

INTRODUCCIÓN

La madera es uno de los elementos más antiguos utilizado por el hombre tanto para la construcción de sus viviendas como en otras edificaciones, por esta razón, es necesario conocer la manipulación correcta de la misma, para así lograr la trabajabilidad requerida y su uso adecuado (Araujo et al 2005).

En el caso particular en Bolivia, la excesiva presión que se tiene sobre las especies valiosas, hace que las mismas entren en una etapa de desequilibrio respecto a su regeneración natural, poniéndolas en peligro, por lo que es muy interesante e importante la realización de estudios para ampliar el uso de maderas de especies poco conocidas en el mercado, en cuanto a su trabajabilidad.

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

En nuestro país y en particular en nuestro departamento, este fenómeno no pasó desapercibido ya que también se notó la presión sobre nuestros bosques naturales observándose la extracción de especies como cedro, nogal, roble, quina y otras que se encuentran en la actualidad muy amenazadas.

La investigación sobre la trabajabilidad de la Palta, se efectuó con el propósito de facilitar la integración de la industria a las necesidades de los consumidores de este material y consecuentemente al bosque, utilizando técnicas adecuadas.

Por lo anteriormente mencionado este trabajo pretende contribuir al mejor conocimiento de la madera de la especie Palta con la finalidad de proveer de bases técnicas que permitan la incorporación de nuevas especies a la producción maderera.

JUSTIFICACIÓN

La creciente demanda de productos maderables y la disminución paulatina de muchas especies de importancia tecnológica y económica, obliga a buscar cada vez nuevas especies que puedan ingresar y reemplazar en el mercado maderero a especies valiosas, para ello es necesario realizar y hacer conocer resultados de estudios de trabajabilidad para aquellas especies que se quieran incorporar al mercado.

La madera de *Persea americana* Mill (Palta) posee una serie de propiedades que la convierten en materia prima de excelente calidad para la fabricación de ciertos productos ya que se desconoce de información documentada excepto sobre morfología y la trabajabilidad de la madera de esta especie con la finalidad de recomendar probables usos.

La especie Palta, al ser introducida en un cultivo agroforestal en la comunidad de Pampa Grande, municipio de San Lorenzo, departamento de Tarija, dentro del cual tuvo buena adaptación y desarrollo, ahora lo que se pretende conocer como es su comportamiento a las exigencias del maquinado como: Cepillado, torneado, lijado y moldurado que vienen a englobar su trabajabilidad, de esta manera ofrecer al productor rural una alternativa de madera sólida, adicional a la producción de sus frutos.

HIPÓTESIS

La madera de *Persea americana* Mill (Palta) responde adecuadamente cuando es sometida a los procesos de trabajabilidad en diferentes máquinas de carpintería.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el comportamiento de la madera de *Persea americana* Mill (Palta) en las operaciones de maquinado en procesos de cepillado, lijado, torneado y taladrado, aplicando 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, con el fin de identificar posibles usos de la madera.

Objetivos Específicos

- Evaluar la respuesta de la madera de la Palta (*Persea americana* Mill) al proceso de cepillado en cortes radial tangencial y oblicuo.
- Evaluar la respuesta de la madera de Palta al proceso de torneado.
- Evaluar la respuesta de la madera de Palta al proceso del lijado.
- Evaluar la respuesta de la Palta al proceso de taladrado.
- Identificar los posibles usos de la madera de la especie Palta, en base a los resultados obtenidos en el estudio de trabajabilidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 La Madera

La madera como recurso de amplia distribución en diversas latitudes y condiciones climáticas, ha sido utilizada por el hombre desde tiempos inmemoriales por las múltiples ventajas ofrecidas que la hacen única ante todos los materiales que se conoce, ya que además es un material perecedero, pero su vida útil se puede prolongar aplicando técnicas de preservación y un manejo adecuado (Villegas, 2001).

2.2 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).

2.3 Planos de corte de la madera

Debido a que los elementos constituyentes del leño se encuentran orientados y organizados en forma diferente según diversas direcciones consideradas, el aspecto de la madera cambia conforme el plano de corte en que es vista (Vargas, 1987).

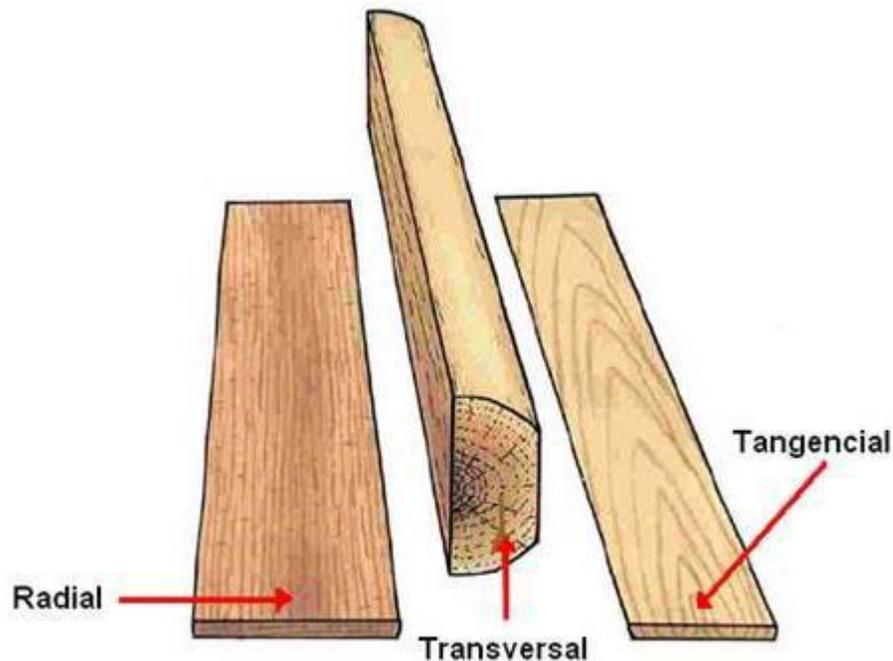
Los cortes en un tronco pueden ser de tres tipos puros (ver Fig.1):

a) Corte transversal: dirección perpendicular al eje del tronco, se produce, por ejemplo, al voltear un árbol o seccionar un tronco.

b) Corte tangencial (madera plana): cuando se realiza tangencialmente a los anillos de crecimiento del árbol. Es el corte en el que mejor se aprecia el vetado o figura de la madera.

c) Corte radial (madera cuarteada): cuando tiene dirección paralela a los radios. Es el corte más estable de la madera ante cambios de humedad del material.

FIGURA N° 1 Planos de corte de la madera: Radial, Tangencial y Transversal



2.4 Características de la madera que influyen en su trabajabilidad

De acuerdo con Flores y Fuentes (2001), de las características y propiedades de la madera más importantes 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 y temperatura.

2.4.1 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.

2.4.2 Contenido de humedad

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

2.4.3 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.

2.4.4 Grano

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

2.4.5 Textura

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

2.4.6 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.

2.4.7 Contenido de extractivos

El contenido de extractivos en las paredes celulares y las partículas minerales que se encuentran en las cavidades celulares (sílice y cristales) son 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.

2.4.8 Elasticidad

Es la capacidad de la madera de comprimirse bajo la acción del elemento de corte y retornar a su estado original una vez que se ha terminado el trabajo de corte, lo que determina el ancho de corte. Es decir que una madera con menor elasticidad requiere de un menor ancho de corte que una madera más elástica.

2.4.9 Número de anillos de crecimiento por centímetro

Al trabajar la madera es importante conocer el número de anillos que tiene por centímetro, porque este 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.

2.4.10 Temperatura

Manifiesta una influencia sólo bajo los 0° C por la transformación de la humedad en hielo, el cual dificulta más el procesamiento de la madera, por el incremento del esfuerzo del corte y como consecuencia, un desgaste acelerado de la arista de corte.

