UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

"TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (SHIHUAHUACO) DE PLANTACIÓN DE 16 AÑOS; PROVINCIA DE PADRE ABAD-UCAYALI"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

JOEL ALFREDO HUIZA ADVINCULA

PUCALLPA-PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 402.

En la ciudad de Pucallpa, siendo las 10:09 a.m. del día viernes 27 de diciembre del 2019, de acuerdo a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Ucayali, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador en los ambientes del Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestal y Ambientales, los mismos que estuvo conformado por:

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Placido.	Presidente
Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco.	Miembro
Dra. María Angélica Flores Romayna.	Miembro

Para proceder la evaluación de la sustentación de la Tesis denominado **"TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE *Dipteryx férrea* (Ducke) Ducke (SHIHUAHUACO) DE PLANTACIÓN DE 16 AÑOS; PROVINCIA DE PADRE ABAD-UCAYALI"** presentado por el **Bach. JOEL ALFREDO HUIZA ADVINCULA,** asesorado por el **Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas.**

Finalizado la sustentación se procedió a la formulación de las preguntas por parte del Jurado Evaluador, las que fueron absueltas por el sustentante; en consecuencia, la tesis fue **APROBADO** por **UNANIMIDAD** y con recomendación de publicación, quedando expedito para el otorgamiento del Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**, después de las correcciones respectivas. Siendo las 11:18 a.m. del mismo día, se dio por finalizado el acto académico y firmando también los miembros en señal de conformidad.

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Placido
Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna.
Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco.
Miembro

ii

ACTA DE APROBACIÓN

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para obtener el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

Lic. Mg. Desiderio Vásquez Placido

Presidente

Dra. María Angélica Flores Romayna

Miembro

Ing. M.Sc. Moisés Torres Velasco

Miembro

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas

Asesor

Bach. Joel Alfredo Huiza Advincula

Tesista

iii

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, JOEL ALFREDO HUIZA ADVINCULA

Autor de la TESIS titulada:

"TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE Dipteryx Ferrea (Ducke) Ducke (SHIHUAHUACO) DE PLANTACION DE 16 AÑOS, PROVINCIA DE PADRE ABAD - UCAYALI"

Sustentada el año: 2019

Con la asesoría de: Dr. Manuel Ivan Salvador Cárdenas.

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES.

Carrera Profesional de: INGENIERIA FORESTAL.

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto, me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

- [x] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).
- [ ] Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 11 / 06 / 2020

Email: huiza.0002140749@gmail.com

Teléfono: 933 742 398

Firma:

DNI: 76386218

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°024-2020

La **Dirección General de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis), titulado:

TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE DIPTERYX FERREA (DUCKE) DUCKE (SHIHUAHUACO) DE PLANTACIÓN DE 16 AÑOS; PROVINCIA DE PADRE ABAD-UCAYALI.

Cuyo autor (es)	:	**HUIZA ADVINCULA, JOEL ALFREDO**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	INGENIERIA FORESTAL
Asesor(a)	:	Dr. SALVADOR CARDENAS, MANUEL IVAN

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 05%.**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 20/01/2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL
Dra. DINA PARI QUISPE
Direc. Gral. Prod. Intel

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la vida y bendecirme.

A mis padres, Margarita Advincula Reyes y Leandro Alfredo Huiza López, las personas que siempre estuvieron y estarán a mi lado aconsejándome para poder lograr mis metas trazadas.

A mis hermanos, Jose, Gladyz, Ruth, Mónica y Luis por sus aliento y ánimo para seguir adelante.

A Todos mis amigos, por el apoyo brindado durante mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor, el Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas (Universidad Nacional de Ucayali), por el interés y apoyo incondicional brindado como consejero en la presente investigación.

Al Ing. M. Sc. David Gerardo Llúncor Mendoza Q.E.P.D (CITEforestal Pucallpa), por su interés y apoyo incondicional como guía en la elaboración de los ensayos de trabajabilidad, por sus múltiples experiencias en el campo de la industria forestal.

Al Ing. M. Sc. Ymber Flores Bendezú (Instituto Nacional de Innovación Agraria -Pucallpa), por la gran oportunidad que me dio de ser participe del proyecto **PNIA 146**, por su colaboración en la recopilación de información y sus valiosas sugerencias durante el desarrollo de la investigación.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA…… vi

