinas de carpintería. Por otro lado, las especies que poseen sílice en su estructura y grano entrecruzado, presentan problemas de trabajabilidad. Además del grano entrecruzado y la presencia de nudos, las células parenquimatosas por ser de consistencia débil, tienen influencia negativa en el comportamiento al cepillado, ocasionando además elementos de falla.

El Laboratorio Británico de Investigación en Productos Forestales, citado por Rojas (1994), concluye que los factores más importantes a considerar en el cepillado de maderas latifoliadas son: velocidad de alimentación, velocidad de corte y ángulo de corte, este último factor determinado por las características de la especie de madera. Taquire (1987) precisa que la resistencia al corte es una función de la dureza, de la insuficiencia del ángulo de corte y de la excesiva velocidad de penetración del elemento cortante, por lo tanto el espesor de viruta es demasiado elevado. JUNAC (1983), indica que la velocidad óptima de alimentación en el cepillado de maderas con densidad básica de 0.61 a 0.70 g/cm³ es de 5.4 m/min, recomendando cepillar a favor del grano y utilizar un ángulo de corte de 15°. Respecto al moldurado señala que hay mayor tendencia a producirse astilladura en el corte simple, en parte debido a la menor proporción de madera presente en esta zona, lo que produciría mayor adherencia entre el filo de la herramienta y la madera. En cuanto al taladrado, indica que las maderas de mayor densidad producen mayores esfuerzos y por tanto mayores dificultades, de allí que el taladrado en maderas duras debe realizarse reduciendo la velocidad penetración. Respecto al torneado, señala que el grano arrancado es mayor en las maderas de alta densidad.

Según Lluncor (1989), la calidad del orificio en el taladrado mejora al aumentar la velocidad de giro y que el grano astillado se presenta mayormente en especies de mayor densidad. Sato (1976), sostiene que la calidad del taladrado mejora al aumentarse la velocidad angular de 1600 a 2700 rpm para las especies Moena, Cachimbo y Uvilla.

Para el Tornillo, Scheelje (2002) concluye que la calidad de la superficie cepillada disminuye conforme aumenta la densidad y se incrementa el ángulo de corte. También afirma, que la calidad de la perforación en el taladrado, mejora a medida que disminuye la carga.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar de Ejecución

Los ensayos se ejecutaron en el Taller de Trabajabilidad de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.2 Selección y Colección de Muestras

En las plantaciones forestales experimentales ubicadas en la zona de influencia del Bosque Nacional Alexander Von Humboldt (Ucayali), el personal del INIA - Pucallpa realizó la selección de cinco árboles de las siguientes especies:

NOMBRE COMÚN	NOMBRE BOTÁNICO	FAMILIA
TORNILLO EN FAJA DE 30 m.	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	FABACEAE
TORNILLO EN FAJA DE 5 m.	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	FABACEAE
TORNILLO EN CAMPO ABIERTO	<i>Cedrelinga cateniformis</i>	FABACEAE
PINO CHUNCHO	<i>Schizolobium amazonicum</i>	FABACEAE
MARUPA	<i>Simarouba amara</i>	SIMAROUBACEAE
CAPIRONA	<i>Calycophyllum spruceanum</i>	RUBIACEAE

La madera rolliza de cada una de las especies (Anexo N° 01) fue trasladada a la ciudad de Pucallpa para su aserrío, habilitación y secado artificial. La dimensión final de las probetas se realizó en el Taller de Trabajabilidad de la Madera de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Solo en el caso de Capirona, de cada árbol seleccionado se obtuvieron seis "tucos" o trozas pequeñas de 4 pies (1,20 m.) de largo provenientes de tres diferentes niveles de altura del fuste (basal, intermedia y apical). El material experimental se obtuvo de las plantaciones del ICRAF ubicadas en el kilómetro 105 de la Carretera Federico Basadre (Ucayali).

Para las especies restantes, se utilizó la madera de la última troza de 4 pies (1,20 m.) proveniente de la troza apical de cada uno de los cinco árboles seleccionados.

3.3 Materiales y equipos

3.3.1 Materiales

a. Madera

b. Cuchillas para Cepilladora

- 1 Juego de 03 cuchillas HSS con un ángulo de corte de 35°.
- 1 Juego de 03 cuchillas HSS con un ángulo de corte de 15°.

Los diferentes ángulos de corte se muestran en la Figura N° 01.

c. Cuchilla para Moldurado

Fabricada en acero, con un ángulo de cuchilla de 40° y el perfil mostrado en la Figura N° 02.

d. Broca para Taladrado

De acero HSS de doble hélice, sin alas, de 1.25 mm de diámetro con ángulo de afilado en la

punta de 45°; tal como se muestra en la Figura N° 03. Para la Capirona, adicionalmente se utilizó una broca de tres puntas para madera.

e. Cuchilla para Torneado

Fabricada en acero de una sola pieza, con un ángulo de cuchilla de 35° y el perfil mostrado en la Figura N° 04.

f. Formatos de registro y evaluación

Según el tipo de ensayo, en el Anexo N° 02 se muestran los formatos utilizados.

3.3.2 Equipo

a. Para preparación de Probetas

- Máquinas de carpintería: garlopa, sierra circular, cepilladora y sierra radial.
- Otros: wincha, lápiz de cera, escuadra de metal.

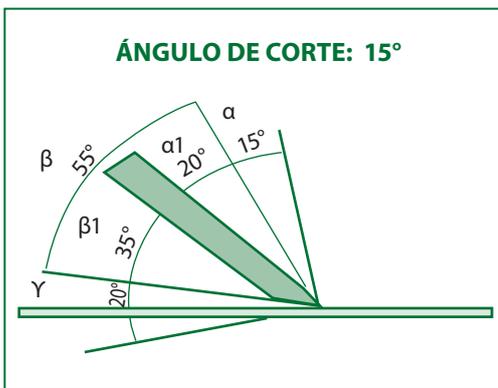
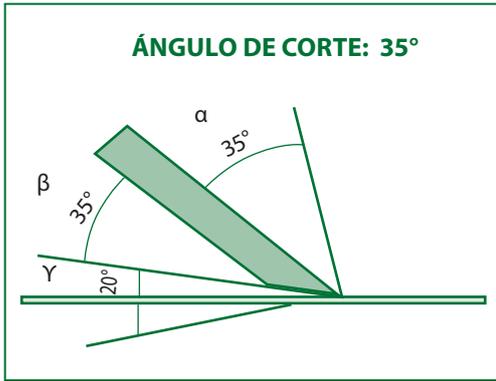
b. Para afilado de cuchillas

- Afiladora de cuchillas
- Herramientas auxiliares: nivel metálico de burbuja, falsa escuadra, lentes protectores.

c. Para ejecución de los ensayos

- Garlopa marca Wadkin Bursgreen, con las siguientes especificaciones técnicas:
 - Velocidad de Alimentación(5m/min y 10m/min)
 - Potencia(6 hp)
 - Velocidad de giro(5 000 r/min)
 - Ancho de mesa(300 mm)
 - Número de cuchillas(03)
 - Número de caras (01)
 - Diámetro de porta-cuchillas(100 mm)
- Tupí, marca SICM Chambon, con las siguientes especificaciones técnicas:
 - Diámetro del porta -cuchilla (120 mm)

FIGURA N° 01: ÁNGULOS DE CORTE PARA EL ENSAYO DE CEPILLADO



- α: ÁNGULO DE CORTE
- β: ÁNGULO DE CUCHILLA
- γ: ÁNGULO LIBRE
- α1: ÁNGULO DE BISEL FRONTAL
- β1: ÁNGULO DE AFILADO

FIGURA N° 02: CUCHILLA PARA EL ENSAYO DE MOLDURADO

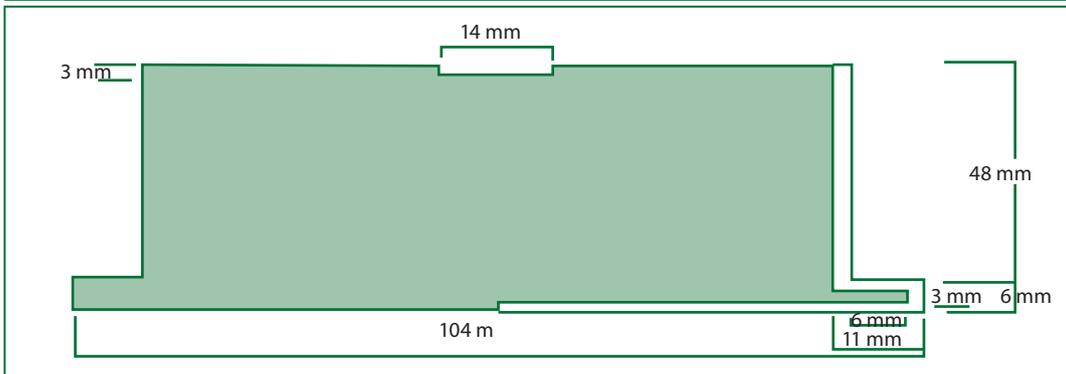


FIGURA N° 03: BROCA PARA EL ENSAYO DE TALADRADO

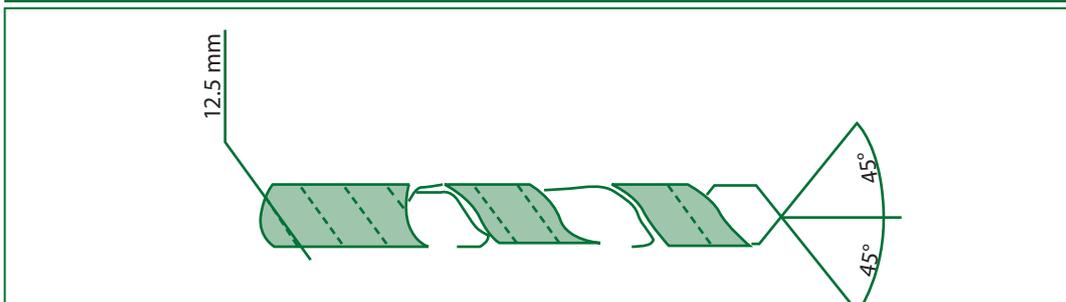
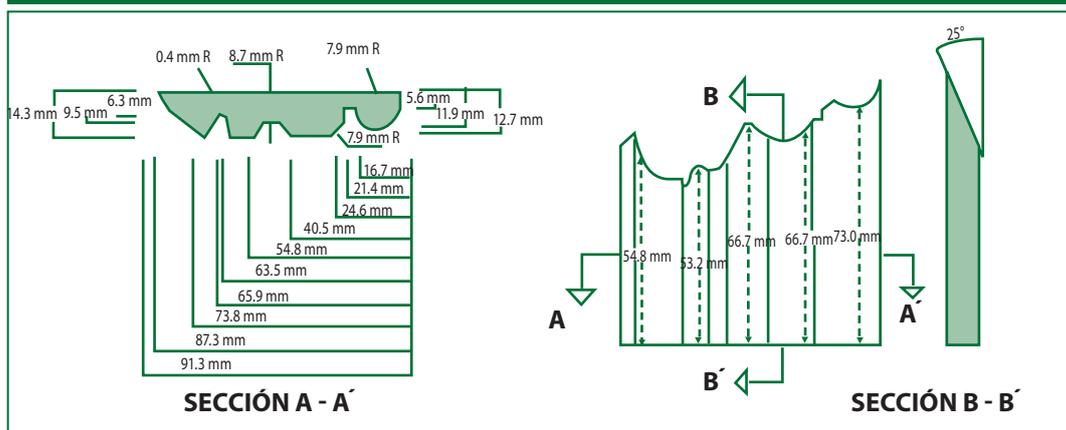


FIGURA N° 04: CUCHILLA PARA EL ENSAYO DE TORNEADO



- Velocidad de giro(3750,7450 y 9750 r/min)
 - Número de ejes (01)
 - Mesa (800 x 800 mm)
 - Potencia(4 hp)
- Taladro de Pedestal y eje de alimentación manual, marca Bimak modelo 25/e con las siguientes especificaciones:
 - Diámetro de eje (70 mm)
 - Velocidad de giro(770 y 1400 r/min)
 - Mesa (135 x 180 mm)
 - Potencia(1 hp)
 - Torno manual marca Wadkin Bursgreen , con las siguientes especificaciones:
 - Velocidad de giro (500,1600 y 2820 r/min)
 - Diámetro de volteo (300 mm)
 - Longitud máxima entre uñas (950 mm)
 - Longitud total del banco (1150 mm)
 - Altura del piso al eje (1000 mm)
 - Potencia (1 hp)
- d. Para medición y control**
- Higrómetro de contacto.
 - Escuadra metálica.
 - Lupas de 10x y 22x
 - Cronómetro Casio, precisión 0,01 s
- Tacómetro digital Mitutoyo, precisión 1 r/min
 - Vernier digital Mitutoyo, precisión 0.01mm
 - Calibradores de cuchillas
- e. Para procesamiento de datos e imágenes**
- Computadora
 - Impresora
 - Scanner
 - Cámara Digital
 - Útiles de escritorio

3.4 Métodos y Procedimientos

Los ensayos se realizaron siguiendo parcialmente lo estipulado en la Norma ASTM-D-1666-87 (1999). Para la realización de los ensayos se adoptaron las modificaciones de equipo y maquinaria propuestas por la JUNAC (1976), para maderas tropicales y condiciones de ensayo disponibles.

