

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE DE ESTUDIO

Apariencia

Árbol caducifolio de talla mediana que alcanza los 15 m de altura con tronco, recto o sinuoso y copa aparasolada de 4-8 m de circunferencia. Las plantas jóvenes presentan la corteza lisa y grisácea, pero a medida que va envejeciendo se cuartea y toma un color pardo-oscuro. *Herbario Universitario T.B.,(2021)*

FIGURA N°1: Apariencia del paraíso



Fuente: Ilustración propia,2021

Hojas

Alternas y muy grandes, de hasta 50 cm de largo y hasta 25 cm de ancho. Cada hoja parece una rama, ya que se trata de hojas compuestas por numerosas hojillas (foliolas) dispuestas sobre las ramificaciones que parten de un eje principal (raquis) en cuyo ápice se encuentra un foliolo. Las hojillas (foliolos) son ovadas, de hasta 8 cm de largo, puntiagudas, con la base variable, margen aserrado o lobado. El árbol queda sin hojas por alguna temporada en el año. *Herbario Universitario T.B.,(2021)*

FIGURA N°2: Hojas de la especie paraíso



Fuente: Ilustración propia, 2021

Flores

Las pequeñas flores se caracterizan por sus 5 pétalos alargados de color lila-azulado y un largo tubo estaminal de color púrpura coronado por 15-20 finos apéndices. La floración, que por lo general se da entre abril y mayo, es muy copiosa y aromática, disponiéndose en panículas axilares de 15-25 cm de largo. *Herbario Universitario T.B., (2021)*

FIGURA N°3 : Flores del paraíso



Fuente: Herbario nacional

Frutos

El fruto es una drupa globular de 10-25 mm de diámetro, de color verde cuando tierna y ocre-amarillento al madurar. Se disponen en racimos frondosos y se caracterizan por permanecer unidos a las ramas una vez la planta se ha defoliado totalmente.

Herbario Universitario T.B.,(2021)

FIGURA N°4 :Frutos del paraíso



Fuente: Ilustración propia,2021

Propagación

La propagación se realiza por medio de semillas que no requiere tratamiento pregerminativo, solo eliminar la envoltura carnosa e hidratar antes de sembrar.

Herbario Universitario T.B.,(2021)

FIGURA N°5: Propagación mediante semilla



Fuente: Ilustración propia,2021

Taxonomía

CUADRO N°1: Taxonomía del paraíso (*Melia azedarach* L)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Meliaceae
Género	Melia
Especie	<i>Melia azedarach</i> L
Nombre vulgar	Paraíso

Fuente: Herbario Universitario T.B.,(2021)

LA MADERA

En general, se entiende por madera a las partes de un árbol que, económicamente, pueden aprovecharse, siendo éstas, por lo general, troncos y, en un mayor alcance, también, ramas y raíces. La madera de los troncos se puede utilizar de múltiples maneras: como láminas, como chapas finas, triturada en tableros y como macizo para obras de construcción y carpintería. Además, se beneficia de ella la industria química para la obtención, sobre todo, de celulosa, nitrocelulosa, aceites y ácidos.

La madera es un material biológico de origen vegetal. Forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva almacenando los productos transformados en las hojas. (*Guzowski, 2011*)

1.1.1 Partes del tronco

Las partes del tronco son las siguientes (ver Fig.6):

FIGURA N°6: Muestra representativa del paraíso



Fuente: Ilustración propia, 2021

1.1.1.1 Corteza

La corteza es una capa que protege la madera interna que es más delicada. Los árboles tienen en realidad corteza interna y externa, la capa interna de la corteza está hecha de células vivas y la capa externa está hecha de células muertas, parecido a nuestras uñas.

1.1.1.2 Cámbium

La capa delgada de células vivas dentro de la corteza se llama cámbium. Es la parte del árbol que crea nuevas células permitiendo al árbol crecer y ser más grueso cada año.

1.1.1.3 Albura (Xilema)

El nombre científico para albura es xilema. Esta capa la forman una red de células vivas que traen agua y nutrientes desde las raíces hasta las ramas, ramitas y hojas. Es la madera más joven del árbol y más blanda, con los años, las capas internas de albura mueren y se convierten en duramen.

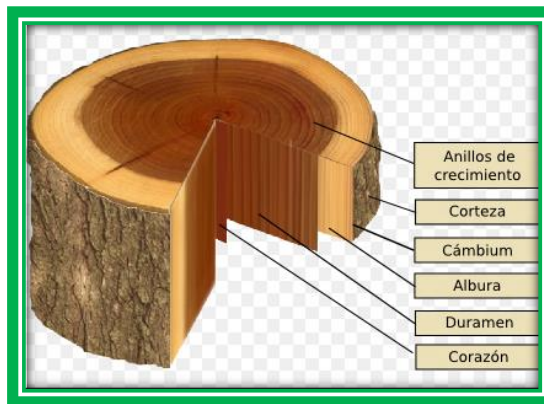
1.1.1.4 Duramen

El duramen es albura muerta en el centro del tronco. Es la madera más dura del árbol, por lo que proporciona soporte y fortaleza. Usualmente su color es más oscuro que la albura. Es la madera propiamente dicha, la que se utilizará como material tecnológico.

1.1.1.5 Médula

La médula es esa pequeña zona oscura de células vivas justo en el centro del tronco del árbol. Los nutrientes esenciales se transportan a través de la médula. Su localización justo en el centro significa que es la capa que está más protegida de daños causados por insectos, el viento y por animales con lo cual es muy dura. (LeonW, 2021)

FIGURA N°7: Composición del tronco



Fuente: (Hernandez, 2005)

1.1.2 Planos de corte de la madera

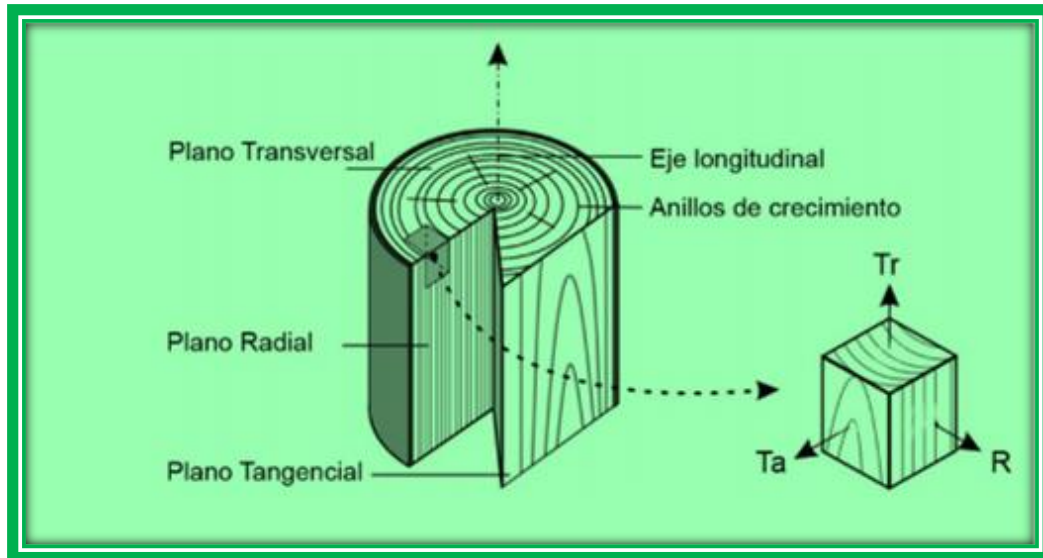
La madera, leño, o xilema se caracteriza por ser un material heterogéneo y anisotrópico, es decir sus propiedades y características anatómicas difieren de acuerdo con su plano de observación. Existen notables diferencias anatómicas entre especies leñosas de Angiospermas (maderas duras) y Gimnospermas (maderas suaves), especialmente con la presencia y ausencia de vasos. Los planos de corte analizados en anatomía de la madera son tres, un transversal y dos longitudinales (tangencial y radial, ver Figura 8). los describe de la siguiente manera: (Pucha, 2019)

- **Transversal:** Es la sección que resulta al cortar una pieza de madera en dirección perpendicular al eje longitudinal del tronco.
- **Longitudinal Tangencial:** Es el corte longitudinal a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios.

• **Longitudinal Radial:** Es el corte longitudinal paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.

FIGURA N°8. Estructura de la madera mostrando sus tres planos: transversal (Tr), tangencial (Ta) y radial (R), así como anillos de crecimiento y el eje longitudinal.

Modificado de (*Quenneville, 2011*)



Fuente: (Quenneville, 2011)

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 (*Rios.M., 2005*)

CONTENIDO DE HUMEDAD

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. 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. *(Honorato, 2001)*

SECADO DE LA MADERA

El secado de la madera consiste en obtener un contenido de humedad que quede en equilibrio con la atmósfera en la cual será utilizada con el menor costo y degradación posibles. *(Carreño, 2019)*.

1.1.3 Tipos de secado de la madera:

Existen 3 tipos de secado de la madera:

1.1.3.1 Secado natural o al aire libre

Se realiza colocando la madera al ambiente hasta obtener un CH final similar a la humedad de equilibrio del sitio donde se encuentre. *(Carreño, 2019)*.

Este es el menos sofisticado de todos los procesos de secado. Consiste en exponer la madera a las condiciones ambientales prevalcientes de temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire. El tiempo de secado puede variar desde 3 a 4 semanas hasta 1 o 2 años y el contenido de humedad final será igual o muy próximo al

contenido de humedad de equilibrio promedio del sitio donde se realice el secado.
(Foglia, 2005)

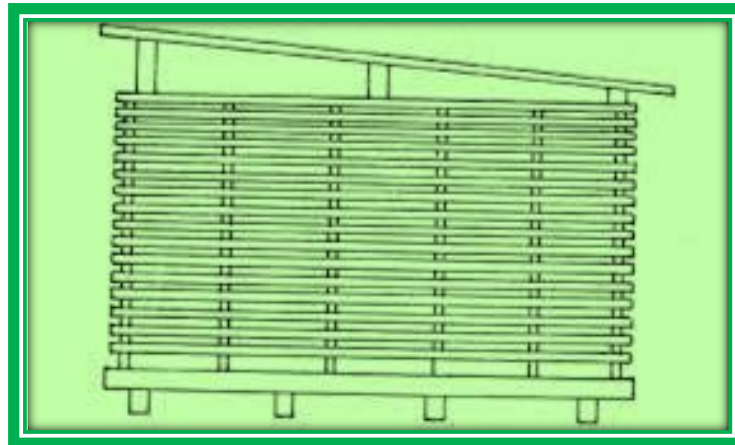
Apilado de la madera.

El éxito del proceso de secado depende de un adecuado emparrillado o apilamiento de la madera.

Existen tres formas de apilar madera en el secado natural:

- Horizontal.
 - Triángulo.
 - Caballete.
- **El apilado horizontal.** -Consiste en formar pilas horizontales con las tablas que se van a secar; colocadas una al lado de la otra y separadas verticalmente con listones o separadores. Adicionalmente, debe considerarse la preparación de tucos o tacos de madera de 4 x 4" sobre los cuales se coloca el emparrillado, para evitar el contacto de la madera con el suelo. (CITEmadera, 2009)

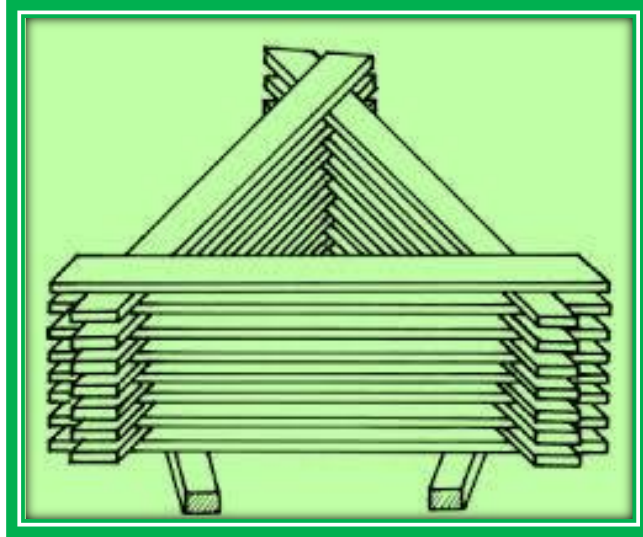
FIGURA N°9: Apilado horizontal de la madera



Fuente: (CITEmadera, 2009)

- **Apilado en triángulo horizontal:** Consiste en la formación de pilas mediante el entrecruzamiento de los extremos de las piezas. En este tipo de apilado no se usan separadores. (CITEmadera, 2009)

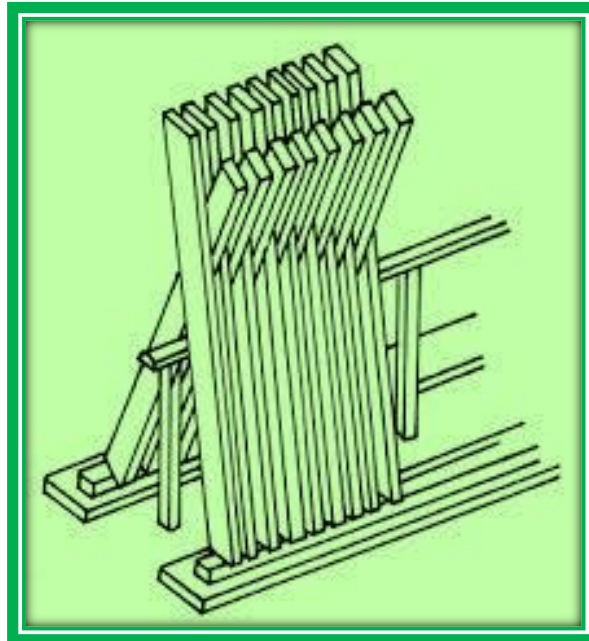
FIGURA N°10: Apilado de la madera en triángulo



Fuente: (CITEmadera, 2009)

- **Apilado de la madera en triángulo.** -El apilado en caballete o “X” consiste en la colocación de las tablas reclinadas o cargadas de canto, sobre una viga transversal o soporte. En el extremo inferior se colocan sobre una guía separada del suelo. *(CITEmadera, 2009)*

FIGURA N°11: Apilado de la madera en caballete o X



Fuente: (CITEmadera, 2009)

1.1.3.2 Secado artificial

Es llevar la madera en una cámara o cuarto por climas diferentes, de tal forma que se logre un CH final, de acuerdo con el requerimiento del cliente a un menor costo en el menor tiempo y con la menor cantidad de defectos. (*Carreño, 2019*)

1.1.3.3 Secado en Cámara

La madera se expone a condiciones de temperatura y humedad relativa que pueden ser controladas. Se realiza en una cámara o compartimiento cerrado, con un sistema de calefacción que permite elevar la temperatura y dispositivos de regulación, para la variación de la humedad relativa (*Carreño, 2019*)

Circulación del Aire

La circulación del aire es otro de los elementos de control de la velocidad de evaporación del agua durante el proceso de secado de la madera. La ventilación o circulación del aire fresco a través de una pila de madera y la expulsión de la humedad, son condiciones necesarias para asegurar la remoción del exceso de humedad dentro de un horno y así mantener las condiciones de humedad relativa deseada. La velocidad del aire dentro de una pila tiene como funciones principales, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en la madera facilitando así su evaporación y, transportar la humedad saliente de la madera. (*JunacT, 1989*)

1.1.4 Importancia del secado de maderas

Se indican a continuación algunos aspectos relacionados con la madera, dentro de los cuales el secado puede intervenir.