AGRADECIMIENTO…….. vii

ÍNDICE DE TABLAS…….. xii

ÍNDICE DE FIGURAS…… xiv

RESUMEN…… xvi

SUMMARY…….. xvii

INTRODUCCIÓN…… 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA…….. 3

1.1. Formulación del problema…….. 3

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO……..…….. 4

2.1. Descripción de la especie *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke…… 4

2.1.1. Clasificación taxonómica…… 4

2.1.2. Distribución geográfica……. 4

2.1.3. Características del árbol…….. 5

2.1.4. Uso de la especie…….. 6

2.1.5. Características de las hojas……. 6

2.1.6. Características de las flores y frutos……... 6

2.1.7. Características de la madera de *Dipteryx* sp……. 7

2.1.8. Características tecnológicas de la madera *Dipteryx* sp…... 7

2.2. Trabajabilidad de la madera……... 8

2.2.1. Factores que afectan el corte de la madera……. 8

2.2.1.1. Factores propios de la madera…….. 8

2.2.1.2. Factores propios de las condiciones de corte.. 9
2.2.1.3. Factores propios de la herramienta…… 9
2.2.2. Ensayos de trabajabilidad…… 10
2.2.2.1. Ensayo de cepillado……. 10
2.2.2.2. Ensayo de taladrado..... 11
2.2.2.3. Ensayo de moldurado…….. 12
2.2.2.4. Ensayo de torneado……. 12
2.2.2.5. Ensayo de lijado…… 13
2.2.3. Antecedentes de la trabajabilidad de la madera……... 14
2.3. Definición de términos básicos…….. 21
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN……... 24
3.1. Método de investigación……... 24
3.2. Población y muestra…… 24
3.2.1. Población……... 24
3.2.2. Muestra…….. 24
3.3. Procedimiento de recolección de datos……... 25
3.3.1. Proceso de preparación del material de investigación…… 25
3.3.1.1. Selección de los árboles……..... 25
3.3.1.2. Talado de los árboles……..... 25
3.3.1.3. Corte y transporte de trozas……. 26
3.3.1.4. Lugar de ejecución……..... 27
3.3.1.5. Procedencia del material xilemático…… 27
3.3.1.6. Aserrío de las trozas…….. 28
3.3.1.7. Secado de las viguetas…… 28
3.3.1.8. Preparación o dimensionamiento de las probetas….. 28

3.3.1.9. Codificación de las probetas…… 29
3.3.2. Ensayos de trabajabilidad de la madera…….. 29
3.3.2.1. Proceso del ensayo de cepillado…….. 30
3.3.2.2. Proceso del ensayo de taladrado…… 31
3.3.2.3. Proceso del ensayo de moldurado…….. 32
3.3.2.4. Proceso del ensayo de torneado…….. 33
3.3.2.5. Proceso del ensayo de lijado…… 33
3.3.3. Identificación de defecto y evaluación…….. 34
3.3.4. Determinar la influencia de los niveles de fuste y plano de corte..... 36
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos……... 36
3.4.1. Técnicas……... 36
3.4.2. Instrumentos…….. 36
3.5. Procesamiento para recolección de datos…….. 37
3.6. Tratamiento de datos……... 37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN…….. 42
4.1. Identificación de los tipos de defectos de maquinado que presentó la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco) en los procesos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado…….. 42
4.2. Determinación de la influencia de los niveles longitudinales del fuste y el plano de corte, durante los procesos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado……... 45
4.2.1. Ensayo de cepillado…….. 45
4.2.2. Ensayo de taladrado…… 49
4.2.3. Ensayo de moldurado…….. 54
4.2.4. Ensayo de torneado…….. 58

4.2.5. Ensayo de lijado……... 60

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES…… 64

5.1. Conclusiones……... 64

5.2. Recomendaciones……... 64

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA…….. 66

ANEXOS……... 70

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Propiedades físicas de la madera *Dipteryx* …..…….	7
Tabla 2.	Propiedades mecánicas de la madera de *Dipteryx sp* …….	8
Tabla 3.	Características morfológicas de los árboles colectados…..	25
Tabla 4.	Coordenadas UTM de los árboles de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke ……..	27
Tabla 5.	Cantidad, dimensiones y especificaciones de las probetas	29
Tabla 6.	Cantidad de probetas obtenidas por nivel de fuste y por plano de corte ……	30
Tabla 7.	Cantidad de muestras obtenidas por niveles de fuste……..	30
Tabla 8.	Grado o magnitud del defecto de los ensayos (valor cualitativo)…….....	39
Tabla 9.	Rango de calificación según la calidad (valor cuantitativo).	40
Tabla 10.	Factores de conversión de defectos de maquinado según la severidad……	41
Tabla 11.	Defectos identificados en las probetas durante los procesos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado…….	42
Tabla 12.	Comportamiento del cepillado en los niveles del fuste y los planos de corte……...	45
Tabla 13.	Comportamiento del taladrado en los niveles del fuste y planos de corte……...	49
Tabla 14.	Comportamiento promedio del moldurado en los niveles de fuste y los planos de corte……	54

Tabla 15. Comportamiento promedio del torneado en los niveles de fuste ……..... 58

Tabla 16. Comportamiento promedio del lijado en los niveles del fuste y los planos de corte……. 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Mapa de distribución de la especie *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke…… 5