3.4.1 Acondicionamiento de la madera

Las piezas de madera fueron habilitadas y secadas artificialmente en los ambientes del CITE Madera - Pucallpa.

3.4.2 Preparación y dimensionado de las probetas

Las probetas fueron dimensionadas y seleccionadas por cada tipo de ensayo de acuerdo a las especificaciones del Cuadro N° 01.

CUADRO N° 01: DIMENSIONES Y NÚMERO DE PROBETAS UTILIZADAS PARA LOS ENSAYOS DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA.

ENSAYO	DIMENSIONES DE LA PROBETA (cm)	NÚMERO DE ÁRBOLES	NÚMERO DE PROBETAS POR ÁRBOL	NÚMERO TOTAL
CEPILLADO	4 x 10 x 100	5	6	30
MOLDURADO	2 x 7.5 x 100	5	6	30
TALADRADO	2.5 x 10 x 30	5	6	30
TORNEADO	2 x 2 x 12.5	5	12	60

Solo para Capirona, se obtuvo una probeta de cada uno de los seis "tucos" o trozas pequeñas de 4 pies (1,20 m.) de largo provenientes de tres diferentes niveles de altura del fuste (basal, intermedia y apical). Debido a los pequeños diámetros de las trozas (Anexo N° 01) no se tuvo en cuenta la orientación de corte de la madera, otorgándose mayor importancia al estudio en los diferentes niveles de altura.

Para las otras especies se prepararon dos probetas en los tres planos de corte (tangencial, radial y oblicuo), del último "tuco" de 4 pies de largo proveniente de la troza apical de cada uno de los árboles seleccionados. Solo para el torneado no se tuvo en cuenta la orientación de corte.

Cada probeta fue codificada igual a la troza que le dio origen, es decir indicando la especie, el número de árbol, número de repetición y el plano de corte.

3.4.3 Realización de ensayos

A continuación se detalla el procedimiento seguido en la realización de los ensayos de trabajabilidad de la madera:

- **Cepillado:** Este ensayo se realizó con dos ángulos de corte: (15° y 35°) y dos velocidades de alimentación (5 y 10 m/min), con una profundidad de 1,1 mm por pasada. Mediante un higrómetro de contacto se obtuvo el contenido humedad de la probeta. Se marcó en el extremo de cada probeta a fin de indicar la dirección de alimentación y la cara cepillada. Para cada ángulo de corte, las probetas fueron cepilladas en ambas caras a favor del grano. Las cuchillas fueron ajustadas y niveladas a la misma altura en el cilindro portacuchillas mediante un calibrador.

Se calcularon las marcas de cuchilla correspondientes a las dos velocidades de alimentación, empleando la siguiente fórmula:

$$M = (\omega \times N) / V \times 100$$

Donde M es el número de marcas de cuchilla por cm., ω es la velocidad de giro o del cabezal portacuchillas en rpm., N es el número de cuchillas en el cabezal y V es la velocidad de avance en m/min.

- **Moldurado:** Los ensayos de moldurado se realizaron utilizando 01 cuchilla preparada con ángulo de filo de 40°. En esta prueba se utilizó una guía de madera especialmente preparada con la finalidad de evitar que la probeta vibre y así minimizar la presencia de defectos producto de esta vibración. Se colocó una marca en la cara contigua al canto de cada probeta para indicar la dirección de alimentación y la velocidad de giro. Las probetas fueron ensayadas a favor del grano y con dos velocidades de giro: 3 740 y 7 440 r/min.
- **Taladrado:** Los ensayos de taladrado se efectuaron con 2 cargas de penetración: 15 y 30 kg y 2 velocidades de giro: 770 y 1400 r/min. Se utilizó una plantilla para señalar la ubicación correcta de los agujeros. El contenido humedad para la prueba se obtuvo con el higrómetro de contacto. El taladrado se efectuó en los planos de corte radial, tangencial y oblicuo. Se cronometró el tiempo de penetración para cada caso. La alimentación se hizo manualmente y las perforaciones se realizaron sin ningún respaldo, de esta manera se pudo evaluar la salida y entrada de cada agujero.
- **Torneado:** Se realizaron con 3 ángulos de corte: 0°, 15° y 35° y 2 velocidades de giro: 1690 y 2820 rpm. Se utilizó una cuchilla preparada con el perfil especial, propuesto por la Norma ASTM (1999).

3.4.4 Evaluación de las probetas

Se procedió clasificando cada probeta de acuerdo a la ausencia o presencia, gravedad y extensión del defecto en la superficie maquinada, según el plano de corte o nivel de altura del fuste. Posteriormente se determinó la calidad de la probeta utilizando los parámetros detallados en el Cuadro N° 02.

CUADRO N° 02 : CALIDAD DE SUPERFICIE EN FUNCIÓN DE LA EXTENSIÓN DE LA SUPERFICIE DEFECTUOSA Y LA GRAVEDAD DEL DEFECTO, EN LOS ENSAYOS DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA.

GRAVEDAD DEL DEFECTO	EXTENSIÓN DE LA SUPERFICIE DEFECTUOSA (%)			
	(0 - 4)	(5 - 35)	(36 - 69)	(70 - 100)
SUAVE	Excelente	Buena	Regular	Regular
MODERADO	Buena	Regular	Mala	Mala
FUERTE	Regular	Mala	Mala	Deficiente

A continuación se obtuvo la clasificación final en grados de calidad (Norma ASTM, 1999). Los niveles de calificación de acuerdo a la ocurrencia del defecto fueron los siguientes:

Calidad	Grado
Excelente	1
Bueno	2
Regular	3
Malo	4
Deficiente	5

En la determinación de la equivalencia de cada defecto en estudio, se utilizaron los factores de conversión detallados en el Cuadro N° 03

CUADRO N° 03 : FACTORES DE CONVERSIÓN DE DEFECTOS SEGÚN SU SEVERIDAD EN LOS ENSAYOS DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA.

DEFECTO	FACTOR DE CONVERSIÓN			
	CEPILLADO	MOLDURADO	TALADRADO	TORNEADO
Grano Arrancado	1.0	1.0	-	1.0
Ruptura de Grano	-	-	1.0	-
Grano Velloso (Lanosidad)	0.2	0.2	0.2	0.2
Grano Comprimido	-	-	-	0.4
Grano Levantado (rugosidad)	0.6	0.6	-	0.6
Grano Astillado	0.8	0.8	0.8	0.8

Fuente : Sato (1976)

En base a la ponderación del defecto para cada ensayo, se determinó la equivalencia respectiva, mediante la siguiente expresión (Sato, 1975):

$$E = (G-1) \times F + 1$$

Donde: E es la equivalencia del defecto, G es el grado de calidad y F es el factor de conversión o peso por tipo de ensayo.

Finalmente, con las equivalencias para cada defecto por probeta, se calificó la probeta en base al defecto que presentó mayor equivalencia o equivalencia dominante, según los siguientes rangos por calidad de superficie (Sato, 1975):

Rango	Calidad
De 1.0 a 1.5	Excelente
De 1.6 a 2.5	Buena
De 2.6 a 3.5	Regular
De 3.6 a 4.5	Mala
De 4.6 a 5.0	Deficiente

- 1. Para el Cepillado:** Se utilizó un recuadro de 100 x 100 mm para la determinación porcentual de la extensión de los defectos de cepillado, así mismo se aplicaron criterios de evaluación cuantitativos y cualitativos. La gravedad de los mismos se determinó aplicando en el Cuadro N° 04, midiendo para ello la profundidad del grano arrancado y el ancho de astilla para el grano astillado. En los casos del grano velloso y grano levantado se estimó por comparación.

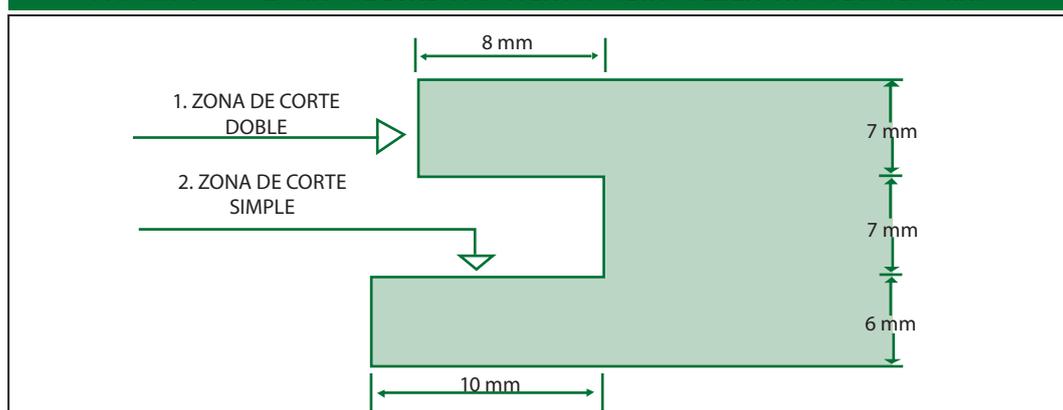
CUADRO N° 04 : GRAVEDAD DE LOS DEFECTOS DE CEPILLADO.

DEFECTO	GRAVEDAD		
	SUAVE	MODERADO	FUERTE
Grano Arrancado(profundidad)	menor a 0.2 mm	0.2 - 0.5 mm	mayor a 0.5 mm
Grano Astillado(ancho de astilla)	menor a 1.0 mm	1.0 - 2.0 mm	mayor a 2.0 mm

Fuente: Scheelje (2002)

- 2. Para el Moldurado:** La determinación porcentual de la extensión de los defectos se efectuó de forma similar al cepillado, para lo cual se evaluó cada defecto en dos zonas de corte : una doble (zona 1: dos superficies) y otra simple (zona 2: una superficie), conforme se ilustra en la Figura N° 05. La gravedad de los defectos se determinó por simple comparación entre las probetas.
- 3. Para el Taladrado:** La extensión de los defectos se cuantificó en porcentaje de acuerdo a la porción de circunferencia tanto de entrada como de salida de la broca. La gravedad de los defectos se estimó por simple comparación entre las probetas.
- 4. Para el Torneado:** La extensión de los defectos se determinó en porcentaje, separando las porciones afectadas de la probeta de la siguientes manera: cilindro mayor y menor para evaluar el defecto de grano arrancado y grano levantado; planos inclinados para evaluar el grano comprimido y las aristas resultantes para evaluar el grano astillado y grano velloso. La gravedad de los defectos se estimó por simple comparación.

FIGURA N° 05: ZONAS DE EVALUACIÓN EN PROBETAS DEL ENSAYO DE MOLDURADO



3.4.5 Análisis estadístico de los grados de calidad

Con el fin de facilitar la estimación de los parámetros indicadores de la variabilidad normal de la madera de acuerdo al procedimiento descrito por Calzada (1982), se tabularon en una hoja electrónica de cálculo los grados de calidad por probeta de los diferentes ensayos. Para cada tipo de ensayo se determinó la variabilidad de la especie a nivel de árboles, según el detalle siguiente:

- N° de árboles evaluados: 05
 - N° de repeticiones por árbol: 02 por plano de corte.
 - N° total de repeticiones: 30
- Se aplicaron dos diseños estadísticos, a fin de evaluar el efecto de los diversos tratamientos en la calidad de superficie producida en los ensayos de cepillado, moldurado, taladrado y torneado. Los tres primeros ensayos se analizaron empleando el diseño de bloques completamente al azar, en el caso del torneado se utilizó un diseño completamente al azar. Para el ensayo de cepillado y taladrado se consideró un arreglo factorial de $2A \times 2B$ y para el torneado se consideró un arreglo factorial de $3A \times 2B$; de acuerdo al siguiente esquema:
- Unidad experimental: probetas de madera de Tornillo Faja de 5 y 30 m., Pino Chuncho, Marupa y Capirona.
 - Variable observada: grado de calidad.
 - Factores para el cepillado de la madera
 - Factor A: - ángulo de corte (α) - Niveles de factor A: 15° y 35° .
 - Factor B: - velocidad de alimentación (V_a) - Niveles de factor B: 5 y 10 m/min.
 - Tipos de combinación: $\alpha - V_a$
 - Factores para el torneado de la madera:
 - Factor A: - ángulo de corte (α) - Niveles de factor: 0° , 15° y 35°
 - Factor B: - velocidad de giro (ω) - Niveles de factor B: 1 690 y 2 820 r/min
 - Tipo de combinación: $\alpha - \omega$
 - Factores para el taladrado de la madera
 - Factor A: - velocidad de giro (ω) - Niveles de factor A: 770 y 1 400 r/min

- Factor B: - carga de penetración (P) - Niveles de factor B: 15 y 30 kg
- Tipo de combinación: $\omega - P$.

- Factor para el moldurado de la madera: velocidad de giro

Para Capirona se consideró como factor Bloque a los niveles de altura del fuste; para el resto de especies el factor Bloque fue el plano de corte.