2.5. 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. De acuerdo con las herramientas que se utilice, ya sea integral o con recubrimiento, se recomienda las siguientes velocidades periféricas de corte: para fresas integrales de 30-60 m/seg, para fresas con recubrimiento de 40-80 m/seg, en sierras circulares integrales de 40-70 m/seg y para sierra circulares con recubrimiento una velocidad de 50-90 m/seg, de lo cual se deduce que las herramientas de corte con recubrimiento permiten obtener

además de una mayor duración de filo, utilizar velocidades de alimentación mayores las que permiten tener una mayor productividad (*Flores y Fuentes, 2001*).

Debido a que es más factible cambiar una herramienta que una máquina para trabajar las maderas duras como el encino, a continuación se presenta una breve descripción de los materiales más comúnmente utilizados en la construcción de herramientas de corte para obtener mejores resultados en las operaciones de maquinado

2.5.1 Acero con alto contenido de Cromo (HLS)

Acero con alto contenido de Cromo (Cr + Mo + V) 'Se usa en la fabricación de herramientas integrales, es decir que los elementos de corte son del mismo material que el cuerpo de la herramienta, adecuado para trabajar maderas blandas y duras con velocidades de alimentación no muy elevadas y velocidades periféricas de 40-45 m/seg.

2.5.2 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 con altas velocidades de alimentación y sobre todo cuando se exige una superficie tersa o de lo más lisa posible con una velocidad periférica de 45-50 m/seg, permite reducir los tiempos muertos por cambio de herramientas para su afilado, y como consecuencia, se incrementan los tiempos de trabajo efectivo, manteniendo un grado óptimo de tersura de la superficie trabajada, esto con respecto al acero mencionado anteriormente.

2.5.3 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 sólo 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 y alta velocidad de alimentación, con velocidades periféricas de 50-90 m/seg. Su gran

duración del filo permite reducir los tiempos muertos por cambio de herramienta para afilar, incrementándose como consecuencia de estos los tiempos efectivos de trabajo, manteniendo un grado óptimo de tersura de la superficie trabajada.

2.5.4 Hart Metal (HM)

Hart Metal o metal duro a base de Carburo de Tungsteno con carburo de Titanio y Tantalio, 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, para tableros y cuando se exige una larga duración de la arista de corte, es decir, una larga duración del filo. La velocidad periférica ideal es de 25-90 m/seg, de acuerdo con las características del material que se va a trabajar.

2.6 Trabajabilidad de la madera

Es el conjunto de propiedades o características que posee una determinada madera con relación a su respuesta al trabajo manual o a las acciones de las herramientas manuales o también eléctricas.

Se dice entonces que una madera posee buena trabajabilidad cuando responde bien al corte con sierra, al cepillado, al moldurado, al torneado, al lijado, al taladrado, al engomado o encolado, etc.

2.6.1 Torneado

Es una operación a través de la cual se obtiene una pieza cilíndrica de una pieza de forma cuadrada. El torneado es importante cuando se tienen que fabricar artículos de madera como pies de lámparas y patas de cama, entre otros (Moya *et al.*, 2001).

El ensayo de torneado de cada especie representa diversos grados de dificultad, en algunos casos se pueden resolver las dificultades mediante la optimización de los principales parámetros; sin embargo, también existen maderas que presentan una falta de aptitud total para obtener productos torneados aceptables en el mercado.

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 varía, debido a los diferentes círculos de corte que se producen; cuando la dirección de avance de la cuchilla es normal al eje de rotación de la pieza torneada, la velocidad de alimentación disminuye a medida que el corte avanza de la periferia 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 de 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 diámetros 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 lo menos cinco velocidades de giro diferentes (500, 1000, 1500, 3000, 5000 r.p.m.). La mejor calidad de torneado se obtiene en maderas que presentan una alta densidad y una textura fina (*Flores y Fuentes, 2001*).

2.6.1.1 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:

Cabezal

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

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

Bancada

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

Debe tener dimensiones apropiadas y suficientes para soportar las fuerzas que se originan durante el trabajo, las guías han de servir de perfecto asiento y permitir un deslizamiento suave y sin juego al carro y contra cabezal.

Eje Principal

Es el órgano que más esfuerzos realiza durante el trabajo. Por consiguiente, debe ser robusto y estar perfectamente guiado por los rodamientos, para que no haya desviaciones ni vibraciones.

Contra Cabezal o Contrapunto

El contra cabezal o cabezal móvil, llamado impropriamente 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.

2.6.1.2 Herramientas para el torneado

El formón

Es una herramienta manual de corte libre utilizada en carpintería. Se compone de hoja de hierro acerado, de entre 4 y 40 mm. de ancho, con boca formada por un bisel, y mango de madera. Su longitud de mango a punta es de 20cm. aprox. El ángulo del filo oscila entre los 25-40°, dependiendo del tipo de madera a trabajar: madera blanda menor ángulo, madera dura mayor ángulo.

La gubia

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

Gubias planas

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

Gubias curvas o con forma de U

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

Gubias punta de lanza o en vértice

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

2.6.2 Cepillado

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

El cepillado es una de las operaciones de maquinado más importante, en este ensayo los resultados que se obtengan pueden mejorarse adecuando las variables que

intervienen en esta operación a las características de la madera disponible. Tales variables pueden ser; las revoluciones por minuto del cabezal, tipo de cuchilla con diferentes aleaciones, número de marcas de cuchilla por centímetro, ángulos de corte de las cuchillas, velocidad de alimentación de la madera y afilado de las cuchillas.

En la mayoría de los cepillos el único factor que se puede variar, dentro de los límites que la máquina lo permita, es la velocidad de avance del material, pues las revoluciones por minuto en el cabezal son fijas, así como el ángulo para colocar las cuchillas. Este último factor sí es posible modificarlo con la variación del ángulo de la punta de las cuchillas, logrando con esto tener diferentes ángulos de corte, lo que dependiendo de la especie que se desea cepillar podrán ser más o menos eficientes (Martínez y Martínez, 1996).

2.6.2.1 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. El porta cuchillas es la pieza principal de la máquina, provisto en el caso de cuatro cuchillas.

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

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

2.6.2.2 Principales factores que afectan la calidad superficial

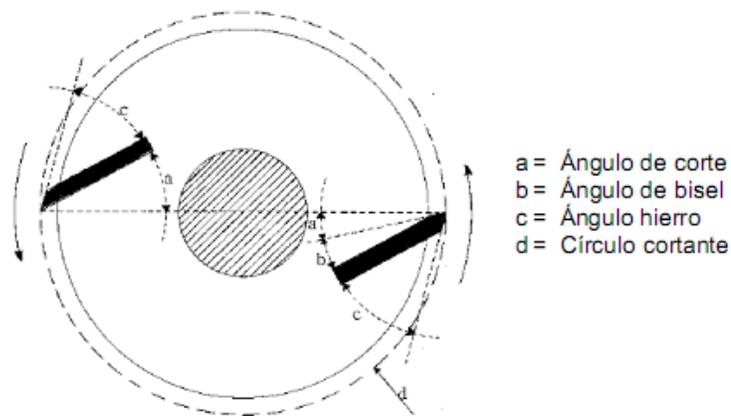
El defecto de grano arrancado es usualmente el más común y de mayor perjuicio para la calidad superficial en las maderas tropicales. Los aspectos principales que favorecen

la producción de grano arrancado son: elevada inclinación del grano y especialmente en la cercanía de los nudos y ángulo de corte o de ataque.

Inclinación del grano: Una 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 máquina se dé a favor del grano. En el caso del grano ondulado y el de nudos no es posible orientar la entrada a favor del grano, por lo que debe solucionarse con una disminución de la velocidad de avance o cambio del ángulo de corte (*Martínez & Martínez, 1996*).

