

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

Hoy en día el uso de los recursos naturales, en particular de uso forestal del país, ha constituido un déficit de los productos provenientes del bosque y muy especialmente de maderas preciosas que con anterioridad fueron explotadas de manera discriminada, las cuales se encuentran seriamente amenazadas y algunas al borde de la extinción.

De esta manera, se busca incorporar nuevas especies de madera proveniente de los bosques nativos, para su posterior estudio tecnológico y poder determinar sus propiedades físicas, mecánicas, y sobre todo los estudios de trabajabilidad de todas las especies que no están consideradas dentro del uso de mayor importancia, para así poder sustituir a las maderas preciosas que en la actualidad son comercializadas y usadas para la ebanistería en un sin fin de artículos como ser puertas, ventanas, sillas, roperos, camas, etc. (Vargas, s. m. 2017)

Se puede lograr mejores resultados de apariencia estética de los productos provenientes de la madera, gracias a los estudios de trabajabilidad, de un sin fin de especies a las cuales no se le realizaron estos estudios.

El propósito de la investigación de la trabajabilidad de la madera es poder integrar otras especies para que estas puedan sustituir a las que se encuentran en vía de extinción, facilitando materia prima para las industrias y otros consumidores y reduciendo la extracción indiscriminada de las maderas preciosas.

El presente trabajo puede contribuir al mejor conocimiento de la madera de la especie de Quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart), con la finalidad de proveer información, técnicas lo cual permitirá la incorporación de nuevas especies forestales a la industria de madera. De esta forma ofreciendo nuevos productos y abriendo más mercado para la industria maderera.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En Bolivia la demanda de productos maderables y la continua disminución de especies forestales de valor comercial están obligando a buscar cada vez nuevas especies que puedan cubrir la demanda del mercado maderero considerando que en el país hay una diversidad de formas de vida en la vegetación. Una de ellas es

Bajo la premisa de diversificar la oferta maderable en la industria maderera y carpintería en general, es necesario investigar y socializar los resultados de la especie sobre su trabajabilidad y comportamiento de la misma como nueva especie.

Considerando buscar nuevas especies que vengán a sustituir para otras maderas valiosas, adecuando las normas establecidas para la trabajabilidad de la madera en lo que se refiere en las operaciones principales de cepillado, moldurado, taladrado, lijado y torneado.

1.3 Planteamiento del problema

En el departamento de Tarija persiste una explotación irracional y selectiva de especies que han sido usados tradicionalmente como el lapacho, roble, cedrillo, cedro, entre otras. Esto ha provocado la disminución progresiva y peligrosa de estas especies valiosas por lo que es necesario introducir nuevas especies en la industria maderera.

La especie (*Lonchocarpus lilloi*-(Hassler) Burkart) se encuentra entre una de las especies poco estudiadas y en consecuencia poco aprovechadas.

La ejecución del presente trabajo de investigación estará enfocada en aportar información útil sobre la respuesta de la Quina blanca.

1.4 HIPÓTESIS

La especie Quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart), es una especie maderable muy útil y tiene propiedades buenas y aceptables para su trabajabilidad en operaciones de maquinado por sus características que presenta, es por esta razón que motiva a realizar el estudio con la finalidad de recomendar sus usos probables.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Determinar las propiedades de trabajabilidad de la madera Quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart), procedente de la comunidad Chiquiacá Norte, Entre Ríos –Tarija, mediante las operaciones de maquinado para darle un mejor aprovechamiento, uso de esta especie y facilitar la integración de maderas opcionales a las necesidades de los consumidores.

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de las operaciones de trabajabilidad de la madera de Quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart), a través del cepillado, moldurado, torneado lijado y taladrado empleando la norma (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales y las normas COPANT MADERAS 458-460.
- Clasificar a la madera de acuerdo a su grado de calidad de maquinado de la especie Quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart), referida a grados de defectos de acuerdo a patrones obtenidos de las normas (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEPTO SOBRE ESTRUCTURA DE LA MADERA

La madera se puede definir como un conjunto de tejidos que se encuentran hacia la parte interna de la corteza. Específicamente es la zona comprendida entre la médula y el cambium vascular y en la misma se cumplen diversas funciones: Conducción de agua y sales minerales absorbidas por la raíz, soporte o resistencia mecánica y almacenamiento de sustancias alimenticias. Corresponde a lo que técnicamente se conoce con el nombre de xilema secundario (León, 2001).

2.2 Partes del tronco

Según León, 2001; las partes del tronco son:

2.2.1 Corteza

Término utilizado para referirse a todos los tejidos que se encuentran hacia el lado externo del cambium vascular.

2.2.2 Cambium vascular

Es un meristemo lateral presente en las plantas vasculares y el cual produce xilema secundaria y el floema secundario. Es el responsable del crecimiento en grosor de los tallos en las cuales se presenta.

2.2.3 La médula

Representa el corazón de muchos tallos. En su mayor parte se compone de células parenquimatosas que almacenan productos nutritivos como el almidón.

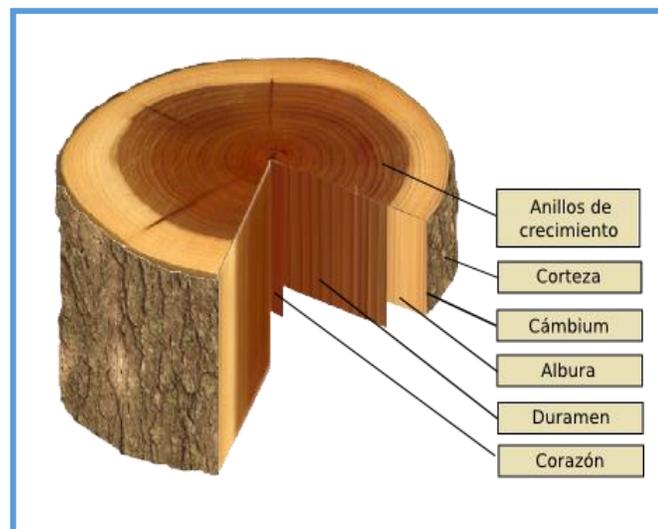
2.2.4 Anillos de crecimiento

Son capas concéntricas que representan la cantidad de madera producida por el cambium vascular cuando se presentan condiciones favorables para el crecimiento.

2.2.5 Albura y duramen

La parte del xilema en la cual algunas células aún están vivas y en consecuencia fisiológicamente activas se conoce con el nombre de albura. Pasado cierto tiempo, durante el cual el protoplasma de las células de la xilema muere, este tejido se transforma en otro llamado duramen. En la albura, debido a la presencia de células vivas, se almacenan sustancias de reserva. De igual manera, la conducción de agua sólo se limita a la albura. El duramen cumple la función de soporte o resistencia del tronco.

Figura N° 1 Partes del tronco



Fuente: (Wikipedia, 2022)

2.3 Planos de corte de la madera

Se conoce como planos o sección de corte en la madera a las superficies que resultan al cortar una pieza de madera en diferentes planos. Debido a la manera como crece el árbol y el arreglo de las células xilemáticas dentro del tallo, se reconocen tres planos principales en los cuales la madera es examinada ordinariamente. Estos planos o superficies son: transversal, radial y tangencial.

Los cortes en un tronco pueden ser de tres tipos (ver Fig.1):

2.3.1 Sección transversal

Es el corte perpendicular al eje longitudinal del tronco o árbol. Es la superficie observable en el extremo de una troza.

En este plano se observan los anillos de crecimiento y sus características: ancho de anillos, porcentaje de madera temprana, madera tardía y tipo de transición entre las mismas. Otros elementos macroscópicos que se observan en esta sección, son el tipo de porosidad, agrupación y disposición de los poros, contenido de los poros, tamaño de los poros, tamaño de los radios, tipo de parénquima, textura y el tipo de transición que existe entre albura y duramen.

En las latifoliadas se observa los vasos o poros y en las coníferas las traqueidas, estas están cortadas transversalmente y se observan como pequeños orificios. (Serrano, 2001).

2.3.2 Sección radial

Es el corte paralelo al eje longitudinal del tronco o tallo, donde el mismo es paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.

A nivel macroscópico, en este plano se observa el tamaño de los radios, tipo de grano y el lustre o brillo de la madera. El corte más estable es el radial, con respecto a la tangencial porque hay menor contracción.

2.3.3 Sección tangencial

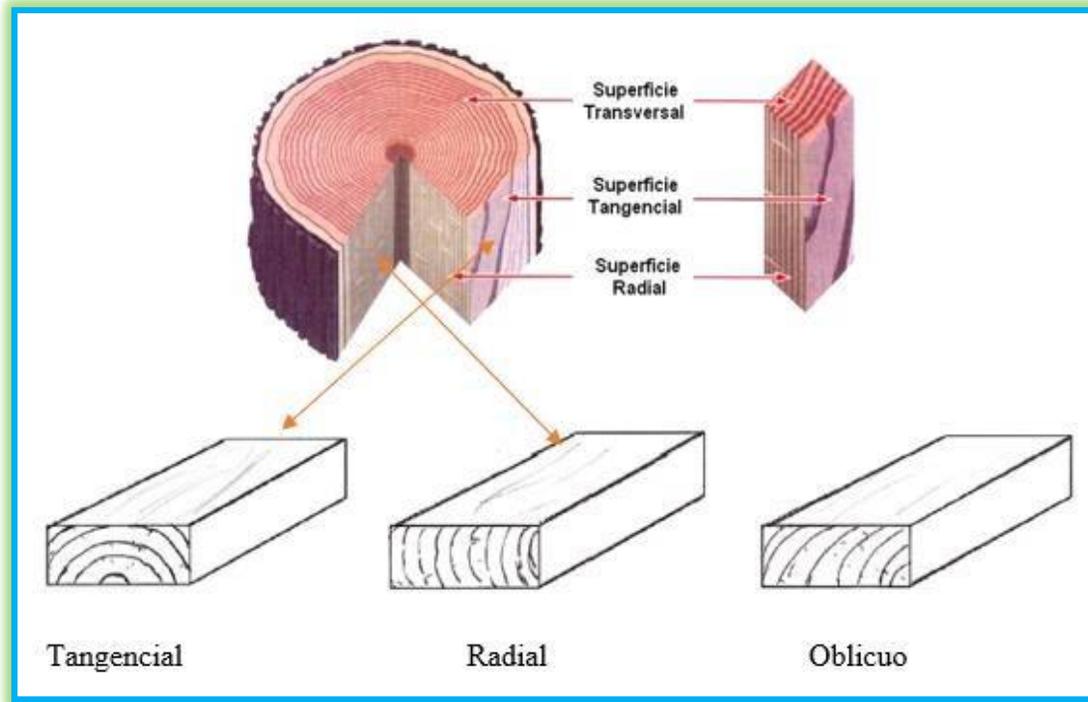
Es el corte paralelo al eje longitudinal del tronco o tallo, donde el mismo es perpendicular a los radios o tangente a los anillos de crecimiento.

En este plano, a nivel macroscópico, se observa la presencia de magnitud de las líneas vasculares. Los radios son visibles a nivel macroscópico, sólo si son de tamaño mediano a grande y se presentan como pequeñas líneas oscuras que se extienden en la dirección longitudinal. La longitud de esa línea representa la altura del radio (Serrano, 2001).

2.3.4 Corte oblicuo (falso cuarteado)

Cuando se realiza de manera intermedia entre el corte tangencial y el corte radial (Serrano, 2001).

Figura N° 2 Plano de cortes de la madera



Fuente: Elaboración propia

2.4 DEFECTOS DE LA MADERA

2.4.1 Defectos naturales de la madera

(Serrano,2001) la madera no es un material manufacturado como el concreto y el acero, sino un producto natural renovable el cual se desarrolla generalmente al aire libre y expuesto continuamente a condiciones variables de viento e intemperismo. Es común que presente diversas características asociadas al proceso de crecimiento de los árboles. A estas características les llamamos “defectos”. Tienen su origen cuando el árbol está en pleno proceso de desarrollo. Los principales defectos naturales que se presentan en la madera son:

2.4.2 Médula incluida

Cuando esta parte del tronco queda incluida dentro de una pieza de madera aserrada es considerada como un defecto por representar una zona débil y fácilmente degradable. Está conformada por los anillos de crecimiento inicial del tronco constituidos por células de parénquima o células muertas.

2.5 Nudos

Los nudos son las bases de las ramas encerradas entre la madera del tronco. La madera de los nudos se destaca por su color más oscuro y tiene un sistema independiente de capas. Estos nudos hacen difícil el trabajo de la madera, y si son sueltos, puede desprenderse dejando huecos, los nudos son quizás el defecto natural más común en la madera.