De acuerdo a los diseños utilizados para cada tipo de ensayo se plantearon las siguientes hipótesis:

- Hp 1: Los efectos del plano de corte y niveles de altura en los grados de calidad de la madera cepillada, moldurada, taladrada y torneada son similares.
- Hp 2: Los efectos del ángulo de corte en los grados de calidad de la madera cepillada son similares.
- Hp 3: Los efectos de la velocidad de alimentación en los grados de calidad de la madera cepillada son similares.
- Hp 4: Los efectos de interacción entre los factores de ángulo de corte y velocidad de alimentación son similares.
- Hp 5: Los efectos de la velocidad de giro en los grados de calidad de la madera moldurada son similares.
- Hp 6: Los efectos de la velocidad de giro en los grados de calidad de la madera taladrada son similares.
- Hp 7: Los efectos de la carga de penetración en los grados de calidad de la madera taladrada son similares.
- Hp 8: Los efectos de interacción entre los factores de velocidad de giro y carga de penetración son similares.
- Hp 9: Los efectos de ángulo de corte en los grados de calidad de la madera torneada son similares.
- Hp 10: Los efectos de la velocidad de giro en los grados de calidad de la madera torneada son similares.
- Hp 11: Los efectos de interacción entre los factores de ángulo de corte y velocidad de giro son similares.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Grados Promedios de Calidad de Superficie en los ensayos de Trabajabilidad

4.1.1 Contenido de Humedad

Los valores de contenido de humedad promedio de las probetas utilizadas en los ensayos de trabajabilidad, se muestran en el Cuadro N° 05.

CUADRO N° 05: CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO DE PROBETAS UTILIZADAS EN LOS ENSAYOS DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA.

ESPECIE	CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (%)
TORNILLO FAJA DE 30 m.	15.0
TORNILLO FAJA DE 5 m.	15,5
TORNILLO CAMPO ABIERTO	15.0
PINO CHUNCHO	16.0
MARUPA	15.5

4.1.2 Ensayo de Cepillado

En las Figuras N° 06 y 07 se muestran los grados promedios de calidad de superficie obtenidos en el ensayo de cepillado para la madera de Tornillo, Pino Chuncho y Marupa, según su plano de corte, a las velocidades de alimentación de 5 y 10m/min, y con los ángulos de corte de 15° y 35°.

Se puede apreciar que, independientemente de la especie, existe una tendencia a disminuir la calidad de superficie en el cepillado conforme aumenta el ángulo de corte de 15° a 35°; es decir, que a menor ángulo mejora la calidad, indistintamente de la velocidad de alimentación, tal como lo indican Sato (1976) y Scheelje (2002).

FIGURA N° 06: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL CEPILLADO CON ÁNGULO DE CORTE DE 15°, SEGÚN PLANO DE CORTE, VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN Y ESPECIE.

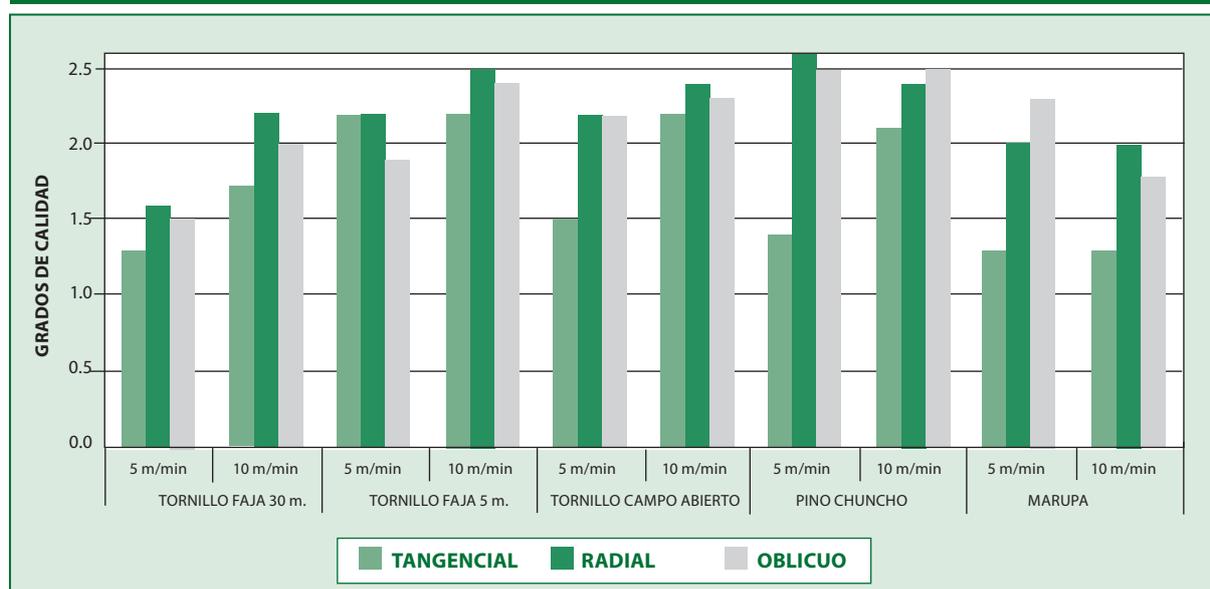
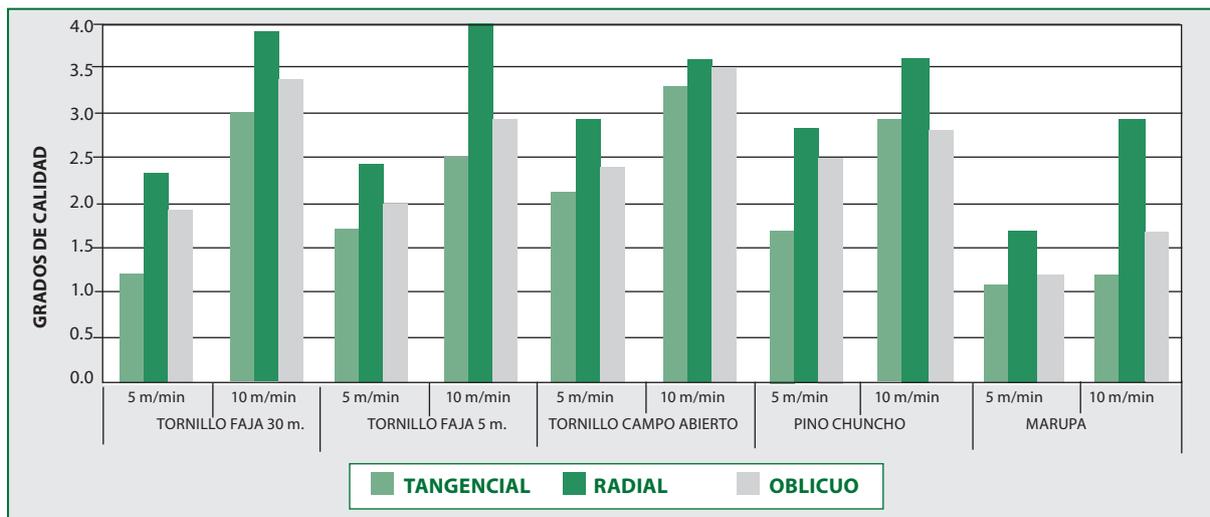


FIGURA N° 07: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL CEPILLADO CON ÁNGULO DE CORTE DE 35°, SEGÚN PLANO DE CORTE, VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN Y ESPECIE



También se puede observar que la calidad de superficie se comporta mejor al cepillado, en las dos velocidades de alimentación, en el plano de corte tangencial seguida del oblicuo y el radial.

En la Figura N° 08 se muestra los grados promedios de calidad de superficie obtenidos en el ensayo de cepillado para la madera de Capirona según los niveles de altura del fuste comercial, a las velocidades de alimentación de 5 y 10m/min, y con los ángulos de corte de 15° y 35°.

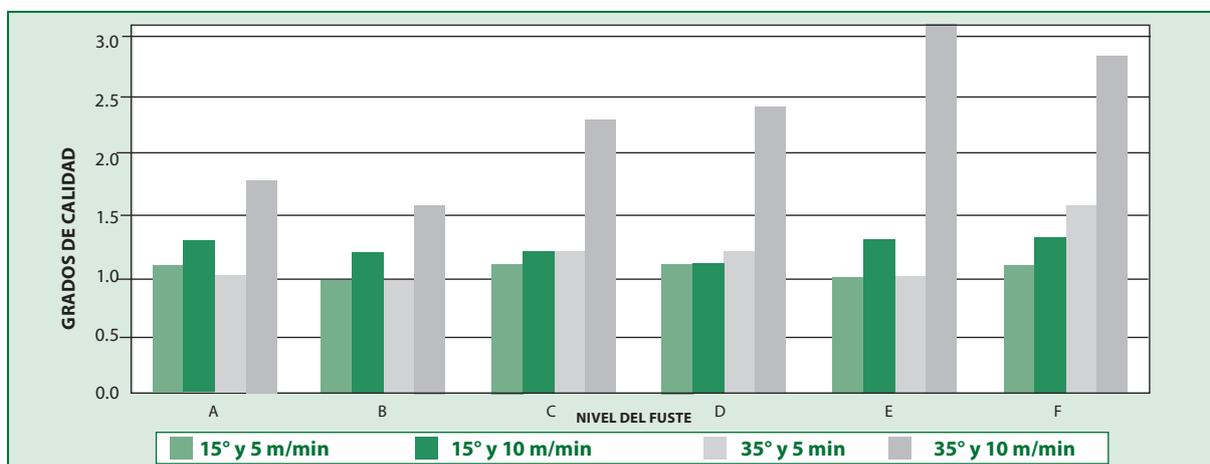
Se aprecia que no existen diferencias importantes en los grados de calidad reportados a diferentes niveles de altura del fuste comercial. De la misma manera, excepto con el ángulo de corte de 35° y la velocidad de alimentación de 10 mm/min, se observan grados de calidad de superficie excelentes en todas las combinaciones de ángulos de corte y velocidades de alimentación. Para 35° y 10 m/min se obtuvieron grados de calidad de superficie de excelentes a buenos.

En general se acepta que la calidad de superficie

en el cepillado de la madera de las especies estudiadas es variable según el ángulo de corte y velocidad de alimentación. Aún cuando las marcas de cuchilla generadas por cm son de 30 y 15 para cada velocidad de alimentación, y según ASTM (1999), 8 marcas de cuchilla/cm son suficientes para obtener un cepillado de calidad aceptable; por lo tanto, las marcas de cuchilla generadas superan ampliamente la recomendación de ASTM.

Con relación a los defectos existe una mayor tendencia a desarrollar el grano arrancado y astillado a mayores ángulos de corte y velocidades de alimentación (Anexo N° 03). La presencia del grano arrancado y astillado puede atribuirse al grano entrecruzado de Tornillo y Pino Chuncho. En el caso de Capirona, el grano arrancado está asociado con la presencia de nudos. La alta presencia de nudos (vivos o muertos) observados en la madera de Capirona está relacionada con la edad y a un deficiente cuidado de la plantación; según Wightman et al (2006) podas bien realizadas a los árboles permiten obtener madera de calidad y sin nudos muertos.

FIGURA N° 08: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL CEPILLADO DE CAPIRONA, SEGÚN NIVEL DE FUSTE, ÁNGULO DE CORTE Y VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN



4.1.3 Ensayo de Moldurado

En la Figura N° 09, se muestran los grados promedios de calidad de superficie, obtenidos en el ensayo de moldurado para la madera de Tornillo, Pino Chuncho y Marupa, según plano de corte, a las velocidades angulares de 3740 y 7440 r/min.

Se puede observar que Tornillo y Pino Chuncho tienen un comportamiento regular en los tres planos de corte a la velocidad de 3740 r/min. Estas mismas especies reportan un buen comportamiento en cualquier plano de corte con la velocidad de 7440 r/min. En el caso de Marupa, independientemente del plano de corte y velocidad de giro, reporta un comportamiento excelente al moldurado. Para todas las especies, en el plano oblicuo se presenta la menor calidad, esto debido a que en este plano los elementos anatómicos se presentan con cierta desviación y por tanto la madera tiene mayor tendencia a fallar.

En la Figura N° 10 se muestra los grados promedios de calidad de superficie obtenidos en el ensayo de moldurado para la madera de Capirona según los

niveles de altura del fuste comercial, a las velocidades angulares de 3740 y 7440 r/min.

Se aprecia que no existen diferencias importantes en los grados de calidad reportados a diferentes niveles de altura del fuste comercial. De la misma manera, para todos los niveles se observa una tendencia a disminuir la calidad a medida que disminuye la velocidad de giro del eje porta-fresas del Tupí. De tal manera, que las calidades resultantes varían de buena a regular para la velocidad de giro de 3740 r/min, y excelente para 7440 r/min.