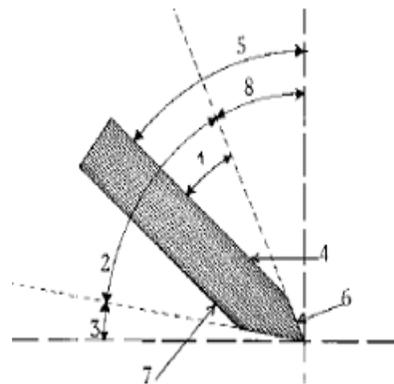
Ángulo de corte: Un ángulo de corte elevado en combinación con una fuerte inclinación del grano es crítico en la producción de una superficie con grano arrancado. En esta prueba la modificación del ángulo de corte se procedió al afilado del bisel, que van desde los 15 a 30°. Cabe destacar que una disminución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

FIGURA N° 2 Nomenclatura usada en cuchillas de cepilladura



Fuente: Serrano & Sáenz, 2001.

FIGURA N° 3 Esquema de modificación del ángulo de corte por medio del bisel



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

Fuente: Serrano & Sáenz, 2001

2.6.3 Taladrado

La operación consiste en 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 procesos, 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 del taladrado se realizan dos movimientos: el movimiento de corte y de avance, estos dos movimientos siempre se realizan, salvo en máquinas de taladro profundo en las cuales no hay movimiento de corte ya que la pieza se hace girar en sentido contrario a la broca. (Proceso de manufactura <https://sites.google.com>).

2.6.4 Lijado

Esta operación tiene como finalidad corregir los defectos del proceso de cepillado, como son las marcas de viruta, huellas de cuchillas y posibles imperfecciones manifestadas como grano algodonoso, grano arrancado, o grano levantado, o cualquier otro defecto causado por otra operación en la madera.

También, representa una de las últimas etapas en el proceso de maquinado de la superficie de las piezas de madera, antes de aplicar el acabado final. Es importante mencionar que cualquier imperfección que no se pueda eliminar con el lijado, cuando se aplique el acabado el defecto se acentuará. De ahí la importancia de conocer los defectos que pueden aparecer en la superficie lijada y cómo eliminar parte de éstos. La graduación del grano de las lijas para el lijado de la madera, deberá de variar de acuerdo con los defectos que tenga la superficie que se desea someter al proceso de lijado. La graduación que se emplea para denominar a cada una de las calidades de lija, se refiere a la cantidad de perforaciones que tiene una malla por pulgada cuadrada, a través de la cual se hace pasar el abrasivo para ser depositado en la base de la lija (Martínez y Martínez, 1996).

2.7 Defectos más comunes en el maquinado de madera

2.7.1 Grano arrancado o astillado

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

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

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

FIGURA N° 4 Grano arrancado o astillado



Fuente: Elaboración propia, 2017

2.7.2 Grano velloso o algodónado

Se presenta en las operaciones de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado, consiste en fibras o grupos de fibras levantadas sobre la superficie de la pieza que no fueron cortadas por la cuchilla, fresa, broca, u otra herramienta de corte, sobresalen de la superficie general de la tabla sin desprenderse. En la mayoría de los casos se puede corregir durante el proceso de lijado pero requiere de un mayor costo, tanto a nivel de esfuerzo como de tiempo (*Serrano & Sáenz, 2001*).

Las principales causas de este defecto son:

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

FIGURA N° 5 Grano vellos o algodonado



Fuente: Elaboración propia, 2017

2.7.3 Grano levantado

Condiciones de aspereza en la superficie de la madera, en la que una parte del anillo de crecimiento u otra sección de madera se levanta sobre la superficie general de la pieza trabajada (*De Los Ríos, 2005*).

2.7.4 Grano rugoso

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

Otras causas son:

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

f. Bajo ángulo de corte (10 -15°).

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

2.8 Descripción de la especie del estudio

El tronco de la Palta (*Persea americana* Mill), posee una corteza gris-verdosa con fisuras longitudinales, presenta ramificación simpodial, la copa tiene una forma alargada irregular y densa, de follaje persistente (Sánchez, 2011).

2.8.1 Hojas

Las hojas alternas, con peciolo de 2–5 cm y limbo generalmente glauco por el envés, estrechamente elípticos, ovados u obovados, de 8–20 por 5–12 cm, coriáceos, de color verde y escasamente pubescentes en la haz pero muy densamente por el envés que es de color marrón amarillento y donde resalta el nervio central; tiene base cuneiforme y ápice agudo, los márgenes enteros y más o menos ondulados.



Fuente: Elaboración propia, 2017

2.8.2 Flores

Tiene flores de 5–6 mm con perianto densamente pubescente, de tubo muy corto y seis tépalos oblongos de medio centímetro, los 3 exteriores más cortos. Tienen nueve estambres fértiles de unos 4 mm, con filamentos pubescentes, organizados en tres círculos concéntricos. El ovario es ovoide, de unos 1,5 mm, densamente pubescentes, con estilo también pubescente de 2,5 mm terminado por un estigma discoidal algo dilatado.

Las inflorescencias son panículas de 8–4 cm de largo



Fuente: Elaboración propia, 2017

2.8.3. Fruto

El fruto es una drupa de color amarillo-verde o marrón rojizo, grande, generalmente en forma de pera, a veces ovoide o globoso, de 8–18 cm con epicarpio corchoso más o menos tuberculado y mesocarpio carnoso y comestible. Este último rodea íntimamente una semilla globular de epispermo (tegumento) papiráceo, sin endospermo de unos 5–6 cm.



Fuente: Elaboración propia, 2017

2.9. Taxonomía

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Lurales
Familia:	Lauraceae
Tribu:	Perseae
Género:	Persea
Especie:	<i>Persea americana</i> Mil
Nomb. Común:	Palta, aguacate

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Ubicación

El área de estudio está ubicada en la comunidad de Pampa Grande, perteneciente al distrito de Panti Pampa del municipio de San Lorenzo, Primera Sección, provincia Méndez. Localizada geográficamente entre las coordenadas 21° 6' 20.83" latitud sur y 64° 34' 50.67" longitud Oeste a una altura de 2.390 m.s.n.m.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS

3.1.2.1. Clima

Sobre la caracterización climática del municipio, se han utilizado diferentes clasificaciones reconocidas en el mundo, tales como, Thornthwaite, Caldas, Lang, esta última fue empleada para realizar la clasificación climática y la primera para el balance hídrico.

El municipio de San Lorenzo cuenta con cinco estaciones meteorológicas, consistente en dos estaciones climáticas, una pluviométricas y tres con variables (temperatura y precipitación).

Para la clasificación climática se determinó, por el método Schaufelberguer quien establece la unión de dos metodologías como la clasificación de Caldas y Lang.

Para las Caldas establece sus parámetros en función de la altura y la temperatura, como se muestra en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 1 Rangos de Clasificación Climática según Caldas

Piso térmico	Símbolo	Rango de alturas (m)	Temperatura °C	Variación de la altitud por condiciones locales
Cálido	C	0 – 1000	$T \geq 24$	Límite superior ± 400
Templado	T	1001 - 2000	$24 > T \geq 17.5$	Límite superior ± 500 Límite inferior ± 500
Frío	F	2001 – 3000	$17.5 > T \geq 12$	Límite superior ± 400 Límite inferior ± 400
Páramo bajo	Pb	3001 - 3700	$12 > T \geq 7$	
Páramo alto	Pa	3701 - 4200	$T < 7$	

Fuente: elaboración en base a datos PDM Méndez, 2011

Para Lang toma en cuenta para la clasificación climática los datos de precipitación promedio anual de las estaciones inmersas al interior del municipio de San Lorenzo y con la ayuda del mapa temático de alturas clasificadas, rango de temperaturas promedio y el factor Lang, resulta para el municipio las siguientes unidades climáticas:

Cálido desértico

Cálido semiárido

Frío árido

Frío semiárido

Frío semihúmedo

Páramo bajo semiárido

Templado semiárido

a) Clima cálido desértico

Esta unidad climática se ubica en la parte norte del municipio (límite con el departamento de Chuquisaca), esta se caracteriza por tener temperaturas relativamente altas, se encuentra con rangos de altitud 1200 a 1400 m.s.n.m, alcanzando un índice de Lang de 15, lo que le da un clima Cálido desértico.

b) Clima cálido semiárido

Tipo de clima que se ubica entre rangos altitudinales de 1000 a 1300 m.s.n.m, y temperaturas de 16 °C como promedio, cuyo índice de Lang es de 56 y calificando como cálido semiárido, esta unidad climática se encuentra al oeste del municipio.