Figura 2. Cepilladora - Garlopa y sus componentes……... 10

Figura 3. Máquina taladradora de columnas y sus componentes……. 11

Figura 4. Freseadora vertical o tupí…….. 12

Figura 5. Torno manual y sus partes……. 13

Figura 6. Esquema de trozado del fuste……... 26

Figura 7. Ejecución del ensayo de cepillado referente a la orientación del grano…….. 31

Figura 8. Ejecución del ensayo de moldura referente a la orientación del grano…….. 32

Figura 9. Posición angular de la gubia para la ejecución del ensayo de torneado…….. 33

Figura 10. Posición para la ejecución del ensayo de lijado……. 34

Figura 11. Defectos que se identificaron en los ensayos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado expresado en porcentajes…….. 42

Figura 12. Comportamiento promedio del ensayo de cepillado en los niveles de fuste…… 46

Figura 13. Comportamiento promedio del cepillado en los planos de corte de cada nivel…….. 46

Figura 14. Comportamiento promedio respecto al sentido de corte en cada nivel y plano de corte……. 47

Figura 15. Comportamiento promedio del taladrado en los niveles de fuste…….. 50

Figura 16. Comportamiento promedio de los planos de corte trabajadas a 520 RPM……... 51

Figura 17. Comportamiento promedio de los planos de corte trabajadas a 1520 RPM…….. 51

Figura 18. Comportamiento promedio del moldurado en los niveles del fuste…… 54

Figura 19. Comportamiento promedio de los planos de corte……. 55

Figura 20. Comportamiento promedio en la orientación del grano de las probetas……. 55

Figura 21. Comportamiento del torneado en los tres ángulos de inclinación……. 58

Figura 22. Comportamiento promedio del lijado en los niveles de fuste 61

Figura 23. Comportamiento del lijado en la anisotropía y nivel de fuste de las probetas…… 61

Figura 24. Comportamiento del lijado (N° 60) considerando sentido de corte……..... 61

Figura 25. Comportamiento del lijado (N° 120) considerando el sentido de corte……... 62

RESUMEN

Para poder determinar la trabajabilidad de la madera de la especie de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke procedente de plantación, se realizó ensayos de cepillado, taladrado, moldurado, lijado y torneado con individuos de 16 años de edad, con el cual permitió sustentar el grado de comportamiento frente a máquinas de carpintería. La normativa utilizada para el proceso de estos ensayos fue la ASTM-D, 1666-87 (1999), algunas Normas Técnicas Peruanas y las consideraciones dadas por la PADT-REFORT, 1981. Basados en las especificaciones técnicas dadas por la normativa, se realizó el acoplamiento con los materiales existentes en carpintería tratando de asemejarse lo más cerca posible a las especificaciones de la norma. Los resultados y conclusiones indican que, en operaciones de cepillado se presentó comportamiento promedio de regular (R), predominando el grano arrancado como defecto de mayor magnitud. En operaciones de taladrado con velocidad de 520 RPM presento comportamiento regular (R), con velocidad de 1520 RPM el comportamiento fue aceptable con calificación de (B). En operaciones de moldurado, presentó comportamiento promedio de bueno (B) en los tres niveles longitudinales del fuste, predominó el defecto de grano astillado. En operaciones de torneado con inclinación a ángulos de 0°, 15° y 40°, presentó comportamiento promedio de Bueno (B) en los niveles A y C, mientras que en el nivel B se calificó como excelente (E), donde predominó el defecto de grano astillado. En operaciones de lijado utilizando la lija N° 60 y 120 presentó comportamiento promedio de excelente (E) con defecto predominante de rayado.

Palabras claves: Trabajabilidad, *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, Cepillado, Taladrado, Moldurado, Lijado y Torneado.

SUMMARY

In order to determine the workability of the wood of the Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke species from plantation, brushing, drilling, molding, sanding and turning tests were carried out with 16-year-old individuals, with which it was possible to support the degree of behavior against woodworking machines. The norm used for the process of these tests was ASTM-D, 1666-87 (1999), some Peruvian Technical Norms and the considerations given by the PADT-REFORT, 1981. Based on the technical specifications given by the norm, the coupling with the existing materials in carpentry trying to resemble as closely as possible to the specifications of the standard. The results and conclusions indicate that, in brushing operations, an average regular behavior (R) was presented, with the plucked grain prevailing as a defect of greater magnitude. In drilling operations with a speed of 520 RPM I present regular behavior (R), with a speed of 1520 RPM the behavior was acceptable with a rating of (B). In molding operations, it presented average behavior of good (B) in the three longitudinal levels of the shaft, the chipped grain defect prevailed. In turning operations with inclination at angles of 0 °, 15 ° and 40 °, it presented average behavior of Good (B) at levels A and C, while at level B it was rated as excellent (E), where the chipped grain defect. In sanding operations using sandpaper No. 60 and 120, it presented excellent average behavior (E) with a predominant scratch defect.