2.5.1 Grano inclinado

Es la desviación angular que presenta el grano con respecto al eje longitudinal de la pieza de madera. Por lo general es constante a todo lo largo de la pieza. Esta inclinación aparece porque, al aserrar la madera, el eje de la pieza forma un ángulo con la orientación de las fibras. Otra causa del grano inclinado se debe a la presencia de un nudo, que altera la dirección de las fibras del tronco a su alrededor.

2.5.1.2 Defectos de la madera atribuibles al secado

Muchos de los defectos que se presentan en la madera son producto de los patrones de variación durante el secado de maderas juveniles, procedentes de plantaciones forestales.

Según Serrano, 2001 los defectos más importantes que se presentan en la madera después del proceso de secado son los siguientes:

2.5.1.3 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. Se distinguen los siguientes tipos de alabeos:

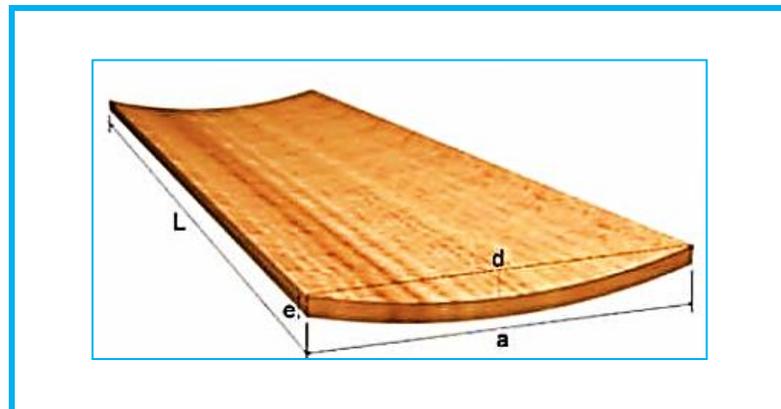
2.5.1.4 Torceduras

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.

2.5.1.5 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° 3: ABARQUILLADO DE LA MADERA



2.5.2.1 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.

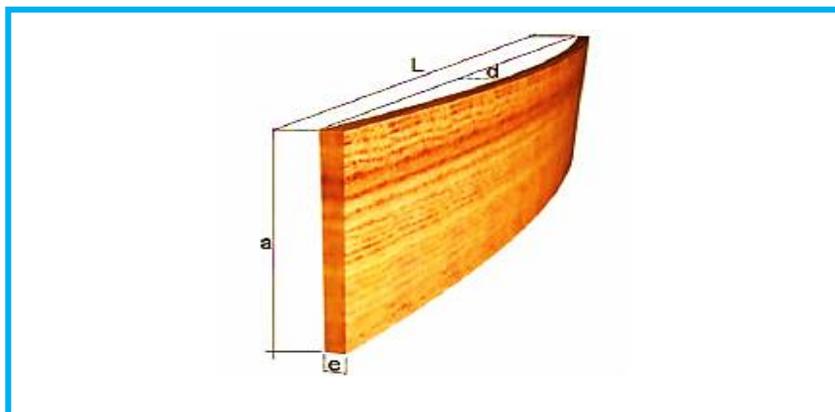
FIGURA N° 4: COMBADO DE LA MADERA



2.5.2.1 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.

FIGURA N° 5: ENCORVADURA DE LA MADERA



2.5.2.2 Operaciones del 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. (Flores y Fuentes 2001)

2.5.2.3 Características de la madera que influyen en su trabajabilidad

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. (Flores y Fuentes 2001).

2.5.2.4 Densidad

Está correlacionada directamente con las propiedades mecánicas y particularmente con la resistencia 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 la arista de corte, obteniéndose un desafilado más rápido de la herramienta. Las maderas más pesadas presentan un acabado más terso y frecuentemente se maquinan mejor que las maderas ligeras.

2.5.2.5 Elasticidad

Es la relación lineal entre un esfuerzo y la tensión producidos en el rango de elasticidad de un material (esfuerzos sin producir deformación), como indicador de su rigidez. Este criterio permite clasificar a la madera por su resistencia a la aplicación de esfuerzos sin causar deformaciones, los siguientes valores corresponden a pruebas al 12% de contenido de humedad.

2.5.2.6 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 vellosos.

2.5.2.7 Nudos

Afectan por las variaciones de la dirección de las fibras y el ángulo fibrilar, las diferencias en peso específico (diferentes tensiones) y presencia de grietas en nudos. El mayor efecto es en la tracción la que se reduce drásticamente.

2.5.2.8 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 dificultad en el maquinado de la madera y puede incrementar las tendencias a la deformación.

2.5.3 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

2.5.3.1 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 maquinarlas se obtiene una buena calidad.

2.5.3.1.1 Contenido de extractivos

El contenido de extractivos en las paredes celulares y particular, minerales que se encuentran en las cavidades celulares (sílice y cristales) son igual de importantes. 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. (Serrano, 2001)

2.5.3.1.2 Número de anillos de crecimiento por centímetro

Al trabajar la madera es importante conocer el número de anillos que tiene por centímetro, porque éste puede afectar la apariencia, la trabajabilidad y otras propiedades de la misma. Las maderas con porosidad difusa son menos afectadas por este factor que las maderas con porosidades circulares. En general maderas con mayor número de anillos por centímetro tienden a presentar una mejor calidad de maquinado.

2.5.3.2 Temperatura

Aumentan la agitación molecular y disminuyen la cohesión, la madera de reacción aumenta la lignina en coníferas y la celulosa en latifoliadas.

2.5.3.2.1 Taxonomía

2.5.3.2.2 Descripción taxonómica de la especie Quina blanca (*Lonchocarpus lilloi*-(Hassler) Burkart).

Para la identificación taxonómica de la especie se presentará muestras de (hoja, flor y fruto) al encargado del Herbario Universitario, Ing. Ismael Acosta.

2.5.3.2.3 Descripción dendrológica

Esta especie se encuentra en los departamentos de Tarija y Chuquisaca, presente en el Bosque húmedo templado.

2.5.2.4 Descripción Botánica

Altura total del árbol 25 metros de altura. Con un tronco recto y cilíndrico de 50 cm de diámetro, de corteza externa delgada grisácea oscura, lenticelada. Hojas alternas pinnaticompuestas, con 5-7 folíolos opuestos de borde entero. Las flores son pequeñas-violáceas, en racimos axilares. El fruto es una vaina alargada coriácea, castaña a la madurez y semillas de una a numerosas. (Altamirano & Lara Rico , 1992

Foto 1: Hojas de la especie Quina blanca (*Lonchocarpus lílloi*-(Hassler) Burkart)



Fuente (Elaboración propia, 2022)

Foto 2: Corteza de la especie Quina blanca (*Lonchocarpus lílloi*-(Hassler) Burkart)



Fuente (Elaboración propia, 2022)

Los pobladores del chaco dan uso medicinal a la corteza del árbol; el árbol tiene un alto contenido de rotenona en las raíces.

2.5.3.2.5 Hojas

Presenta hojas compuestas de 4-6 folíolos opuestos y un folíolo terminal.

2.5.3.2.6 Flores

En racimos axilares con flores zigomorfas azul-violáceas.

2.5.3.2.7 Fruto

Fruto vaina coriácea y semillas de 1 a numerosas.

2.6 Características generales de la madera

La madera de la Quina blanca presenta una albura y duramen no diferenciado, de color blanco amarillento, olor y sabor no característicos; grano irregular; anillos de

crecimiento claramente diferenciados por un espaciamiento de las bandas de parénquima axial; presenta una porosidad difusa, poros moderadamente escasos (4-6 por milímetro cuadrado), la mayoría solitarios, medianos (hasta 0.70 mm); escasos múltiples de tres, la mayoría abiertos, parénquima abundante, paratraqueal, vasicéntrico, aliforme confluyente formando bandas anchas onduladas concéntricas, radios finos (menos de 0.05 mm), algunos no rectos, de coloración más clara que la madera en corte tangencial, bajos: estratificación presente, visible a simple vista. (Altamirano y Lara Rico, 1992; Citado por Ticona, A.C. 2019)

2.6.1 Taxonomía

Cuadro N° 1 Descripción Taxonómica de la Especie Quina blanca

Reino:	Vegetal
Phylum:	Teleomphytae
División:	Tracheophytae
Sub división:	Anthophyta
Sub clase:	Dicotyledoneae
Grado Evolutivo:	Archichlamydeae
Grupo de Órdenes:	Corolinos
Orden:	Rosales
Familia:	Leguminosae
Sub familia:	Papilionoideae
Nombre científico:	<i>Lonchocarpus lilloi</i> (Hassler) Burkart
Nombre común:	Quina blanca

Fuente: (Herbario Universitario (T.B.), 2022)

2.6 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 sólo un mejoramiento de las fases individuales de trabajo sino también un incremento en el potencial productivo.

2.6.1 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.

2.6.2 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.

2.6.3 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.

2.6.4 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.

2.7 TRABAJABILIDAD DE LA MADERA

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. 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; Citado Vargas, 2017)

2.7.1 Cepillado

Es la operación del 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 cierto grado de textura. 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, proporcionalmente así un mayor valor agregado.

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

En la práctica la mesa de la 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).

En esta operación son: grano arrancado, grano vellosos, 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 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 (Herrera, 1981).

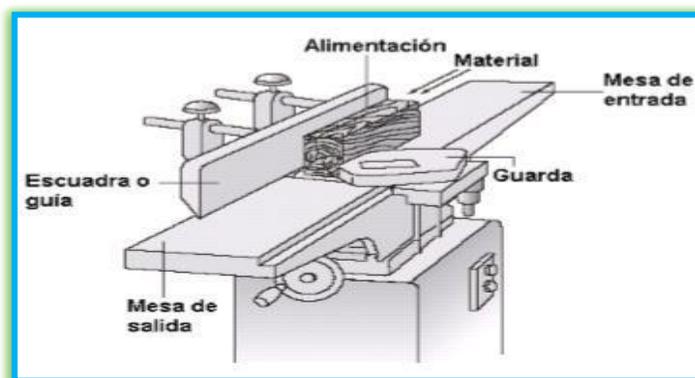
El defecto de grano arrancado es usualmente el más común y de mayor perjuicio para la calidad superficial en las maderas tropicales. Los aspectos principales que favorecen la producción de grano arrancado son la elevada inclinación del grano y especialmente en la cercanía de los nudos y ángulo de corte.

La inclinación del grano elevado, como sucede con el grano entrecruzado, el grano ondulado y en cercanía de los nudos, extremadamente perjudicial, por lo que un operario debe siempre procurar que la entrada de la madera a la maquina se dé a favor del grano. (Herrera, 1981).

2.7.2 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° 6 Cepilladora



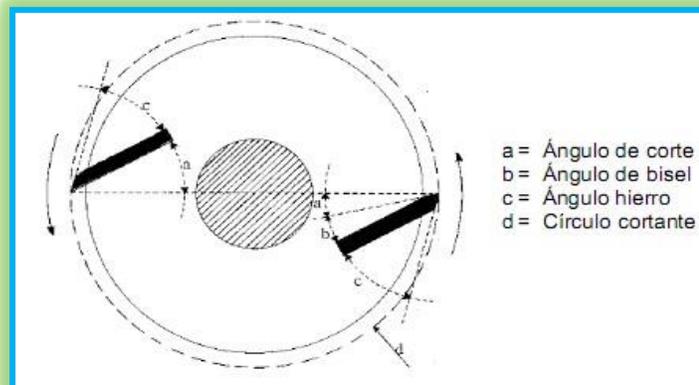
Fuente: (Parish, 2001)

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.

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)

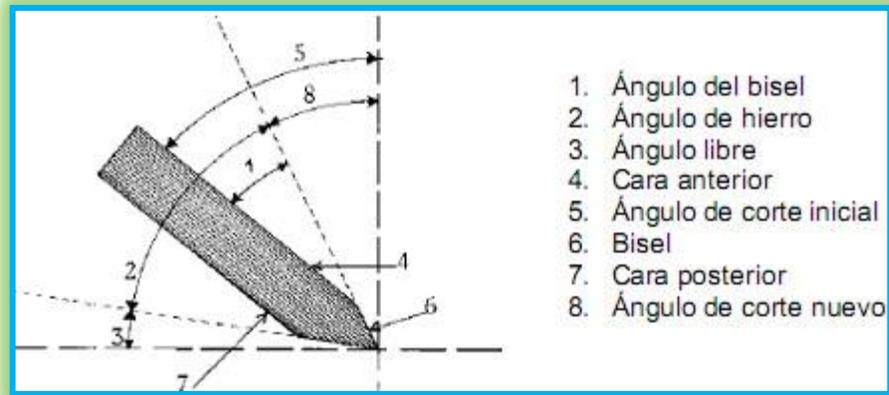
Ángulo de corte: Un ángulo de corte elevado en combinación con una fuerte inclinación del grano es crítico en la producción de una superficie con grano arrancado. En esta prueba la modificación del ángulo de corte se procedió al afilado del bisel, que van desde los 15 a 30°. Cabe destacar que una disminución 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 & Sáenz, M. 2001).