3.1.2.2 Suelo

El área geográfica del municipio de San Lorenzo se encuentra dentro de la Provincia Fisiográfica Cordillera Oriental, y a su vez, dentro de ésta, se diferencian los siguientes tipos de Gran Paisaje: Montañas, Serranías, Colinas, Planicies, Valles y Piedemontes. El paisaje se establece dentro de un Gran Paisaje en base a una morfología específica, para la cual se toma en cuenta los siguientes atributos: forma, amplitud de relieve, grado de disección litología y vegetación.

El análisis fisiográfico consistió en la identificación de la Provincia Fisiográfica, Gran Paisaje, y los distintos Paisajes y Subpaisajes caracterizados por sus atributos. Esta identificación fue efectuada a un detalle de escala 1:50.000; se empleó imágenes de satélite LANDSAT TM, combinando las bandas 4-5-3 (R-G-B), efectuándose los reconocimientos respectivos en campo a fin de corroborar cada unidad de paisaje identificada.

3.1.2.3 Vegetación

La vegetación natural del entorno a la comunidad de Pampa Grande, está conformada por bosque ralo xeromorfo emplazado en terrazas aluviales paralelas al río Pilaya y en abanicos y lechos de drenajes principales. En esta zona es común encontrar cactáceas columnares (*Neoraimondia herzogiana*), y árboles de representativos del chaco seco serrano como son el Toboroche (*Chorisia insignis* H.B.K.) y Quebracho

Blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco* Schldl.), además de leguminosas arbóreas espinosas.

El bosque, tiene un solo estrato de árboles aislados de hasta 10 m de altura, caducifolios con dosel interrumpido y un sotobosque abierto constituido por matorrales espinosos, en donde las especies *Prosopis alba* Griseb. (Algarrobo), y *Acacia* sp, constituyen apariencia xerofítica sin embargo, a decir por los comunarios, estas especies, ofrecen un recurso importante para la alimentación del ganado durante los periodos de invierno y primavera, por su disponibilidad de follaje, hojarasca y frutos.

Tabla N° 1 Vegetación

N°	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	FAMILIA	GRUPO COM.	GREMIO ECOL.
1	Algarrobilla	<i>Caesalpinia paraguariensis</i> Burkart	CAESALPINIACEAE	SV	HD
2	Caraparí	<i>Neocardenasia herzogiana</i> Backeb.	CACTACEAE	SV	HD
3	Cebil colorado	<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.Conc.) B.	MIMOSACEAE	VA	HD
4	Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i> Burkart	FABACEAE	SV	HD
5	Churqui	<i>Acacia caven</i> (Mol.) Hook. & Arn.	MIMOSACEAE	SV	HD
6	Coca de cabra	<i>Capparis speciosa</i> Griseb.	CAPPARACEAE	SV	EP

7	Garrancho	<i>Acacia sp.</i>	MIMOSACEAE	SV	HD
8	Higuerilla	<i>Oreopanax sp.</i>	ARALIACEAE	SV	EP
9	Jarca	<i>Acacia visco</i> Lorentz ex Griseb.	MIMOSACEAE	SV	HD
10	Lapacho	<i>Tabebuia impetiginosa</i> Standley	BIGNONIACEAE	VA	HD
11	Mistol	<i>Ziziphus mistol</i> Griseb.	RHAMNACEAE	SV	HD
12	Monte hoja	<i>Capparis sp. 2</i>	CAPPARACEAE	SV	EP
13	Palo santo	<i>Bulnesia sarmientoi</i> Lorentz	ZYGOPHYLLACEAE	SV	HD
14	Porotillo	<i>Peltophorum dubium</i> (Sprengel)Taub.	CAESALPINIACEAE	SV	HD
15	Quebracho bl.	<i>Aspidosperma quebracho-blanco</i> Schldl.	APOCYNACEAE	VA	HD
16	Soto	<i>Schinopsis sp.</i>	ANACARDIACEAE	VA	HD
17	Sumalagua	IND.	IND.	SV	EP
18	Tacko	<i>Prosopis alba</i> Griseb.	MIMOSACEAE	SV	HD
19	Tala	<i>Celtis spinosa</i> Spreng.	ULMACEAE	SV	EP
20	Toborochoi	<i>Chorisia speciosa</i> A. St. Hil.	BOMBACACEAE	SV	HD
21	Ulala	<i>Cereus sp.</i>	CACTACEAE	SV	HD

Fuente: elaboración en base a datos PDM Méndez, 2011

El siguiente resumen, toma como base para determinar los pisos ecológicos el sistema de clasificación de Holdridge (1978)¹, la misma tiene como referencia la gradiente altitudinal y clima. Como resultado del trabajo de campo, se identificó 4 pisos ecológicos que son descritos a continuación

a) Primer piso ecológico (*Puna*: > 3100 m.s.n.m)

El primer piso ecológico altitudinal denominado Puna, se extiende en la provincia desde los 3100 hasta los 4000 m.s.n.m., altitud a partir de la cual comienza el piso altoandino (> a 4000 m.s.n.m.). Los ecosistemas vegetales que caracteriza a este piso ecológico (*Puna*), son bosques que en su mayoría están dominados por varias especies arbustivas y arbóreas de Keñuas (genero *Polylepis*), así como, praderas de graminoides con grandes extensiones (*Stipa*, *Festuca* y *Deyeuxia*), que conforman importantes áreas de pastoreo extensivo.

Se caracteriza por su clima frío y árido, con fuertes vientos, escasas precipitaciones en forma de lluvia y algunas veces de granizo; según los registros de la guardianaía de Chorcoya, las temperaturas mínimas de invierno llegan incluso hasta los -18 °C y las máximas de verano a los 22 °C (PMRBCS, 2004).

b) Segundo piso ecológico (*Prepuna*: 2300 – 3100 m.s.n.m)

El segundo piso ecológico denominado Prepuna incluye fisiográficamente los valles altos y cabeceras de valles, distribuidos entre los rangos de 2100 a 2300 m.s.n.m. y los 3000 a 3200 m.s.n.m. de altitud, presentan climas xéricos moderados. En dichos valles, el efecto orográfico de sombra es importante. La vegetación que caracteriza a este piso son manchas de bosques xerofíticos espinosos con presencia de arbustales, con flora rica en elementos andinos endémicos y subendémicos.

En los claros de estos bosques bajos, se desarrollan comunidades herbáceas perennes raras y una vegetación de hierbas efímeras anuales, que en épocas lluviosas pueden ser

importantes para la cobertura vegetal y biomasa, las muestra la fisiografía y un tipo de vegetación “Keñual” que conforma esta unidad.

Las condiciones climáticas que son frecuentes en este piso ecológico son precipitaciones que varían de Norte a Sur, presentándose de 400 a 500 mm/año en el sector norte y en el extremo sur de 1000 a 1100 mm/año, acompañadas por vientos moderados en los meses de estiaje.

c) Tercer piso ecológico (Montano: 2000 a 2300 m.s.n.m)

El tercer piso ecológico denominado Montano, se encuentra distribuido en las serranías andinas de la Cordillera Oriental que tienen una orientación de Norte a Sur, con disposición de laderas escarpadas distribuidas por encima de los 2000 a 2300 m.s.n.m. de altitud. La vegetación que caracteriza a este piso son bosques de especies siempre verdes como caducifolias, arbustos del género *Baccharis* y en el estrato bajo especies gramíneas y algunas hierbas.

d) Cuarto piso ecológico (Subandino y Valluno: < a 1900 m.s.n.m)

La vegetación de este piso ecológico está compuesta por vegetación arbustiva, arbórea y epífita xérica, desarrollada sobre todo en los valles y la vegetación pluvioestacional que se desarrolla en las serranías subandinas expuestas al este del municipio.