- **Peso de la madera:** al realizar el secado de la madera, se elimina gran parte de su humedad y por lo tanto se reduce su peso. Esta reducción, en términos generales, varía desde un 25 hasta un 50% con respecto a su peso inicial. Esto permite una considerable economía por concepto de transporte de madera y mayor facilidad en el manipuleo, en el caso de erección de edificaciones y estructuras.

- **Estabilidad dimensional:** siempre y cuando se seque la madera a un contenido de humedad igual o muy próximo al que obtendría en servicio (contenido de humedad de equilibrio), esta no sufrirá cambios apreciables en su forma y dimensiones.

- **Resistencia mecánica:** a medida que la humedad de la madera es removida, sus propiedades mecánicas permanecen prácticamente constantes hasta tanto el agua libre haya sido eliminada. Bajo este punto (Punto de Saturación de las Fibras) la resistencia mecánica de la madera aumenta progresiva y significativamente. La madera con un contenido de humedad del 10% o menor, se volverá aproximadamente un 33% más resistente que la madera verde.

- **Pudrición y mancha:** si la madera se somete a un proceso de secado eficiente y es mantenida a un contenido de humedad en servicio menor del 20%, no sufrirá degradación por hongos. Además, algunos insectos que atacan madera verde no deteriorarán la madera correctamente seca.

- **Trabajabilidad:** la madera con bajo contenido de humedad presenta mejores características de trabajabilidad que la madera verde. Por lo tanto, puede ser procesada (aserrada, cepillada, moldurada, lijada, etc.) de manera más fácil y eficiente y así obtener productos mejor terminados.

Factores climáticos que influyen en el secado al aire

La temperatura. -Es un factor de aceleración de la evaporación. Cuanto más elevada es la temperatura más intensa será la evaporación, puesto que el aire podrá suministrar más calor y absorber más humedad.

La humedad relativa. Cuanto menor es la humedad relativa del aire mayor capacidad de absorción de vapor tendrá, favoreciendo de este modo la velocidad de evaporación.

La velocidad. -La velocidad del aire en la superficie de la madera tiene una gran influencia en la primera etapa del secado, cuando se trata de eliminar el agua libre de la madera.

Defectos que pueden surgir en el secado

Defectos producidos por aire demasiado húmedo

- **Ataques de hongos:** las pilas mal ventiladas y que permanecen mucho tiempo bajo fuertes humedades pueden ser atacadas por hongos que provocan pudrición.
- **Coloración:** debido también a exceso de humedad. Aparece cuando se han utilizado rastreles demasiado anchos o cuando se apila madera sobre madera.

Defectos producidos por aire demasiado seco

- **Grietas:** pequeñas fendas superficiales debidas a que la madera se seca de forma demasiado rápida en la superficie.

FIGURA N°12 : Grietas en una madera en estado seco



Fuente: (Red, 2021)

- **Fendas de testa:** caso muy frecuente y que se puede evitar empleando pinturas anti-fendas o chapas clavadas en las testas de las tablas.

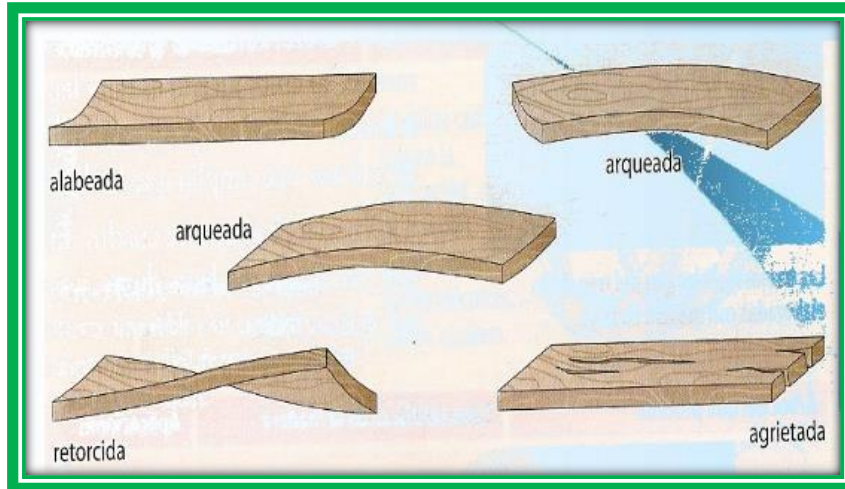
FIGURA N°13: Fendas en un tablón de madera



Fuente: (Red, 2021)

- **Deformaciones:** las tablas superiores de la pila pueden sufrir deformaciones exageradas (alabeo, abarquillado, agritada, retorcida) si no están debidamente protegidas del sol.

FIGURA N°14: Deformaciones que se presentan en el secado de la madera



Fuente:(Santamarina, 2012)

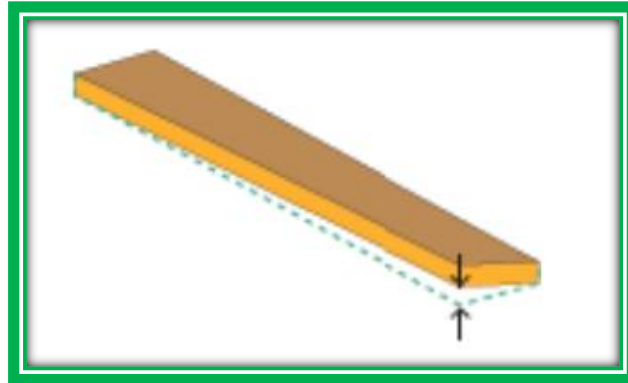
- **Alabeos**

Cualquier desviación de alguna de las superficies de la madera o una combinación de éstas son deformaciones que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de su eje longitudinal o transversal (o ambos a la vez), como consecuencia de la pérdida de humedad. (<https://edoc.site/trabajabilidad-de-la-maderacx-pdf-free.html>,2021

- **Torceduras**

Este defecto se caracteriza por la forma de hélice que adopta la madera. Suelen ser causadas por la presencia de fibras desviadas o en espiral. También pueden originarse a partir de distorsiones localizadas del grano, como por ejemplo las relacionadas a nudos, inserción de ramas, entre otros.

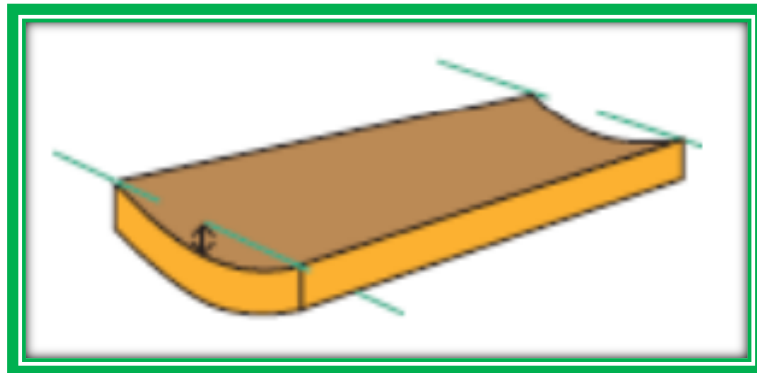
FIGURA N°15: Torcedura de la madera



- Abarquillado

Es el alabeo de las caras de una pieza aserrada, se produce cuando una de las caras seca más rápidamente que la opuesta, lo que puede ocurrir cuando una de las caras está expuesta a la sombra y la opuesta al sol.

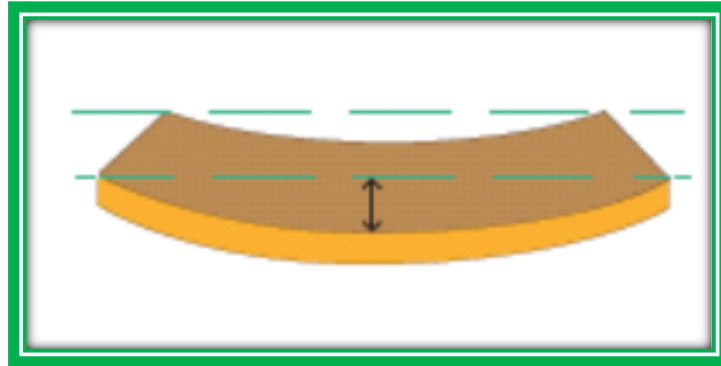
FIGURA N°16: Abarquillado de la madera



- Combado

Es una deformación que provoca que la curvatura de su eje longitudinal. Se presenta como consecuencia de una excesiva contracción longitudinal, a veces se produce por el mal apilado de la madera; el uso de separadores demasiado distantes entre sí.

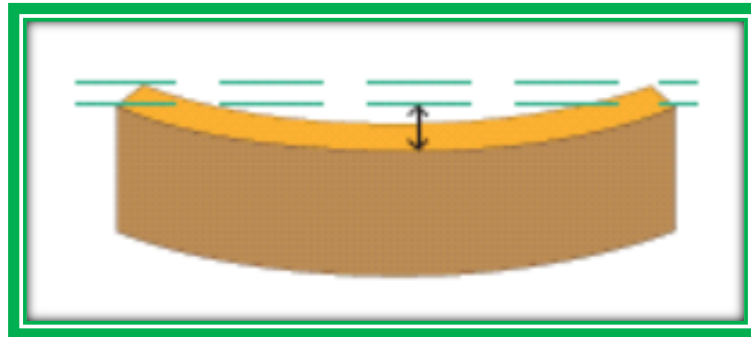
FIGURA N°17: Combado de la madera



- Encorvadura

Es una deformación de los cantos por diferencias de contracción, estando la superficie de la pieza en un mismo plano. La encorvadura es uno de los alabeos más graves, puesto que no es posible reducir su intensidad una vez que se ha hecho presente. (<https://edoc.site/trabajabilidad-de-la-maderacx-pdf-free.html.2021>)

FIGURA N°18: Encorvadura de la madera



- **Cementación o encostrado:** el viento demasiado fuerte y demasiado seco puede provocar este grave defecto consistente en un secado rápido de la superficie de la madera que da lugar a una especie de «costra» que impide la salida del agua del interior. (Noves, 1985)

TRABAJABILIDAD DE LA MADERA

Los estudios de trabajabilidad son muy necesarios para analizar el comportamiento de las especies forestales al ser sometidas al trabajo de las diferentes máquinas de carpintería bajo la premisa de diversificar la oferta maderable e introducir especies menos conocidas en el mercado. (Jose Valisipando, 1999)

conjunto de propiedades o características que posee una determinada madera con relación a su respuesta de trabajo manual o a la acción de las herramientas manuales o eléctricas. Se dice entonces que la madera posee buena trabajabilidad cuando responde bien al corte con sierra, al cepillado, al moldurado, al torneado, al lijado y al taladrado, al encolado y engomado, etc.

Los procesos de la industria carpintera se inician con la recepción de la madera transformada en el aserradero y terminan con la expedición de un artículo o producto de madera terminado. Las primeras fases de la manipulación de la madera se tratan en procesos de la industria de la madera. (*Parish, 2001*)

Características de la madera que influyen en su trabajabilidad

De acuerdo con (*Fuentes, 2001*), de las características y propiedades de la madera más importante que influyen en la calidad de superficie maquinada están:

La densidad el contenido de humedad, la dirección del hilo, la textura, porosidad, contenidos extractivos, elasticidad, temperatura.

Densidad. - Esta correlacionada directamente con las propiedades mecánicas y particularmente con la resistencia que la madera que la madera opone a la penetración y al corte cuando se trabaja con máquinas y herramientas. Una densidad alta, implica la remoción de una mayor cantidad de sustancias, por lo que al someterlas a su procesamiento causa mayor fricción de las aristas de corte, obteniendo un desafilado más rápido de la herramienta. Las maderas más pesadas presentan un acabado más terso y frecuentemente se mantienen mejor que las maderas ligeras.

Contenido de humedad. - Las maderas con bajos contenidos de humedad presentan una mayor resistencia a la penetración de las herramientas de corte, ocasionando el defecto de grano astillado en la superficie de la pieza maquinada. Por el contrario, las maderas con altos contenidos de humedad presentan menor resistencia a la penetración de la herramienta de corte, presentándose frecuentemente el defecto de grano velloso.

Dirección del hilo. - La irregularidad de la dirección de las fibras hace variar continuamente las características de orientación del hilo con perjuicios sobre la

superficie trabajada. El hilo desviado reduce la resistencia de la madera, agrega dificultades en el maquinado de la madera y puede incrementar las tendencias a la deformación.

Grano: Término que se refiere a la forma en cómo se desarrolla las fibras de la madera a lo largo y ancho del tronco y ramas.

Textura. -Las maderas con textura fina y homogénea presentan mejor calidad de maquinado que aquellas con textura media y más aún que aquellas con textura gruesa heterogénea.

Porosidad. -La porosidad no parece tener una influencia directa sobre el maquinado, ya que en general en maderas con porosidad circular, semicircular, y difusa al maquinaslas se obtiene una buena calidad.

Contenido de extractivos. -El contenido de extractivos en las paredes celulares y las partículas minerales que se encuentran en las cavidades celulares (sílice y cristales) son de igual importancia. Los primeros hacen que la madera sea más dura, mientras que las partículas minerales desarrollan una acción de rápido desgaste sobre el filo de la herramienta.

Elasticidad. -Es la capacidad de la madera de comprimirse bajo la acción del elemento de corte y retornar a su estado original una vez que se ha terminado el trabajo de corte, lo que determina el ancho de corte, es decir que una madera con menor elasticidad requiere de un menor ancho de corte que una madera más elástica. (normadera.tknuka.net contenido propiedades mecánicas).

Temperatura.-Manifiesta una influencia solo bajo los 0° C por la transformación de la humedad en hielo, el cual dificulta más el procesamiento de la madera, por el incremento del esfuerzo del corte y como consecuencia, un desgaste acelerado de la arista de corte. Esto debe tenerse en cuenta principalmente en lugares donde la temperatura llega a ser menores de 0° C.

Características de las herramientas de corte

El gran desarrollo tecnológico que alcanza en los últimos años el sector de la industria maderera ha traído un gran cambio, además de la modernización de la maquinaria, también en las herramientas de corte empleadas. Una adecuada selección de las herramientas, porta consigo no solo un mejoramiento de las fases individuales de trabajo sino también un incremento en el potencial productivo. (*Fuentes, 2001*)

Acero con alto contenido de cromo (HLS)

Acero con alto contenido de cromo (Cr, Mo, V) se usa en la elaboración de herramientas integrales, es decir que los elementos de corte son del material que el cuerpo de la herramienta, adecuado para trabajar maderas blandas y duras con velocidades de alimentación no muy elevadas y velocidades periféricas.

Acero rápido al molibdeno (SSE)

Acero rápido al molibdeno (Mo, W, V) se usa en la fabricación de herramientas integrales al igual que el anterior, es un acero de alto rendimiento, indicado para el trabajo de grandes cantidades de madera blanda y dura. Recomendado para altas velocidades de rotación y sobre todo cuando se exige una superficie tersa o de lo más lisa posible.