Figura N° 7 Nomenclaturas usadas en cuchillas de cepilladora



Fuente:(Serrano & Sáenz, 2001)

Figura N° 8 Esquema de modificación del ángulo de corte por medio del bisel



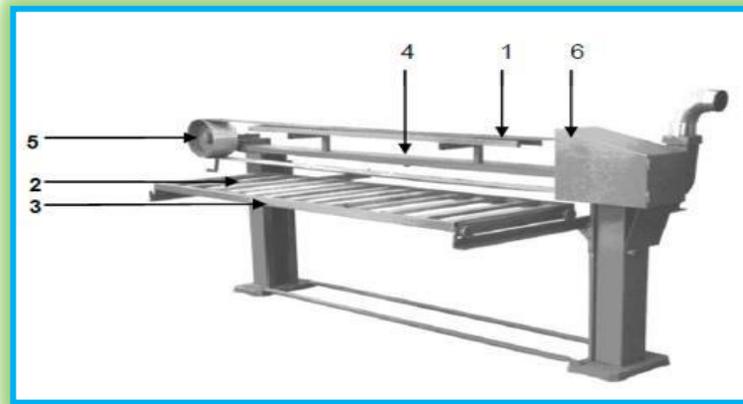
Fuente: (Serrano & Sáenz, 2001)

2.7.3 Lijado

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 del abrasivo y del equipo esto se lo puede realizar a través de diferentes tipos de lijas ya que éstas cuentan con una gran gama de materiales, de igual manera hay lijadoras mecánicas fijas y portátiles que facilita el trabajo de remoción o abrasividad. (Serrano y Sáenz, 2001)

Figura N° 9 Lijadora de banda



Lijadora de banda; Partes:

1. Cinta lijadora, 2. Mesa de trabajo, 3. Mango, 4. Mesa superior de trabajo, 5. Rodillo móvil, 6. Rodillo motriz.

Fuente: (Serrano & Sáenz, 2001)

2.7.4 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).

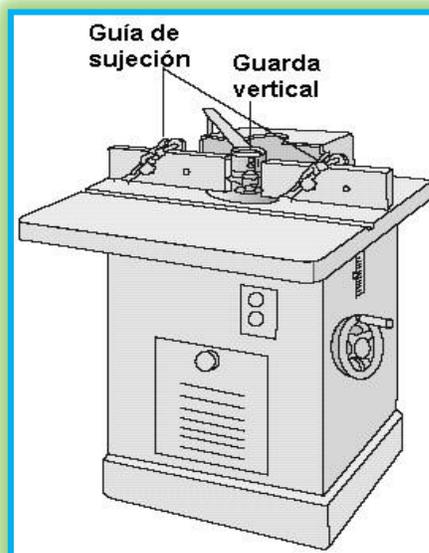
La fresadora vertical o TUPI es una maquinaria de funcionamiento sencillo, pero potencialmente peligrosa, si las cuchillas de la fresadora vertical se separan de las abrazaderas superior e inferior de la porta cuchillas, pueden salir lanzadas con gran fuerza, además suele ser preciso sujetar el material 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 l pieza de madera contra la guía (Heinrich, 1971; citado por Vargas 2017)

2.7.5 Maquinaria

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

Figura N° 10 Fresadora o tupi



Fuente: (Parish, 2001)

2.7.6 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.

La velocidad periférica de la pieza varia debido a los diferentes círculos de corte que se producen, cuando la dirección de avance de la cuchilla es normal al eje de rotación de 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 tornear no se quemé 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 tornear, como la velocidad de avance de la cuchilla, así pues, para tornear piezas de diámetro grandes esta debe ser reducida, mientras que para tornear 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 rpm). La mejor calidad de torneado se obtiene en maderas que presentan una alta densidad y una textura fina. (Flores y Fuentes, 2001).

2.7.7 Herramientas para el torneado

- **El formón:** es una herramienta manual de corte libre utilizada en carpinterías. Se compone de hoja de hierro acerrado, de entre 4 y 40 mm de ancho con boca formado por el bisel y mango de madera, su longitud de mango a punta es de 20cm aproximadamente, el ángulo de 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:** parecida 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 la 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 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 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.

2.7.7.1 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:

2.7.7.2 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.

2.7.7.3 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.

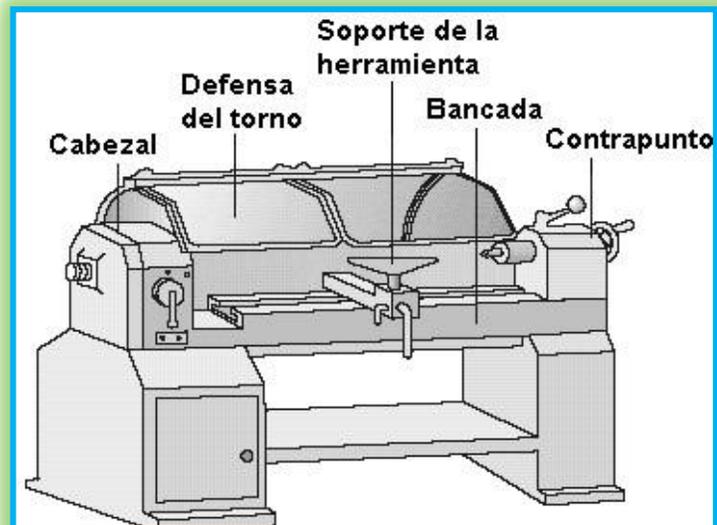
2.7.7.4 Eje Principal

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.

2.7.7.5 Contra Cabezal o Contrapunto

El contra cabezal o cabezal móvil, llamado impropiaamente 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° 11 Torno



Fuente (Parish, 2001)

2.7.7.6 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.

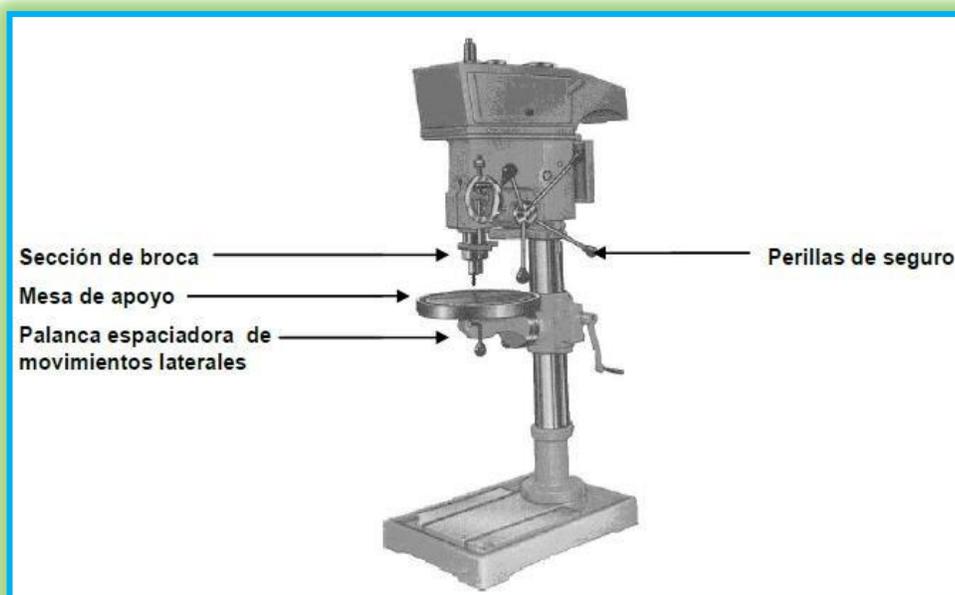
En el proceso de taladrado se realizan dos movimientos: el movimiento de corte y de avance. Estos dos movimientos siempre se realizan salvo en máquinas de taladro profundo en las cuales no hay movimiento de corte ya que la pieza se hace girar en sentido contrario a la broca.

2.7.8 Maquinaria

Escoplo – Taladro:

El escoplo es utilizado para realizar perforaciones, utilizadas en la unión o introducción de espigas. Determinado el espesor, elegida la broca, regulada en la altura y profundidad, la pieza es ubicada en la mesa de apoyo, sujeta ésta con la prensa incluida, el mecanismo de perforación consiste en acercar frontalmente la pieza hacia el sector de la broca, realizada la perforación, se procede a realizar movimientos laterales para el afinado (Heinrich, 1971)

Figura N° 12 Máquina taladradora



Fuente: (Heinrich, 1971)

2.7.8.1 Defectos en el maquinado de madera.

2.7.8.2 Grano arrancado

Se presenta en las operaciones de moldurado, torneado y taladrado y principalmente en el cepillado. Este defecto se presenta cuando la viruta se quiebra bajo el nivel de la superficie de la pieza dejando pequeños huececillos en ella. Es el defecto más

grave y a la vez el más difícil de eliminar en una operación posterior de lijado. (Serrano & Saenz, 2001).

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

- Elevada inclinación del grano (grano entrecruzado, ondulado, etc.)
- Elevada velocidad de avance de la madera.
- Elevado ángulo de ataque (30° o más).
- Madera de alta dureza y muy seca (por debajo de 12% de contenido de humedad).
- Profundidad de corte elevado (más de 3mm, por pasada en el cepillado)

Figura N° 13 Grano arrancado



Fuente: (Serrano & Saenz, 2001)

2.7.8.3 Grano vellos o aldonado

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 pueden corregir durante el proceso de lijado, pero requiere de un mayor costo, tanto a nivel de esfuerzo como de tiempo. (Serrano & Saenz, 2001).

Las principales causas del defecto son:

- Madera de tensión debido al crecimiento anormal del árbol.
- Ángulo de ataque pequeño (15° o menos).
- Madera húmeda.
- Madera de Baja dureza.

Figura N° 14 Grano vellosa



Fuente: (Serrano & Saenz, 2001)

2.7.8.4 Grano levantado o astillado

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. (De Los Ríos, 2005; citado por Vargas 2017).

2.7.8.5 Grano rugoso

Este defecto se presenta en las operaciones de cepillado, taladrado, moldurado, y torneado, cuando la madera entra en contacto con las cuchillas, estas ejercen presión sobre las fibras, las cuales comprimen a su vez los vasos que, al estar rodeados de parénquima, hacen que al pasar por la cuchilla sobre la madera se hundan antes de ser seleccionados y luego emerjan a la superficie, donde a esta apariencia y sensación ásperas. Pueden también suceder por una separación de láminas por los anillos de crecimiento. (Serrano & Saenz, 2001).

Otras causas son:

- Porosidad elevada (circular)
- Mucha presión de los rodillos alimentadores.
- Madera relativamente húmeda.
- Cuchillas con filos redondeados.
- Baja velocidad de avance de la madera.
- Bajo ángulo de corte (10-15°)

Este defecto es relativamente fácil de eliminar en una operación posterior de lijado.