Se presenta como una serie de mesetas, colinas y valles o distribuidas en laderas y subpaisajes de pendiente inferior de serranías. La época de estiaje es dura, por lo menos unos seis a ocho meses, mientras que las lluvias caen en periodos cortos, con una fuerte intensidad entre los meses de diciembre y febrero.

3.1.2.4. Fauna

La fauna del municipio, está constituida por mamíferos carnívoros, mamíferos herbívoros, aves, reptiles entre los más importantes de la fauna terrestre.

La fauna actualmente se encuentra dispersa a causa de las profundas intervenciones del hombre, ya sea por la explotación forestal sin control, lo que está además ocasionando

cambios en la estructura de la vegetación, destruyendo de esta manera su hábitat natural.

La fauna y vida silvestre, constituye una alternativa alimentaría de la población. La misma es variada por la existencia de varios pisos ecológicos, y está representada principalmente por las especies que se presentan en la tabla N° 2.

Tabla N° 2 Especies Nativas de Fauna

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	DISTRIBUCIÓN
MAMIFEROS:		
Comadreja	<i>Didelehis albiventris</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Zorro andino	<i>Pseudolapex culpaeus</i>	Cordillera Subandina
Zorrino común	<i>Conepatus chinga rex</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Puma o León	<i>Puma concolor</i>	Cordillera Subandina
Liebre eurpea	<i>Lepus europaeus</i>	Cordillera Subandina
Viscacha	<i>Lagidiun viscacia</i>	Cordillera Oriental
Chancho negro	<i>Tayassu pecari</i>	Cordillera Subandina
Lobito de río	<i>Lontra longicaudis</i>	Cordillera Subandina
Jucumari, Juco, Juca	<i>Tremarctos ornatos</i>	Cordillera Subandina
Corzuela colorada	<i>Mazama americana</i>	Cordillera Subandina
Anta o Tapir	<i>Tapirus terrestres</i>	Cordillera Subandina
AVES:		
Águila	<i>Harpyhaliaetus solitarius</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Cóndor	<i>Vultur gryphus</i>	Cordillera Subandina y Oriental

Perdices	<i>Crypturellus tataupa</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Pato de Torrentes	<i>Merganetta armata</i>	Cordillera Subandina
Tucán	<i>Ramphastos toco</i>	Cordillera Subandina
Lechuza	<i>Tyto Alba</i>	Cordillera Subandina
Picaflor	<i>Iran Chilfidae Spp</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Loro Verde	<i>Amazona Mercenaria</i>	Cordillera Subandina
Charata		Cordillera Subandina
Pavas	<i>Penelope montagnii</i>	Cordillera Subandina
REPTILES:		
Lagartija	<i>Corotatus Tenificus</i>	Cordillera Subandina
PECES:		
Bagre		Cordillera Subandina y Oriental
Sábalo	<i>Prochilodus Platensis</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Doradito	<i>Acestrorhamphus bolivianus</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Churuma	<i>Rhireloricaria Sp.</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Mizquincho	<i>Pigidius Spp</i>	Cordillera Subandina y Oriental
Fuente: Elaboración en base a datos de PDM Méndez, 2011		

3.1.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

3.1.3.1 Uso de la Tierra

En las serranías existen ganadería extensiva con ganado menor, en los valles existe agricultura extensiva en pequeño porcentaje de maíz, papa, arveja entre sus principales cultivos.

3.1.3.2 Población

Según el Instituto Nacional de Estadísticas INE, 2012, la comunidad de Pampa Grande cuenta con una población de 310 habitantes, siendo un promedio de 4 miembros por familia.

3.1.3.3 Accesibilidad

El municipio en general presenta una buena conexión vial contando con una buena articulación, obviamente existen comunidades que no cuentan con acceso carretero, pero en un gran porcentaje está sólidamente articulado; se tiene cuatro jerarquías (tipo de vía) de vías que interconecta el 91% de los centros poblados lo que permite establecer que el municipio esta adecuadamente articulado, salvo las comunidades de Acheral, Mandor Grande, San Pedro de las Peñas, Chamatas, Tres Morros, Nogal, Alizar la Torre y Peñaderia. Continuando con el análisis del área rural, la vía de primer orden está constituida por la Ruta que conecta desde la Ciudad de Tarija- Tomatitas- San Lorenzo – Tomatas Grande, esta ruta esta asfaltada y es parte de una de las principales vías del municipio, esta es la única vía asfaltada, el resto se distribuye en: Empedrado, ripio y de tierra.

La comunidad de Pampa Grande, se encuentra alejada desde el centro urbano del municipio, al igual que Trancas hasta Chamata, desde Mandor Chico hasta Mandor Grande y Acheral, del camino que va hasta Pantí Pampa se entra por un desvío a la comunidad de San Pedro de las Peñas.

3.2 MATERIALES

3.2.1 Materiales de campo

Motosierra

GPS

Flexómetro

Machete

Pintura y brocha

Cámara fotográfica

Planillas de campo

3.2.2 Material del taller de trabajabilidad

Cepilladora

Lijadora

Lijas

Torno

Taladro de banco

Sierra sin fin

Herramientas menores de carpintería

Xilohigrómetro

Lupa

Lápices de color

Balanza

Estufa

3.2.3 Material de gabinete

Computadora

Calculadora

Planillas y libretas para toma de datos

Mapas y cartas geográficas

Normas COPANT Maderas

Normas (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de madera tropicales.

3.2.4 Material biológico

Madera de la especie en estudio.

3.3 METODOLOGÍA

La metodología que se empleó en el trabajo de investigación estuvo enmarcado en las normas técnicas de la (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970) con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales y Normas Técnicas (COPANT) Maderas, sus manuales técnicos con la finalidad de que los resultados obtenidos en el presente estudio, sean confiables y aplicables.

Tabla N° 3 Normas (COPANT)

NORMAS	TEMAS
COPANT 458	Selección y colección de muestras
ASTM-D-1666-64 (1970)	American Society for Testing and Materials

3.3.1. Selección y Colección de las Muestras

De acuerdo con la norma COPANT 458 recomienda el sistema al azar, de manera que todos los componentes (zona, sub zona, bosque, árbol, troza, vigueta y probeta) tengan la misma posibilidad de ser elegidos. Este sistema al azar comprende las siguientes etapas.

3.3.2 Selección de la Zona

Se tomó en cuenta la representatividad y calidad de los individuos en cuanto a sanidad y calidad de la especie Palta (*Persea americana*) Mill.

Tabla N° 4 Selección de la Zona

Zona	Bloque 1	Parcela 1 (1 árboles)
		Parcela 2
		Parcela 3
	Bloque 2	Parcela 1
		Parcela 2 (1 árboles)
		Parcela 3
	Bloque 3	Parcela 1
		Parcela 2
		Parcela 3 (1 árboles)

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.3.3 Selección de los Árboles

Se seleccionó 3 árboles, tomando en cuenta la sanidad, buen fuste y el diámetro 1,30 metros o altura del pecho.

CUADRO N° 2 Coordenadas de los árboles seleccionados

COORDENADAS DE LOS ÁRBOLES SELECCIONADOS			
	Z	X	Y
Árbol 1	1391	0334388	7663824
Árbol 2	1392	0334404	7663952
Árbol 3	1405	0334485	7664541

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.3.4. Selección de las Trozas

Se realizó el apeo, desramado, luego se dividió el árbol en secciones de 1,50 metros de longitud, obteniendo una troza de cada árbol, se cortó de la parte basal, media y alta; la codificación será al azar tanto del árbol 1, árbol 2, árbol 3.