En general, existe una mayor tendencia a desarrollar el defecto grano arrancado en el corte simple. En cuanto al grano astillado, se registra indistintamente en el corte doble y simple, reportando más intensidad y afectando mayor superficie a menores velocidades de giro. (Anexo N° 04). La presencia del grano arrancado y astillado puede atribuirse al grano entrecruzado de Tornillo y Pino Chuncho. En Capirona la presencia del grano arrancado está claramente asociada con la presencia de nudos (vivos y muertos).

FIGURA N° 09: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL MOLDURADO, SEGÚN PLANO DE CORTE, VELOCIDAD DE GIRO Y ESPECIE.

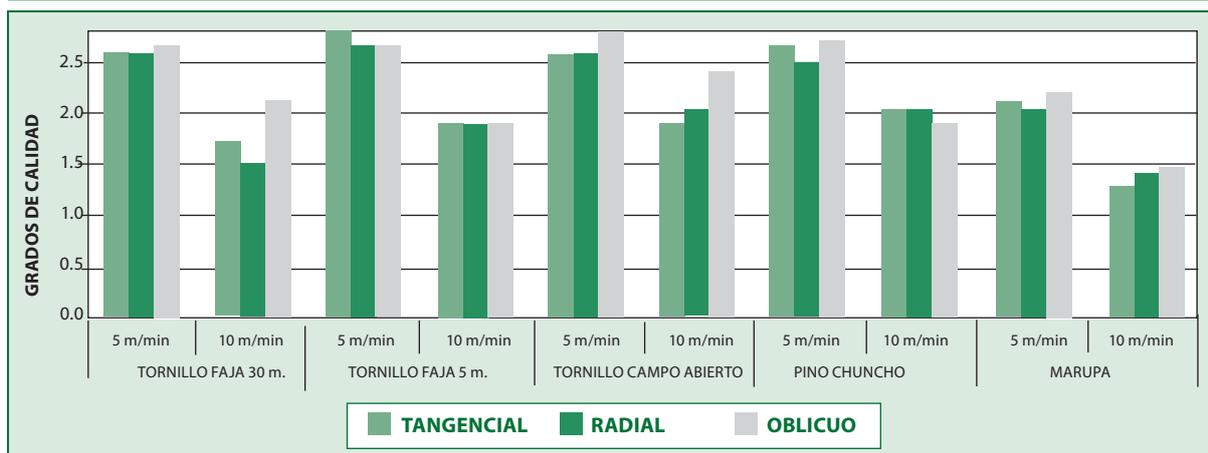
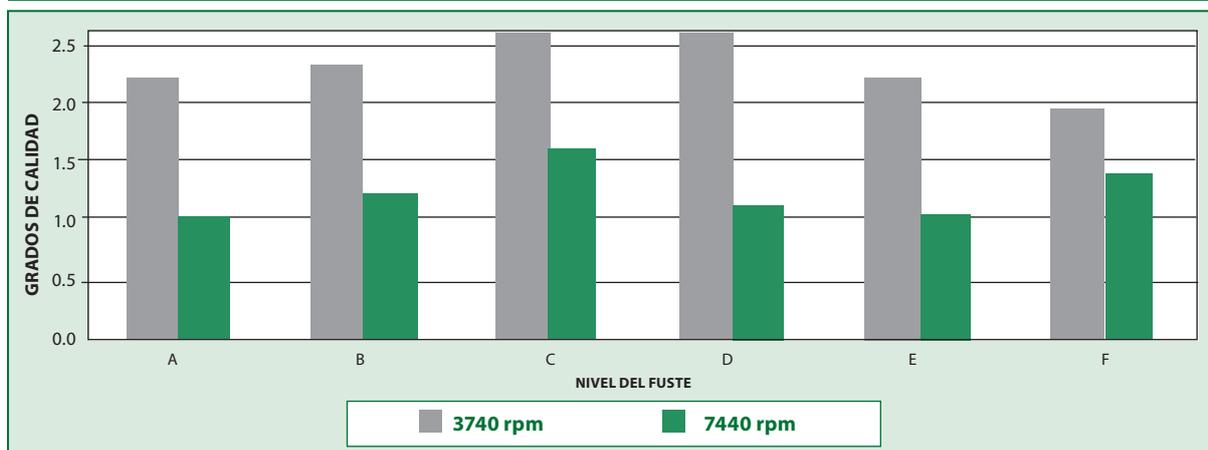


FIGURA N° 10: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL MOLDURADO DE CAPIRONA, SEGÚN NIVEL DE FUSTE Y VELOCIDAD DE GIRO.



4.1.4 Ensayo de Taladrado

En el Cuadro N° 06 se muestran los grados promedios de calidad de superficie y tiempos promedios de penetración con cargas de 15 y 30Kg, velocidades de giro de 700 y 1 400 r/min, según especie.

CUADRO N° 06: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE Y TIEMPO PROMEDIO DE PENETRACIÓN EN EL ENSAYO DE TALADRADO, SEGÚN VELOCIDAD DE GIRO, CARGA DE PENETRACIÓN Y ESPECIE.

ESPECIE	VELOCIDAD DE GIRO (r/min)	CARGA (kg)	GRADO DE CALIDAD	TIEMPO DE PENETRACIÓN (sg)
TORNILLO FAJA 30 m.	770	15	2.4	1.2
		30	3.9	0.6
	1400	15	2.4	1.6
		30	3.3	0.7
TORNILLO FAJA 5 m.	770	15	2.2	1.0
		30	4.0	0.7
	1400	15	2.2	1.6
		30	3.6	0.7
TORNILLO CAMPO ABIERTO	770	15	1.8	1.4
		30	3.9	0.6
	1400	15	1.8	1.9
		30	3.2	0.8
PINO CHUNCHO	770	15	2.9	0.8
		30	4.1	0.5
	1400	15	2.9	0.9
		30	4.1	0.5
MARUPA	770	15	2.6	1.1
		30	3.6	0.6
	1400	15	2.6	1.0
		30	3.6	0.6
CAPIRONA	770	30	1.3	1.0
	1400	30	1.4	0.4

En este cuadro así como en las Figuras N° 11, 12 y 13 se aprecia que, excepto para Capirona, la menor carga de penetración proporciona la mejor calidad de superficie. Al parecer la velocidad angular no aumenta la calidad de superficie de Tornillo, Pino Chuncho y Marupa. Por lo tanto, se

puede afirmar que Tornillo, Pino Chuncho y Marupa presentan un buen comportamiento al taladrado cuando se disminuye la carga de penetración. La Capirona mejora su calidad de superficie con la broca para metal indistintamente de la velocidad de giro.

FIGURA N° 11: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL TALADRADO CON 15 kg. DE CARGA DE PENETRACIÓN, SEGÚN PLANO DE CORTE, VELOCIDAD DE GIRO Y ESPECIE.

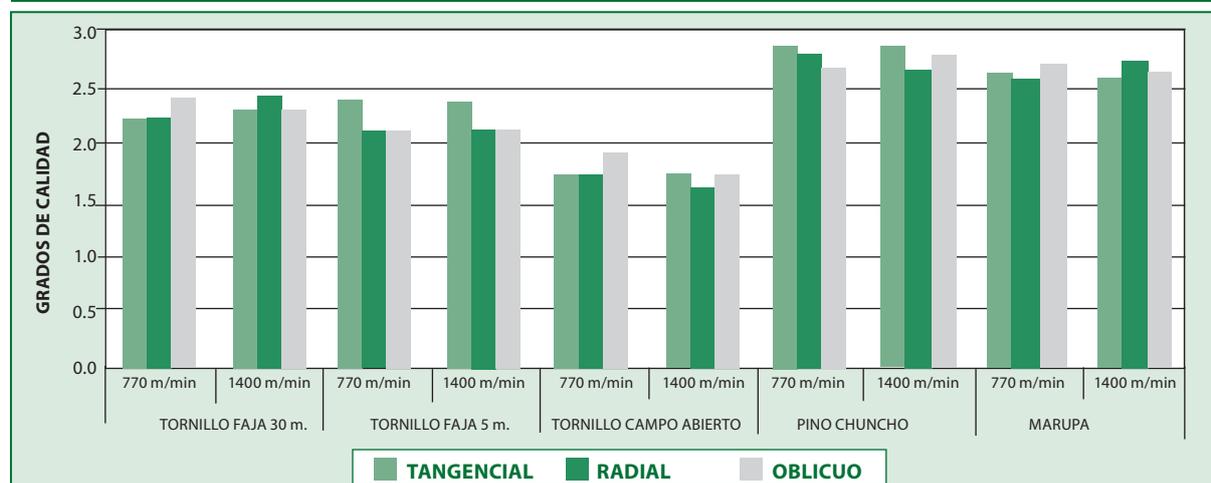


FIGURA N° 12: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL TALADRADO CON 30 kg. DE CARGA DE PENETRACIÓN, SEGÚN PLANO DE CORTE, VELOCIDAD DE GIRO Y ESPECIE.

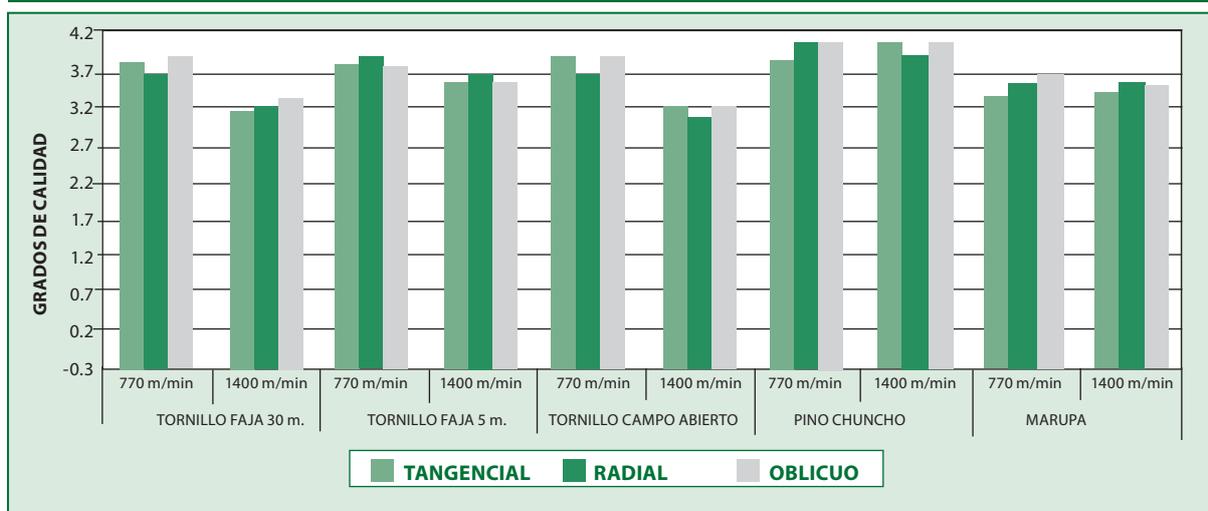
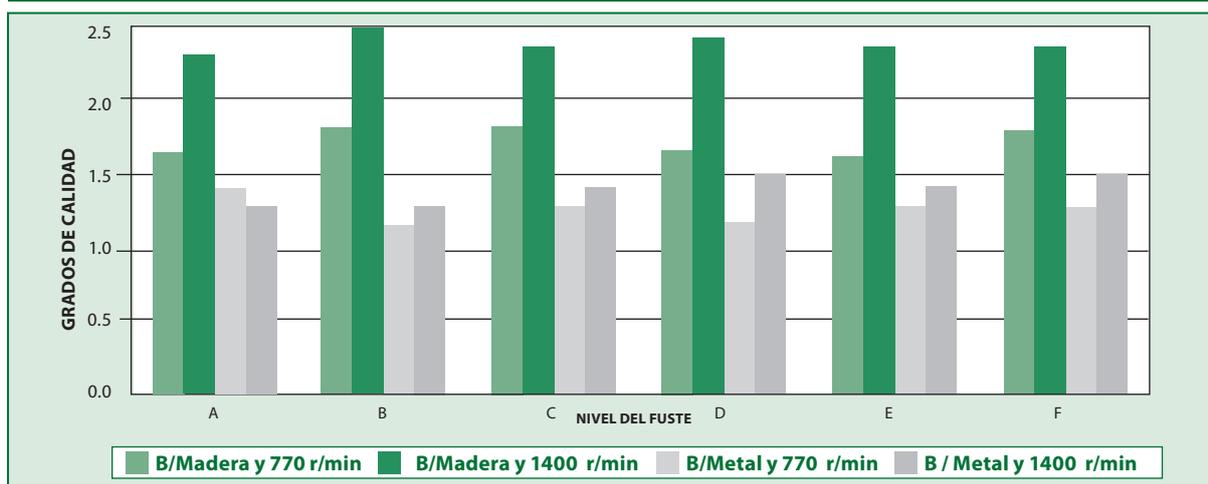


FIGURA N° 13: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL TALADRADO DE CAPIRONA, SEGÚN NIVEL DE FUSTE, TIPO DE BROCA Y VELOCIDAD DE GIRO.



Para Tornillo, Pino Chuncho y Marupa los grados de calidad obtenidos en el ensayo de taladrado varían de bueno a malo, con predominio de la calidad regular. En el caso de Capirona, el grado de calidad es excelente a bueno en cualquier velocidad angular.