2.8 CALIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS DE MAQUINADO

La calificación de las probetas con las que se evalúa el maquinado de la madera está referidas a grados de defectos de 1 a 5 de acuerdo a patrones obtenidos de las normas siendo éstas:

Cuadro N° 2 Evaluación y clasificación de las probetas de ensayo

Grado	Rango	Calidad	Descripción
1	0,0 – 1,0	Excelente	Libre de defectos
2	1,0 -2,0	Buena	Con defecto superficiales que pueden eliminarse.
3	2,0 -3,0	Regular	Con defectos marcados.
4	3,0 -4,0	Pobre	Con defectos severos
			Con defectos muy severos
5	4,0 -5,0	Muy pobre	

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

CAPITULO III

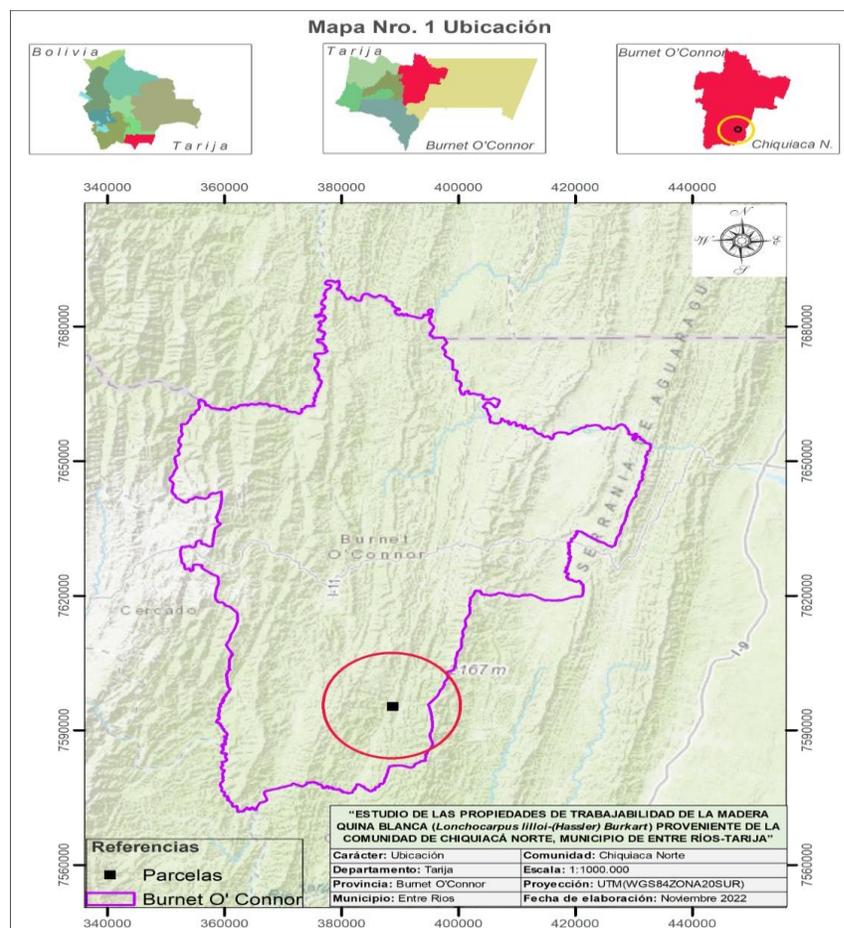
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación

El área de estudio está ubicada en la comunidad de Chiquiacá 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.

FIGURA N° 15 MAPA DE UBICACIÓN



Fuente: (Elaboración propia,2022)

3.1.2 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.

Al área de estudio, se ingresa mediante un camino carretero vecinal de tierra, posteriormente el ingreso al monte denominado “CAÑON DE LAS LIMAS” se ingresa por un sendero a caballo unos 4km aproximadamente.

3.1.3 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. (PDM-Entre Ríos 2018)

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 (PDM-Entre Ríos)

3.2 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

3.2.1 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)

3.2.2 Vegetación

De acuerdo a la tipología elaborada por el (PDM-Entre Ríos), 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 blanca), *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.

3.2.3 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)

3.2.4 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)

3.2.5 Fisiografía

El cantón Chiquiacá 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 Chiquiacá, 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, deciduo por sequía (Pan de desarrollo Territorial Integral, 2018)

3.2.6 Hidrografía

El cantón Chiquiacá 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 Chiquiacá que drenan sus aguas a esta cuenca. (Gonzales E.,2018)

3.3 MATERIALES

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó los siguientes materiales:

3.3.1 Materiales de Campo

- Flexómetro
- Spray
- Parafina
- Motosierra
- Machete
- Planilla de registro
- Hachas
- Martillo
- Brújula
- Cámara fotográfica

3.3.2 Materiales de Gabinete

- Mapas y cartas geográficas de la zona
- Normas técnicas de ensayo
- Máquina calculadora
- Planillas para la toma de datos
- Computadora
- Norma (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64(1970)
- Normas COPANT MADERAS
- Impresora

3.3.3 Maquinarias de carpintería

- Cepilladora
- Torneadora
- Máquina tupí
- Taladro de banco
- Sierra sin fin
- Lijas N° 60 N° 100

3.3.4 Materiales de Laboratorio

- Balanza eléctrica
- Estufa
- Lupa
- Lija para madera
- Tornillo micrométrico
- Parrilla

3.3.5 Material Biológico

- Madera de la especie en estudio

3.4 METODOLOGÍA

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

3.4.1 Normas empleadas

TABLA N° 1 Normas técnicas

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

Fuente: Elaboración propia, 2022

3.4.2 Selección y colección de las muestras

Para el procedimiento del estudio de la trabajabilidad de la madera se realizó mediante la norma panamericana **COPANT 458**; La muestra se basó en el sistema de selección al azar de modo que cada uno de las unidades componentes (árbol, troza y probeta), tengan la misma posibilidad de ser elegidas. La selección de probetas destinado a ensayos tecnológicos comprende los siguientes pasos:

- Selección de la zona.
- Selección de los árboles.
- Selección de las trozas.
- Extracción de las trozas.
- Obtención de probetas para el estudio de la trabajabilidad.
- Obtención de viguetas dentro de las trozas.
- Codificación de las probetas.

3.4.3 Selección de la zona

La zona donde se extrajeron los árboles pertenece a la comunidad de Chiquiaca Norte, municipio de Entre Ríos, provincia O'Connor del departamento de Tarija, debido a la existencia de una cantidad significativa de la especie en el bosque.

Se tomó en cuenta la representatividad de la especie en cuanto a sanidad y calidad de los individuos. La zona se dividió en cinco parcelas representativas de 30×30 metros cuadrados.

Para empezar con la instalación, se ubicó un punto de origen, que fue en el futuro el vértice o esquina SW (sudeste) cuyas coordenadas fueron (0;0), se tomó las coordenadas geográficas de este punto con GPS; idealmente este punto GPS fue tomado en el mismo punto (0;0), pero por problemas de visibilidad no siempre es

posible; por lo tanto, el punto GPS se tomó en el lugar más cercano al vértice, de ser así se debe determinar la distancia y azimut desde el punto (0;0) al punto GPS.

A partir del punto (0;0) se abrieron dos picas, una con rumbo Este y otra con rumbo Norte hasta alcanzar los 30 metros. Para evitar malos cierres de las parcelas, los rumbos deben ser controlados, desde el inicio, con brújula y ajustados con la declinación magnética.

Sobre las picas se dejaron jalones o estacas cada 10 metros pintados o con un pedazo de cinta flagging (plástico de un color adecuado) amarrados al jalón donde se indique el valor de la distancia acumulada.

En las parcelas seleccionadas se realizó un censo total de especies arbóreas.

3.4.4 Selección de los árboles

En cada parcela elegida al azar, se seleccionaron 5 árboles por parcela haciendo un total de 25 árboles, de los cuales se escogieron 5 al azar para el estudio, considerando la sanidad, un buen fuste y diámetro a la altura del pecho (1.30).

3.4.5 Selección de las trozas

Se realizó el apeo, desramado y se dividió el fuste en secciones de 1.20 m, los cuales fueron marcados con pintura desde la parte inferior a la superior de la troza, para poder identificarlos rápidamente. Las trozas se eligieron por sorteo, anotando los datos de cada troza en las planillas.

El fuste se dividió en 5 secciones de 1.20 m, para poder obtener una sección diferente de cada árbol.

3.4.6 Extracción de las trozas

Las diferentes trozas fueron transportadas en un camión desde el lugar del apeo hasta la carpintería del Sr. Marcelino Martínez de la ciudad de Tarija.

3.4.7 Tratamiento profiláctico.

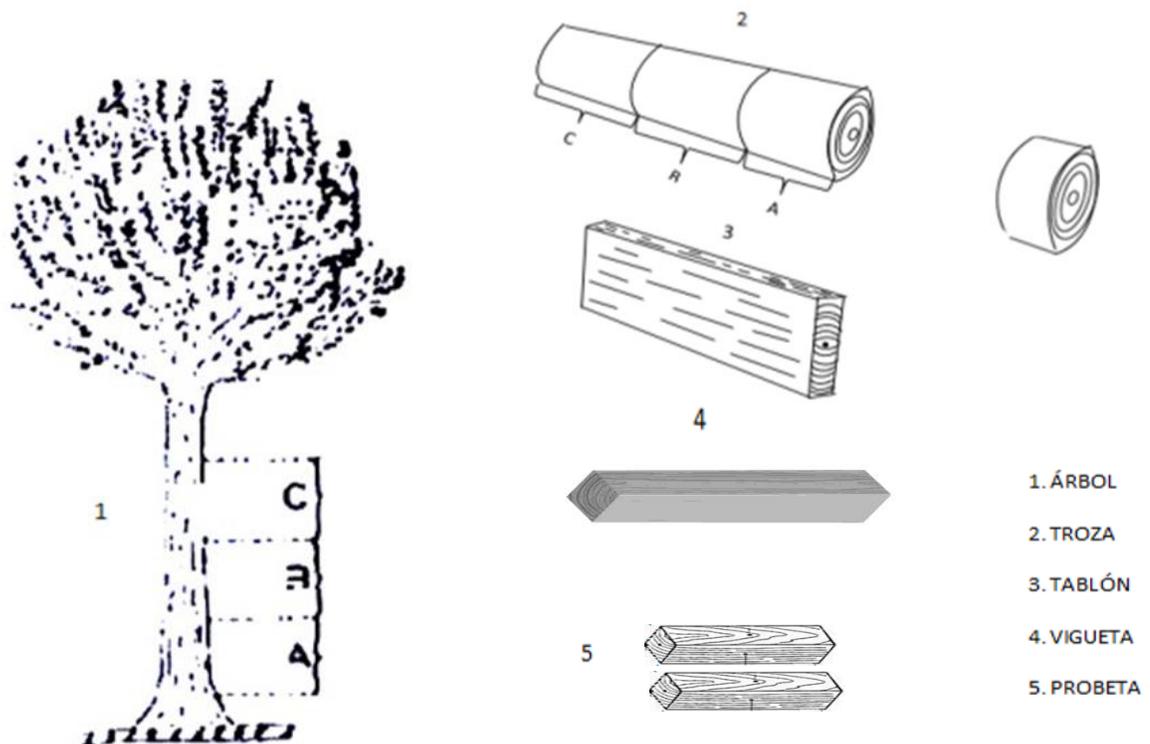
Una vez obtenidos los tabloncillos centrales en el aserradero, se procedió a limpiar el aserrín para evitar el ataque de insectos y hongos con los diferentes tratamientos como recomienda la Norma.

3.4.7.1 Obtención de las probetas dentro de las trozas

Las obtenciones de las probetas fueron realizadas de acuerdo a las normas correspondientes en cada uno de los ensayos de trabajabilidad.

El procedimiento empleado para el cumplimiento del presente trabajo es la propuesta por la NORMAS Y MÉTODOS PARA ENSAYOS TECNOLÓGICOS Sub Proyecto N/1- Estudio de la Tecnología e Ingeniería de la Madera.

Para lo mismo se utilizaron probetas en número y dimensiones como se refleja en el siguiente cuadro. En las mismas probetas se realizó varios ensayos como: cepillado, lijado, taladrado, moldurado y torneado.



CUADRO N° 3 Dimensiones y número 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	5	Tangencial	9	27
			Radial	9	
			Oblícuo	9	
LIJADO	4x10x100	5	Tangencial	9	27
			Radial	9	
			Oblícuo	9	
MOLDURADO	4x10x100	5	Tangencial	3	9
			Radial	3	
			Oblícuo	3	
TALADRADO	3x10x30	5	Tangencial	6	18
			Radial	6	
			Oblícuo	6	
TORNEADO	2x2x12,5	5	Tangencial	3	9
			Radial	3	
			Oblícuo	3	

Fuente (Elaboración propia, 2022)

3.4.7.2 Secado al aire libre

Consiste en exponer la madera a las condiciones ambientales prevaecientes de temperatura, humedad, relativa y velocidad de circulación de aire.

3.4.7.3 Parafinado de probetas

Para evitar la pérdida de humedad de las probetas por los cantos se procedió a parafinar con vela, esto para que la madera no pierda rápido el contenido de humedad y así poder contrarrestar los defectos que pudieran presentar durante el proceso de secado al aire libre.

3.4.7.4 Método de apilado

Una vez obtenidas las tablas para el secado al aire libre bajo techo, 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 cuadrado en sentido horizontal, en instalaciones del aserradero, 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.

3.4.7.5 Procedimiento para el control del secado

3.4.7.6 Humedad de la madera

Para poder determinar el contenido de humedad se enfocó en la NORMA COPAN MADERAS 460, se realizó la obtención de las probetas de 6cm x 6cm x 12 cm, se procedió a pesarlas (peso inicial), luego se colocó a la estufa a una temperatura de 60°C, 80°C, 100°C y 103°C se realizó el mismo procedimiento hasta que llegue a un punto de saturación. ± 2

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

CH= humedad de la madera (%)

Ph = peso de la madera húmeda. (gr)

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

3.4.7.7 Registro de datos del Secado al aire libre

La toma de datos se realizó en un periodo de cinco semanas, para lo cual se evaluó el comportamiento y peso de cada tabla hasta que estas alcanzaron un peso constante.