3.3.5 Extracción de las trozas

Las trozas fueron transportadas desde el lugar del apeo hasta la Carpintería “Martínez” que se encuentra en la ciudad de Tarija.

3.3.6 Tratamiento profiláctico

Una vez que se obtuvo los tablonces centrales en el aserradero, se procedió con los diferentes tratamientos profilácticos, para evitar el ataque de insectos u hongos.

3.3.7 Selección de las viguetas dentro de la troza y obtención de las probetas

Las viguetas se las obtuvieron de los tablonces centrales y laterales sobredimensionados, las cuales fueron de 1,50 metros de longitud, teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento y dirección de las fibras. Las probetas para los ensayos se realizaron de acuerdo a las normas propuestas para cada uno de los ensayos.

3.3.8 Obtención de probetas para el estudio

La obtención de las probetas fue realizada según la Norma Panamericana COPANT Maderas, que nos proporciona las medidas de las probetas para los siguientes ensayos de estudio.

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.

Norma de la (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales

3.3.9 ENSAYO DE CEPILLADO

3.3.9.1 Maquinaria

Se utilizó una cepilladora de 30 cm de corte, HP 4-6000 rpm, marca STAN con cuchillas totalmente preparadas, con diferentes velocidades de alimentación.

Características técnicas de la cepilladora utilizada.

Velocidad de giro de porta cuchillas: 5.000 r.p.m.

Diámetro de la porta cuchillas: 10 a 12 cm.

Ángulo de la porta cuchillas: 30° a 35°

Porta cuchillas para alojar 3 o 4 cuchillas

Velocidades de alimentación (m/min): 3, 6, 9, 12 y eventualmente otras superiores.

Alimentación perpendicular al eje de rotación de la porta cuchillas

Cuchillas: Se usaron preferentemente cuchillas de acero rápido (HSS). Al momento de ensayo los filos deberán estar en buen estado.

3.3.9.2 Probetas

Se utilizó 3 árboles de los cuales se obtuvieron 9 probetas por árbol, haciendo un total de 27 probetas con los siguientes cortes:

3 probetas de cada árbol haciendo un total de 9 probetas para corte tangencial

3 probetas de cada árbol haciendo un total de 9 probetas para corte oblicuo

3 probetas de cada árbol haciendo un total de 9 probetas para corte radial

Las probetas se las corto de 10 cm de ancho, 4 cm de espesor y 100 cm de longitud.

3.3.9.3 Procedimiento

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

Los planos de trabajo de las probetas fueron comprobadas que estuvieran bien direccionadas y rectificadas antes del ensayo

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

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

Cada probeta fue introducida en la maquina en el mismo sentido de cada corte

Los cortes se los realizo 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 se emergió en la máquina para indicar la dirección de alimentación y el lado que acaba de ser procesado.

3.3.9.4 Ensayo en condiciones comunes.

Los ensayos se realizarán con tres o cuatro cuchillas de 30° o 35° de ángulo de corte (ángulo normal de la porta cuchillas), niveladas en la porta cuchillas y colocadas de la manera usual. Una vez ensayada y calificada la especie en cada plano de corte para una velocidad determinada, se podrá repetir el proceso con una velocidad de alimentación menor hasta reducir los defectos a niveles aceptables.

Si la madera presenta grano arrancado con las condiciones antes mencionadas se repetirá el ensayo con cuchillas afiladas para obtener un ángulo de corte 15°.

3.3.9.5. Resultados de ensayos de cepillado.

Se evaluaron los defectos y se registraron.

El grano arrancado es, por ser en bajo relieve, el defecto que reviste mayor gravedad.

Para los efectos secundarios se hizo un informe secundario que indique la frecuencia y magnitud de los mismos de la especie.

La calificación se dio en grados de 1 a 5 de acuerdo a patrones obtenidos a partir de normas existentes. Para la evaluación se ponderará en función de porcentaje de incidencia y extensión del defecto

3.3.9.6. Calificación

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

Los defectos se calificaron tomando en cuenta la siguiente clasificación:

Tabla 5 Clasificación de rango y calidad

RANGO	CALIDAD
0.0 - 1.0	excelente
1.0 - 2.0	bueno
2.0 - 3.0	regular
3.0 - 4.0	malo
4.0 - 5.0	muy malo

3.3.10 ENSAYO DE TORNEADO

3.3.10.1 Maquinaria

Se trabajó con un torno marca DELBRE motor power ½ HP – 220 voltios, 1400 rpm de diferentes velocidades de rotación del eje vivo, con un soporte preparado en forma escalonada y con una guía para obtener ángulo de 0° - 15° y 40°.

Otros materiales:

Cronómetros

Transportador con regla radial

3.3.10.2. Herramientas

Se utilizó una gubia de 2 cm de ancho, con un radio de curvatura exterior de 1 cm (lado convexo) y curvatura del filo de 1 cm (arista); y se la utilizó 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 ensayos de 0° y 15° de ángulo de corte.

3.3.10.3. Probetas

Se prepararon 9 probetas por especie (3 árboles x 3 probetas por árbol = 9) de 2 cm de ancho, 2 cm de alto, 12,5 cm de largo

Se determinó el ángulo de corte para la observación paralela al grano y al corte oblicuo.

3.3.10.4. Determinación de ángulo de corte para la observación paralela al grano

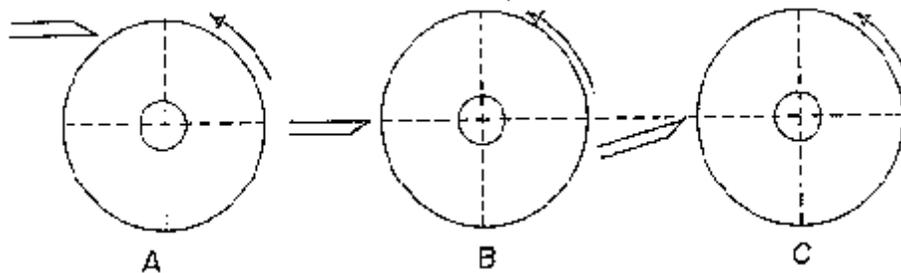
Se ensayaron en la misma probeta con ángulos de corte de 40°, 0°, 15° (una probeta por árbol).

Para el ángulo de corte de 40° se ensayará tangencialmente por encima de la probeta (tipo A)

Con ángulo de corte de 0° (tipo B) se ensayó radialmente en la misma probeta.

Para un ángulo de 15° se utilizó una guía en el porta herramientas (tipo C).

FIGURA N° 6 Tipos de cortes en ensayo de torneado



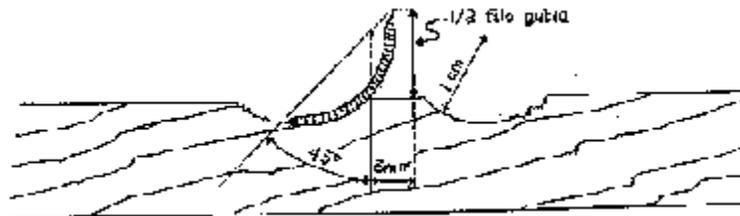
3.3.10.5 Ensayo de corte oblicuo

Se torneó a 45° con respecto al eje de la gubia. Se ensayó una probeta por árbol y se utilizaron gubias de 40° de ángulo de hierro.

Se hicieron pares de cortes opuestos, distanciados entre 5 mm en la sección cuadrada original

Los cortes se realizaron en forma energética y la profundidad no pasó de la mitad del filo en las esquinas de la probeta.

FIGURA N° 7 Forma de corte oblicuo para ensayo de torneado



3.3.10.6 Calificación

Calificación para observación paralela al grano.