En los orificios de entrada y salida, el grano astillado es el defecto dominante para Tornillo y Pino Chuncho, el cual puede atribuirse a sus fibras largas, otro motivo puede ser la densidad de la madera como lo indica Lluncor (1989). En el caso de Marupa y Capirona el defecto más frecuente es el grano arrancado (Anexo N° 05).

Respecto al tiempo de penetración, se obtiene una ligera disminución cuando se emplea una mayor carga de penetración indistintamente de la velocidad de giro; aunque la calidad de superficie se ve perjudicada independientemente de la velocidad.

4.1.5 Ensayo de Torneado

En las Figuras N° 14 y 15 se muestra el grado promedio de calidad de la superficie torneada por especie, con ángulos de corte de 0°, 15° y 35° a las velocidades de giro de 1 690 y 2 820 r/min.

Para Tornillo, Pino Chuncho y Marupa se puede observar que la mejor calidad de superficie corresponde al ángulo de corte de 0° y a la mayor velocidad de giro. Sin embargo es oportuno precisar que este ángulo sólo produce en la madera un efecto de raspado, con el consiguiente recalentamiento de la cuchilla y la rápida pérdida de filo, produciéndose polvillo más no viruta. En el caso de Capirona el torneado va de excelente a bueno, siendo excelente para el ángulo de 15° a 2820 rpm. Para todas las especies, la intensidad de los defectos grano arrancado y astillado se incrementa en 2820 r/min. y 1690 r/min., respectivamente (Anexo N° 06).

FIGURA N° 14: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL TORNEADO SEGÚN ÁNGULO DE CORTE, VELOCIDAD DE GIRO Y ESPECIE.

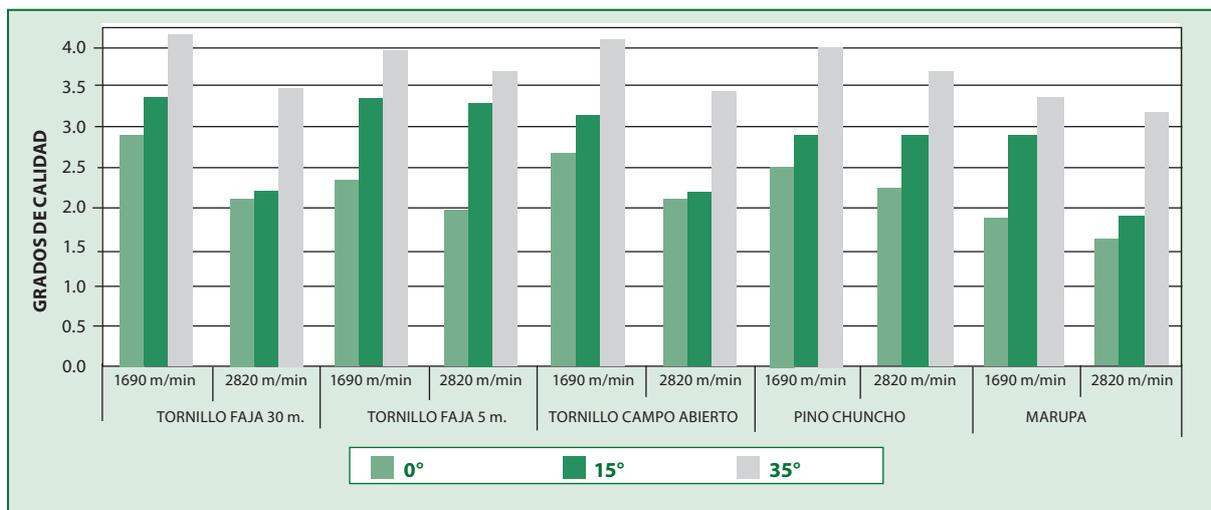
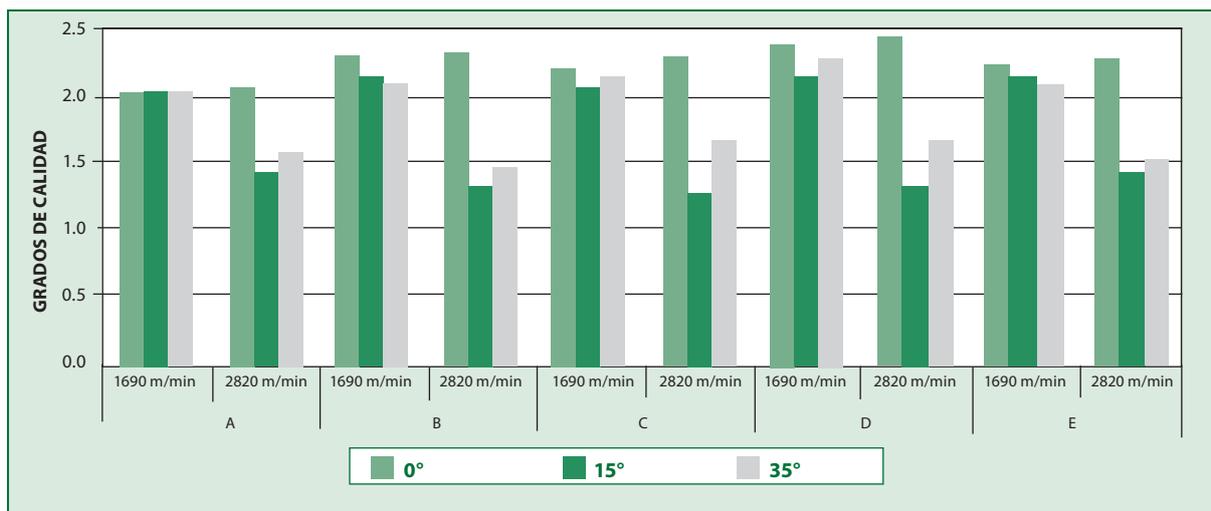


FIGURA N° 15: GRADOS PROMEDIOS DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN EL TORNEADO DE CAPIRONA, SEGÚN NIVEL DE FUSTE, ÁNGULO DE CORTE Y VELOCIDAD DE GIRO.



4.2 Variabilidad de la Calidad de Superficie en los Ensayos de Trabajabilidad

El Cuadro N° 07 se cuantifica para cada ensayo el promedio y la variabilidad de la especie. Con fines de interpretación de los coeficientes de variabilidad (CV) mostrados en el cuadro anterior, se consideró que un CV mayor a 30% indica una muestra muy variable; y un CV menor a 30%, que no existe mucha variabilidad.

En general, en el cepillado se observa que a medida que disminuye el ángulo de corte y la velocidad de alimentación existe, mayor será la tendencia a un comportamiento más homogéneo de la calidad de superficie. En cualquiera de las condiciones de cepillado, las probetas de Tornillo en Campo Abierto registran bajos valores de variabilidad.

Respecto al moldurado, al trabajarse a una velocidad angular de 7440 r/min se observa una mayor variabilidad que con 3440 r/min.

Con relación al taladrado y torneado, independientemente a la condición ensayada se obtienen calidades moderadamente homogéneas, debido a que la calidad en las probetas de menor tamaño tienden a ser similares.

4.3 Análisis de Variancia de la Calidad de Superficie en los Ensayos de Trabajabilidad

4.3.1 Ensayo de Cepillado

El Cuadro N° 08 contiene los resultados del análisis de variancia por especie de la calidad de superficie en el ensayo de cepillado, con dos ángulos de corte, dos velocidades de alimentación y tres planos de corte.

Este análisis demuestra que existen diferencias significativas a nivel de planos de corte, ángulos de corte y velocidad de alimentación para todas las especies, por lo tanto no es posible obtener una buena calidad de superficie en cualquier plano, ángulo o velocidad. Solo en Marupa, no existen diferencias significativas a nivel de ángulos de corte y velocidad de alimentación, por lo que pueden obtenerse similares calidades de superficie en cualquier ángulo y velocidad de corte.

En cuanto a los efectos de interacción, excepto en Pino Chuncho, las especies muestran la existencia

de un efecto combinado del ángulo de corte y la velocidad de alimentación sobre la calidad de superficie, encontrando las mejores interacciones en Tornillo en Faja de 5 m. y Marupa (Figura N° 16).

En el Cuadro N° 09 se presenta la Prueba de Tukey por plano de corte, ángulo de corte y velocidad de alimentación, según especie. Para todas las especies, se observa que entre los planos de corte Radial y Tangencial, y entre las velocidades de alimentación se registran calidades de superficie estadísticamente diferentes.

CUADRO N° 07: VARIABILIDAD DEL GRADO PROMEDIO DE CALIDAD DE SUPERFICIE EN LOS ENSAYOS DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA, SEGÚN ESPECIE.

ESPECIE	PARÁMETRO ESTADÍSTICO	CEPILLADO				MOLDURADO		TALADRADO				TORNEADO					
		5 m/min		10 m/min		3740	7440	15 kg.		30 kg.		1690 r/min			2820 r/min		
		15°	35°	15°	35°	r/min	r/min	770	1400	770	1400	0°	15°	35°	0°	15°	35°
TORNILLO FAJA 30 m.	PROMEDIO	1.5	1.8	1.9	3.4	2.6	1.8	2.4	2.4	3.9	3.3	2.7	3.1	4.2	2.1	2.3	3.5
	CV TOTAL	25.9	41.1	26.7	18.7	34.4	45.1	21.5	24.8	9.8	15.6	18.3	17.1	7.8	20.6	24.3	13.6
TORNILLO FAJA 5 m.	PROMEDIO	2.1	2.0	2.4	3.1	2.8	1.9	2.2	2.2	4.0	3.6	2.3	3.3	4.0	2.0	3.3	3.7
	CV TOTAL	19.6	31.2	20.8	23.4	24.1	40.1	34.9	37.1	9.1	13.0	21.5	16.8	11.5	21.4	19.2	10.9
TORNILLO CAMPO ABIERTO	PROMEDIO	2.0	2.5	2.3	3.4	2.7	2.1	1.8	1.8	3.9	3.2	2.7	3.2	4.2	2.1	2.1	3.4
	CV TOTAL	27.1	29.4	21.6	19.9	23.8	37.7	21.6	27.0	10.1	13.6	18.2	17.1	7.2	20.6	19.4	12.7
PINO CHUNCHO	PROMEDIO	2.2	2.3	2.3	3.1	2.6	2.0	2.9	2.9	4.1	4.1	2.5	3.0	4.0	2.2	2.9	3.7
	CV TOTAL	32.9	30.3	23.9	30.1	18.4	25.8	22.9	22.0	8.2	9.3	20.7	10.0	8.9	21.8	7.8	10.4
MARUPA	PROMEDIO	1.8	1.3	1.7	1.9	2.1	1.4	2.6	2.6	3.6	3.6	1.9	2.9	3.4	1.8	2.4	3.2
	CV TOTAL	31.8	33.4	30.1	43.4	28.0	21.7	19.4	21.5	13.3	13.2	14.3	14.3	9.9	10.6	22.3	7.6
CAPIRONA	PROMEDIO	1.1	1.2	1.2	2.3	2.3	1.2	1.8	2.3	1.3	1.4	2.2	2.1	2.2	2.3	1.4	1.6
	CV TOTAL	16.2	39.5	23.7	37.6	29.3	40.3	28.5	29.0	19.0	18.0	14.5	11.2	12.7	14.0	12.5	11.6
BROCA/MADERA BROCA/METAL																	

CUADRO N° 08: ANÁLISIS DE VARIANCIAS DE LA CALIDAD DE SUPERFICIE POR ESPECIE EN EL ENSAYO DE CEPILLADO CON TRES PLANOS DE CORTE, DOS ÁNGULOS DE CORTE Y DOS VELOCIDADES DE ALIMENTACIÓN.