3.4.8 Determinación del contenido de humedad

Para poder determinar el contenido de humedad de las tablas se aplicó la siguiente fórmula:

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

Donde:

CH= Contenido de humedad (%)

Pc= Peso de control cada 7 días (gr)

Pi= peso inicial de las probetas (gr)

CHi = promedio del contenido de humedad de las probetas secadas a la estufa (%)

3.4.8.1 Evaluación de efectos

Finalizando el tiempo de secado al aire libre, se procedió a la evaluación de los defectos producidos durante el tiempo de secado

3.5 ENSAYO DE CEPILLADO

Se utilizó una cepilladora para los ensayos de cepillado, dada la gama relativamente amplia de velocidades de alimentación y giro y la facilidad de cambios de cabezales. A falta de esta máquina se puede usar una cepilladora(regruesadora) o máquina combinada cepilladora-garlopa(cepilladora-canteadora). Siempre se utilizan cuchillas rectas y se cepilla solamente una cara de la probeta por pasada.

3.5.1 Probetas

Se utilizaron 5 árboles de los cuales se obtuvieron 6 probetas por árbol, haciendo un total de 30 probetas con los siguientes cortes:

3.5.2 Procedimiento

Las probetas fueron marcadas con el número de árbol de procedencia y el número de la probeta para su posterior identificación.

Los planos de trabajo de las probetas fueron comprobados y estuvieron bien direccionadas y rectificadas antes del ensayo.

Cada probeta y cada uno de sus planos de corte fueron ensayadas independientemente.

La mitad de los cortes se realizaron en dirección del grano y la otra mitad en contra del grano. Esto se lo realizó volteando la probeta para cepillar la cara opuesta.

Cada probeta fue introducida en la máquina en el mismo sentido de cada corta.

Los cortes se los realizó a una profundidad de 2 mm, cada uno hasta un espesor mínimo de la probeta de 1,5 cm.

El extremo de cada probeta se marcó cuando fue emergida a la máquina para indicar la dirección de alimentación y el lado que acabe de ser procesado.

3.5.3 Calificación

Se realizó, refiriéndose a grados de defectos de 1 a 5, de acuerdo a patrones obtenidos de las Normas ASTM-1666. Los defectos que se tomaron en cuenta fueron el grano arrancado, grano vellosos, grano levantado y marcas de virutas.

Los defectos se clasificaron tomando en cuenta las siguientes clasificaciones: (ver cuadro N° 4

CUADRO N° 4 Clasificación del rango y calidad

RANGO	CALIDAD
0.0-1.0	Exelente
1.0-2.0	Bueno
2.0-3.0	Regular
3.0-4.0	Malo
4.0-5.0	Muy malo

Fuente. Zavala Z.D, 1976

3.5.4 Resultados de ensayos de cepillado.

- Para los efectos secundarios se hizo un informe donde se indica la frecuencia y magnitud de los mismos en cada probeta.

- La calificación se dio en grados de 1 a 5 de acuerdo a patrones obtenidos a partir de normas existentes.

Para la evaluación se calificó en función de porcentaje de incidencia y extensión del defecto.

3.6 ENSAYO DE LIJADO

3.6.1 Equipo y Materiales.

Se utilizó una lijadora de banda con mesa o una lijadora portátil, debiéndose especificar las características de la máquina (velocidad de la lija, potencia del motor, longitud de la lija, dimensiones del plato, carga). Para lijadora de mesa se debe ensayar con un plato de 15 cm de largo, se utilizó lija de óxido de aluminio o granate N° 60 y 100.

Teniendo en cuenta que lija N° 60 es para afinar las imperfecciones del cepillado ya que esta tiene grano grueso y queda rayado notable y no se usa para un terminado de un trabajo bien liso. Y la lija N° 100 se utiliza para hacer el terminado de un trabajo fino y liso de cepillado dónde no deja el rayado notable, pero en esta lija existe más calentamiento y se pega más el polvo al realizar el trabajo del cepillado.

3.6.2 Probetas.

Se utilizaron las probetas ensayadas en cepillado, es decir seis probetas por árbol, de madera seca al contenido de humedad de equilibrio. El ancho de la probeta debe ser como máximo 2 cm menos que el ancho de la lija.

3.6.3 Procedimiento.

3.6.4 Ensayos de remoción con lija N° 60.

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 realizó con lija N° 60 haciendo pasadas suaves a ambas caras.

Se observó la velocidad de ensuciamiento de la lija y la facilidad de remoción de la suciedad. En caso de utilizarse una lija portátil se podrá determinar la velocidad de desgaste de la lija.

3.6.5 Ensayo de lija N° 100.

Se hizo cuatro pasadas, dos de ida y dos de vuelta las condiciones de ensayo fueron similares a las usadas con lija N° 60.

3.6.5.1 Calificación.

3.6.5.2 Calificación de ensayo de remoción con lija N° 60.

Se determinó un coeficiente de remoción (mm/km), dividiéndose 0.5 mm entre cantidad de lija pasada, expresada en km.

$$\text{Remoción} = \frac{0.5\text{mm}}{\text{velocidad de la lija} \times \text{tiempo de alimentación} \times \text{N}^{\circ} \text{ de pasadas}}$$

Por tanto:

Remoción = (3/ número de pasadas para remover 0.5 mm) (mm/km).

- A. **Facilidad de remoción de la suciedad.** - La lija se puede limpiar con aire comprimido, con una escobilla o batiéndole, lo cual dará una idea de la facilidad o dificultad de limpiarla.
- B. **Velocidad de desgaste de la lija.** - Se observó el desgaste de las puntas de los cristales del abrasivo de la lija mediante una lupa.
- C. **Temperatura de la lija.** - Los grados de recalentamiento de la lija se deben estimar en dos pasadas consecutivas (de lo contrario sería difícil que sean confiables, debido a la variación de los tiempos entre pasadas y el número de pasadas).

3.6.5.3 Calificación de lija N° 100.

Se calificaron los defectos de rayado y velocidad en 5 grados y se realizó observaciones complementarias de ensuciamiento, facilidad de remoción de suciedad, desgaste y temperatura. Los calentamientos se deben determinar después de dos pasadas consecutivas (pasada de ida seguida inmediatamente por una de vuelta). La facilidad de remoción de suciedad y velocidad de desgaste se determinaron en forma similar a lo indicado para la lija N° 60.

Los defectos se clasificarán tomando en cuenta la siguiente clasificación. (ver cuadro N° 5).

CUADRO N° 5 Clasificación de los defectos de lijado

GRADO DE DEFECTO	CLASIFICACIÓN	
	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
De 0,0 a 1,0	E	Excelente
De 1,1 a 2,0	B	Buena
De 2,1 a 3,0	R	Regular
De 3,1 a 4,0	P	Pobre
De 4,1 a 5,0	MP	Muy pobre

Fuente. Zavala Z.D, 1976

3.7 ENSAYO DE TORNEADO.

3.7.1 Máquina y Materiales.

- Se utilizó un torno con varias velocidades de rotación del eje vivo, con un soporte especialmente preparado en forma escalonada y con guía para obtener 15° de ángulo de corte.
- Se recomienda el uso de un contrapunto (centro punto) libre, Cronometro.

3.7.2 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 afilará con un ángulo de hierro a 40° afilado en la cara cóncava para obtener un ángulo 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.

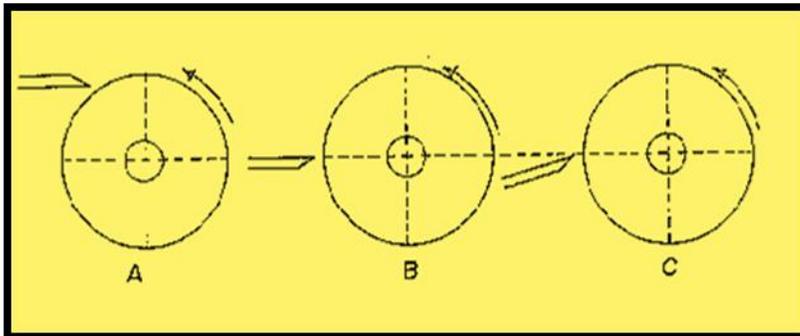
3.7.3 Probetas.

- Se preparó 6 probetas por especie (5 árboles de 2x 2x12.5 con los respectivos cortes (radial, tangencial y oblicuo)
- Se efectuaron determinaciones de ángulo de corte para observación paralela al grano y corte oblicuo.

3.7.4 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.
- Se efectuaron cortes enérgicos para todos los casos, debiendo dejarse un diámetro de aproximadamente 1.5 cm, al final del ensayo.

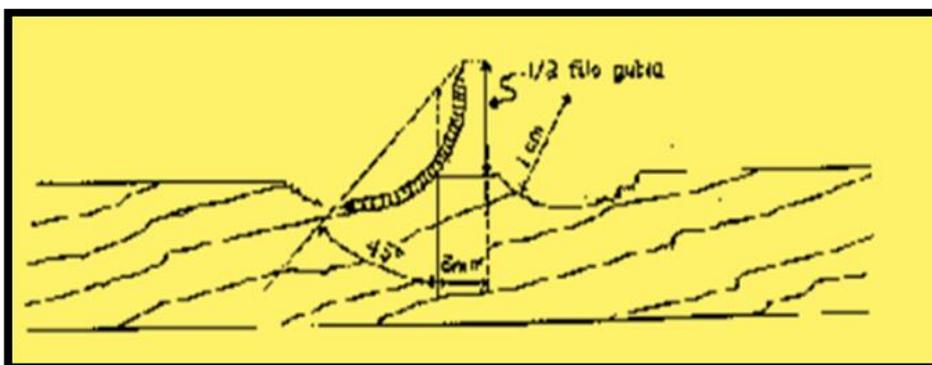
FIGURA N° 16 Tipos de Corte en Ensayos de Torneado.



3.7.5 Ensayo de corte oblicuo.

- Se cortaron a 45° con respecto al eje de la gubia. Se ensayo una probeta por árbol y se utilizaron las gubias de 40° de ángulo de hierro.
- Se efectuaron pares de cortes apuestos, distanciados entre si 5 mm en la sección cuadrada original.
- Los cortes se realizaron en forma enérgica y la profundidad no deberá pasar la mitad del filo (arista) en las esquinas de la probeta.

FIGURA N° 17 Forma de Corte Oblicuo para Ensayo de Torneado.



- Se determinó el tiempo de penetración mediante un cronometro con el fin de igualar los tiempos de ensayo en cada par de cortes.

•Se pudo efectuar hasta tres pares de corte en cada probeta para obtener un número satisfactorio de repeticiones.

3.7.6 Calificación.

3.7.7 Calificación para observación paralela al grano.

Se calificó en 5 grados el grano arrancado y la vellosidad en el fondo paralelo a las fibras y se registró en el formulario respectivo con la finalidad de seleccionar los ángulos más favorables.

3.7.7.1 Calificación para corte oblicuo.

Se calificó el ensayo en 5 grados. Se deberá evaluar el grano astillado en el cuadrado resultante, grano levantado (rugosidad) en los planos inclinados y vellosidad en la arista exterior de la probeta.

Los resultados evaluados se transcribieron en el formato correspondiente.

3.7.7.2 Ensayo Complementario adicional.

•Se pudo variar la velocidad de penetración y de rotación del torno.

Los defectos se clasificaron tomando en cuenta la siguiente clasificación

CUADRO N° 6 Clasificación de defectos de torneado

GRADO DE DEFECTO	CLASIFICACIÓN	
	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
De 0,0 a 1,0	E	Excelente
De 1,1 a 2,0	B	Buena
De 2,1 a 3,0	R	Regular
De 3,1 a 4,0	P	Pobre
De 4,1 a 5,0	MP	Muy pobre

Fuente. Zavala Z.D, 1976

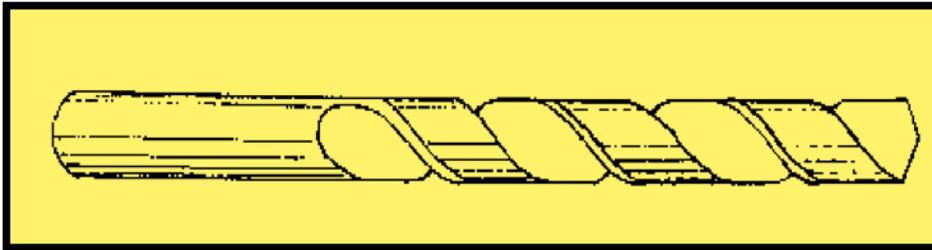
3.8 ENSAYO DE TALADRADO

3.8.1 Maquinaria y materiales.

Se utilizó un taladró eléctrico de un eje, de alimentación automática o manual, y se ensayó con dos velocidades: una cercana a 1.000 r.p.m. y otra aproximadamente de 500 r.p.m.