Acero súper rápido al cobalto (HSSCo)

Acero súper rápido al cobalto (W, Mo, V, Co). Es una herramienta con elementos de corte recubiertos, es decir, que solo los elementos de corte son de este tipo de acero y el cuerpo de la herramienta es de otro material. Este tipo de acero es de alto rendimiento, es conveniente para trabajar a elevadas velocidades de rotación.

Hart Metal (HM)

Metal duro a base de carburo de tungsteno con carburo de titanio, es usado en la fabricación de herramientas con elementos de corte recubiertos al igual que el anterior, adecuado para todos los trabajos e indispensable para maderas abrasivas. (Aleaciones para herramientas de carpintería).

OPERACIONES DE MAQUINADO

Maquinado es el conjunto de operaciones que se realizan en la madera mediante máquinas y herramientas de corte con el fin de darles las dimensiones y perfiles deseados para su posterior utilización en la elaboración de productos terminados y preparar la superficie para la aplicación de un acabado. Los ensayos se realizarán apegados en la medida de lo posible a las especificaciones de la norma de la (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales. (*Fuentes, 2001*)

Cepillado

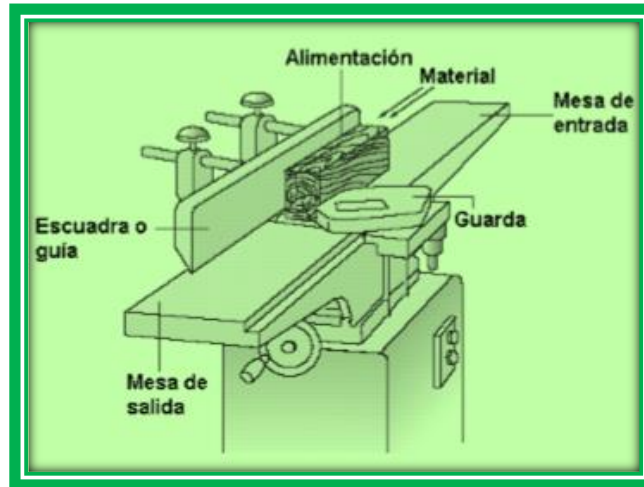
Es la operación de corte que se lleva a cabo en una o ambas caras de la madera, con la finalidad de obtener el espesor deseado al mismo tiempo que se obtiene una superficie con un cierto grado de tersura. Es la operación más importante después del aserrío, ya que cualquier pieza de madera escuadrada antes de ser utilizada en algún producto final requiere ser cepillada, proporcionándole así un mayor valor agregado.

El defecto de mayor ocurrencia en esta operación es: grano arrancado, grano veloso, grano levantado y las marcas de astillas. El efecto de disminuir la velocidad de alimentación también es un factor importante de considerar, ya que se ha comprobado que, utilizando una baja velocidad de alimentación, la calidad de la superficie cepillada se incrementa. Esto se explica en buena parte porque en la medida que se reduce la velocidad de alimentación, la cantidad de madera que tiene que remover cada cuchilla al cortar es menor. (*Serrano J. , 2000*)

Maquinaria

La máquina cepilladora tiene por objeto, obtener piezas de dimensiones exactas con un acabado lizo y suave, de superficies perfectamente planas, lo que se consigue con las cuchillas de acero rotatorias. La porta cuchillas es la pieza principal de la máquina, provisto en el caso de cuatro cuchillas.

FIGURA N.ª 19: Cepilladora.



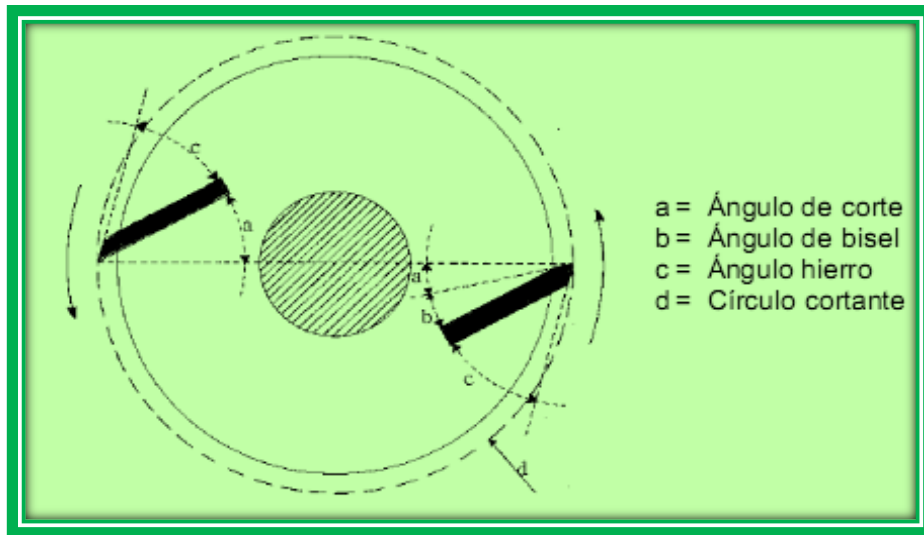
Fuente:) (Parish, 2001)

El principio de acción de cepillado es el siguiente: la máquina de cepillar trabaja con cuchillas rotativas que levantan una viruta corta. La madera a ser cepillada pasa desde la parte delantera de la mesa que le presta un apoyo firme, se acerca a las cuchillas que van arrancando todo lo que se pone al alcance del arco que describen. (Heinrich, 1971)

En la práctica la mesa de salida tiene que estar enrasada con la arista superior de la superficie cilíndrica engendrada por la rotación de los filos de las cuchillas; la mesa de alimentación tiene que estar más baja que la otra siendo la diferencia de nivel igual al espesor de la viruta. (Heinrich, 1971)

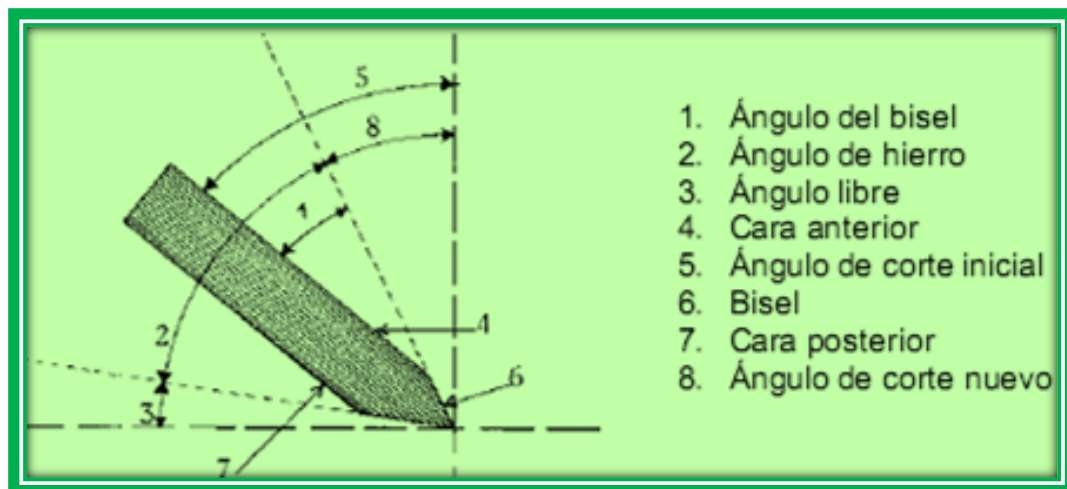
Ángulo de corte: Un ángulo de corte elevado en combinación con una fuerte inclinación del grano es crítico en la producción de una superficie con grano arrancado. En esta prueba la modificación del ángulo de corte se procedió al afilado del bisel, que van desde los 15 a 30°. Cabe destacar que una disminución del ángulo de corte por medio de un contra-bisel (ángulo de bisel) fortalece el ángulo de hierro, o sea, que la punta de la cuchilla se hace más robusta. (Serrano R. &, 2001)

FIGURA N°20: Nomenclatura usada en cuchillas de cepilladora.



Fuente: (Serrano R. &, 2001)

FIGURA N°21: Esquema de modificación del ángulo de corte por medio del bisel.



Fuente: (Serrano R. &, 2001)

Moldurado

El moldurado consiste proporcionar una pieza de madera un perfil terminado y con una figura deseada, a fin de mejorar su estética, por lo que la tersura del corte y el detalle de la figura son aspectos de gran importancia que se tienen presentes en esta operación. Se efectúa en trompos diseñados para hacer contornos con forma determinada en el borde de las piezas de madera, de acuerdo a la figura de la fresa.

El trompo más común es el de ejes verticales, en los que se montan las piezas cortantes y son generalmente de alimentación manual, aunque se les puede adaptar un dispositivo para hacerlos de alimentación automática.

En esta operación tenemos 2 tiempos de moldurado:

- Moldurado longitudinal (machimbrado).
- Moldurado transversal (en curva o recto). (*Castillo, 1976*)

La fresadora vertical o TUPI

Es una maquinaria de funcionamiento sencillo, pero potencialmente peligrosa, si las cuchillas de la fresadora vertical se separan de las abrazaderas superior e inferior de la porta cuchillas, pueden salir lanzadas con gran fuerza, además suele ser preciso sujetar el material cerca de la cuchilla, la sujeción debe realizarse con una porta pieza y no con las manos del operario. Pueden utilizarse cepos para sujetar el material a la mesa.

Cuando se trata de un trabajo de labrado, la madera es trabajada debido a la acción de las cuchillas de corte rotatorio en un árbol de eje vertical, estas cuchillas giran en sentido contrario de las agujas del reloj y unos flejes de acero sujetan la pieza de madera contra la guía (*Heinrich, 1971*)

La tupi puede realizar los siguientes trabajos, ranura o rebaja, moldeado de cantos rectos, ranura para machimbrado, cantos curvos y molduras.

FIGURA N°22: Fresadora O Tupi.



Fuente: (Parish, 2001)

Torneado

Es la operación en la cual mediante el uso de cuchillas o gurbias se da la figura deseada a las piezas de madera. Se realiza para elaborar distintos productos entre los que se encuentran; artículos deportivos, mangos para herramientas, partes para muebles y juguetes entre otros. El filo de la herramienta de corte, corta en diferentes posiciones a las fibras de la madera, la penetración es en sentido helicoidal y continuo, cuando la madera gira y las herramientas cortantes avanzan en dirección paralela al eje de rotación, en el torneado manual la cuchilla avanza sobre la línea central de la pieza a tornear. *(Rios.M., 2005)*

La velocidad periférica de la pieza varía debido a los diferentes círculos de corte que se producen, cuando la dirección de avance de la cuchilla es normal al eje de rotación d la pieza torneada, la velocidad de alineación disminuye a medida que el corte avanza de la periférica hacia el centro.

Cuando se utilizan tornos manuales se recomienda que la velocidad de avance sea lo más uniforme posible, cuidando siempre que la pieza a tornearse no se quemara por contacto prolongado en un punto entre esta y la herramienta de corte.

La velocidad del giro del cabezal del torno depende tanto del diámetro de la pieza a tornearse, como la velocidad de avance de la cuchilla, así pues, para tornearse piezas de diámetro grandes esta debe ser reducida, mientras que para tornearse piezas de diámetros pequeños esta debe ser mayor, por lo que es recomendable tener en el torno por lo menos cinco velocidades de giro diferentes (500, 1000, 1500, 3000, 5000 r.p.m). La mejor calidad de torneado se obtiene en maderas que presentan una alta densidad y una textura fina. (*Fuentes, 2001*)

Maquinaria

El torno es la máquina giratoria más común y más antigua, sujeta una pieza de madera y la hace girar mientras una herramienta de corte da forma al objeto.

La herramienta puede moverse paralela o perpendicularmente a la dirección de giro, para obtener piezas con partes cilíndricas o cónicas, o para cortar acanaladuras. Empleando herramientas especiales, un torno puede utilizarse también para obtener superficies lisas, como las producidas por una fresadora, o para taladrar orificios en la pieza. Las partes principales del torno se detallan a continuación:

Cabezal

Es una caja fijada al extremo de la bancada por medio de tornillos o bridas. En ella va alojado el eje principal, que es el que proporciona el movimiento a la pieza.

En su interior suele ir alojado el mecanismo para lograr las distintas velocidades, que se seleccionan por medio de mandos adecuados, desde el exterior.

Bancada

Es un zócalo de fundición soportado por uno o más pies, que sirve de apoyo y guía a las demás partes principales del torno.

Debe tener dimensiones apropiadas y suficientes para soportar las fuerzas que se

originan durante el trabajo, las guías han de servir de perfecto asiento y permitir un deslizamiento suave y sin juego al carro y contra cabezal.

Eje Principal

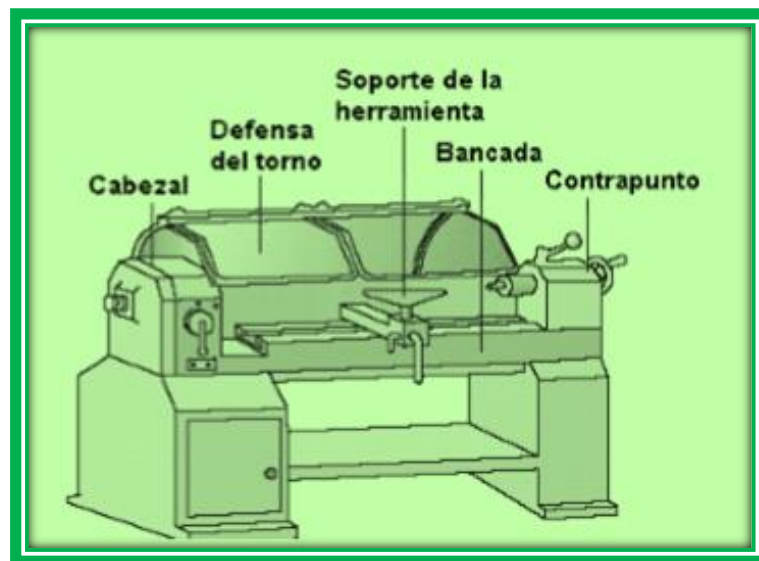
Es el órgano que más esfuerzos realiza durante el trabajo.

Por consiguiente, debe ser robusto y estar perfectamente guiado por los rodamientos, para que no haya desviaciones ni vibraciones.

Contra Cabezal o Contrapunto

El contra cabezal o cabezal móvil, llamado impropiaemente contrapunto, consta de dos piezas de fundición, de las cuales una se desliza sobre la bancada y la otra puede moverse transversalmente sobre la primera, mediante uno o dos tornillos.

FIGURA N° 23: Torno.



Fuente: (Parish, 2001)

Herramientas para el torneado

El formón

Es una herramienta manual de corte libre utilizada en carpintería. Se compone de hoja de hierro acerado, de entre 4 y 40 mm. de ancho, con boca formada por un bisel, y

mango de madera. Su longitud de mango a punta es de 20cm. aprox. El ángulo del filo oscila entre los 25-40°, dependiendo del tipo de madera a trabajar: madera blanda, menor ángulo; madera dura, mayor ángulo.