TORNILLO FAJA 30 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	10.1360	10.1360	5.0680	19.60	SIGNIFICATIVO
ANGULO DE CORTE	1	25.0250	25.0250	25.0250	96.77	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE ALIMENTACION	1	33.2850	33.2850	33.2850	128.72	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	1	10.5610	10.5610	10.5610	40.84	SIGNIFICATIVO
ERROR	114	29.4800	29.4800	0.2590		
TOTAL	119	108.4880				
TORNILLO FAJA 5 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	8.1902	8.1902	4.0951	15.24	SIGNIFICATIVO
ANGULO DE CORTE	1	3.4680	3.4680	3.4680	12.90	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE ALIMENTACION	1	14.0083	14.0083	14.0083	52.12	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	1	5.6333	5.6333	5.6333	20.96	SIGNIFICATIVO
ERROR	114	30.6398	30.6398	0.2688		
TOTAL	119	61.9397				

TORNILLO CAMPO ABIERTO						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	6.3402	6.3402	3.1701	9.67	SIGNIFICATIVO
ANGULO DE CORTE	1	19.4407	19.4407	59.33	SIGNIFICATIVO	
VELOCIDAD DE ALIMENTACION	1	10.8601	10.8601	10.8601	33.14	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	1	2.3241	2.3241	2.3241	7.09	SIGNIFICATIVO
ERROR	114	37.3548	0.3277			
TOTAL	119	76.3199				
PINO CHUNCHO						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	14.9355	14.9355	7.4678	17.28	SIGNIFICATIVO
ANGULO DE CORTE	1	6.1653	6.1653	6.1653	14.27	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE ALIMENTACION	1	6.4403	6.4403	6.4403	14.91	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	1	2.8213	2.8213	2.8213	6.53	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	114	49.2545	0.4321			
TOTAL	119	79.6170				
MARUPA						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	17.6345	17.6345	8.8173	41.09	SIGNIFICATIVO
ANGULO DE CORTE	1	0.6901	0.6901	0.6901	3.22	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE ALIMENTACION	1	1.4741	1.4741	1.4741	6.87	NO SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	1	4.6808	4.6808	4.6808	21.81	SIGNIFICATIVO
ERROR	114	24.4638	0.2146			
TOTAL	119	48.9433				
CAPIRONA						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
NIVEL DE ALTURA (BLOQUE)	5	3.3517	3.3517	0.6703	2.59	SIGNIFICATIVO
ANGULO DE CORTE	1	11.1630	11.1630	11.1630	43.06	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE ALIMENTACION	1	13.4670	13.4670	13.4670	51.95	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	1	7.8030	7.8030	7.8030	30.10	SIGNIFICATIVO
ERROR	111	28.7750	0.2592			
TOTAL	119	64.5597				

4.3.2 Ensayo de Moldurado

Los resultados del análisis de variancia por especie de la calidad de superficie en el ensayo de moldurado por plano de corte, con dos velocidades de giro, se muestran en el Cuadro N° 10. En este cuadro se puede observar que no existen diferencias significativas entre los planos de corte, existiendo diferencias significativas entre las velocidades de giro.

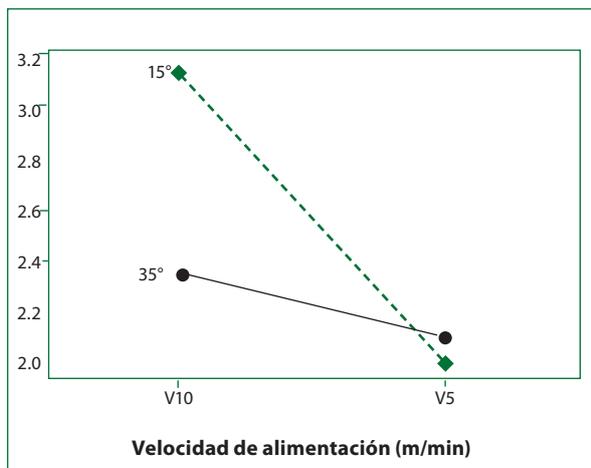
En términos generales, la calidad de moldurado en los tres planos de corte es esta-

dísticamente similar, por lo tanto se puede trabajar indistintamente en cualquier plano de corte. Para la velocidad de giro, la calidad obtenida con ambas velocidades son estadísticamente diferentes.

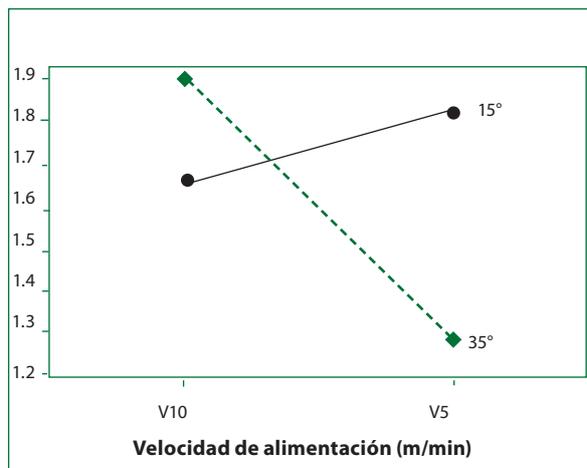
4.3.3 Ensayo de Taladrado

En el Cuadro N° 11 se muestra los análisis de variancia por especie de la calidad de superficie en el ensayo de taladrado, por plano de corte, con dos tipos de carga de penetración y dos velocidades de giro.

FIGURA N° 16 : PARCELAS DE INTERACCIÓN ENTRE ÁNGULO DE CORTE Y VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN EN EL ENSAYO DE CEPILLADO PARA TORNILLO EN FAJA DE 5 m. Y MARUPA.



TORNILLO EN FAJA ADE 5 m.



MARUPA

CUADRO N° 09: PRUEBA DE TUKEY PARA EL ENSAYO DE CEPILLADO POR PLANO DE CORTE, ÁNGULO DE CORTE Y VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN, SEGÚN ESPECIE

ESPECIE	PLANO DE CORTE		
	SIGNIFICANCIA		
	OBLICUO - RADIAL	OBLICUO - TANGENCIAL	RADIAL - TANGENCIAL
TORNILLO FAJA 30 m.	SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO
TORNILLO FAJA 5 m.	SIGNIFICATIVO	NO SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO
TORNILLO CAMPO ABIERTO	NO SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO
PINO CHUNCHO	NO SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO
MARUPA	SIGNIFICATIVO	SIGNIFICATIVO	

VELOCIDAD DE ALIMENTACIÓN	
ESPECIE	SIGNIFICANCIA
TORNILLO FAJA 30 m.	SIGNIFICATIVO
TORNILLO FAJA 5 m.	SIGNIFICATIVO
TORNILLO CAMPO ABIERTO	SIGNIFICATIVO
PINO CHUNCHO	SIGNIFICATIVO
MARUPA	SIGNIFICATIVO
CAPIRONA	SIGNIFICATIVO

ÁNGULO DE CORTE	
ESPECIE	SIGNIFICANCIA
TORNILLO FAJA 30 m.	SIGNIFICATIVO
TORNILLO FAJA 5 m.	SIGNIFICATIVO
TORNILLO CAMPO ABIERTO	SIGNIFICATIVO
PINO CHUNCHO	SIGNIFICATIVO
MARUPA	NO SIGNIFICATIVO
CAPIRONA	SIGNIFICATIVO

CUADRO N° 10: ANÁLISIS DE VARIANCA DE LA CALIDAD DE SUPERFICIE POR ESPECIE EN EL ENSAYO DE MOLDURADO CON TRES PLANOS DE CORTE Y DOS VELOCIDADES DE GIRO.

TORNILLO FAJA 30 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE	2	1.2813	1.2813	0.6407	0.87	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	11.4407	11.4407	11.4407	15.60	SIGNIFICATIVO
ERROR	56	41.0773	41.0773	0.7335		
TOTAL	59	53.7993				
TORNILLO FAJA 5 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE	2	0.2613	0.2613	0.1307	0.25	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	11.7927	11.7927	11.7927	22.29	SIGNIFICATIVO
ERROR	56	29.6333	29.6333	0.5292		
TOTAL	59	41.6873				
TORNILLO CAMPO ABIERTO						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE	2	1.8293	1.8293	0.9147	1.82	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	4.3740	4.3740	4.3740	8.70	SIGNIFICATIVO
ERROR	56	28.1400	28.1400	0.5025		
TOTAL	59	34.3433				
PINO CHUNCHO						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE	2	0.0573	0.0573	0.0287	0.11	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	5.7660	5.7660	5.7660	23.00	SIGNIFICATIVO
ERROR	56	14.0400	14.0400	0.2507		
TOTAL	59	19.8633				
MARUPA						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE	2	0.1560	0.1560	0.0780	0.28	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	6.8007	6.8007	6.8007	24.45	SIGNIFICATIVO
ERROR	56	15.5733	15.5733	0.2781		
TOTAL	59	22.5300				
CAPIRONA						
FUENTE DE VARIABILIDAD		GL CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
NIVEL DE ALTURA	5	1.7128	1.7128	0.3426	0.97	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	18.2602	18.2602	18.2602	51.87	SIGNIFICATIVO
ERROR	53	18.6568	18.6568	0.3520		
TOTAL	59	38.6298				

CUADRO N° 11: ANÁLISIS DE VARIANCA DE LA CALIDAD DE SUPERFICIE POR ESPECIE EN EL ENSAYO DE TALADRADO CON TRES PLANOS DE CORTE, DOS CARGAS DE PENETRACIÓN Y DOS VELOCIDADES DE GIRO.

TORNILLO FAJA 30 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	0.0030	0.0030	0.0020	0.01	NO SIGNIFICATIVO
CARGA DE PENETRACIÓN	1	46.6250	46.6250	46.6250	179.74	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	2.1330	2.1330	2.1330	8.22	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN CARGA - VELOCIDAD	1	2.3520	2.3520	2.3520	9.07	SIGNIFICATIVO
ERROR	114	29.5730	29.5730	0.2590		
TOTAL	119	80.6870				
TORNILLO FAJA 5 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	0.5150	0.5150	0.2570	0.64	NO SIGNIFICATIVO
CARGA DE PENETRACIÓN	1	77.6020	77.6020	77.6020	192.65	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	0.8840	0.8840	0.8840	2.19	NO SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN CARGA - VELOCIDAD	1	1.0270	1.0270	1.0270	2.55	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	114	45.9220	45.9220	0.4030		
TOTAL	119	125.9490				
TORNILLO CAMPO ABIERTO						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	0.0040	0.0040	0.0020	0.01	SIGNIFICATIVO
CARGA DE PENETRACIÓN	1	88.2370	88.2370	88.2370	468.47 0.000	NO SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	3.2340	3.2340	3.2340	17.17	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN CARGA - VELOCIDAD	1	2.7910	2.7910	2.7910	14.82	SIGNIFICATIVO
ERROR	114	21.4720	21.4720	0.1880		
TOTAL	119	115.7380				
PINO CHUNCHO						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	0.0482	0.0482	0.0241	0.09	NO SIGNIFICATIVO
CARGA DE PENETRACIÓN	1	42.4830	42.4830	42.4830	150.77	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	0.0480	0.0480	0.0480	0.17	NO SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN CARGA - VELOCIDAD	1	0.0163	0.0163	0.0163	0.06	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	114	32.1232	32.1232	0.2818		
TOTAL	119	74.7187				
MARUPA						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
PLANO DE CORTE (BLOQUE)	2	0.0027	0.0027	0.0013	0.01	NO SIGNIFICATIVO
CARGA DE PENETRACIÓN	1	29.7008	29.7008	29.7008	112.54	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	0.0001	0.0001	0.0001	0.00	NO SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN CARGA - VELOCIDAD	1	0.0368	0.0368	0.0368	0.14	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	114	30.0857	30.0857			
TOTAL	119	59.8259				
CAPIRONA						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	SUMA DE MEDIO AJUSTADO	CUADRADO VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
NIVEL DE ALTURA (BLOQUE)	5	0.0454	0.0454	0.0091	0.04	NO SIGNIFICATIVO
TIPO DE BROCA	1	14.9107	14.9107	14.9107	69.43	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	2.6108	2.6108	2.6108	12.16	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN BROCA - VELOCIDAD	1	1.3021	1.3021	1.3021	6.06	SIGNIFICATIVO
ERROR	111	23.8389	23.8389	0.2148		
TOTAL	119	42.7079				

Se observa que, excepto para Tornillo Campo Abierto, existen diferencias significativas entre los niveles de carga, lo cual indica que la calidad de superficie al perforar se modifica con la carga de penetración empleada. De otro lado se aprecia que, excepto para Tornillo Campo Abierto, no existen diferencias significativas entre los planos de corte, por lo tanto se puede trabajar indistintamente con cualquier plano de corte. En cuanto a los niveles de velocidad angular y el efecto de interacción entre la velocidad angular y la carga de penetración, las interpretaciones difieren entre las distintas especies. En el caso de Capirona, no existen diferencias significativas entre los niveles de altura, por lo tanto se puede obtener una calidad similar con la madera proveniente de cualquier nivel de altura.

4.3.4 Ensayo de Torneado

En el Cuadro N° 12 se detallan los resultados de los análisis de variancia por especie de la calidad de superficie en el torneado, con tres ángulos de corte y dos velocidades de giro. Indistintamente para cualquier especie, existen diferencias significativas entre los niveles de ángulo de corte y los niveles de velocidad angular, lo cual indica que la calidad de superficie al taladrar se modifica con el ángulo de corte y la velocidad de giro empleada; no existiendo efectos de interacción entre la velocidad de giro y el ángulo de corte. Para Capirona, no existen diferencias significativas entre los niveles de altura, por lo tanto se puede obtener una calidad similar en el torneado de la madera proveniente de cualquier nivel de altura.

CUADRO N° 12: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE LA CALIDAD DE SUPERFICIE POR ESPECIE EN EL ENSAYO DE TORNEADO CON TRES ÁNGULOS DE CORTE Y DOS VELOCIDADES DE GIRO.