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° 18 Broca para Ensayo de Taladrado.



En forma opcional se podrán hacer ensayos con broca hélice con alas cortadas después de los labios.

3.8.2 Probetas.

Las probetas tenían un espesor de 3cm x 10 cm x 30 cm. Se prepararon probetas de tres tipos de corte: radial, oblicuo y tangencial, con un total de 18 probetas (5 árboles x 3 tipos de corte x 2 velocidades de ensayo=18 probetas en totales).

3.8.3 Procedimiento.

Se aplicó una carga de 30 Kg en el eje de la broca, debiendo hacer 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.

3.8.4 Calificación.

Este ensayo se calificó en 5 grados, repartidos entre el peor y el mejor de los materiales ensayados, y se registró en el formulario.

Los resultados evaluados se transcribieron en el formulario.

Los defectos se clasificaron tomando en cuenta la siguiente clasificación. (ver cuadro N° 7)

CUADRO N° 7 Clasificación de defectos de taladrado

GRADO DE DEFECTO	CLASIFICACIÓN	
	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
De 0,0 a 1,0	E	Excelente
De 1,1 a 2,0	B	Buena
De 2,1 a 3,0	R	Regular
De 3,1 a 4,0	P	Pobre
De 4,1 a 5,0	MP	Muy pobre

Fuente. Zavala Z.D, 1976

3.9 ENSAYO DE MOLDURADO.

3.9.1 Equipo y Materiales.

- 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 fabricó cuatro guías de seguridad hechas de madera, las cuales se fijaron con prensas manuales (dos laterales y dos Verticales). Ver figura.
- Se utilizó porta cuchillas de aproximadamente 10 cm de diámetro y con un Ángulo del portacuchillas de más o menos 30° para alojar dos o más cuchillas.
- Las cuchillas deben tener un Ángulo libre de filo de 20°, ángulo de hierro de 40°, la lengua un ángulo libre lateral de 10° y se hará un diseño de la cuchilla para producir la hembra del machihembrado como se indica en la figura.

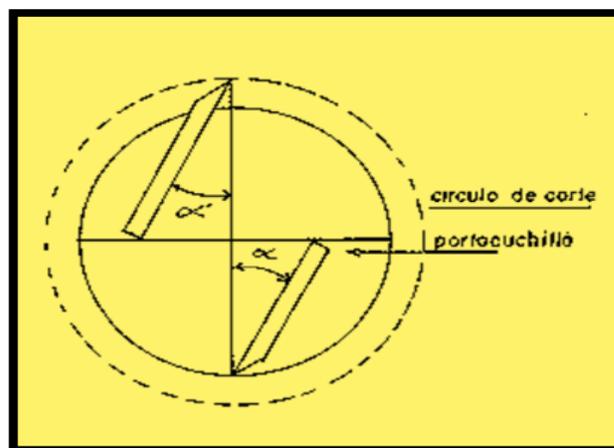
3.9.2 Probetas.

- Se utilizaron 6 probetas por árbol, de madera seca a un contenido de humedad en equilibrio, de 2 cm x 7,5 cm x 100 cm, con los tres tipos de orientación (radial, tangencial, oblicua). Se utilizó las probetas de cepillado.

3.9.3 Procedimiento.

- Se ensayó con una sola cuchilla sobresalida y las otras escondidas (contrapeso).
- El ángulo de corte se midió con respecto al filo al de la cuchilla más sobresaliente y el centro del radio como se indica en la figura.
- La cuchilla se proyectó como mínimo 13 mm.
- Se ensayó longitudinalmente en el canto de la probeta y se ajustó inicialmente la alimentación para obtener una marca de cuchilla de un milímetro, para luego buscar mejores resultados con marcas más grandes o pequeñas.
- Se ensayaron en caras opuestas para obtener resultados a favor y contra el grano.

FIGURA N° 19 Ensayo de Moldurado en Cuchilla Sobresalida.



3.9.4 Calificación.

Las probetas se clasificaron en 5 grados en orden creciente según la presencia, frecuencia y magnitud de los defectos mencionados. Se podrá medir la longitud y el número de astillas por metro lineal.

Los datos obtenidos se registraron en el formulario, al igual que los resultados de evaluación en el formulario.

Los defectos se clasificaron tomando en cuenta la siguiente clasificación. (ver cuadro N° 8)

CUADRO N° 8 Clasificación de defectos de moldurado		
GRADO DE DEFECTO	CLASIFICACIÓN	
	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
De 0,0 a 1,0	E	Excelente
De 1,1 a 2,0	B	Buena
De 2,1 a 3,0	R	Regular
De 3,1 a 4,0	P	Pobre
De 4,1 a 5,0	MP	Muy pobre

Fuente. Zavala Z.D, 1976

3.9.5 Clasificación de los defectos en base a su extensión y severidad

Cuadro N° 9 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° 10 Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto.

GRADO	CALIFICACIÓN	ÁREA DE DEFECTO EN %	DE 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)*

3.9.5 Sistema de evaluación de probetas de maquinado

Cuadro N° 11 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
		3—4	3.5	III
		4—2	3	III
		4—3	3.5	III
		5—2	3.5	III
		3—5	4	IV
		4—4	4	IV
		4—5	4.5	IV
		5—3	4	IV
		5—4	4.5	IV
		5—5	5	V

Fuente *Zavala Z.D (1976)*

3.9.6 Rango, calidad, grado

Cuadro N° 12 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)

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

Cuadro N° 13 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 IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la finalidad de facilitar el análisis de los resultados de este trabajo, cada ensayo se evaluó en forma separada cada proceso ensayo de cepillado, lijado taladrado, moldurado y torneado, así mismo se realizó un análisis independiente a cada probeta, considerando los defectos dominantes de grano arrancado, grano vellosa, grano levantado y grano astillado ya sea a favor del grano como en contra, dependiendo del tipo de ensayo.

Nombre común: Quina blanca

Nombre científico: *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart

CUADRO N° 14 Resultados de ensayos de cepillado

Clasificación velocidad constante 12 m/min														
ESTADO DE LA MADERA	Angulo	Tangencial		Tangencial		Radial		Radial		Oblicuo		Oblicuo		
		→		←		→		←		→		←		
MADERA SECA	30°	X	X%	2,83	2,77	2,55	2,44	3,00	3,00	2,33	2,22	2,77	2,66	
		1,94	2	0,55	2,38	0,46	2,17	0,41	2,76	0,43	1,84	0,50	2,32	
		S%	SD	9	5	9	5	9	5	9	5	9	5	9
		0,39	1,67											
		N	K											
		9	5											
MADERA SECA	15°	1,33	1,33	1,83	1,17	1,72	1,55	2,00	1,77	1,05	1,02	1,27	1,11	
		0,50	1,23	0,35	1,58	0,44	1,50	0,5	1,70	0,20	1,03	0,36	1,19	
		9	5	9	5	9	5	9	5	9	5	9	5	

Fuente (*Elaboración propia. 2022*)

X	X%
S%	SD
N	K

X	Promedio de los grados de defecto
X%	Promedio de los porcentajes de extensión del defecto
S%	Desviación estándar entre probetas
SD	Defecto dominante
N	Número de probetas
K	Número de árboles

4.1 Análisis de resultados del Cepillado

El ensayo se realizó a una velocidad de alimentación de 12m/min, en los planos tangencial, radial y oblicuo para corte a favor y en contra del grano, Después de cada uno de los ensayos realizados, las probetas se evaluaron visualmente exponiéndolas a la luz natural, para identificar los defectos que presenta al cepillado la madera de la especie quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart.

Con la finalidad de definir las condiciones más adecuadas de cepillado, se analizó el efecto de los ángulos de corte de 30° y 15°, se observó que a mayor ángulo de corte los defectos resaltan más ya sea en corte radial, tangencial y oblicuo. De acuerdo a resultados que se obtuvieron del cepillado de la madera de la especie quina blanca para un Ángulo de 30° se considera dentro del grado de calidad de buena de 1-2 y regular de 2-3 considerando un porcentaje de piezas libre de defectos de 80 a 90 % con defectos lijeros, y para un Ángulo de 15° para corte en favor del grano en los tres planos de corte se la calificó como buena con piezas libre de defectos de 80-90% con defectos lijeros y para corte en contra grano para planos tangencial y radial se las calificó como regular y para el plano oblícuo se la calificó como buena considerando un porcentaje de pieza libre de defecto de 80 – 90 % con defectos lijeros.

4.2 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 30° en corte tancencial

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano velloso	Grano levantado
9	Tangencial	→ A favor del Grano	1,75 leve	1,94 leve	1,47 leve	1,47 leve
9	Tangencial	← En contra del grano	2,46 acentuado	2,83 acentuado	1,91 leve	1,91 leve

Fuente (elaboración propia)

CUADRO N° 16 Reporte de defectos secundarios del cepillado a 30° en corte radial

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano velloso	Grano levantado
9	Radial	→ A favor del Grano	2,24 acentuado	2,55 acentuado	1,77 leve	1,77 leve
9	Radial	← En contra del grano	2,68 acentuado	3,11 grave	2,05 acentuado	2,05 acentuado

CUADRO N° 17 Reporte de defectos secundarios del cepillado a 30° en corte oblicuo

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano velloso	Grano levantado
9	Oblicuo	→ A favor del grano	2,06 acentuado	2,33 acentuado	1,66 leve	1,66 leve
9	Oblicuo	← En contra del grano	2,41 acentuado	2,77 acentuado	1,88 leve	1,88 leve

Fuente (elaboración propia)

Los defectos más frecuentes fueron de grano arrancado, grano astillado que se consideran como grano dominante tanto a favor y a contra grano, los cuales se encuentran dentro del rango de 2-3 por lo que se los califica como calidad de regular con piezas libre de defecto de 60 – 80 % con defectos lijero.

CUADRO N° 18 Reporte de defectos secundarios del cepillado a 15° en corte tancencial

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano velloso	Grano levantado
9	Tangencial	→ A favor del Grano	1,00 Muy leve	1,64 leve	1,47 leve	1,47 leve
9	Tangencial	← En contra del grano	1,46 leve	1,83 leve	1,91 leve	1,91 leve

Fuente (elaboración propia)

CUADRO N° 19 Reporte de defectos secundarios del cepillado a 15° en corte radial

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Radial	→ A favor del Grano	1,22 leve	1,55 leve	1,77 leve	1,77 leve
9	Radial	← En contra del grano	1,00 Muy leve	2,11 acentuado	1,05 leve	2,00 leve

Fuente (elaboración propia)

CUADRO N° 20 Reporte de defectos secundarios del cepillado a 15° en corte oblicuo

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Oblicuo	→ A favor del grano	1,03 leve	1,33 leve	1,66 leve	1,66 leve
9	Oblicuo	← En contra del grano	1,00 Muy leve	1,77 leve	1,88 leve	1,88 leve

Fuente (elaboración propia)

Los defectos más frecuentes en el corte a favor del grano fueron grano arrancado, grano levantado que se consideran como grano dominante categorizándola con calidad de 1 – 2 y como buena y a contra grano el defecto que más se presentó en los

cortes tangencial y radial fue el grano arrancado categorizándolas con rango y calidad de 2 - 3 como regular y mientras que en el corte oblicuo se la categorizó con rango y calidad de 1 – 2 como buena.

4.3 Discusión

Dado los resultados obtenidos en el cepillado y comparando con los estudios de trabajabilidad de otra especie existe diferencia, siendo que solo para el ángulo de 30° a corte en contra grano para planos tangencial y radial el defecto que más se presentó fue el grano arrancado categorizándolas con rango y calidad de 2 - 3 como regular para la especie quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart) comparada a la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) obtenido por Adolfo Condori Ticona en la misma carpintería que indica que para un ángulo a 30° a corte de favor y contra grano en los tres planos tangencial, radial, oblicuo y de la misma manera para un ángulo de corte de 15° a contra grano en los tres planos el defecto que más se presentó fue el grano astillado y arrancado categorizándolas con rango y calidad de 2 - 3 como regular en el corte radial. Por lo que se ve que la madera de quina blanca tiene una mejor trabajabilidad o similar en el cepillado respecto a la madera del blanquillo.