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

Calificación para corte oblicuo.

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

3.3.11. ENSAYO DE LIJADO

3.3.11.1. Equipo

Se utilizó una lijadora de banda con mesa, marca COROMA Angle Grinder (AB316A) con un plato de 15 cm de largo.

Se utilizaron lijas de óxido de aluminio o granate N° 60 y 100.

3.3.11.2. Probetas

Se utilizaron las probetas ensayadas en cepillado de 9 probetas por árbol, madera con un contenido de humedad al 15%. El ancho de la probeta ha sido como máximo 2 cm menos que el ancho de la lija.

3.3.11.3 Requisitos Generales

Se utilizó lijas en estado satisfactorio (no nueva por no ser representativa). Se ensayó en la misma dirección utilizada en el cepillado (a favor del grano y en contra del grano). Para el ensayo se las agrupo cada tipo de corte, (radial, tangencial, oblicuo).

Para madera con grano arrancado se inició el trabajo con una lija N°60 para eliminar dicho defecto, y después se utilizó lija N° 100 para evaluar la calidad de superficie.

Para madera que no presentaban grano arrancado se ensayó directamente con lija N° 100.

3.3.11.4 Procedimientos

Ensayo 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 la realizó con lija N° 60 en ambas caras haciendo pasadas

suaves, a una presión cercana o inferior a 100 gr/cm manteniendo esa presión para todos los ensayos

Se reguló la velocidad de la alimentación de modo que la velocidad de la lija (m/min) fue aproximada o igual a 167 veces la velocidad de alimentación.

Se hizo las pasadas suficientes para poder lograr una remoción significativa de más o menos 0,5 mm. La remoción se observó en cuatro puntos a una distancia de 30 cm de los extremos y de 1cm de los cantos.

El producto de la velocidad de la lija por el tiempo de alimentación por el número de pasadas es igual a la longitud de la lija pasada (es conveniente expresar esta longitud en Km). Para las condiciones de este ensayo, esta longitud es también igual a 0,24 Km por el número de pasadas.

Se tocó la superficie de la madera inmediatamente después de lijar calificándose su temperatura como alta, mediana (temperatura humana = 37°) o baja.

Ensayo con lija N° 100

Se realizó cuatro pasadas, dos en sentido al grano y dos en contra al grano. Las condiciones de ensayo fueron similares a las usadas con lija N° 60

3.3.11.5 Calificación

Calificación del Ensayo de Remoción con Lija N° 60

Se determinó un coeficiente de remoción (mm/Km), dividiendo 0,5 mm entre cantidad de lija pasada, expresada en Km.

0,5 mm

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)

Facilidad de remoción de partículas acumuladas por el desgaste de la lija.- La lija fue limpiada con una escobilla.

Velocidad de desgaste de la lija.- Se observó el desgaste de las puntas de los cristales del abrasivo de la lija mediante una lupa.

Temperatura de la lija.- Los grados de recalentamiento de la lija se evaluó en dos pasadas consecutivas.

Calificación de lija N° 100

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

Los calentamientos se las determino después de dos pasadas consecutivas, (una pasada de ida seguida inmediatamente por una de vuelta).

La facilidad de remoción de suciedad y velocidad de desgaste se determinó en forma similar a lo indicado para lija N°60.

3.3.12. ENSAYO DE TALADRADO

3.3.12.1. Maquinaria y materiales

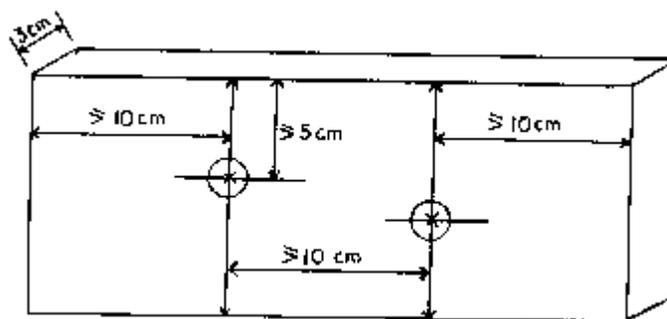
Se utilizó un taladro eléctrico de un eje marca HOME MASTER de alimentación manual y se ensayó con dos velocidades: una cercana a 1.000 r.p.m. y otra aproximadamente de 500 r.p.m.

Se usó una broca de doble hélice sin alas (broca de H.S.S.), de 1,25 cm / 1/2" de diámetro

3.3.12.2. Probetas

Las probetas tuvieron un espesor de 3 cm. el ancho y el largo constan en la figura siguiente.

FIGURA N° 8 Probeta para ensayo de taladro



Se prepararon probetas de tres tipos de corte: radia, oblicuo y tangencial, con un total de 18 probetas (3 árboles x 3 tipos de corte x 2 velocidades de ensayo = 18). Para cada probeta se hicieron dos agujeros de ensayo.

Contenido de Humedad: Las probetas se acondicionaron al contenido de humedad a un 15 %.

3.3.12.3 Procedimiento

Se aplicó una carga de 30 kg en el eje de la broca, 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.

3.3.12.4 Calificación

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

3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS EN BASE A SU EXTENSIÓN Y SEVERIDAD.

CUADRO N° 3 Extensiones 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

A través del siguiente cuadro se determina la extensión y la severidad de los defectos en las probetas ensayadas.

CUADRO N° 4 Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto

GRADO	CALIFICACIÓN	ÁREA DE DEFECTO EN %	GRAVEDAD DEL DEFECTO
1	Excelente	0-4	Muy leve
2	Buena	5-35	Leve
3	Regular	36-69	Acentuado

Fuente: Zabala Z.D, 1976.

4	Mala	70-89	Grave
5	Deficiente	90-100	Muy grave

El siguiente cuadro se lo utiliza para determinar el área del defecto en porcentaje, según la gravedad del defecto.

3.5. SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PROBETAS DE MAQUINADO.

CUADRO N° 5 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.

En este cuadro se realiza la combinación entre extensión y severidad para poder encontrar el promedio y la categoría de las probetas

3.6. RANGO, CALIDAD, GRADO

CUADRO N° 6 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

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.

Este cuadro demuestra el grado de calidad a través del rango.

3.7. CALIFICACIÓN DE PROBETAS EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE PIEZAS LIBRES DE DEFECTO

Tabla N° 6 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.

A través del siguiente cuadro se puede demostrar el porcentaje de las probetas con área libre de defecto.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENSAYOS DE CEPILLADO

En el cuadro 7 se demuestra los resultados obtenidos en el proceso de cepillado

CUADRO N° 7 Ensayo de cepillado

Clasificación velocidad constante 12 m/min													
ESTADO DE LA MADERA	Angulo	Tangencial		Tangencial		Radial		Radial		Oblicuo		Oblicuo	
		→	←	→	←	→	←	→	←				
MADERA SECA	30°	2,06	2,22	2,56	2,78	2,44	2,44	2,39	2,56	2,39	2,56	2,56	2,89
		0,46	1,68	0,95	1,71	0,88	1,45	0,78	1,52	0,86	1,76	0,68	1,83
		9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3

Fuente: Elaboración propia. 2017

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 arboles

X	X%
S%	SD
N	K

En condiciones de cepillado la madera de Palta (*Persea Americana* Mill) se considera dentro del grado de calidad de buena a regular, por lo que presenta defectos superficiales, considerando un porcentaje de 60 a 80 % libre de defecto.