TORNILLO FAJA 30 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
ANGULO DE CORTE	2	23.2920	23.2920	11.6460	53.50	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	7.8480	7.8480	7.8480	36.06	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	2	0.2243	0.2243	0.1122	0.51	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	54	12.1890	12.1890	0.2180		
TOTAL	59	43.3300				
TORNILLO FAJA 5 m.						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
ANGULO DE CORTE	2	29.7200	29.7200	14.8600	59.54	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	0.7930	0.7930	0.7930	3.18	NO SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	2	0.3010	0.3010	0.1505	0.59	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	54	13.9760	13.9760	0.2500		
TOTAL	59	44.4900				
TORNILLO CAMPO ABIERTO						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
ANGULO DE CORTE	2	22.5210	22.5210	11.2610	57.48	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	10.3330	10.3330	10.3330	52.75	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	2	0.4480	0.4480	0.2240	1.15	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	54	10.9710	10.9710	0.1960		
TOTAL	59	43.8260				
PINO CHUNCHO						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
ANGULO DE CORTE	2	21.8143	21.8143	10.9072	82.77	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	0.7482	0.7482	0.7482	5.68	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	2	0.2203	0.2203	0.1102	0.83	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	54	7.3793	7.3793	0.1318		
TOTAL	59	29.9418				
MARUPA						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
ANGULO DE CORTE	2	20.6443	20.6443	10.3222	80.58	0.000 SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	0.8882	0.8882	0.8882	6.93	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	2	0.4963	0.4963	0.2482	2.01	NO SIGNIFICATIVO
ERROR	54	7.1733	7.1733	0.1281		
TOTAL	59	28.7058				
CAPIRONA						
FUENTE DE VARIABILIDAD	GL	SUMA DE CUADRADOS	SUMA DE CUADRADOS AJUSTADOS	CUADRADO MEDIO AJUSTADO	VALOR DE F	SIGNIFICANCIA
NIVEL DE ALTURA (BLOQUE)	5	0.5218	0.5218	0.1044	1.61	NO SIGNIFICATIVO
ANGULO DE CORTE	2	7.7923	7.7923	3.8962	59.93	SIGNIFICATIVO
VELOCIDAD DE GIRO	1	8.2347	8.2347	8.2347	126.66	SIGNIFICATIVO
INTERACCIÓN ANGULO - VELOCIDAD	2	4.7734	4.7734	2.3867	36.71	SIGNIFICATIVO
ERROR	169	10.9872	10.9872	0.0650		
TOTAL	179	32.3095				

V. CONCLUSIONES

1. El comportamiento de las maderas estudiadas en los ensayos de cepillado, moldurado, taladrado y torneado es muy variable.
2. Las maderas con mejores características de trabajabilidad en orden decreciente, son las siguientes:
 - Capirona,
 - Marupa,
 - Tornillo en Faja de 30 m.,
 - Pino Chuncho,
 - Tornillo en Faja de 5 m., y
 - Tornillo en Campo Abierto.
3. La calidad de la superficie cepillada mejora al disminuir el ángulo de corte de 35° a 15° y utilizando una velocidad de avance de 5 m/min.
4. La calidad del moldurado mejora a medida que se incrementa la velocidad de giro de 3440 a 7440 r/min. En cualquier condición, Marupa reporta un comportamiento excelente al moldurado.
5. La calidad de la perforación es buena cuando se disminuye la carga de penetración, indistintamente de la velocidad angular.
6. La calidad del torneado permanece relativamente constante con la velocidad de giro, pero disminuye conforme aumenta el ángulo de corte.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para la trabajabilidad eficiente de las maderas del presente estudio, se recomienda trabajar bajo las siguientes condiciones:
 - Cepillado, con un ángulo de corte de 15° en cualquier velocidad de alimentación y plano de corte.
 - Moldurado, utilizando una velocidad angular de 7440 r/min en cualquier plano de corte.
 - Taladrado, con una carga de 15 kg. en cualquier velocidad de giro.
 - Torneado, con ángulos de corte de 0° a 15° en cualquier velocidad de giro.
2. Para cada especie se recomiendan las siguientes condiciones de trabajabilidad de la madera:
 - Tornillo en Faja de 30 m., Tornillo en Faja de 5 m.,
Tornillo en Campo Abierto y Pino Chuncho:
 - Cepillado con ángulo de corte de 15° en cualquier velocidad de corte.
 - Moldurado con una velocidad de giro de 7440 r/min.
 - Taladrado con una carga de 15 kg. en cualquier velocidad de giro.
 - Torneado con ángulos de corte de 0° a 15° en cualquier velocidad de giro.
 - Marupa:
 - Cepillado con cualquier ángulo de corte y velocidad de alimentación.
 - Moldurado con una velocidad de giro de 7440 r/min.
 - Taladrado con una carga de 15 kg. en cualquier velocidad de giro.
 - Torneado con ángulos de corte de 0° a 15° en cualquier velocidad de giro.
 - Capirona:
 - Cepillado con cualquier combinación de ángulo de corte y velocidad de alimentación, excepto con ángulo de corte de 35° y velocidad de alimentación de 10 m/min.
 - Moldurado con una velocidad de giro de 7440 r/min.
 - Taladrado con una carga de 15 kg. en cualquier velocidad de giro.
 - Torneado con ángulos de corte de 0° a 15° en cualquier velocidad de giro.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. ASTM: American Society For Testing and Materials. 1999. Standard Methods for Conducting Machining Test of Wood and Wood-Base Materials ASTM-D-1666-87. Philadelphia, USA. 19p.
2. Bernui C, R.1992. Trabajabilidad de la madera de la Familia Bombacaceae de un Bosque Tropical Húmedo. Tesis Ingeniero Forestal. UNALM. Lima, Perú. 133p.
3. Calzada B, J. 1982. Métodos Estadísticos para la Investigación. Ed. Milagros S.A. Lima, Perú. 202p.
4. CUPROFOR : Centro de Utilización y Promoción de Productos Forestales. 1999. Honduras, Centro América. <http://www.cuprofor.hn/investigacion.htm>
5. JUNAC : Junta del Acuerdo de Cartagena.1976. Normas y Metodología para actividades Tecnológicas. Lima-Perú. Proyecto Andino de Desarrollo en el Área de Recursos Forestales Tropicales. 41p.
6. JUNAC : Junta del Acuerdo de Cartagena.1983. Estudio de Características de Trabajabilidad de 105 Maderas de los Bosques Tropicales del Grupo Andino. Parte I. PADT-REFORT. Lima, Perú. 184p.
7. Lluncor M, D. 1977. Relaciones entre las características de cepillado de algunas maderas de Venezuela y sus propiedades físico mecánicas y anatómicas. Tesis Magister Scientiae. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 78p.
8. Lluncor M, D.1989. Trabajabilidad de nueve especies maderables de la zona Selva Baja (Allpa Huayo-Jenaro Herrera). N°1. Temas Forestales. Pucallpa, Perú. 24p.
9. Ninin S, L. 1983. Texto de Labrado Mecanizado. Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela. 264p.
10. Rojas Q, P. 1994. Cepillado de cuatro especies forestales de Selva baja. Estación experimental Forestal Agropecuario – Pucallpa (Ex CENFOR) Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias forestales. Pucallpa, Perú. 33p.
11. Sato A, A. et al. 1975. Estudio Tecnológico de Maderas del Perú. Vol. II. Normas y Métodos. p 62-77.
12. Sato A, A. 1976. Propiedades de Trabajabilidad de la Madera de 12 Especies del Perú. Tesis Ing. Forestal. Programa Académico de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 110p.
13. Scheelje B, M. 2002. Comportamiento del Tornillo de Tres Edades Diferentes al Cepillado, Taladrado y Torneado. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 106p.
14. Taquire A, A. 1987. Propiedades Físicas a Nivel Radial, Longitudinal y Comportamiento al cepillado, Moldurado, Taladrado y Lijado de Guazuma crinita Mart. (Boliana blanca)- Pucallpa. Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP) Huancayo. 113p.
15. Valderrama F, H. 1990. Influencia en la Estructura Anatómica en el Comportamiento Tecnológico de la Madera de Especies Forestales de la Amazonía. Ciclo de conferencias: "Aporte al conocimiento Científico y Tecnológico de los Recursos Naturales de la Amazonía". Colegio de Ingenieros del Perú.
16. Wightman, K. E.; Cornelius, J. P.; Ugarte-Guerra, J. 2006. ¡Plantemos Madera!. Manual Sobre el Establecimiento, Manejo y Aprovechamiento de Plantaciones Maderables para Productores de la Amazonía Peruana. ICRAF. Lima, Perú. 193p.

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 1: Relación de trozas empleadas en la preparación de probetas para los ensayos físicos-mecánicos y de trabajabilidad de la madera

TORNILLO								
N°	CODIGO				DIAMETRO 1 (cm.)		DIAMETRO 2 (cm.)	
34	2	433	1		49,5	50,5	41,5	39,0
22	2	433	2		39,5	41,5	34,5	38,0
7	2	433	3		36,5	35,0	33,5	33,0
40	2	437	1		42,0	42,0	37,0	37,5
46	2	437	2		36,5	37,0	34,5	34,0
21	2	437	3		34,5	33,5	32,5	30,0
17	2	450	1		32,5	34,5	34,5	40,0
29	2	450	2		33,0	33,5	30,5	30,5
42	2	450	3		30,5	30,5	27,5	28,5
19	2	456	1		44,5	42,0	39,0	38,0
37	2	456	2		39,0	37,5	35,5	34,0
25	2	456	3		34,0	35,0	32,0	33,0
15	2	457	1		47,5	40,5	42,0	40,0
11	2	457	2		38,5	40,0	34,5	36,5
24	2	457	3		35,5	37,5	32,5	35,5
43	2	456	4		34,0	32,0	30,0	30,0
5	12	8	1	F3	56,0	53,0	46,0	46,5
28	12	8	2	F3	46,5	46,0	43,0	41,5
41	12	8	3	F3	41,5	43,0	37,0	40,5
39	12	9	1	F6	48,0	48,0	42,0	40,0
27	12	9	2	F6	42,0	40,0	37,0	36,5
45	12	9	3	F6	38,0	37,5	36,0	34,0
23	12	9	1	F9	53,0	48,0	47,0	44,0
16	12	9	2	F9	43,5	47,5	42,0	45,0
38	12	9	3	F9	42,5	41,0	42,0	38,5
33	12	10	1	F3	53,0	50,0	47,0	44,5
10	12	10	2	F3	44,5	45,0	41,0	42,5
18	12	10	3	F3	41,0	39,0	40,0	38,5
4	12	12	1	F4	48,0	44,0	44,0	41,0
3	12	12	2	F4	48,0	51,0	44,5	47,0
44	12	12	3	F4	40,5	44,0	37,5	40,5
31	203	14	1		58,0	55,0	47,5	46,5
9	203	14	2		47,5	48,5	43,5	42,0
8	203	14	3		42,0	43,5	41,5	38,5
1	203	268	1		53,0	59,0	54,0	53,0
2	203	268	2		47,0	48,0	45,5	44,0
35	203	268	3		40,0	42,5	41,0	37,0
6	203	274	1		56,0	49,0	47,0	42,0
13	203	274	2		42,5	46,5	37,5	41,0
20	203	274	3		42,5	36,0	37,0	34,0
30	203	289	1		61,0	54,5	50,5	49,0
32	203	289	2		54,5	56,0	48,5	47,0
36	203	289	3		43,0	48,5	39,5	42,5
26	203	930	1		56,0	55,0	48,0	46,0
14	203	930	2		47,0	46,0	43,0	41,0
12	203	930	3		43,0	40,5	46,0	38,0

MARUPA								
N°	CÓDIGO				DIÁMETRO 1 (cm.)		DIÁMETRO 2 (cm.)	
7	4	41	1		38,0	42,0	34,5	36,5
15	4	41	2		36,5	35,0	34,5	31,5
5	4	41	3		33,0	33,5	30,5	30,0
13	4	43	1		46,5	46,0	37,5	40,0
2	4	43	2		38,0	39,5	34,5	38,0
12	4	43	3		40,0	34,0	34,0	33,5
6	4	48	1		44,0	43,0	37,0	37,5
8	4	48	2		38,0	37,0	36,0	34,0
11	4	48	3		36,0	34,5	33,5	30,5
1	4	84	1		45,0	45,0	40,0	37,5
10	4	84	2		39,0	41,5	33,0	36,0
3	4	84	3		35,0	33,0	33,0	30,0
4	4	96	1		45,5	42,5	37,0	36,5
14	4	96	2		37,0	36,5	35,5	35,0
9	4	96	3		33,5	36,5	31,0	30,0

PASHACO								
N°	CÓDIGO				DIÁMETRO 1 (cm.)		DIÁMETRO 2 (cm.)	
5	202	02	1		60,5	59,5	60,0	57,0
8	202	02	2		60,0	56,0	57,5	54,0
7	202	02	3		57,5	56,0	54,0	53,0
4	202	55	1		58,5	58,0	59,0	61,5
6	202	55	2		58,5	59,5	53,0	55,0
11	202	55	3		56,0	53,0	51,0	48,0
9	202	83	1		53,0	52,0	52,0	51,5
10	202	83	2		52,0	52,0	49,5	48,0
14	202	83	3		48,0	47,0	45,0	43,5
3	202	97	1		55,0	56,0	54,0	55,0
15	202	97	2		52,0	51,0	57,0	55,0
13	202	97	3		51,5	51,0	49,5	48,5
12	202	101	1		51,5	52,0	49,0	51,5
2	202	101	2		52,0	52,0	53,0	51,0
1	202	101	3		48,5	47,0	52,0	52,0