CUADRO N°21 BASE DE DATOS CEPILLADO

N° ARBOL	PROBETA	ORIENTACIÓN	DIRECCIÓN	EXTENCIÓN DEL DEFECTO	SEVERIDAD DEL DEFECTO	COMBINACIÓN	PROMEDIO	CATEGORÍA
5	1	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	4	3-4	3,5	MALA
	1	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	3	2-3	2,5	REGULAR
	2	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	3	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	1	OBLICUO	→	3	3	3-3	3	REGULAR
			←	3	4	3-4	3,5	MALA
	2	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	3	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	1	TANGENCIAL	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	3	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	RADIAL	→	3	3	3-3	3	REGULAR
			←	3	4	3-4	2,5	REGULAR
	2	RADIAL	→	3	3	3-3	3	REGULAR
			←	3	4	3-4	3,5	MALA
	3	RADIAL	→	3	3	3-3	3	REGULAR
			←	3	4	3-4	3,5	MALA
	1	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	2	OBLICUO	→	2	3	2-3	2,5	REGULAR
			←	2	3	2-3	2,5	REGULAR
	3	OBLICUO	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	2	TANGENCIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	3	4	3-4	3,5	MALA
	3	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	1	RADIAL	→	2	3	2-3	2,5	REGULAR
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	2	RADIAL	→	3	3	3-3	3	REGULAR
			←	3	4	3-4	3,5	MALA
	3	RADIAL	→	2	3	2-3	2,5	REGULAR
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
1	OBLICUO	→	3	3	3-3	3	REGULAR	
		←	3	3	3-3	3	REGULAR	
2	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA	
		←	3	3	3-3	3	REGULAR	
3	OBLICUO	→	2	3	2-3	2,5	REGULAR	
		←	3	3	3-3	3	REGULAR	

Fuente (elaboración propia)

4.4 Descripción del cuadro N° 21

Se realizó la recopilación de datos a un ángulo de 30° de 5 árboles que se identificaron como muestra, en los diferentes tipos de corte Tangencial, Radial y Oblícuo, a favor y en contra del grano, obteniendo un promedio entre la combinación de la extensión del defecto y severidad del defecto calificado dentro de los rangos de Excelente, Buena, Regular y Mala, como especifica la norma ASTM-D-1666-64 (1970)

Nombre común: Quina blanca.

Nombre científico: *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart

CUADRO N° 22 Resultados de ensayos de taladrado

REVOLUCIÓN	Tiempo de penetración en segundos						Calificación					
	Tangencial		Radial		Oblícuo		Tangencial		Radial		Oblícuo	
500 RPM	O	S	7,84	0,66	7,94	0,31	2,33	0,57	2,33	0,57	1,66	0,57
	7,72	0,52	5	3	3	5	3	5	3	5	3	5
	N	K										
	3	5										
1000RPM	5,55	0,15	5,37	0,35	5,72	0,17	1,33	0,55	1,66	0,55	1,33	0,55
	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5

Fuente (Elaboración propia. 2022)

O	S
N	K

O	Promedio de los tiempos
S	Desviación estándar entre los huecos
N	Número de probetas
K	Número de arboles

Los resultados del ensayo de taladrado considerando la orientación y el número de revoluciones por minuto concluyó que a mayor velocidad de giro los defectos resaltan más, se evaluó las probetas con tiempo de perforación de 500 rpm con un rango de 2-3 para el corte tangencial y radial calificándola como regular con porcentaje de piezas libres de defecto de 60 a 80 % y para el corte oblicuo se la calificó de 1-2 calificándola como buena con piezas libres de defectos de 80 – 90 % y para la perforación de 1000 rpm considerando la orientación con un rango de 1-2 para el corte tangencial y radial clasificándola como buena con piezas libre de defecto de 80-90 % y para el corte oblícuo se calificó 2-3 calificándola como regular.

CUADRO N° 23 Reporte de defectos secundarios del taladrado a 500 RPM en corte tangencial

PROBETAS		ORIENTACIÓN		CALIFICACIÓN	
N°		Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
3	Tangencial	1,3 leve	1,6 leve	2,30 acentuado	2,30 acentuado

Taladrado en corte tangencial defecto dominante grano veloso y grano levantado categorizado como calidad de regular.

CUADRO N° 24 Reporte de defectos secundarios del taladrado a 500 RPM en corte radial

PROBETAS		ORIENTACIÓN		CALIFICACIÓN	
N°		Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
3	Radial	1,2 leve	1,33 leve	1,00 Muy leve	2,00 leve

Taladrado en corte radial defecto dominante grano levantado y categorizada como calidad de buena.

**CUADRO N° 25 Reporte de defectos secundarios del
taladrado a 500 RPM en corte oblicuo**

PROBETAS		ORIENTACIÓN		CALIFICACIÓN	
N°		Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
3	Oblicuo	1,3 leve	1,60 leve	2,00 leve	1,15 leve

Taladrado en corte oblicuo, defecto dominante grano veloso categorizado como calidad de buena.

**CUADRO N° 26 Reporte de defectos secundarios del
taladrado a 1000 RPM en corte tangencial**

PROBETAS		ORIENTACIÓN		CALIFICACIÓN	
N°		Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
3	Tangencial	1,00 Muy leve	1,15 leve	1,30 leve	1,36 leve

Taladrado en corte tangencial defecto dominante grano levantado categorizado como calidad de buena.

**CUADRO N° 27 Reporte de defectos secundarios del
taladrado a 1000 RPM en corte radial**

PROBETAS		ORIENTACIÓN		CALIFICACIÓN	
N°		Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
3	Radial	1,00 Muy leve	1,16 leve	2,00 leve	2,00 leve

Taladrado en corte radial defecto dominante grano veloso y grano levantado categorizada como calidad de buena.

**CUADRO N° 28 Reporte de defectos secundarios del
taladrado a 1000 RPM en corte oblicuo**

PROBETAS		ORIENTACIÓN		CALIFICACIÓN	
N°		Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
3	Oblicuo	1,3 leve	1,00 Muy leve	2,00 leve	2,30 acentuado

Taladrado en corte oblicuo, defecto dominante grano levantado categorizado como calidad de regular.

4.5 Discusión

Dado los resultados obtenidos en el presente ensayo de taladrado de la madera quina blanca (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart) para perforación a 1000 rpm se la calificó como buena y con un rango de 1-2 y 2-3 en el corte oblicuo calificado como calidad de regular, y para taladrado a 500 rpm se calificó de buena a regular siendo que en los planos tangencial predominó el defecto de grano levantado calificándola como regular de 2-3 comparada con la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) obtenido por Adolfo Condori Ticona indica que para la perforación a 1000 r.p.m. y 500 rpm en los tres tipos de corte tangencial, radial y oblicuo la mayoría obtiene una calificación de buena a excepto de tangencial y radial que obtuvo una calificación de regular y cuando se trabajó con 500 r.p.m. donde se ve que existe diferencia entre estas dos especies. Donde la especie blanquillo presenta defectos calificado como regular en los cortes radial y tangencial mientras que la especie quina blanca presenta en el corte tangencial regular y oblicuo se calificó como calidad de buena por lo que se define que la especie de quina blanca se comporta mejor o igual al taladrado siendo que en el corte oblicuo se lo calificó dentro del rango y calidad de 1-2 como buena.

Nombre común: Quina blanca.

Nombre científico: *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart

CUADRO N° 29 Resultados de ensayos de torneado

ÁNGULO DE CORTE PARALELO AL GRANO					
CORTE					
	Tiempo (seg)	Número de probetas	Número de árboles	Defecto de grano arrancado	Defecto de grano veloso
ÁNGULO DE 0°	33,623 1,510	3	5	1,66 Bueno 0,28	2,16 Regular 0,28
ÁNGULO DE 15°	29,365 1,089	3	5	2,16 Regular 0,28	1,33 Bueno 0,28
ÁNGULO DE 40°	34,399 0,131	3	5	2,83 regular 0,28	2,16 Regular 0,28

Fuente (Elaboración propia. 2022)

O(t)
S(t)

O(g)
S(g)

O (t)	0 (t) es el promedio de los tiempos en segundos.
S (t)	S (t) es la desviación estándar entre probetas
O (g)	0 (g) es el promedio de los grados del defecto.
S (g)	S (g) es la desviación estándar entre probetas.

Los resultados del ensayo de torneado según el ángulo de corte fueron de bueno a regular ya que se pudo categorizar en un rango de 1-2 y 2-3 calificándola como

calidad de buena a regular. Dándole un porcentaje de piezas sin defecto menos al 50%

4.5.1 Análisis de resultados del Torneado

Las probetas de torneado se analizaron visualmente exponiéndolas a la luz natural, evaluándolas en una escala de 1 a 5, con base a una presencia y ausencia de los defectos de grano arrancado y velloso. El resultado obtenido indica que en cualquier ángulo de corte la mayor presencia de defectos se encuentra en el grano arrancado;

Los resultados del ensayo de torneado según el ángulo 0° se calificó como buena en grano arrancado con piezas libre de defectos de 80- 90 % con defectos lijeros y regular en grano velloso con piezas libre de defecto de 60 – 80% sin defectos.

El resultado para el ángulo de 15° se calificó como buena en grano arrancado con piezas libre de defecto de 80 – 90 % y buena en el defecto grano velloso con piezas libre de defecto de 80 – 90% con defectos lijeros.

Posteriormente en el ángulo de 40° se calificó como regular en grano arrancado con piezas libre de defecto de 60 – 80 % y regular en el defecto grano velloso con piezas libre de defecto de 60 – 80 % sin defectos.

4.5.2 Discusión

Dado los resultados obtenidos en el ensayo de torneado con base a una presencia y ausencia de los defectos de grano arrancado y velloso. Se calificó de 1-2, y de 2-3 calificando como buena y regular comparado con ensayo de la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) Estudio realizado por Adolfo Condori Ticona, resultados positivos categorizándoles dentro del rango de 0-1 y 2-3 calificándola como excelente a bueno sin defectos y defectos ligeros. Dándole un porcentaje de piezas sin defectos promedio al menos de 90 % sin defectos. De la misma manera se ve la diferencia entre estas dos especies donde la quina blanca presenta más defectos en este ensayo obteniendo menos calidad en el acabado con ángulos de corte de 0° , 15° y 40° que se calificó que va de buena a regular.

Nombre común: Quina blanca

Nombre científico: *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart

CUADRO N° 30 Resultados de ensayos de lijado

ORIENTACIÓN	DEFECTOS				VELOCIDAD DE ENSUCIAMIENTO		FACILIDAD DE REMOCIÓN DE SUCIEDAD	VELOCIDAD DE DESGASTE ABRASIVO	TEMPERATURA DE LA LIJA
	Rayado		Velosidad						
	→ A favor del grano	← En contra del grano	→ A favor del grano	← En contra del grano					
TANGENCIAL	O S 2,11 0,22	2,33 0,25 9 5	1,33 0,5 9 5	2 0 9 5	A		B	C	A
RADIAL	N K 9 5	2,16 0,25 9 5	2,44 0,30 9 5	1,55 0,52 9 5	1,66 0,05 9 5		B	C	A
OBLÍCUO	2,11 0,22 9 5	2,33 0,35 9 5	1,33 0,05 9 5	1,66 0,05 9 5		A	B	C	A

Fuente (*Elaboración propia. 2022*)

O	S
N	K

A = Alta
B = Mediana
C = Baja

O	Valor promedio de los grados de defecto
S	Desviación estándar entre probetas
N	Numero de probetas
K	Número de árboles

4.5.3 Análisis del resultado del Lijado

De acuerdo las especificaciones de la Norma se utilizaron dos tipos de lija N°/60 y 100 La evaluación de las probetas se realizó después de procesarlas con la lija N°/100. Las probetas se evaluaron visualmente, clasificándolas en el rango del 1 al 5 como especifica el cuadro N° 12, con base a los defectos de rayones y vellosidades.

Los resultados de ensayo de lijado fueron regulares en los defectos a analizar, encontrándose para el rayado un rango entre 2 – 3 calificándola como regular, con un porcentaje de piezas libre de defecto de 60 – 80 %, y para vellosidad un rango de 1 – 2 calificándola como buena con un porcentaje de piezas libre de defecto de 80 – 90 % con defectos lijeros.

También se calificó la velocidad de ensuciamiento de la lija como alta y mientras que la temperatura de la lija como alta, facilidad de remoción de suciedad mediana, facilidad de desgaste de abrasivos baja.

4.5.4 Discusión

Los resultados obtenidos en el lijado y comparando con estudios de trabajabilidad de otra especie existe diferencia siendo que en los defectos a analizar, el rayado se lo categorizó en un rango entre 2 – 3 calificándola como regular, con un porcentaje de piezas libre de defecto de 60 – 80 %, y la vellosidad con un rango de 1 – 2 calificándola como buena con un porcentaje de piezas libre de defecto de 80 – 90 % con defectos lijeros para la especie quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) *Burkart* comparada a la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) estudio realizado por Adolfo Condori ticona en la misma carpintería que indica que en los defectos a analizar, rayado y vellosidad categorizada en un rango entre 1 – 2 y 0 -1 calificándola como buena, con un porcentaje de pieza libre de defecto de 80 – 90 %. De igual manera se ve que en el ensayo de lijado la madera quina blanca presenta más vellosidad y rayado respecto al blanquillo.