La gubia

La gubia es un formón de media caña; es decir acanalada, que se usa para tallar y ahuecar la madera. Las principales gubias utilizadas por los tallistas y otros profesionales de la madera se pueden dividir en:

Gubias planas

Parecidas a los formones, pero con una leve curvatura que facilita mucho su uso a la hora de la talla, ya que así se evita que los vértices del extremo cortante rayen la madera.

Gubias curvas o con forma de U

Tienen forma semicircular, puede ser de extremo cóncavo o convexo con radio variado y su uso facilita la desgastación de la madera antes de llegar a tocar la forma final deseada.

Gubias punta de lanza o en vértice

Son como la conjunción de dos formones en un vértice y su uso principal es el de usar la punta de unión como elemento de corte que marca la forma de manera previa. Los formones son diseñados para realizar cortes, muescas, rebajes y trabajos artesanos artísticos de sobre relieve en madera. Se trabaja con fuerza de manos o mediante la utilización de una maza de madera para golpear la cabeza del formón.

FIGURA N°24: Herramientas para el torneado



Fuente: (*wikiHow, 2021*)

Lijado

Lijar significa alisar, pulir, abrillantar o limpiar algo mediante el frotamiento con un objeto abrasivo, generalmente una lija.

El lijado es una tarea fundamental en cualquier trabajo de acabado, como ser pintura, barniz, entre otros. (BRICO - TODO, s/f).

Así como mediante el cepillado se elimina los defectos del aserrado, como ser encorvaduras y asperezas, el lijado suprime los defectos del cepillado y tiene por misión seguir aislando la superficie acabada. (*Heinrich, 1971*)

La operación de lijado es una parte importante del proceso de reparación por lo que constituye una condicionante fundamental para la productividad y el encarecimiento de la reparación.

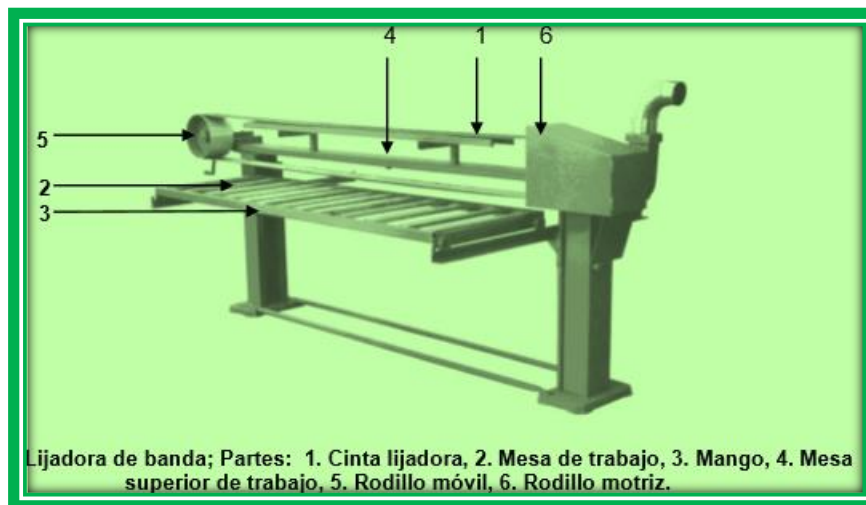
Para conseguir un acabado de calidad, el operario debe conocer y dominar las operaciones que intervienen en la preparación de las superficies como la correcta selección de del abrasivo y del equipo esto se lo puede realizar a través de diferentes tipos de lijas ya que estas cuentan con una gran gama de materiales, de igual manera hay lijadoras mecánicas fijas y portátiles que facilita el trabajo de remoción o abrasibilidad. (*Serrano J. , 2000*)

Lijadora de banda

La lijadora de banda es una máquina que dispone de dos rodillos (Uno fijo y motriz y el otro con ligero movimiento horizontal para ajustar la tensión de la lija) separados a distancias superiores a 1 m.

Entre las que circula una banda de lija de tela, la lija discurre sobre una mesa en donde se dispone la madera a lijar, la presión se realiza mediante una zapata de lijado. La velocidad de la lija varía entre 10 - 12 m/s a 20 – 24 m/s. (Martinez, 2006)

FIGURA N°25: Lijadora de banda.



Fuente: (ParragaR, 1988)

Características de la herramienta

Para la realización del lijado, se utiliza como herramienta la lija, formada por un material duro y abrasivo, pegado a un soporte de papel o textil. Es decir, la lija está formada por tres elementos: material abrasivo, soporte de papel o textil y pegamento.

Material abrasivo

El material abrasivo se caracteriza por su composición y por su granulometría, tanto en lo que se refiere al tamaño como a su distribución.

En cuanto a los materiales abrasivos utilizados, en la tabla 2 se indican los tipos que se utilizan y las características más importantes de estos. En cuanto a su granulometría, las lijas se clasifican por el número de granos por pulgada cuadrada que incorporan.

Cuando el grano es grande, el número de granos por pulgada cuadrada es pequeño y viceversa. Comercialmente existen granulometrías de 12 a 1200 En madera, salvo operaciones no propias de lijado, solo se suele utilizar las granulometrías entre 40 y 600.

Soporte

Los tipos de soporte más utilizados son el papel, el textil o combinación de ambos. El papel: Su característica es su escasa elasticidad y su deformabilidad por estiramiento, pero son más baratos. Su utilización más común es en el lijado a mano o en máquinas de bajo a mediano rendimiento. Dentro de los papeles, se clasifican por el gramaje (de 75 a 300 gr/m²), a medida que aumente el gramaje aumenta la resistencia.

Textil

Normalmente de algodón y poliéster. Son más resistentes y elásticos. Se clasifican en los siguientes tipos:

Aglomerante

El aglomerante es el pegamento con el cual se pega el material abrasivo, es decir los granos al soporte. Puede ser cola animal (muy utilizada en lijas manuales) o cola de urea (mayor resistencia - utilizadas en máquinas de lijado). (BRICO TODO, s/f).

Calidad final de preparación de la superficie

Según (Martinez, 2006) se puede decir que la calidad de superficie se consigue con lijas de entre 150 y 220, y como término más general el grano 180. En maderas con el grano muy fino, es suficiente con llegar a granos de 150, granos más finos, dejaría la superficie tan lisa, que el barniz entraría con dificultad. Por el contrario, para madera de grano muy basto, llegar sólo a granos de 150 o 180 dejarían una superficie tan porosa que requeriría mucho tapaporo para poder producir capa sobre la madera.

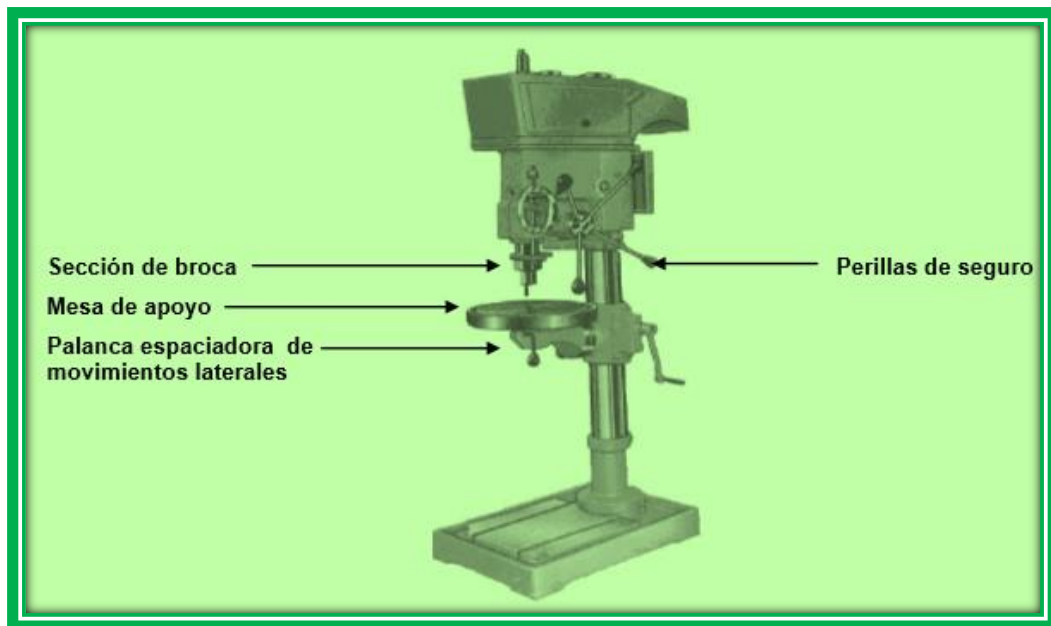
Taladrado

El principio de la operación es perforar o hacer un agujero en una pieza de madera, en la cual se produce una fricción muy grande.

El taladrado es la operación que tiene por objeto hacer agujeros por arranque de viruta, con una herramienta llamada broca, cuya posición diámetro y profundidad han sido determinados previamente.

En este tipo de proceso, la herramienta de corte que se utiliza es cilíndrica rotatoria, conocida como broca, la cual es una herramienta giratoria la cual tiene uno o más bordes de corte con sus correspondientes ranuras las cuales se extienden a lo largo del cuerpo de la broca. En el proceso de taladrado se realizan dos movimientos: el movimiento de corte y de avance. Estos dos movimientos siempre se realizan salvo en máquinas de taladro profundo en las cuales no hay movimiento de corte ya que la pieza se hace girar en sentido contrario a la broca. (Proceso de mano factura <https://sites.google.com>).

FIGURA N°26: Taladro de banco.



Fuente: (Heinrich, 1971)

Defectos comunes en el maquinado de madera

Grano arrancado o astillado

Se presenta en las operaciones de moldurado, torneado y taladrado y principalmente en cepillado. Este defecto se presenta cuando la viruta se quiebra bajo el nivel de la superficie de la pieza, dejando pequeños huequecillos en ella. Es el defecto más grave y a la vez el más difícil de eliminar en una operación posterior de lijado. (Serrano R. &, 2001)

FIGURA N°27: Grano arrancado



Fuente: (Serrano R. &, 2001)

Este defecto se debe a varias causas principales, entre las que destacan:

- a. Elevada inclinación del grano (grano entrecruzado, ondulado, etc.)
- b. Elevada velocidad de avance de la madera.
- c. Elevado ángulo de ataque (30° o más).
- d. Madera de alta dureza y muy seca (por debajo del 12% de C.H.).
- e. Profundidad de corte elevada (más de 3 mm. por pasada, en el cepillado).

Grano veloso o algodonado

Se presenta en las operaciones de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado, consiste en fibras o grupos de fibras levantadas sobre la superficie de la pieza que no fueron cortadas por la cuchilla, fresa, broca, u otra herramienta de corte, sobresalen de la superficie general de la tabla sin desprenderse.

En la mayoría de los casos se puede corregir durante el proceso de lijado, pero requiere de un mayor costo, tanto a nivel de esfuerzo como de tiempo. (Serrano R. &, 2001)

FIGURA N° 28: Grano velloso



Fuente: (Serrano R. &, 2001)

Las principales causas de este defecto son:

- a) Madera de tensión debido al crecimiento anormal del árbol.
- b) Filos redondeados de la cuchilla.
- c) Ángulo de ataque pequeño (15° o menos).
- d) Madera húmeda.
- e) Madera de baja dureza.

Grano levantado.

Condiciones de aspereza en 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. fuente (Rios.M., 2005)

Grano rugoso.

Este defecto se presenta en las operaciones de cepillado, taladrado, moldurado y torneado; cuando la madera entra en contacto con las cuchillas, éstas ejercen presión sobre las fibras, las cuales comprimen a su vez los vasos, que al estar rodeados de parénquima, hacen que al pasar la cuchilla sobre la madera se hundan antes de

ser seccionados y luego emerjan a la superficie, dándole a ésta, apariencia y sensación ásperas. Puede también suceder por una separación de láminas por los anillos de crecimiento. (Serrano R. &, 2001)

Otras causas son:

- a. Porosidad elevada (circular).
- b. Mucha presión de los rodillos alimentadores.
- c. Madera relativamente húmeda.
- d. Cuchillas con filos redondeados.
- e. Baja velocidad de avance de la madera

Calificación de las pruebas de maquinado

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 patrones obtenidos de las Normas siendo éstas: ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales.

CUADRO N°2: Evaluación y clasificación de las probetas de ensayo

GRADO	RANGO	CALIDAD	DESCRIPCIÓN
1	0,0-0,1	Excelente	Libre de defectos
2	1,0-2,0	Buena	Con defectos superficiales que pueden eliminarse
3	2,0-3,0	Regular	Con defectos marcados
4	3,0-4,0	Pobre	Con defectos severos
5	4,0-5,0	Muy pobre	Con defectos muy severos

Fuente: Norma ASTM-D-1666-64 (1970)

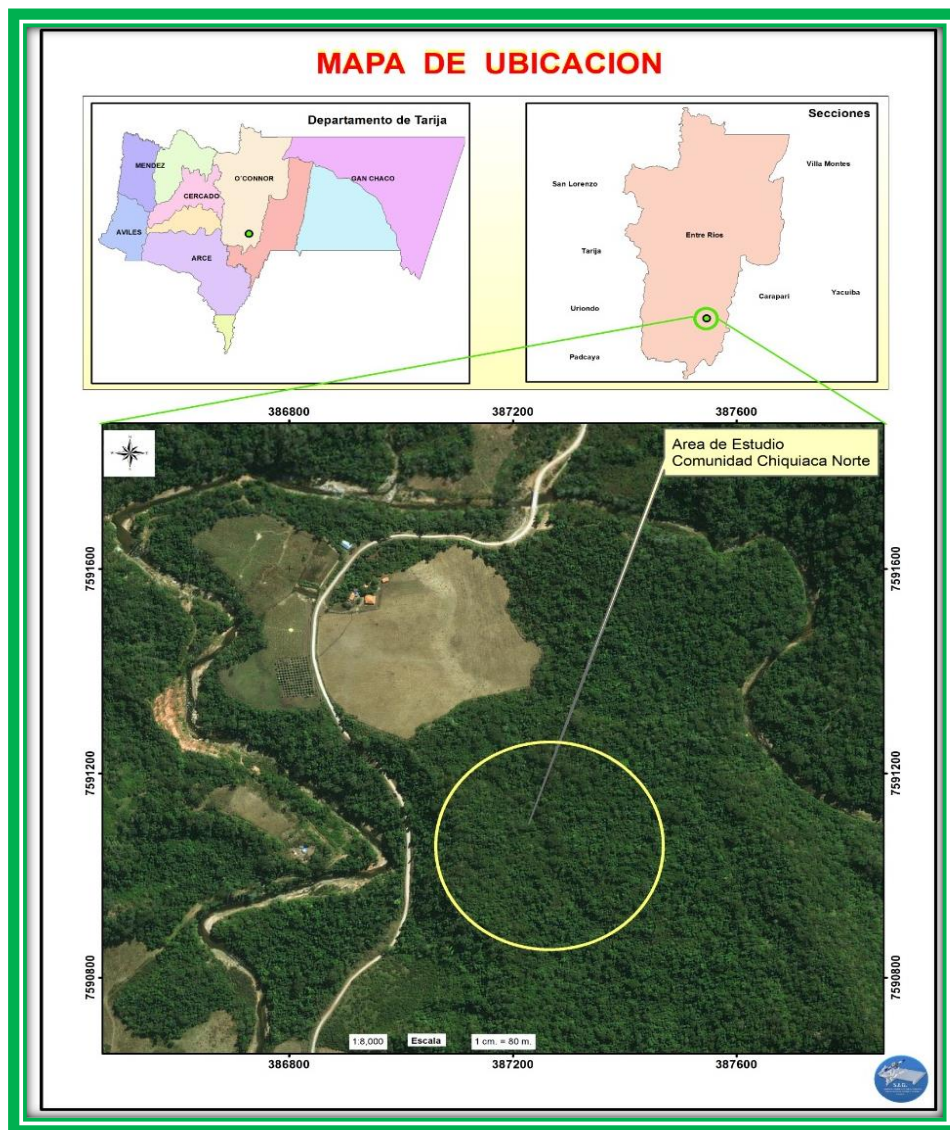
CAPÍTULO II
MATERIALES Y METODOS

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA

Ubicación

El área de extracción de la muestra está ubicada en la comunidad de Chiquiaca Norte, perteneciente al distrito 5 del municipio de Entre Ríos, provincia O'Connor del departamento de Tarija. Localizada geográficamente entre las coordenadas 21° 49' 20" S de latitud sur y 64° 06' 42" W de longitud oeste a una altura de 500-1500 msnm.