4.2. REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO

CUADRO N° 8 Ensayo de cepillado

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano vellosos	Grano levantado
9	Tangencial	→ A favor del grano		0,40 Excelente	1,55 Buena	0,33 Excelente
9	Tangencial	← En contra del grano		0,70 Excelente	1,10 Buena	0,22 Excelente

Fuente: Elaboración propia, 2017

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano vellosos	Grano levantado
9	Radial	→ A favor del grano		0,50 Excelente	2,20 Regular	0,40 Excelente
9	Radial	← En contra del grano		0,20 Excelente	1,30 Buena	0,44 Excelente

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	CALIFICACIÓN			
			Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Oblicuo	→ A favor del grano		0,33 Excelente	1,77 Buena	0,44 Excelente
9	Oblicuo	← En contra del grano		0,11 Excelente	1,65 Buena	0,22 Excelente

Fuente: Elaboración propia, 2017

Los defectos más frecuentes fueron de grano arrancado, grano levantado, los cuales se encontraban dentro del rango de 0-1 por lo que se los podía considerar como calidad de excelente.

Dentro del rango 1-2 se consideró al grano veloso como defecto más dominante categorizado como calidad de bueno.

4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE TALADRADO

Tabla N° 7 resultado de ensayo de taladro

REVOLUCIÓN	Tiempo de penetración en segundos						Calificación					
	Tangencial		Radial		Oblicuo		Tangencial		Radial		Oblicuo	
500 RPM	8,67	1,60	8,99	1,70	8,26	1,38	2,0	1,0	2,66	0,57	3,0	1,0
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1000RPM	5,57	0,63	5,02	0,42	4,93	0,70	2,0	1,0	2,66	1,15	2,0	0,0
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Fuente: Elaboración propia, 2017.

O	Promedio de los tiempos
D	Desviación estándar entre los huecos
N	Numero de probetas
K	Numero de arboles

O	S
N	K

Los resultados del ensayo de taladrado considerando la orientación y el número de RPM concluyó que a mayor velocidad de giro los defectos resaltan más, lo contrario que en el de menor velocidad donde los defectos aumentaron gradualmente según la orientación de la probeta. Categorizada en el rango 2-3 como de calidad regular.

4.3.1. REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO

Tabla N° 8 Reporte de defecto secundario de taladro

PROBETAS	ORIENTACIÓN	CALIFICACIÓN			
		Grano astillado	Grano arrancado	Grano velloso	Grano levantado
3	Tangencial	3,33	3,33	2,33	2,33
		Mala	Mala	Regular	Regular

Taladrado en corte tangencial defecto dominante grano astillado y grano arrancado categorizado como calidad de mala.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	CALIFICACIÓN			
		Grano astillado	Grano arrancado	Grano velloso	Grano levantado
3	Radial	3,33	2,00	2,00	2,30
		Mala	Buena	Buena	Regular

Taladrado en corte radial defecto dominante grano astillado categorizada como calidad de mala.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	CALIFICACIÓN			
		Grano astillado	Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
3	Oblicuo	3,00 Mala	3,00 Mala	2,00 Buena	2,30 Regular

Taladrado en corte oblicuo, defecto dominante grano astillado y grano arrancado categorizado como calidad de mala.

4.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE TORNEADO.

Tabla N° 9 Ensayos de torneado

ÁNGULO DE CORTE	CORTE PARALELO AL GRANO				
	Tiempo (seg)	Número de probetas	Número de arboles	Defecto de grano arrancado	Defecto de grano veloso
ÁNGULO DE 0°	22,801	3	3	3,30	2,83
	7,982			0,29	0,28
ÁNGULO DE 15°	21,704	3	3	3,00	3,00
	6,976			3,51	0,55
ÁNGULO DE 40°	31,083	3	3	3,83	2,83
	3,214			0,29	0,28

Fuente: Elaboración propia, 2017

O(t)	O (t)	Es el promedio de los tiempos en segundos.
S(t)	S (t)	Es la desviación estándar entre probetas
O(g)	O (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 negativos ya que se pudo categorizar en un rango de 2-3 y 3-4 calificándola como calidad regular y mala. Dándole un porcentaje de piezas sin defecto menos al 50%

4.5. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LIJADO

Tabla N° 10 Resultados de los ensayos de lijado

ORIENTACION	DEFECTOS								VELOCIDAD DE ENSUCIAMIENTO	FACILIDAD DE REMOCION 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	1,33	0,50	1,44	0,52	1,33	0,50	1,77	0,44	A	B	C	A
	9	3	9	3	9	3	9	3				
RADIAL	1,55	0,52	1,88	0,33	1,33	0,50	1,77	0,44	A	B	C	A
	9	3	9	3	9	3	9	3				
OBLICUO	1,22	0,44	1,44	0,52	1,33	0,50	1,66	0,50	A	B	C	A
	9	3	9	3	9	3	9	3				

Fuente: Elaboración propia, 2017

O	S
N	K

A = Alta
B = Mediana
C = Baja

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

Los resultados del ensayo de lijado fueron positivos en los dos defectos a analizar dando un rango entre 1-2 calificándola como buena. Con un porcentaje de piezas libre de defecto de 80-90 %.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Sintetizando el conjunto de los resultados obtenidos en el ensayo de maquinado de la Palta (*Persea americana* Mill) en el cepillado, lijado, taladrado y torneado y dadas las circunstancias de su realización concluyo que:

- En los ensayos de cepillado clasifica como buena a regular por lo que presenta defectos superficiales, considerando que corresponde a un porcentaje de 70 a 80 % libre de defecto.
 - Los defectos más frecuentes fueron de grano arrancado, grano levantado, y grano veloso, el más reincidente fue el grano veloso dentro del rango 1-2 por lo que se considera una categorización de calidad buena.
- El comportamiento de la madera en la operación de lijado con un porcentaje de piezas libre de defecto de 85-95 %. El rayado y la velosidad corresponden dentro de la categoría de bueno.
- Una variable a tomar en cuenta de manera permanente es la dirección del grano en los ensayos de cepillado y el lijado; siempre se obtienen mejores superficies acabadas en el maquinado a favor del grano.
- El comportamiento de la madera en la operación de torneado, observando el grano arrancado y grano veloso se pudo categorizar en un rango de 3-4 y 4-5 calificándola en un grado que corresponde a mala y deficiente.
- El comportamiento de la madera en la operación del taladrado, muestra que es muy propensa a sufrir astillamiento, En general la madera de Palta en el ensayo de taladrado se la pudo considerar dentro del grado de calidad 3 que corresponde a regular.
- Los resultados obtenidos son referenciales, solamente para las condiciones de maquinado realizado en el ensayo, un cambio de las características de las máquinas presentaría resultados diferentes.

- Considerando todos los aspectos observados se puede determinar que la madera de Palta (*Persea americana* Mill) responde de buena manera para la trabajabilidad en el maquinado, tanto en cepillado y lijado. regular en taladrado y mala en torneado. Por lo cual se puede utilizar para realizar o elabora muebles y recomendar para la carpintería en general.
- Los resultados obtenidos no son concluyentes ni definitivos dado el carácter reducido de las muestras evaluadas y la naturaleza de la investigación que constituye un proceso de carácter netamente académico-formativo.

5.2. RECOMENDACIONES

En base a la experiencia obtenida en la presente investigación de la madera Palta (*Persea americana* Mill) puedo recomendar lo siguiente:

- Durante las operaciones de aserrío para la elaboración de tablonos y listones, tomar en cuenta la orientación tangencial y radial para de esta manera tener resultados confiables y probetas bien direccionadas.
- Profundizar la investigación ensayando muestras provenientes de distintas áreas geográficas y en mayor cantidad de modo que se puede tener una mejor significación estadística.
- Se debe parafinar los extremos de la madera aserrada con el fin de evitar que se rajen, realizando tratamientos profilácticos a la madera ya aserrada de este modo evitar la invasión de agentes patógenos.
- 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%).
- Realizar otros ensayos complementarios como ser el tallado, acabado (barnizado, laqueado, etc.), encolado, curvado etc. y todo lo que tenga que ver con la tecnología de la madera.
- Realizar ensayos de trabajabilidad en otras condiciones de maquinado como ser el uso de máquinas de alimentación automática, distintas velocidades de alimentación, distintos tipos de lija, etc.