CUADRO N° 31 BASE DE DATOS DEL RAYADO

N° ARBOL	PROBETA	ORIENTACIÓN	DIRECCIÓN	EXTENSIÓN DEL DEFECTO	SEVERIDAD DEL DEFECTO	COMBINACIÓN	PROMEDIO	CATEGORÍA
5	1	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	3	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	1	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2	BUENA
	3	RADIAL	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	1	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	OBLICUO	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	3	OBLICUO	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	TANGENCIAL	→	3	2	3-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	TANGENCIAL	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	3	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	RADIAL	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	3	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	3	3-3	3	REGULAR
	2	OBLICUO	→	2	2	2-3	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	2	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	1	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	2	RADIAL	→	3	2	3-2	2,5	REGULAR
			←	3	2	3-2	2,5	REGULAR
	3	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
1	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA	
		←	2	2	2-2	2	BUENA	
2	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA	
		←	3	2	3-2	2,5	REGULAR	
3	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA	
		←	3	2	3-2	2,5	REGULAR	

Fuente (elaboración propia)

4.5.5 Descripción del cuadro N° 31

Se realizó la recopilación de datos del rayado de 5 árboles que se identificaron como muestra, en los diferentes tipos de corte Tangencial, Radial y Oblícuo, a favor y en contra del grano, obteniendo un promedio entre la combinación de la extensión del defecto y severidad del defecto calificado dentro de los rangos de Buena, Regular como especifica la norma ASTM-D-1666-64 (1970)

CUADRO N° 32 VELLOSIDAD

N° ARBOL	PROBETA	ORIENTACIÓN	DIRECCIÓN	EXTENSIÓN DEL DEFECTO	SEVERIDAD DEL DEFECTO	COMBINACIÓN	PROMEDIO	CATEGORÍA
5	1	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	2	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	TANGENCIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	1	1	1-1	1	EXCELENTE
	2	RADIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	1	1	1-1	1	EXCELENTE
	3	RADIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	1	1	1-1	1	EXCELENTE
	2	OBLICUO	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	2	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	TANGENCIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	2	RADIAL	→	1	1	1-1	2	BUENA
			←	1	1	1-1	1	EXCELENTE
	3	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	1	OBLICUO	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	2	OBLICUO	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	OBLICUO	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	1	1	1-1	1	EXCELENTE
	1	TANGENCIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	2	TANGENCIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
	3	TANGENCIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE
			←	2	2	2-2	2	BUENA
1	RADIAL	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE	
		←	2	2	2-2	2	BUENA	
2	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA	
		←	2	2	2-2	2	BUENA	
3	RADIAL	→	2	2	2-2	2	BUENA	
		←	2	2	2-2	2	BUENA	
1	OBLICUO	→	2	2	2-2	2	BUENA	
		←	2	2	2-2	2	BUENA	
2	OBLICUO	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE	
		←	2	2	2-2	2	BUENA	
3	OBLICUO	→	1	1	1-1	1	EXCELENTE	
		←	1	1	1-1	1	EXCELENTE	

Fuente (elaboración propia)

4.5.6 Descripción del cuadro N° 32

Se realizó la recopilación de datos de vellosidad de 5 árboles que se identificaron como muestra, en los diferentes tipos de corte Tangencial, Radial y Oblícuo, a favor y en contra del grano, obteniendo un promedio entre la combinación de la extensión del defecto y severidad del defecto calificado dentro de los rangos de Excelente, Buena como especifica la norma ASTM-D-1666-64 (1970)

Nombre común: Quina blanca.

Nombre científico: *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart.

4.6 Resultados de ensayos de moldurado

CUADRO N° 33 Calificación en corte doble

sentido	Ancho marca (mm)			CALIFICACIÓN								
	T	R	O	CORTE DOBLE								
				TANGENCIAL			RADIAL			OBLÍCUO		
				Astillado	Arrancado	Vellosidad	Astillado	Arrancado	Vellosidad	Astillado	Arrancado	Vellosidad
→ A favor del grano	1	1	1	1,83	2,00	1,5	1,66	2,00	1,33	1,83	1,83	1,33
				0,28	0,00	0,00	0,28	0,00	0,28	0,28	0,28	0,28
				1,00	1,00	1,00	1,33	1,00	1,66	1,00	1,00	1,00
				0,00	0,00	0,00	0,57	0,00	0,55	0,00	0,00	0,00
				3	3	3	3	3	3	3	3	3
				5	5	5	5	5	5	5	5	5
← En contra del grano	1	1	1	2,83	2,66	2,5	2,33	2,66	2,33	2,33	2,5	2,83
				0,57	0,28	0,5	0,28	0,28	0,28	0,28	0,5	0,76
				3,3	3,0	2,66	2,9	3	2,66	2,66	2,66	3,33
				0,57	0	0,57	0,57	0	0,57	0,57	0,57	0,57
				3	3	3	3	3	3	3	3	3
				5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente (Elaboración propia. 2022)

4.6.1 Análisis de resultados del Moldurado (corte doble)

Las probetas se evaluaron visualmente exponiéndolas a la luz natural, para identificar los defectos que presenta al someter a una máquina molduradora la madera de la especie quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart.

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 de 1 – 2 calificándola como buena para grano arrancado grano astillado y grano velloso con un porcentaje de piezas sin defectos de 80 a 90, es decir con defectos lijeros. Sin embargo, a contra grano el defecto más notorio es el grano arrancado.

CUADRO N° 34 Calificación en corte simple

sentido	Ancho marca (mm)			CALIFICACIÓN								
				CORTE SIMPLE								
	T	R	O	TANGENCIAL			RADIAL			OBLÍCUO		
				Astillado	Arrancado	Vellosidad	Astillado	Arrancado	Vellosidad	Astillado	Arrancado	Vellosidad
→ A favor del grano	1	1	1	1,66	1,33	1,5	1,66	2,33	2,66	2,33	2,00	2,33
				0,28	0,28	0,00	0,28	0,28	0,28	0,28	0,00	0,28
				1,33	2,00	1,00	1,00	2,66	2,66	2,66	1,00	2,33
				0,57	0,00	0,00	0,00	0,57	0,57	0,57	0,00	0,57
				3	3	3	3	3	3	3	3	3
				5	5	5	5	5	5	5	5	5
← en contra del grano	1	1	1	2,83	2,33	2,6	3	2,66	2,5	2,83	2,33	2,6
				0,28	0,28	0,28	0,5	0,28	0	0,28	0,28	2,28
				2,66	2,33	3	2,66	2,66	3	2,66	2,33	3
				0,57	0,57	0	0,57	0,57	0	0,57	0,57	0
				3	3	3	3	3	3	3	3	3
				5	5	5	5	5	5	5	5	5

Fuente. *Elaboración propia. 2022*

O(g)	O(g) Promedio de los grados del defecto	
S(g)	S(g)	Desviación estándar entre probetas del grado.
O(%)	O(%)	Promedio del porcentaje de extensión del defecto.
S(%)	S(%)	Desviación estándar entre probetas de la extensión.
N	N	Número de probetas
K	K	Número de árboles

4.6.2 Análisis de resultados del Moldurado (corte simple)

El resultado del ensayo de moldurado considerando la dirección del grano, orientación de la probeta y tipo de corte se lo pudo calificar en un rango de 1-2 y 2-3 considerándola de calidad de buena a regular. Con un porcentaje de piezas libre de defecto 80-90 % con defectos lijeros

4.6.3 Discusión

El resultado obtenido en el ensayo de moldurado y comparando con estudios de trabajabilidad de otra especie existe diferencia siendo que en los defectos a analizar y considerando la dirección del grano orientación de la probeta y tipo de corte para grano arrancado grano astillado y grano veloso se lo pudo calificar de 1 – 2 calificándola como buena con un porcentaje de piezas sin defectos de 80 a 90, es decir con defectos lijeros y para grano arrancado y belloso para corte a contra grano se la calificó de 2 – 3 como regular con piezas libre de defectos de 60 – 80 % para la especie quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Durante la ejecución de las operaciones de maquinado y la experiencia adquirida en el Laboratorio de Trabajabilidad de la Madera de la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” y la carpintería del Sr. Marcelino Martínez Quiroga, para desarrollar los ensayos de trabajabilidad de cepillado, moldurado, torneado, taladrado y lijado, con la aplicación de la norma correspondiente se alcanzaron los siguientes resultados:

- El ensayo de cepillado para la especie Quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart correspondiendo a una clasificación de buena a regular por lo que presenta defectos superficiales, considerando que corresponde a un porcentaje de 60 a 80 % libre de defecto.

Los defectos más frecuentes fueron de grano arrancado, grano levantado, y grano vellosos, el más reincidente fue el grano vellosos dentro del rango 1-2 por lo que se considera una categorización de calidad buena.

- El comportamiento de la madera en la operación del taladrado, muestra que es muy propensa a sufrir astillamiento, grano arrancado, grano vellosos y levantado. El defecto de mayor consideración es el grano astillado que está en un rango de 1-2 y 2-3 considerado como calidad de buena a regular. En general la madera de Quina blanca en el ensayo de taladrado se la pudo considerar dentro del grado de calidad 3 que corresponde a regular. Con un porcentaje de piezas libre de defecto de 60-80 %.
- El comportamiento de la madera en la operación de lijado dando un rango entre 1-2 y 2-3 califica en el grado de calidad 2 que corresponde de buena a regular. Con un porcentaje de piezas libre de defecto de 70-80 %. El rayado y la vellosidad corresponden dentro de la categoría de bueno.

- El comportamiento de la madera en la operación de torneado, observando el grano arrancado y grano veloso se pudo categorizar en un rango de 1-2 y 2-3 calificándola en un grado de calidad correspondiente de buena a regular y deficiente. Dando un porcentaje de piezas sin defecto menor al 70%.
- El comportamiento de la madera en la operación de moldurado observando el grano astillado, el grano arrancado, el grano veloso se lo pudo calificar en un rango de 1-2 y 2-3 considerándola el grado de calidad que corresponde de buena a regular. Con un porcentaje de piezas libre de defecto 60-80 %.

Todas las probetas se trabajaron con un contenido de humedad menor al 12%.

Considerando todos los aspectos observados se puede determinar que la madera de Quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart tiene una buena trabajabilidad en el maquinado, tanto en cepillado y lijado. Regular en taladrado, moldurado y torneado. Por lo cual se puede utilizar para realizar o elaborar molduras o ventanas, para postes de cerramiento, listones y también recomendar para pisos de parquet.

Teniendo en cuenta a diferencia con otros estudios realizados de trabajabilidad, la especie de quina blanca tiene un buen acabado en su trabajabilidad en los ensayos de cepillado y lijado y no así en torneado, moldurado y taladrado, comparando al estudio de la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) realizado que si demuestra un mejor acabado en los distintos ensayos.

5.2 Recomendaciones

- Al momento de cortar los árboles se recomienda hacer cortes limpios para evitar que se astille el mismo al momento de caer.
- Orientar bien las trozas para obtener probetas libres de defecto y con su orientación correspondiente.
- Para tener un mayor conocimiento sobre el comportamiento de esta madera resultaría muy útil realizar otros estudios complementarios, como ser el de sus

propiedades físicas, preservación, durabilidad, secado entre otros que apoyen a complementar este estudio.

- Realizar tratamientos profilácticos a la madera ya aserrada de este modo evitar la invasión de hongos u otros agentes patógenos. Parafinar los extremos de la madera aserrada con el fin de evitar que se rajen.
- Aserrar la madera a sobre medida para hacer secar al aire libre hasta que alcance su contenido de humedad según la norma (menor a 15% óptima al 12%).
- Usar maquinaria y herramientas siguiendo normas de seguridad de este modo evitar accidentes e inconvenientes que pongan en riesgo la salud del operador.
- Usar maquinaria y herramienta según indique la norma o que presenten proximidad a las ya mencionadas así de este modo obtener resultados más precisos.
- Realizar estudios comparativos de trabajabilidad del Quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart provenientes de otras zonas con diferencia altitudinales y variación climática diferente.
- No se prueba la hipótesis planteada, teniendo en cuenta que la especie Quina blanca *Lonchocarpus lilloi* (Hassler) Burkart presenta una madera al ser sometida a diferentes ensayos de trabajabilidad obteniendo un buen acabado en el ensayo de cepillado y lijado regular en taladrado moldurado y torneado.