MAPA N°1: Localización zona de obtención de la muestra



Fuente: Elaboración propia, 2021

Accesibilidad

La comunicación vial actual existente de la comunidad de Chiquiaca y el municipio de Entre Ríos, es mediante un camino carretero de tierra y grava, que integra la zona sur del municipio, que actualmente se encuentra en buen estado transitable.

El lugar de extracción de los árboles, cuenta con camino accesible y en buen estado cabe señalar que en tiempo de lluvia se dificulta el acceso por la falta de mantenimiento de los caminos.

Uso de la tierra

Por el tipo de vegetación y el clima, en esta provincia fisiográfica la actividad silvopastoril es la que ocupa mayor extensión. La actividad principal es la ganadería extensiva con base en el ramoneo del bosque y de matorrales, pastoreo del estrato herbáceo, y pequeños pastizales dentro del bosque, así como las cimas de serranías. (*ZONISIG, 2019*)

Por otra parte, el uso agropecuario extensivo es la que predomina en esta parte del municipio de Entre Ríos, con una agricultura tradicional a secano principalmente de maíz, maní, papa, y cítricos, en su mayoría con maquinaria agrícola y empleando otros insumos, la actividad agrícola se combina con la ganadería mixta compuesta por vacunos, ovinos, caprinos, y porcinos (*ZONISIG, 2019*)

Características biofísicas

Clima

En la comunidad de Chiquiaca no existe estación meteorológica, por lo tanto, se hará referencia a datos de la estación Termo-pluviométrica ubicada en la comunidad de Salinas, que es la zona más próxima al área de estudio.

De acuerdo a los datos registrados en la estación termo-pluviométrica de la comunidad de Salinas, esta zona presenta un clima cálido húmedo, con una temperatura media anual que alcanza los 25.6°C, sin embargo por las condiciones de altura y la diferencia marcada de las estaciones, en la zona la temperatura puede alcanzar valores máximos

de hasta 40.9 °C, en las estaciones de primavera y verano, cuando se presentan los denominados surazos.

Como una explicación de este fenómeno se puede decir que en el área de estudio los vientos que provienen del Norte o Noroeste son cálidos y secos provocando ocasionalmente temperaturas superiores a los 40 °C, incluso en los meses de agosto a diciembre, y las precipitaciones varían entre 1200 a 1700 mm anuales. (SENAMHI, 2018)

Vegetación

De acuerdo a la tipología elaborada por el (ZONISIG, 2019), y en base a la metodología elaborada por la UNESCO, esta zona pertenece a la unidad de vegetación, Bosque ralo siempre verde semideciduo nublado (2B2b).

Es un bosque generalmente ralo, el dosel superior alto, el estrato arbustivo y herbáceo es denso. Florísticamente complejo, por estar formado por una mezcla de especies características de los bosques transicionales como *Anadenanthera colubrina* (Vell.conc.) Benth (Cebil colorado), *Diatenopteryx sorbifolia* (suiquillo, anco, quebrachillo), *Trichilia sp.*(Pata de gallo),*Patagonula americana* L(Palo lanza,Lanza blanca verdadera),*Blepharocalix gigantea* (H.B.K.) O. Berg (Barroso),*Myroxylon peruiferum* (Quina colorada), *Calycophyllum multiflorum* (Palo blanco) y entre otras.

Cubre un paisaje de ladera media a baja, con el relieve dominante, es muy disectado, escarpado (>30%).

Se encuentra en altitudes entre 500^a 1200 msnm, donde llueve alrededor de 1200 a 1700mm, con suelos superficiales a profundos y una temperatura media de 22 °C. Determinado un clima cálido húmedo.

Suelo

Los suelos presentan características diferentes en cuanto a su estructura es muy probable encontrar suelos arenosos, francos, franco arcilloso, franco limoso y en las partes más altas suelos muy arcillosos. (Gonzales E.,2018)

Relieve

Está constituido por una serie de serranías altas disectadas paralelas, de rumbo norte a sur atravesadas por ríos que forman valles angostos y anchos este conjunto pertenece a la faja del sub andino.

El área de estudio presenta un paisaje montañoso y sub montañoso con 4 clases de relieves constantes en términos de pendiente, sin embargo, por las características fisiográficas del territorio de esta zona, domina el relieve con pendiente escarpadas a muy escarpadas, es decir con pendientes que van de 30^a 60% y mayores a 60%. *(Gonzales E.,2018)*

Fisiografía

El cantón Chiquiaca fisiográficamente pertenece a la provincia del sub andino, con paisajes de Serranía media con disección moderada. Esta unidad se presenta cubriendo las laderas y cimas entre las comunidades de El Puesto y el cantón Chiquiaca, alcanzando altitudes que oscilan entre los 500 a 2.00 msnm, con presencia de litología, correspondiente a rocas de limonitas, areniscas con algunas intercalaciones de arcillolitas, calizas y otras rocas carbonatadas, relieve con pendiente escarpada a muy escarpada presenta un clima templado semihúmedo, laderas generalmente de disección moderada, cubiertas por un bosque ralo, xeromórfico, decidido por sequia *(Pan de desarrollo Territorial Integral, 2018)*

Hidrografía

El cantón Chiquiaca forma parte de sistema hídrico de la cuenca del río Bermejo se abarca la cordillera oriental y la subandina, con afluentes importantes como el río San Bartolo y río Chiquiaca que drenan sus aguas a esta cuenca. *(Gonzales E.,2018)*

MATERIALES

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó una serie de materiales, equipos y maquinaria para poder desarrollar el estudio de las diferentes propiedades de trabajabilidad de la especie Paraíso (*Melia azedarach* L). Los mismos que a continuación se describen:

Materiales de Campo

- Flexometro
- Parafina
- Motosierra
- Machete
- Planilla de registro
- Bolígrafos
- GPS
- Cámara fotográfica

Materiales de Gabinete

- Mapas de la zona
- Calculadora
- Planillas para la toma de datos
- Computadora
- Norma (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64(1970)
- Normas COPANT MADERAS (458-460)

Maquinarias de Carpintería

- Cepilladora
- Torneadora
- Máquina tupi
- Taladro de banco
- Sierra sin fin
- Lijadora

Materiales de laboratorio

- Balanza eléctrica
- Estufa
- Lija para madera (N°60 y N°100)
- Parrilla

Material Biológico

- Madera de la especie en estudio

METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en el presente trabajo de investigación, se encuentra dentro de las normas técnicas (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64(1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales, de igual forma se aplicó la NORMAS COPANT 458 selección y colección de muestras y NORMAS COPANT 460, métodos de determinación del contenido de humedad, con la finalidad de que los resultados a obtener, sean confiables y aplicables y tenga un marco de referencia técnico y científico.

Normas a emplear

CUADRO N.º 3: Normas técnicas

NORMAS	TEMAS
COPANT 458-460	Selección y colección de muestras, Método de determinación del contenido de humedad
ASTM-1666-64(1970)	American Society for Testing and Materials

Fuente: Elaboración propia, 2021

Selección y colección de las muestras

Un aspecto importante en la ejecución de este tipo de trabajos de investigación corresponde a la correcta selección y colección de muestras, basada en la norma COPANT 458, recomienda que se tomen en cuenta el sistema de elección sea al azar de manera que todos los componentes (zona, árbol, probeta) tengan la misma posibilidad de ser elegidas y formar parte de estudio y sean representativas en el área de estudio.

La selección de probetas destinado a ensayos tecnológicos comprendió los siguientes pasos:

- Selección de la zona.
- Selección de los árboles.
- Selección de las trozas.
- Extracción de las trozas.
- Obtención de las tablas
- Obtención de probetas dentro de las trozas
- Codificación de las probetas.

Selección de la zona

Para la selección de la zona, el primer aspecto que se tomó en cuenta fue la representatividad en cuanto a la población, sanidad y calidad de los individuos de la especie Paraíso (*Melia azedarach* L) donde se ha obtenido las muestras.

Selección de los arboles

Se eligió al azar tres árboles para realizar los estudios, tomando en cuenta sus características vegetativas de la especie a ser apeada como: Fuste sano, diámetro a la altura del pecho a 1.30 metros del suelo. Se procedió a tomar las coordenadas de cada árbol con el GPS. (Ver cuadro N°4)

CUADRO N°4: Datos de ubicación de los arboles

Árbol	X coord.(m)	Y coord.(m)	Altitud(m)
1A	390266	7593445	1014
2A	390270	7593451	1010
3A	390860	7593455	1013

Fuente: Elaboración propia, 2021

FIGURA N°29: Selección de la muestra



Fuente: Ilustración propia, 2021

Selección de la troza

Una vez ubicado y realizado el apeo, desrame del árbol, se dividió el fuste en secciones iguales las cuales fueron marcadas en sus extremos para su fácil identificación, en orden secuencial desde la parte inferior a la superior, luego se realizó el sorteo de las trozas a utilizar de cada árbol, registrándose los datos de cada una de ellas.

FIGURA N°30: Selección de la troza



Fuente: Ilustración propia, 2021

Extracción de las trozas

En fecha 30 de mayo del 2021, las diferentes trozas se transportaron en un camión desde el lugar del apeo hasta la carpintería del Sr. Marcelino Martínez en la ciudad de Tarija.

Obtención de las tablas

Una vez las trozas estando en el aserradero se procedió a cortar las trozas para la obtención de las tablas de 4cm de espesor x 10cm de ancho x 100 cm de longitud y 3cm de espesor x 10cm de ancho x 30 cm de longitud, de las cuales se eligieron las mejores tablas tomando en cuenta que se hallen libres de defectos, para obtener las probetas que se utilizó en el estudio de trabajabilidad.

FIGURA N°31: Obtención de las tablas



Fuente: Ilustración propia, 2021

Obtención de las probetas dentro de las trozas

La obtención de las probetas fue realizada de acuerdo a las normas correspondientes en cada uno de los ensayos de trabajabilidad.

Norma de la (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales. Para lo cual se utilizaron probetas en números y dimensiones como se refleja en el siguiente cuadro:

CUADRO N°5: Dimensiones y numero de las probetas por ensayo

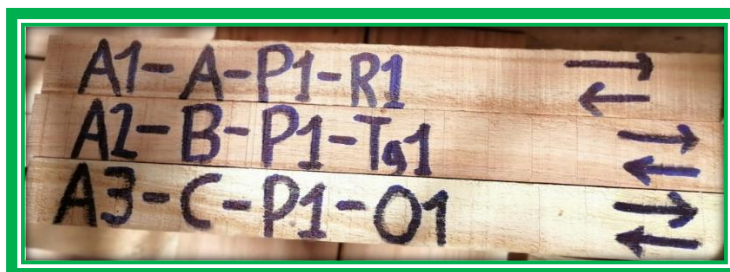
ENSAYO	DIMENSIONES DE PROBETAS (cm)	N° DE ARBOLES	PLANO DE CORTE	N° DE PROBETAS	N° TOTAL DE PROBETAS
CEPILLADO	4x10x100	3	Tangencial	9	27
			Radial	9	
			Oblicuo	9	
LIJADO	4x10x100	3	Tangencial	9	27
			Radial	9	
			Oblicuo	9	
MOLDURADO	4x10x100	3	Tangencial	3	9
			Radial	3	
			Oblicuo	3	
TALADRADO	3x10x30	3	Tangencial	6	18
			Radial	6	
			Oblicuo	6	
TORNEADO	2x2x12,5	3	Tangencial	3	9
			Radial	3	
			oblicuo	3	

Fuente: Elaboración propia, 2021

Codificación de las probetas

Para la correcta identificación de las probetas se colocó la nomenclatura con base a los siguientes aspectos, por ejemplo:

FIGURA N°32: Codificación de las probetas



Fuente: Ilustración propia, 2021

CUADRO N°6: Referencias codificación de las probetas

REFERENCIAS	
A1	Hace mención al número de árbol (A1-A2-A3)
A	Hace mención a la codificación de la troza (A-B-C)
P1	Hace mención al número de probeta P1-P2-P3
R	Hace mención al plano de corte (Radial, Tangencial, Oblicuo)
→	Dirección a favor del grano
←	Dirección en contra del grano

Fuente: Elaboración propia, 2021

Parafinado de probetas

Para evitar la pérdida de humedad de las probetas por los cantos se procedió a parafinar con cera líquida, esto para que la madera no pierda rápido su contenido de humedad y así disminuir los defectos en el secado.

FIGURA N°33: Parafinado de las probetas



Fuente: Ilustración propia, 2021

Método de apilado

Una vez obtenidas las tablas para el secado, se procedió al control del peso de cada una de ellas ya codificada, se anotaron en las planillas de registros, luego se procedió a su apilado de encastillado en sentido horizontal, en instalaciones del laboratorio de tecnología de la madera, ya que esta infraestructura cuenta con un espacio amplio y un techo para la protección de la lluvia, el sol y el viento durante su proceso de secado.

Apilado de la madera

Para llevar adelante el apilado de la madera se tomaron en cuenta los siguientes puntos:

- Se colocó las tablas sobre una base metálica, a 50 cm del suelo, a fin de facilitar la circulación del aire y evitar el contacto directo con el suelo que permite la infección de hongos e insectos.
- Se dejó un espacio de 15 cm entre canto y canto de las tablas

FIGURA N°34: Apilado de la madera



Fuente: Ilustración propia, 2021

Cubierta o techo

Se ubicó en el interior del tinglado para evitar la acción directa del sol y cambios bruscos de la humedad sobre el apilado, así se evitó que produzcan deformaciones y defectos en las tablas.

FIGURA N°35: Cubierta



Fuente: Ilustración propia, 2021

Orientación de la pila

La orientación que se le dio al apilado, ha sido en función de darle mayor circulación del aire y para darle protección del sol y así evitar rajaduras.

FIGURA N°36: Orientación de la pila



Fuente: Ilustración propia, 2021

Procedimiento para el control del secado

Humedad de la madera

Para la determinación del contenido de humedad inicial de las muestras, se basó en las recomendaciones específicas en la norma COPANT MADERAS-R- 460.