CAPIRONA								
N°	CÓDIGO				DIÁMETRO 1 (cm.)		DIÁMETRO 2 (cm.)	
2	105	2	1		24,0	26,5	18,5	19,0
41	105	2	2		18,0	19,0	17,0	15,5
23	105	2	3		14,5	14,0	15,0	14,0
36	105	3	1		18,0	19,5	18,0	18,5
30	105	3	2		15,0	15,0	13,5	14,0
21	105	3	3		13,0	13,5	12,0	11,5
39	105	4	1		19,0	20,5	14,5	15,5
45	105	4	2		15,5	15,0	14,5	13,5
7	105	4	3		14,5	15,0	16,0	12,5
5	105	5	1		24,5	20,5	17,0	16,5
16	105	5	2		16,5	16,0	15,5	14,0
24	105	5	3		15,5	14,0	13,5	13,0
8	105	8	1		24,0	24,0	18,5	18,0
40	105	8	2		18,0	17,0	16,0	15,5
29	105	8	3		16,5	15,5	13,5	14,0
12	105	17	1		27,5	20,0	19,5	18,0
11	105	17	2		18,5	19,0	17,0	19,0
3	105	17	3		19,0	17,5	20,0	18,5
1	105	32	1		25,0	24,0	19,0	19,0
15	105	32	2		19,0	19,0	16,0	18,0
10	105	32	3		18,0	15,5	16,0	15,0
13	105	34	1		21,0	19,0	14,5	14,0
38	105	34	2		14,5	14,5	12,0	14,0
27	105	34	3		13,0	13,0	10,0	12,0
26	105	37	1		25,0	22,5	17,5	16,0
22	105	37	2		14,5	15,0	17,0	15,5
18	105	37	3		13,0	13,5	16,0	14,0
4	105	39	1		23,0	22,5	18,0	17,0
35	105	39	2		15,5	15,0	17,0	17,0
37	105	39	3		16,0	13,0	14,5	15,0
44	105	44	1		15,5	14,5	19,0	20,0
42	105	44	2		14,5	15,0	14,0	12,5
9	105	44	3		14,5	14,5	13,0	11,0
6	105	50	1		25,0	26,0	19,5	19,0
32	105	50	2		19,0	18,0	16,0	17,0
17	105	50	3		14,5	16,5	14,0	15,0
28	105	51	1		25,0	19,0	16,0	17,0
14	105	51	2		17,0	16,5	15,5	14,0
34	105	51	3		16,0	14,0	14,0	13,0
43	105	53	1		21,0	20,0	17,0	16,0
20	105	53	2		17,0	17,0	14,0	14,0
33	105	53	3		13,5	14,0	13,5	13,0
25	105	55	1		23,5	22,0	17,5	17,0
31	105	55	2		18,5	18,0	17,5	20,0
19	105	55	3		17,0	15,0	15,5	17,0

ANEXO N° 03

FOTOS ENSAYO DE CEPILLADO



FOTO N° 01: ENSAYO DE CEPILLADO EN GARLOPA WADKIN BURGSEEN.



FOTO N° 02: CODIFICACIÓN DE PROBETAS PARA ENSAYO DE CEPILLADO.



FOTO N° 03: DETERMINACIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE LAS CARAS DE LAS PROBETAS DEL ENSAYO DE CEPILLADO.



35° Y 10 m/min 15° Y 5 m/min

FOTO N° 04: SUPERFICIE DE PROBETA DE TORNILLO.



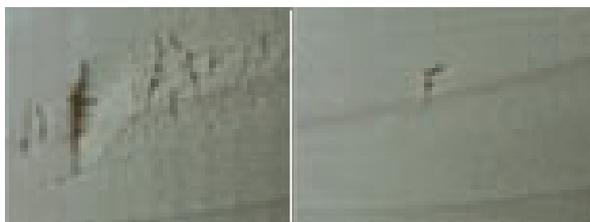
35° Y 10 m/min 15° Y 5 m/min

FOTO N° 05: SUPERFICIE DE PROBETA DE CAPIRONA.



35° Y 10 m/min 15° Y 5 m/min

FOTO N° 06: SUPERFICIE DE PROBETA DE CAPIRONA.



35° Y 10 m/min 15° Y 5 m/min

FOTO N° 07: SUPERFICIE DE PROBETA DE CAPIRONA.



35° Y 10 m/min 15° Y 5 m/min

FOTO N° 08: SUPERFICIE DE PROBETA DE CAPIRONA.



35° Y 10 m/min 15° Y 5 m/min

FOTO N° 09: SUPERFICIE DE PROBETA DE MARUPA.



35° Y 10 m/min 15° Y 5 m/min

FOTO N° 10: SUPERFICIE DE PROBETA DE PINO CHUNCHO.

ANEXO N° 04

FOTOS ENSAYO DE MOLDURADO



FOTO N° 01 : PROBETAS DE ENSAYO DE MOLDURADO.



FOTO N° 02 : EVALUACIÓN DE PROBETAS DEL ENSAYO DE MOLDURADO.



FOTO N° 03: CODIFICACIÓN DE LAS PROBETAS DE MOLDURADO.



FOTO N° 04 : ENSAYO DE LAS PROBETAS DE MOLDURADO.



FOTO N° 05 : GRANO ASTILLADO EN CORTE SIMPLE DEL ENSAYO DE MOLDURADO DE PINO CHUNCHO.



FOTO N° 06 : GRANO ASTILLADO EN CORTE DOBLE DEL ENSAYO DE MOLDURADO DE TORNILLO.



FOTO N° 07 : GRANO ASTILLADO EN CORTE SIMPLE DEL ENSAYO DE MOLDURADO DE PINO CHUNCHO.



FOTO N° 08 : GRANO ASTILLADO EN CORTE SIMPLE Y DOBLE DEL ENSAYO DE MOLDURADO DE PINO CHUNCHO.



FOTO N° 09 : GRANO ARRANCADO EN CORTE SIMPLE DEL ENSAYO DE MOLDURADO DE TORNILLO.



FOTO N° 10: GRANO LEVANTADO EN CORTE DOBLE DEL ENSAYO DE MOLDURADO DE PINO CHUNCHO.



FOTO N° 11 : CORTE DOBLE Y SIMPLE EN PROBETAS DE MOLDURADO DE PINO CHUNCHO, CON VELOCIDAD B.



FOTO N° 12 : CORTE DOBLE Y SIMPLE EN PROBETAS DE MOLDURADO DE MARUPA, CON VELOCIDAD B.

ANEXO N° 05

FOTOS ENSAYO DE TALADRADO



PARA MADERA



PARA METAL

FOTO N° 01 : ENSAYO DE TALADRADO Y PROBETA CODIFICADA.

FOTO N° 02: BROCAS PARA MADERA Y METAL UTILIZADAS EN EL ENSAYO DE TALADRADO.



FOTO N° 02: BROCAS PARA MADERA Y METAL UTILIZADAS EN EL ENSAYO DE TALADRADO.



FOTO N° 03: PROBETAS ENSAYADAS DE TALADRADO.

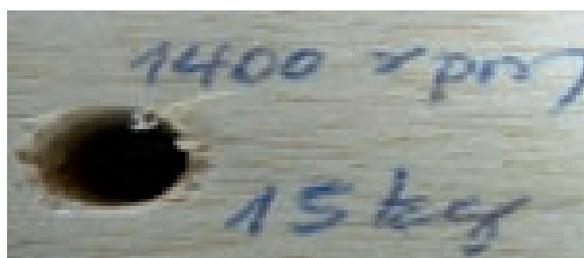


FOTO N° 04: ENTRADA DE MARUPA CON 15 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. LOS GRANOS ASTILLADO Y ARRANCADO LEVES SON LOS DEFECTOS PREDOMINANTES.



FOTO N° 05 : ENTRADA DE MARUPA CON 30 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ARRANCADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE.

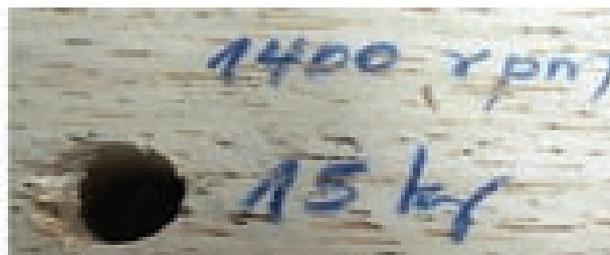


FOTO N° 06: ENTRADA DE PINO CHUNCHO CON 15 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ASTILLADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE.



FOTO N° 07: ENTRADA DE PINO CHUNCHO CON 30 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ARRANCADO Y ASTILLADO SON LOS DEFECTOS PREDOMINANTES.



FOTO N° 08: ENTRADA DE TORNILLO EN CAMPO ABIERTO CON 15 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ASTILLADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE.



FOTO N° 09: ENTRADA DE TORNILLO EN CAMPO ABIERTO CON 30 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ASTILLADO Y ARRANCADO SON LOS DEFECTOS PREDOMINANTES.



FOTO N° 10: ENTRADA DE TORNILLO EN FAJA DE 5 m. CON 15 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ASTILLADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE.



FOTO N° 11 : ENTRADA DE TORNILLO EN FAJA DE 5 M. CON 30 KG. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ASTILLADO Y ARRANCADO SON LOS DEFECTOS PREDOMINANTES.



FOTO N° 12 : ENTRADA DE TORNILLO EN FAJA DE 30 m. CON 15 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ASTILLADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE.



FOTO N° 13 : ENTRADA DE TORNILLO EN FAJA DE 30 m. CON 30 kg. DE CARGA Y DOS VELOCIDADES DE GIRO. EL GRANO ASTILLADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE.

CON BROCA PARA MADERA



CON BROCA PARA METAL



FOTO N° 14 : ENTRADA DE CAPIRONA CON 30 kg. DE CARGA, 770 r/min. Y DOS TIPOS DE BROCAS. EL GRANO ASTILLADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE EN LA PERFORACIÓN CON BROCA PARA MADERA.

CON BROCA PARA MADERA



CON BROCA PARA METAL



FOTO N° 15 : ENTRADA DE CAPIRONA CON 30 kg. DE CARGA, 1400 r/min. Y DOS TIPOS DE BROCAS. EL GRANO ASTILLADO ES EL DEFECTO PREDOMINANTE EN LA PERFORACIÓN CON BROCA PARA MADERA.

PINO CHUNCHO
CON 30 kg. Y
1400 r/min



CAPIRONA CON
30 kg., 770 r/min
Y BROCA PARA
MADERA



FOTO N° 16 : SALIDAS DE PINO CHUNCHO Y CAPIRONA. LOS GRANOS ASTILLADO Y ARRANCADO SON LOS DEFECTOS PREDOMINANTES.

ANEXO N° 06

FOTOS ENSAYO DE TORNEADO



FOTO N° 01: ENSAYO DE TORNEADO, CUCHILLA CON PERFIL ESPECIAL Y PROBETA CODIFICADA.



FOTO N° 02: CUCHILLA CON PERFIL ESPECIAL UTILIZADA EN EL ENSAYO DE TORNEADO.



FOTO N° 03: PROBETAS ENSAYADAS DE TORNEADO.



35°	35°	15°	15°	0°	0°
2820	1690	2820	1690	2820	1690

FOTO N° 04: PROBETAS ENSAYADAS DE MARUPA CON DIFERENTES ÁNGULOS DE CORTE Y VELOCIDADES DE GIRO.



35°	35°	15°	15°	0°	0°
2820	1690	2820	1690	2820	1690

FOTO N° 05: PROBETAS ENSAYADAS DE PINO CHUNCHO CON DIFERENTES ÁNGULOS DE CORTE Y VELOCIDADES DE GIRO.



35°	35°	15°	15°	0°	0°
2820	1690	2820	1690	2820	1690

FOTO N° 06: PROBETAS ENSAYADAS DE TORNILLO EN FAJA DE 5 m. CON DIFERENTES ÁNGULOS DE CORTE Y VELOCIDADES DE GIRO.



35°	35°	15°	15°	0°	0°
2820	1690	2820	1690	2820	1690

FOTO N° 07: PROBETAS ENSAYADAS DE TORNILLO EN CAMPO ABIERTO CON DIFERENTES ÁNGULOS DE CORTE Y VELOCIDADES DE GIRO.



35°	15°	35°	0°
1690	1690	2820	1690

FOTO N° 08: PROBETAS ENSAYADAS DE TORNILLO EN FAJA DE 30 m. CON DIFERENTES ÁNGULOS DE CORTE Y VELOCIDADES DE GIRO.



35°	35°	15°	15°	0°	0°
2820	1690	2820	1690	2820	1690

FOTO N° 09: PROBETAS ENSAYADAS DE CAPIRONA CON DIFERENTES ÁNGULOS DE CORTE Y VELOCIDADES DE GIRO.



FOTO N° 10: PROBETA DE CAPIRONA CON GRANO ASTILLADO Y ZONAS QUEMADAS, EN EL ENSAYO CON 15° Y 2820 r/min.