Para que los resultados sean exactos recomienda tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Se debe realizar la eliminación de todas las partículas adheridas a las probetas como ser aserrín o polvo antes de realizar el control del pesado de las mismas para tener mejores resultados.
- La humedad se calculó como un porcentaje del peso del agua que esta contiene, se calculó con la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Po}{Po} * 100$$

CH= Contenido de humedad de la madera (%)

Ph = Peso de la madera húmeda o peso inicial. (gr)

Po = Peso de la madera totalmente seca (anhidra).(gr)

Ejemplo:

El contenido de humedad inicial se determinó a través de 4 probetas de dimensiones (6cm de espesor x 6cm de ancho y x12 cm de longitud), obtenidas de los árboles apeados de la especie Paraíso (*Melia azedarach* L), tomando como peso inicial (peso verde) y posteriormente el peso anhidro(peso seco al horno).

Se determinó el contenido de humedad inicial aplicando la siguiente fórmula del contenido de humedad de la madera:

$$CH(\%) = \frac{467.00gr - 270.93gr}{270.93gr} * 100$$

$$CH (\%)=72.36\%$$

La madera de la especie Paraíso (*Melia azedarach* L) tuvo en un contenido de humedad del 72.36 %.

Cada probeta obtenida de las trozas ha sido codificada y pesada (peso inicial), luego se introdujo a la estufa donde se programó inicialmente a 60° de temperatura por 24 horas, transcurrido ese tiempo se retiró las muestras de la especie Paraíso, para luego registrar el segundo peso de cada una de ellas, se repitió el procedimiento gradualmente con 80°, 100 ° y 103+ 2°C.(Ver anexos N°2)

FIGURA N°37: Peso y Colocado de las probetas a la estufa



Fuente: Ilustración propia, 2021

Registro de datos del secado

El inicio del proceso de secado se lo realizó en fecha 03 de mayo del 2021 en las instalaciones del laboratorio de tecnología de la madera perteneciente a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, utilizando el metodo del encastillado horizontal. La toma de datos se realizó cada 7 días, donde se evaluó el secado de cada tabla, se procedió a pesar las tablas hasta que alcanzaron un peso constante.

FIGURA N°38: Control del contenido de humedad



Fuente: Ilustración propia, 2021

Determinación del contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad se procedió a realizar el control del contenido de humedad de las probetas cada 7 días, para lo cual se empezó con el contenido de humedad inicial el 03 de mayo del 2021, con el 72.36%.

Finalizando el 16 de agosto del 2021 variando el contenido de humedad de cada probeta, donde se estabilizó la humedad de la madera, se aplicó la siguiente fórmula del contenido de humedad de control (%):

$$CH = \frac{Pc}{Pi} * (CHI + 100) - 100)$$

Donde:

CHc= Contenido de humedad de control (%)

Pc= Peso de control cada 7 días (gr)

Pi= peso inicial de las probetas (gr)

CHI = Contenido de humedad inicial (%)

Ejemplo.

Se determinó el contenido de humedad para la probeta (A2-B-P2-Tg2), se aplicó la siguiente fórmula del contenido de humedad de control:

$$CHc = \frac{2930}{4345} * (72.36 + 100) - 100)$$

$$CHc=16.21\%$$

La probeta (A2-B-P2-Tg2), en un periodo de 3 meses y 13 días presentó un contenido de humedad del 16.21%.

Evaluación de defectos

Finalizando el tiempo de secado, se procedió a la evaluación visual de los defectos producidos durante el tiempo de secado.

ENSAYOS

Ensayo de cepillado

Para el ensayo de cepillado se utilizó un equipo denominado grueseadora, con porta cuchillas de un diámetro de 10 cm, y 30° de ángulo de corte normal, con capacidad de alojar 3 cuchillas, y una potencia de 5.000 r.p.m con una velocidad de alimentación de 12 (m/min), con un ancho de mesa de 40 cm., se usaron cuchillas de acero rápido (HSS), afilados de acuerdo al proceso de operación.

FIGURA N°39: Ensayo de cepillado



(Máquina cepilladora)

(Máquina grueseadora)

(Probetas cepilladas)

Fuente: Ilustración propia,2021

Probetas

Se utilizaron 3 árboles de la especie Paraíso (*Melia azedarach* L) de los cuales se extrajeron 9 probetas por árbol, haciendo un total de 27 probetas con los siguientes cortes:

- ✓ 9 en corte tangencial (plano)
- ✓ 9 en corte oblicuo (falso cuarteado)
- ✓ 9 en corte radial(cuarteado)

Las probetas fueron de dimensiones 4cm de espesor x 10 cm de ancho x 100 cm de longitud. Las probetas de madera seca se registraron con el contenido de humedad del 16,21%.

FIGURA N°40: Probetas de cepillado



Fuente: Ilustración propia, 2021

Procedimiento

- Las probetas para el ensayo del cepillado fueron marcadas con el número del árbol de procedencia y el número de probeta de modo que esta identificación no se pierda, con el cepillado
- En este ensayo se realizó con dos ángulos de corte 15° y 30° y una velocidad de corte de 12m/min con una profundidad de corte promedio de 1,0mm por pasada, reduciendo el espesor de la probeta hasta un mínimo de 2cm.
- Las 27 probetas fueron cepilladas en ambas caras tanto a favor como en contra del grano.
- Cada probeta fue introducida en la máquina en el mismo sentido de cada corte.
- Posteriormente se marcó el extremo de la probeta cuando emerge de la máquina para así poder indicar la dirección de alimentación y el lado que acaba de ser procesada.
- Al cambiar la dirección del grano, volteando la probeta a su cara opuesta, se marcó en forma diferente, que la anterior probeta ya ensayada.

Ensayo de lijado

Equipo y Materiales para el ensayo de lijado

Se utilizó una lijadora portátil, marca COROMA angle grinder (AB316A) de 8.500 r.p.m en el plato (disco de lijar) con un diámetro de 17.5 cm, debiéndose especificar

las características de la máquina para el ensayo del lijado (Velocidad de la lija, potencia del motor, longitud de la lija, dimensiones del plato, carga)

Materiales

Se utilizó dos tipos de lijas de óxido de aluminio, la N.º 60 y la N.º 100

FIGURA N°41: Ensayo de lijado



(lijadora portátil)

(lija N.º 60 y N.º 100)

(Lijado de las probetas)

Fuente: Ilustración propia, 2021

Probetas.

Se utilizaron nueve probetas por cada árbol, de madera seca al contenido de humedad de equilibrio del 16.21%.

El ancho de la probeta fue como máximo 2 cm menos que el ancho de la lija.

FIGURA N°42: Probetas del lijado



Fuente: Ilustración propia, 2021

Requisitos generales

- Se utilizó lijas en estado satisfactorio (no nueva por no ser representativa) se ensayó en la misma dirección utilizada en el cepillado (a favor o en contra del grano). Para el ensayo se agrupo cada tipo de corte, (radial, tangencial, oblicuo) y especie por separado.
- Durante el ensayo del cepillado la madera presento grano arrancado en algunas de las probetas para lo cual se trabajó con la lija N° 60 para eliminar dichos defectos y después se siguió con la lija N° 100 para evaluar la calidad de la superficie, de acuerdo a lo que nos indica la norma sobre el lijado.

Procedimiento para el ensayo del lijado

- Se determinó la facilidad o dificultad de lijar.
- Se hizo un lijado de rectificación previo al ensayo hasta eliminar las marcas de cepillado. Esta operación se hizo con lija N° 60 haciendo pasadas suaves a ambas caras.
- Se ensayó a una presión cercana o inferior de 100 gr/cm² manteniéndose dicha presión durante todos los ensayos.
- La velocidad del lijado (m/min) multiplicada por el tiempo de alimentación (minutos) de la remoción del metro.
- Durante el procedimiento se efectuó cuatro lijadas, dos de ida y dos de vuelta, suficiente para poder lograr una remoción significativa de más o menos 0.5 mm. La remoción se observó en cuatro puntos distribuidos a una distancia de 30 cm de los extremos y de 1 cm de los cantos.
- Se procedió a tocar la superficie de la madera inmediatamente después del lijado calificándose su temperatura como alta, mediana (temperatura humana =37°)
- Se observó la velocidad de ensuciamiento de la lija y la facilidad de remoción de la suciedad. De igual forma se determinó la velocidad del desgaste de la lija durante el lijado.

Calificación

Calificación con lija N/ 100

*Se calificó los defectos de rayado y vellosidad en 5 grados y se hicieron observaciones complementarias de ensuciamiento, facilidad de remoción de suciedad, desgaste y temperatura.

*Los calentamientos se determinaron después de cuatro pasadas consecutivas, (dos pasadas de ida seguida inmediatamente por dos de vuelta).

FIGURA N°43: Observación y calificación de la lija y la probeta



(Lijadora)

(lupa)

(Evaluación de la probeta)

Fuente: Ilustración propia,2021

Ensayo de torneado

Equipo y materiales para el ensayo de torneado

- Se utilizó un torno manual con varias velocidades de remoción del eje vivo, con un soporte especialmente preparado en forma escalonada y con guía para obtener 15 ° de Ángulo de corte.

FIGURA N°44: Ensayo del torneado



(Maquina torno) (Torneado de las probetas) (Probetas torneadas)

Fuente: Ilustración propia,2021

Materiales

- Se utilizó el cronómetro para registrar el tiempo
- Se utilizaron lija N° 100 y N° 60

FIGURA N°45 : Gurbias para el torneado



Fuente: Ilustración propia,2021

Herramientas.

- Se utilizó una gubia de 2 cm de ancho, con radio de curvatura exterior de 1 cm (lado convexo) y curvatura del filo de 1 cm (arista); y se afilo con un Ángulo de hierro a 40° afilado en la cara cóncava para obtener un Angulo de corte de 40 °.

- Se usó otra gubia de 2 cm de ancho, con radio de curvatura interior de 1 cm, afilado en el lado convexo con un Ángulo de hierro de 30° para ensayar de 0° a 15° de Ángulo de corte.

Probetas.

- Se prepararon 3 probetas por especie (3 árboles x 3 probetas por árbol = 9) de 2cm de espesor x 2 cm de ancho x 12.5cm de longitud con los respectivos cortes (radial, tangencial y oblicuo)

FIGURA N°46 : Probetas del torneado

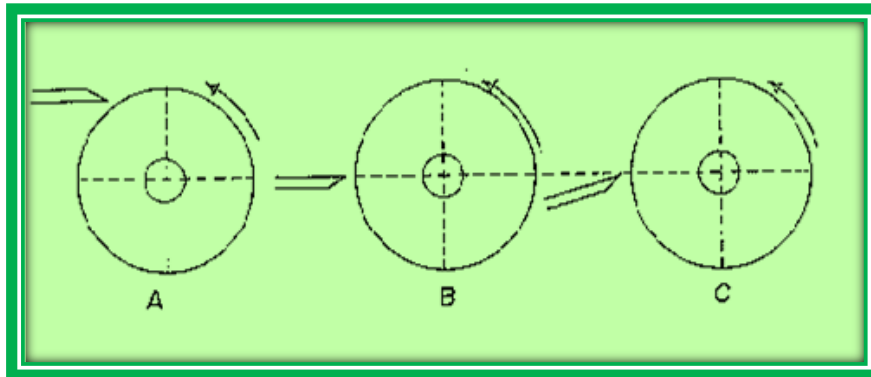


Fuente: Ilustración propia, 2021

Determinación de Ángulo de corte para Observación Paralela al Grano (Fondo).

- Se ensayaron en la misma probeta con Ángulo de corte de 40°, 0°, 15° (una probeta por árbol).
- Para el Ángulo de corte de 40° se ensayaron tangencialmente por encima de la probeta (**tipo A**).
- Con Ángulo de corte de 0° (**tipo B**) se ensayaron radialmente en la misma probeta.
- Para un Ángulo de 15° se utilizó una guía en el portaherramientas (**tipo C**).
- Se determinó el tiempo de penetración mediante un cronómetro, con el fin de igualar el tiempo de penetración de los tres cortes en cada probeta.

FIGURA N° 47: Tipos de Corte en Ensayos de Torneado.



Fuente: (BOLFOR, 1999)

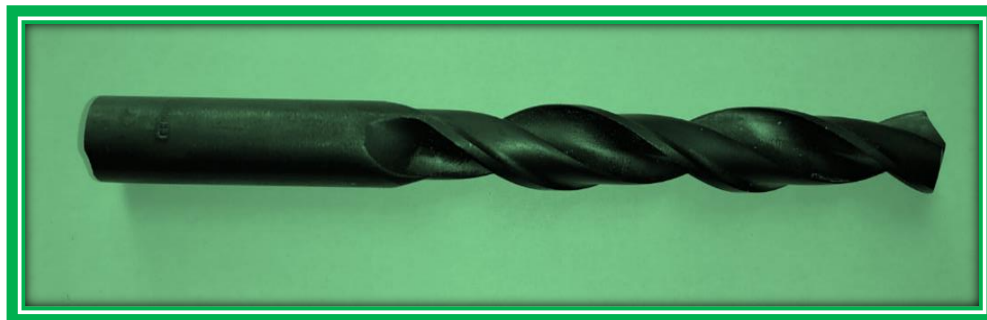
Se realizaron tres cortes en cada probeta para obtener un número satisfactorio de repeticiones.

Ensayo de taladrado

Elemento cortante para el ensayo de taladrado

Se usó una broca de doble hélice sin alas (broca de H.S.S.), de 1.25 cm o ½” pulgada de diámetro.

FIGURA N° 48: Broca para Ensayo de Taladrado.



Fuente: Ilustración propia, 2021

Equipo para el ensayo de taladrado

Para el ensayo del taladrado se utilizó un taladro eléctrico de un eje, de alimentación automática o manual, marca HOME MASTER y se ensayó a dos velocidades: una cercana a 1.000 r.p.m. y otra aproximadamente de 500 r.p.m.

FIGURA N°49: Ensayo del taladrado



Fuente: Ilustración propia, 2021

Probetas.

Las probetas tuvieron un espesor de 3cm de espesor x 10 cm de ancho x 30 cm de longitud. Se prepararon probetas de tres tipos de corte: radial, oblicuo y tangencial, con un total de 18 probetas (3 árboles x 3 tipos de corte x 2 velocidades de ensayo=18 probetas en totales).

FIGURA N°50: Probetas de taladrado



Fuente: Ilustración propia, 2021

Procedimiento.

- Se aplicó una carga de 30 Kg en el aje de la broca, haciéndose el agujero sin respaldo, o sea que la salida deberá estar libre.
- Para cada una de las dos velocidades de giro (500 r.p.m. y 1.000 r.p.m.) se determinó el tiempo de penetración de la broca.

Calificación.

Se llevó un registro minucioso de los datos en un rango de calificación de 5 grados, repartidos entre el peor y el mejor de los materiales ensayados.

Ensayo de moldurado

Equipo y Materiales para el ensayo de moldurado

- Se utilizó un tupi trompo de un eje, de alimentación manual, con una velocidad de giro preferentemente entre 5.000 a 7.000 r.p.m.
- Se fabricaron guías de seguridad hechas de madera, las cuales se fijarán con prensas manuales (dos laterales).
- Se utilizaron portacuchillas de aproximadamente 10 cm de diámetro y con un Angulo del portacuchillas de más o menos 30° para alojar dos o más cuchillas.

- La fresa tuvo un Ángulo libre de filo de 20°, ángulo de hierro de 40°, la lengua un ángulo libre lateral de 10° y se hizo un diseño de la cuchilla para producir la hembra del machihembrado.

FIGURA N.ª 51: Ensayo de moldurado



Fuente: Ilustración propia,2021

Probetas.

- Se utilizaron tres probetas por árbol, de madera seca a un contenido de humedad en equilibrio, de dimensiones 3cm de espesor x 10cm de ancho x 100 cm de longitud, con los tres tipos de orientación (radial, tangencial, oblicua). Se utilizaron las probetas de cepillado.

FIGURA N°52: Probetas de moldurado

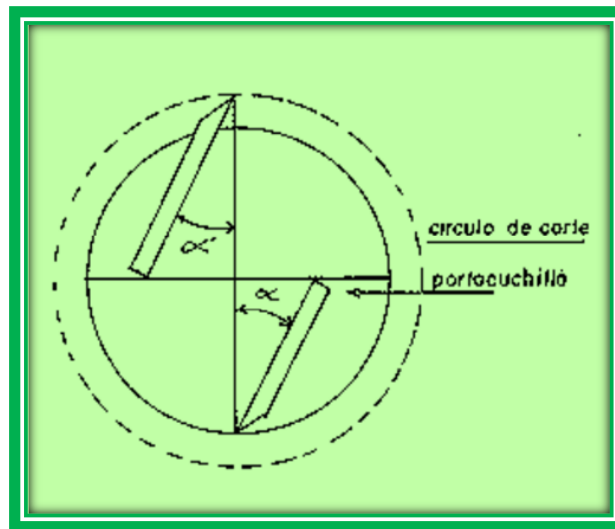


Fuente: Ilustración propia,2021

Procedimiento

- Se ensayo con una sola fresa sobresalida y las otras escondidas (contrapeso).
- El ángulo de corte se midió con respecto al filo al de la fresa más sobresaliente y el centro del radio como se indica en la figura N° 53.
- La fresa se proyectó como mínimo 13 mm.
- Se ensayó longitudinalmente en el canto de la probeta.
- Se ensayaron en caras opuestas para obtener resultados a favor y contra el grano.

FIGURA N°53: Ensayo de Moldurado en Cuchilla Sobresalida.



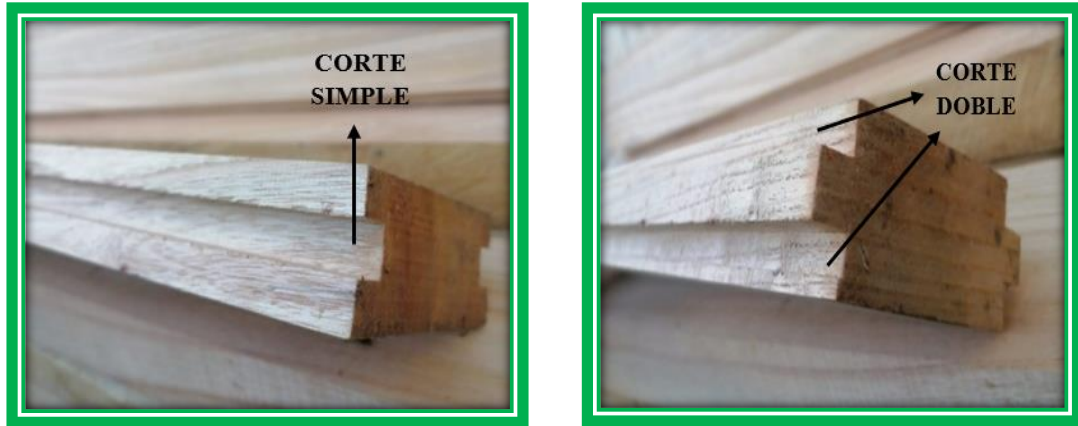
Fuente: (BOLFOR, 1999)

Calificación.

La calificación se realizó en dos zonas que se indican en la Figura.

- Zona 1: (la parte más corta de 3mm.) astillado o levantado y los defectos similares a cepillado o sea vellosidad, arrancado.
- Zona 2: (la parte más larga, de 10 mm) astillado y vellosidad.
- Las probetas se clasificaron en 5 grados en orden creciente según la presencia frecuencia y magnitud de los defectos mencionados.

FIGURA N°54: Zonas de calificación de probetas de moldurado



Fuente: Ilustración propia, 2021

Clasificación de los defectos en base a su extensión y severidad

Se procedió a calificar los resultados obtenidos de cada ensayo, en base a la Norma, ASTM-D-1666-64 (1970), en los que se indica rangos de calificación que van de 1 a 5 grados

CUADRO N°7: Rango, calidad, grado.

Rango	Calidad	Grado
0.0 - 1.0	Excelente	1
1.0 - 2.0	Buena	2
2.0 - 3.0	Regular	3
3.0 - 4.0	Mala	4
4.0 - 5.0	Deficiente	5

Fuente: Zavala Z.D (1976)

La presencia de los defectos se evaluó considerando la extensión de los defectos en la superficie de la probeta y la severidad de los mismos, con la siguiente cuantificación numérica.

CUADRO N°8: Extensión y severidad de los defectos.

Extensión del defecto	Categoría	Severidad del defecto	Categoría
1 /5.	1	Libre de defecto	1
2/5.	2	Muy superficiales	2
3/5.	3	Marcado	3
4/5.	4	Pronunciados	4
5/5.	5	Muy pronunciados	5

Fuente: Zavala Z.D (1976).

CUADRO N°9: Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto

GRADO	CALIFICACIÓN	ÁREA DE DEFECTO EN %	GRAVEDAD DEL DEFECTO
1	Excelente	0-4	Muy leve
2	Buena	5.-35	Leve
3	Regular	36-69	Acentuado
4	Mala	70-89	Grave
5	Deficiente	90-100	Muy grave

Fuente: Zavala Z.D (1976)

Sistema de evaluación de probetas de maquinado

Promediando la combinación numérica de los grados de las variables de extensión y severidad de los defectos

CUADRO N° 10: Sistema de evaluación de probetas de maquinado.

Extensión	severidad	combinación	promedio	Categoría
1	1	1—1	1	I
2	2	2—2	2	II
3	3	2—3	2.5	II
4	4	3—2	2.5	II
5	5	3—3	3	III

Calificación de probetas en función del porcentaje de piezas libres de defecto

CUADRO N°11: Porcentaje de piezas sin defecto.

CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	% PIEZAS
Excelente	Sin defectos	90-100
Bueno	Con defectos ligeros	80-90
Regular		60-80
Pobre	Con defectos severos	50-60
Muy pobre		0-50

Fuente: Zavala Z.D (1976)

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron evaluados de forma técnica y científica, con la finalidad de determinar y calificar las propiedades de trabajabilidad de la especie Paraíso (*Melia azedarach* L)

Resultados del contenido de humedad inicial

CUADRO N°12: Peso de las muestras para el cálculo del contenido de humedad.

CÓDIGO	PESO VERDE	60°	80°	100°	103°+2
A1	459,12	376,78	277,03	264,43	263,71
A2	426,63	343,67	260,75	253,17	252,62
B1	512,27	427,33	320,21	298,46	296,94
B2	470,01	388,22	283,74	271,74	270,43
SUMA	1868,03	1536	1141,73	1087,8	1083,7
MEDIA	467,01	384	285,43	271,95	270,92

Fuente: Elaboracion propia,2021

Se aplicó la fórmula correspondiente del contenido de humedad arrojando un porcentaje del 72.36% .

Resultados del secado

CUADRO N°13 : Control del peso y contenido de humedad para las probetas de cepillado, lijado, torneado y moldurado

N° DE ÁRBOL	TIPO DE CORTE	N° DE PROBETA	P/INICIAL 03/05/21	CH/INICIAL 03/05/21	P/ FINAL 16/08/021	CH/ FINAL 16/08/021
1	RADIAL	A1-A-P1-R1	4050	72,36	2705	18,03
		A1-A-P2-R2	4060	72,36	2800	18,86
		A1-A-P3-R3	4075	72,36	2800	18,43
	TANG	A1-A-P1-Tg1	4825	72,36	3350	18,24
		A1-A-P2-Tg2	3415	72,36	2285	15,32
		A1-A-P3-Tg3	3950	72,36	2690	17,01
	OBLICUO	A1-A-P1-O1	4255	72,36	2895	17,26
		A1-A-P2-O2	3920	72,36	2640	16,07
		A1-A-P3-O3	4390	72,36	3000	17,78
2	RADIAL	A2-B-P1-R1	4130	72,36	2845	18,73
		A2-B-P2-R2	4102	72,36	2700	16,97
		A2-B-P3-R3	4905	72,36	3315	16,48
	TANG	A2-B-P1-Tg1	4710	72,36	3250	18,93
		A2-B-P2-Tg2	4345	72,36	2860	13,45
		A2-B-P3-Tg3	4010	72,36	2720	16,91
	OBLICUO	A2-B-P1-O1	4620	72,36	3180	18,63
		A2-B-P2-O2	4955	72,36	3400	18,26
		A2-B-P3-O3	4340	72,36	2970	17,95
3	RADIAL	A3-C-P1-R1	3970	72,36	2725	18,3
		A3-C-P2-R2	4410	72,36	3000	17,25
		A3-C-P3-R3	3795	72,36	2585	17,4
	TANG	A3-C-P1-Tg1	4110	72,36	2800	17,42
		A3-C-P2-Tg2	4120	72,36	2825	18,18
		A3-C-P3-Tg3	3660	72,36	2480	16,79
	OBLICUO	A3-C-P1-O1	4775	72,36	3355	18,03
		A3-C-P2-O2	3975	72,36	2740	18,77
		A3-C-P3-O3	3635	72,36	2505	18,77

Fuente: Elaboración propia, 2021

En el cuadro presentado anteriormente se observa el contenido de humedad inicial con un 72,36% finalizando el tiempo de secado variado el contenido de humedad para cada probeta con un promedio del 16.21% durante 3 meses y 13 días.(ver cuadro completo en anexos N° 2)

Evaluacion de defectos

Las piezas de 4cm x 10cm x 100cm, presento defectos leves a causa de los nudos como agrietamiento en 2 piezas de las 27, y acanaladura en 2 piezas, las cuales se las repuso con las piezas que se tenía para remplazo (testigos), de igual forma se pudo evaluar que la madera del Paraiso es propensa al ataque de (termitas) para poder frenarlas se utilizó el diesel evitando así que las termitas afecte a las demas probetas.

En las probetas de 4cm x 10cm x 30 cm, de igual forma se presentó tambien defectos leves como acanaladura en 2 piezas de las 18, para lo cual fue remplazada por otra.

ENSAYO DE CEPILLADO

CUADRO N° 14.-RESULTADOS DEL ENSAYO DE CEPILLADO

NOMBRE COMÚN	PARAISO
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Melia azedarach L</i>

ESTADO DE LA MADERA	GRADOS	SIMBOLOGÍA		CALIFICACIÓN VALORES CONSTANTES											
				TANGENCIAL				RADIAL				OBLICUO			
				→		←		→		←		→		←	
MADERA SECA	15°	X	X%	1,944	1,889	2,333	1,777	1,722	1,777	1,833	1,888	2,166	1,888	1,944	2,000
		S%	SD	1,044	1,661	0,901	1,933	0,939	1,505	0,829	1,583	1,274	1,816	0,726	1,661
		N	K	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
MADERA SECA	30°	X	X%	2,055	1,888	2,444	2,000	2,166	1,888	1,722	1,555	2,333	2,222	2,556	2,222
		S%	SD	1,102	1,738	0,916	2,011	0,866	1,816	0,939	1,505	0,829	1,933	1,157	2,088
		N	K	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
		X	Promedio de los grado de Defecto												
		X%	Promedio de los porcentaje de extension de defecto												
		S%	Desviacion estandar entre Probetas												
		SD	Defecto dominante												
		N	Numero de Probetas												
		K	Numero de Arboles												

Fuente: Elaboracion propia,2021

Análisis del resultado de cepillado

Después de cada uno de los ensayos realizados, las probetas se evaluaron visualmente exponiéndola a la luz natural y con una ayuda de la lupa se identificaron los defectos que presentó en el cepillado. Se analizó los defectos en los ángulos de 15° y 30 °, se observó que a mayor Ángulo de corte los defectos resaltan más ya sea en corte tangencial, radial u oblicuo.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante el cepillado para un Ángulo de 15°se calificó dentro del rango de calidad de buena de 1-2 considerando un porcentaje de piezas de 70 a 80 % libre de defecto y para un Ángulo de 30°, se considera dentro del rango de calidad de buena de 1-2, con un porcentaje de 70 a 80% libre de defecto

Reporte de defectos secundarios del cepillado

Como defectos secundarios del cepillado se consideró la calificación respecto al área de los defectos y gravedad del defecto que se encontró en la madera.

**CUADRO N° 15.-REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL
CEPILLADO A 15°**

PROBETA	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
9	Tangencial	A favor del grano	1,333 Leve	1,266 Leve	1,155 Leve
9	Tangencial	En contra del grao	2 Leve	1,866 Leve	1,755 Leve
PROBETA	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
9	Radial	A favor del grano	2,111 Acentuado	1,888 Leve	1 Muy leve
9	Radial	En contra del grao	1,722 Leve	1,555 Leve	1,158 Leve
PROBETA	ORIENTACION	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
9	Oblicuo	A favor del grano	1,189 Leve	1 Muy leve	0,988 Muy leve
9	Oblicuo	En contra del grao	2,144 Acentuado	2,455 Acentuado	1,155 Leve

Para el corte tangencial se lo calificó dentro del rango de 1-2 como buena a favor y en contra del grano, para el corte radial se calificó dentro del rango de 0-1 como excelente para grano levantado a favor y en contra del grano, 1-2 buena para grano vellosa, 2-3 regular para grano arrancado a favor del grano y 1-2 buena en contra del grano. Para el corte oblicuo 1-2 buena a favor del grano y 2-3 regular en contra del grano para el

grano arrancado, 0-1 excelente a favor del grano y 2-3 regular en contra del grano para el grano vellosos, 0-1 excelente a favor del grano y 1-2 buena en contra del grano para el grano levantado.

**CUADRO N° 16.-REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL
CEPILLADO A 30°**

PROBETA	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
9	Tangencial	A favor del grano	1,000 Leve	1,333 Leve	1,622 Leve
9	Tangencial	En contra del grano	2 Leve	1,225 leve	1,755 Leve
PROBETA	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
9	Radial	A favor del grano	2,000 Leve	1,888 Leve	2,000 Leve
9	Radial	En contra del grano	1,155 Leve	1,555 Leve	1,188 Leve
PROBETA	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
9	Oblicuo	A favor del grano	1,189 Leve	1 Muy leve	1,888 Leve
9	Oblicuo	En contra del grano	1 Muy leve	2,111 Acentuado	2,111 Acentuado

Se calificó el reporte secundario para el corte tangencial y radial 1-2 como buena. Para el corte oblicuo 1-2 como buena a favor del grano y 0-1 excelente en contra del grano, para el grano arrancado, 1-2 excelente para grano vellosos a favor del grano y 2-3 regular en contra del grano, 1-2 buena a favor del grano para grano levantado y 2-3 regular en contra del grano.

ENSAYO DE LIJADO

CUADRO N° 17.-RESULTADO DEL ENSAYO DE LIJADO

NOMBRE COMÚN	PARAISO
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Melia azedarach L</i>

CORTE	SIMBOLOGIA		DEFECTOS								VELOCIDAD DE ENSUCIAMIENTO	FACILIDAD DE REMOCIÓN	VELOCIDAD DE DESGASTE DE ABRACIVOS	TEMPERATURA DE LA LIJA
			RAYADO				VELLOCIDAD							
			→		←		→		←					
TANG	O	S	1,500	0,433	1,389	0,417	1,500	0,433	1,556	0,391	A	M	M	M
	N	K	9	3	9	3	9	3	9	3				
RADIAL	O	S	1,500	0,354	1,556	0,391	1,500	0,354	1,444	0,391	A	M	M	M
	N	K	9	3	9	3	9	3	9	3				
OBLICUO	O	S	1,772	0,363	1,556	0,301	1,556	0,391	1,389	0,333	A	M	M	M
	N	K	9	3	9	3	9	3	9	3				

O	Valor promedio de los grados de defectos
S	Desviación estándar entre probetas
N	Número de probetas
K	Número de arboles

A	ALTA
M	MEDIA
B	BAJA

Fuente: Elaboracion propia,2021

Análisis del resultado de lijado

De acuerdo a las especificaciones de la Norma se utilizaron dos tipos de lija N° 60 y la N° 100, la evaluación de las probetas se realizó después de procesarlas con la lija N°100.Los resultados del ensayo de lijado fueron positivos en los defectos a analizar, tanto en rayado como en vellosidad dando un rango entre 0-1 calificándola como

excelente y 1-2 calificándola como buena. Con un porcentaje de piezas libre de defecto de 80-90 %.

También se calificó la velocidad de ensuciamiento de la lija como “A” alta, y mientras que la temperatura, facilidad de remoción de suciedad, facilidad de desgaste de abrasivos y temperatura de la lija se calificó como “M” media.

ENSAYO DE TORNEADO

CUADRO N° 18.-RESULTADO DEL ENSAYO DE TORNEADO

NOMBRE COMÚN	PARAÍSO
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Melia azedarach L</i>

ÁNGULO DE CORTE	SIMBOLOGÍA	TIEMPO EN SEGUNDOS	NÚMERO		DEFECTOS	
			CORTE (N)	ARBOLES (K)	GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO
ÁNGULO DE CORTE 0°	O	11,972	3	3	2,666	2,500
	S	1,697	3	3	0,577	0,500
ÁNGULO DE CORTE 15°	O	14,385	3	3	2,333	2,166
	S	2,585	3	3	0,288	0,288
ÁNGULO DE CORTE 40°	O	13,297	3	3	3,833	2,833
	S	0,879	3	3	0,288	0,288

O	Valor promedio de los grados de defectos
S	Desviación estándar entre probetas
N	Número de probetas
K	Número de arboles

Fuente: Elaboracion propia,2021

Análisis del resultado de torneado

Las probetas del torneado se analizaron visualmente exponiéndolas a la luz natural y a través de la lupa, calificándolas en una escala de 1 a 5 con base a una presencia y ausencia de defectos de grano arrancado y veloso. Los resultados del ensayo de torneado según el ángulo 0° se calificó como regular en grano arrancado y regular en grano veloso.

En el ángulo de 15° se calificó como regular en grano arrancado y regular en el defecto grano veloso.

Posteriormente en el ángulo de 40° se calificó como mala en grano arrancado y regular en el defecto del grano veloso.

ENSAYO DE TALADRADO

CUADRO N° 19.-RESULTADO DEL ENSAYO DE TALADRADO

NOMBRE COMÚN	PARAÍSO
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Melia azedarach L</i>

ESTADO DE LA MADERA	REVOLUCIONES	SIMBOLO GÍA		TIEMPO DE PENETRACIÓN (SEG.)						CALIFICACIÓN					
				TANGENCIAL		RADIAL		OBLICUO		TANGENCIAL		RADIAL		OBLICUO	
MADERA SECA	500 RPM	O	S	8,403	0,723	8,341	0,727	9,123	0,407	1,667	0,577	1,666	0,577	1,667	1,154
		N	K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MADERA SECA	1000 RPM	O	S	3,816	0,738	4,581	0,796	5,546	0,473	1,333	0,577	2,000	1,000	2,000	1,000
		N	K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

O	Valor promedio de los grados de defectos
S	Desviación estándar entre probetas
N	Número de probetas
K	Número de arboles

Fuente: Elaboracion propia,2021

Análisis del resultado de taladrado

Los resultados del ensayo de taladrado considerando la orientación y el número de revoluciones por minuto (r.p.m.) concluyeron que a mayor velocidad de giro los defectos resaltan más, lo contrario que en menor velocidad los defectos disminuyen gradualmente según la orientación de la probeta.

Para 500 r.p.m. y 1.000 r.p.m. presentó un rango de 1-2 calificándola como buena en corte tangencial, radial y oblicuo.

ENSAYO DE MOLDURADO

CUADRO N° 20.-RESULTADOS DEL ENSAYO DE MOLDURADO

(CORTE SIMPLE)

NOMBRE COMÚN	PARAÍSO
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Melia azedarach L</i>

SENTIDO	ANCHO DE MARCA (mm)			SIMBOLOGÍA	CALIFICACIÓN								
					CORTE SIMPLE								
					TANGENCIAL			RADIAL			OBLICUO		
	T	R	O		ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO
→ A FAVOR DEL GRANO	1	1	1	O (g)	1,666	1,666	1,000	1,333	2,000	1,333	2,333	1,000	1,666
				S (g)	0,577	0,577	0,000	0,577	0,000	0,577	1,157	0,000	0,577
				O (%)	1,333	1,500	1,166	1,166	1,500	1,166	2,000	1,333	1,333
				S (%)	0,288	0,500	0,288	0,288	0,000	0,288	0,866	0,288	0,288
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3
← EN CONTRA DEL GRANO	1	1	1	O (g)	1,666	2,000	2,666	1,666	1,333	1,333	1,333	1,000	1,666
				S (g)	0,577	1,000	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,000	0,577
				O (%)	1,333	1,833	2,000	1,500	1,500	1,166	1,500	1,500	1,666
				S (%)	0,577	0,763	0,500	0,000	0,500	0,288	0,000	0,500	0,288
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3
O (g)	PROMEDIO DE LOS GRADO DE DEFECTO												
S (g)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DEL GRADO DE DEFECTO												
O (%)	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE EXTENSION DEL DEFECTO												
S (%)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DE LA EXTENSION DEL DEFECTO												
N	NUMERO DE PROBETAS												
K	NUMERO DE ARBOLES												

Fuente: Elaboracion propia, 2021

Análisis de resultado del moldurado (corte simple)

El resultado del ensayo de moldurado en el corte simple, considerando la dirección del grano, orientación de la probeta y tipo de corte se lo pudo calificar a favor del grano en el corte tangencial en un rango de 1-2 como buena para grano arrancado, astillado y velloso, para el corte radial 1-2 calificándola como buena y para el corte oblicuo 2-3 calificándola como regular para grano arrancado y 1-2 calificándola como buena para grano astillado y grano velloso. Con un porcentaje de piezas libre de defecto 80-90%. Mientras que para en ensayo en contra del grano se lo calificó en un rango de 1-2 para el corte tangencial, radial y oblicuo calificándola como buena para grano arrancado, astillado y velloso. Con un porcentaje de piezas libre de defectos del 70-80%.

CUADRO N° 21.-RESULTADO DEL ENSAYO DE MOLDURADO

(CORTE DOBLE)

NOMBRE COMÚN	PARAÍSO
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Melia azedarach L</i>

SENTIDO	ANCHO DE MARCA (mm)			SIMBOLOGIA	CALIFICACION									
					CORTE DOBLE									
					TANGENCIAL			RADIAL			OBLICUO			
	T	R	O		ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	
→ A FAVOR DEL GRANO	1	1	1	O (g)	1,333	2,000	1,666	1,666	1,333	1,333	1,333	1,666	1,000	
				S (g)	0,577	1,000	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,000
				O(%)	1,666	1,833	1,500	1,166	1,500	1,166	1,666	1,166	1,166	
				S (%)	0,288	0,577	0,500	0,288	0,000	0,763	0,577	0,288	0,288	
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
← EN CONTRA DEL GRANO	1	1	1	O (g)	1,666	1,333	2,000	1,333	1,333	2,333	1,333	2,333	2,000	
				S (g)	0,577	0,577	1,000	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	1,000	
				O(%)	1,833	1,166	2,000	1,666	2,000	1,833	1,500	2,166	1,500	
				S (%)	0,763	0,288	0,866	0,288	0,500	0,288	0,500	0,288	0,500	
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
O (g)	PROMEDIO DE LOS GRADO DE DEFECTO													
S (g)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DEL GRADO DE DEFECTO													
O(%)	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE EXTENSION DEL DEFECTO													
S (%)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DE LA EXTENSION DEL DEFECTO													
N	NUMERO DE PROBETAS													
K	NUMERO DE ARBOLES													

Fuente: Elaboración propia, 2021

Análisis de resultado del moldurado (corte doble)

El resultado del ensayo de moldurado en el corte doble, considerando la dirección del grano, orientación de la probeta y tipo de corte se lo pudo calificar a favor del grano en un rango de

1-2 como buena para grano arrancado, astillado y velloso con un porcentaje de pieza libre de defectos de 80-90%.

En contra del grano para corte tangencial y radial, 1-2 calificándola como buena para el corte oblicuo, 1-2 calificándola como buena para grano arrancado y grano velloso, para grano astillado 2-3 calificándola como regular. Con un porcentaje de piezas libre de defectos del 80-90%.

Discusión

Dado los resultados obtenidos en el presente estudio, se realizó la búsqueda de trabajos relacionados con el estudio de trabajabilidad perteneciente a la familia (*Meliaceae*), no se encontraron dicha información. Se hizo la comparación con la especie Aliso (*Alnus acumunata* H.B.T) trabajo realizado por Saul Vargas.

Para los ensayos de cepillado, lijado, taladrado de la especie Paraíso las diferencias fueron mínimas con la especie Aliso, calificándose para ambas dentro de la calidad de buena a regular.

Por el contrario, para la especie Paraíso en los ensayos de torneado se calificó dentro de la calidad de regular a mala, para la especie Aliso de mala a deficiente, en cuanto al moldurado para la especie Paraíso se calificó dentro de la calidad de buena para el corte simple y corte doble, mientras tanto para la especie Aliso, fue categorizada en una calidad de regular a mala existiendo diferencias significativas entre ambas especies.

**CUADRO N° 22. RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE TRABAJABILIDAD
APROXIMADO AL 16.21% DE C.H.**

ESPECIE	CEPILLADO	LIJADO	TORNEADO	TALADRADO	MOLDURADO
Paraíso <i>Melia</i> <i>azedarac</i> h L	Con velocidad constante 12m/min. A 15° y 30° lo que predominó más fue el rango de 1-2 calificándola como buena	Para la lija N° 100 calificándola se en un rango 1-2 como buena .	Para 0° presentó un rango de 2-3 regular , para 15° regular y para 40° mala para grano arrancado y regular para grano vellosos	Presentó un rango de 1-2 calificándola como buena	En el corte doble presento un rango de 1-2 calificándola como buena , para el corte simple 1-2 de igual forma calificándola como buena .

Fuente: Elaboración propia, 2021

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Con un contenido de humedad del 16.21% la madera de la especie Paraíso (*Melia azedarach* L) sometida a los diferentes ensayos de las propiedades de trabajabilidad, obteniendo las siguientes conclusiones:

- El comportamiento de la madera en operaciones de cepillado a favor y en contra del grano, en los diferentes planos de corte (Radial, Tangencial y Oblicuo) de acuerdo a los resultados obtenidos con un ángulo de corte de 15° y 30° se calificó dentro de la categoría buena, con un 70 a 80% piezas libre de defectos.

El factor velocidad de alimentación fue determinante para que se presentaran tales defectos, ya que cepillado a velocidades de alimentación lentas se obtienen mejores resultados. Los defectos más frecuentes fueron de grano arrancado, grano levantado que se considera como grano dominante tanto a favor y en contra del grano. La severidad de los defectos de cepillado, fueron en general bajos ya que pueden ser eliminados con facilidad durante la operación del lijado.

Demostrando que la madera del Paraíso tiene una buena trabajabilidad en operaciones de cepillado a 15° y 30°.

- El comportamiento de la madera en la operación del lijado en los cortes a favor y en contra del grano en los tres planos de corte se calificó en el grado de calidad 2 que corresponde a buena. Con un porcentaje de piezas libre de defecto de 80 a 90%, el rayado y velocidad corresponden dentro de la categoría de buena.

Demostrando que la madera del Paraíso tiene una buena trabajabilidad en operaciones de lijado.

- Los resultados del ensayo de torneado tomando en cuenta los tres ángulos de corte fueron en 0° calificándola como Regular, 15° calificándola como Regular y para 40° mala para grano arrancado y regular en el defecto de grano veloso, estos defectos son mínimos al realizar el torneado a una velocidad de giro de 2200 r.p.m. (revoluciones por minuto).

La madera del Paraíso demuestra un comportamiento Regular en ángulos de 0° y 15° mala en ángulo de 40°.

- El comportamiento de la madera en operaciones de taladrado considerando la orientación de las probetas se evaluó la perforación con 500 r.p.m. dando una calificación del perforado como buena, para 1000r.p.m. de la misma forma se califica como buena, presentando como defecto dominante el grano levantado.

Demostrando que la madera del Paraíso tiene una buena trabajabilidad en operaciones de taladrado a 500 y 1000 r.p.m.

- En operaciones de moldurado, considerando la dirección del grano orientación de la probeta y tipo de corte, se lo calificó como buena los defectos de grano arrancado, astillado y velloso.

Para el corte simple y doble se calificó como buena y con un porcentaje de piezas libre de defectos de 80 a 90%.

Con los datos obtenidos se demostró que la madera del Paraíso, tiene una buena trabajabilidad en operaciones de moldurado en corte simple y corte doble.

Recomendaciones

- Elegir árboles de buena representatividad para los posteriores estudios.
- Orientar correctamente las trozas durante el corte, para obtener probetas de ensayo con buena calidad en los diferentes tipos de corte.
- Se recomienda llevar adelante un buen parafinado a las probetas para evitar cualquier tipo de defecto durante el secado.
- Realizar estudios comparativos de trabajabilidad del Paraíso (*Melia azedarach*), provenientes de otras zonas.

- Considerando todos los resultados en los diferentes ensayos de la madera Paraíso (*Melia azedarach* L), se pudo comprobar que tiene una buena trabajabilidad en las operaciones de cepillado, lijado, taladrado y moldurado, demostrando un buen

acabado, por lo tanto, se puede recomendar para elaboración de muebles de carpintería, ebanistería, molduras, por el contrario, en operación de torneado como regular y mala no es recomendable para trabajos de tornerías.