Key words: Workability, Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke, Planing, Drilling, Molding, Sanding and Turning.

INTRODUCCIÓN

En la Región de Ucayali la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (Shihuahuaco), es muy comercializada por sus múltiples usos y propiedades. Su densidad alta es la característica que más resalta con respecto a muchas especies. Además, tiene un periodo muy largo para alcanzar su estado de madures. En plantaciones se busca realizar un aprovechamiento a gran escala en individuos de 16 años de edad, para ello, es necesario la aplicación del estudio de trabajabilidad de la madera con el cual se sustente el grado de comportamiento frente a máquinas de carpintería. Generalmente la madera es utilizada para pisos (como los Deking, Baldosas y Parquet,), vigas, durmientes y entre otros gracias a su gran dureza y resistencia natural a las inclemencias del ambiente y agentes bióticos Ayala, (2015).

Por su parte Gorena (2009) sostiene que, para determinar la importancia de la madera teca (*Tectona* grandis) u otras especies, es necesario conocer su comportamiento a la trabajabilidad mediante los ensayos de lijado, taladrado, torneado, cepillado y moldurado. Basándose en esta afirmación se comprendió que es de vital necesidad e importancia conocer la trabajabilidad de la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, (Shihuahuaco) de plantación, para mejorar la demanda y oferta de madera en la industria forestal. Para ello el proceso se adapta a la norma (ASTM-D, 1666-87,1999), empleada generalmente en investigación de trabajabilidad. De esta forma contribuir con información real de los ensayos de trabajabilidad, generando beneficios al sector de la industria forestal o productores derivados de la madera.

Para este estudio se planteó como objetivo general, el analizar el comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (Shihuahuaco) de una plantación de 16 años de edad y como objetivos específicos: “Identificar los tipos de defectos de maquinado que presenta la madera de Dipteryx ferrea (Ducke) Ducke (Shihuahuaco), durante los procesos de cepillado, moldurado, lijado, taladrado y torneado” y “Determinar la influencia de los niveles longitudinales del fuste y el plano de corte, durante los procesos de maquinado en operaciones de cepillado, moldurado, lijado, taladrado y torneado”. Las variables son la madera (X) y la trabajabilidad (Y) teniendo como

hipótesis general que, la trabajabilidad de la madera presenta una calificación de Excelente (E) en los 5 respectivos ensayos con madera de 16 años de edad, mientras que las hipótesis especificas se considera que los niveles de fuste y planos de corte influyen en los procesos de maquinado y el defecto de mayor incidencia es el grano arrancado en los proceso realizados, por la característica anatómica del grano entrecruzado de la especie.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema.

En nuestra región la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (Shihuahuaco), es muy cotizada por sus múltiples propiedades. Su densidad alta es la que la caracteriza más referente a otras especies, lo cual le permite que sea de gran utilidad para pisos como los deking baldosas o parquet y otros (Ayala, 2015).

Además, se tiene desconocimiento como responde la madera al ser trabajado con maquinarias de carpintería; y si los niveles de fuste influyen facilitando su trabajabilidad o no. En base a lo planteado podemos reafirmar que también se desconoce la relación existencial de los niveles de fuste, el plano de corte y los defectos del maquinado y cuáles de estos son de mayor incidencia en los 5 procesos realizados. Conociendo el problema que esta investigación busca esclarecer, se debe resaltar y responder la siguiente interrogante.

¿Cuál es el comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (Shihuahuaco) de una plantación de 16 años?

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción de la especie *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke.

2.1.1. Clasificación taxonómica.

Ducke (1940), Aldana, García, Hidalgo, Flores, Del Castillo, Reynel, Pariente, Honorio (2016) y Honorio, Aldana, Flores, Hidalgo, Mejia, Del Castillo, Huamantupa, Beker, Garcia (2018) lo clasifican de la siguiente manera:

Orden	:	Fabales.
Familia	:	Fabáceae.
Subfamilia	:	Faboideae
Tribu	:	Dipteryxeae.
Género	:	*Dipteryx.*
Especie	:	*férrea.*
Nombre científico	:	*Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke.
Nombre sinónimo	:	*Dipteryx micrantha* (Harms) Ducke. Morfotipo 1.
Nombre común	:	Shihuahuaco.
Nombre comercial	:	Cumarú ferro.

2.1.2. Distribución geográfica.

En Latinoamérica se distribuye por Perú, Colombia, Brasil y Bolivia, crece en zonas altas y en áreas no inundables cerca de los ríos o quebradas. A nivel nacional la especie *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, se

desarrolla en los departamentos de Ucayali, Huánuco, Madre de Dios y Loreto (Aldana, et al, 2016).

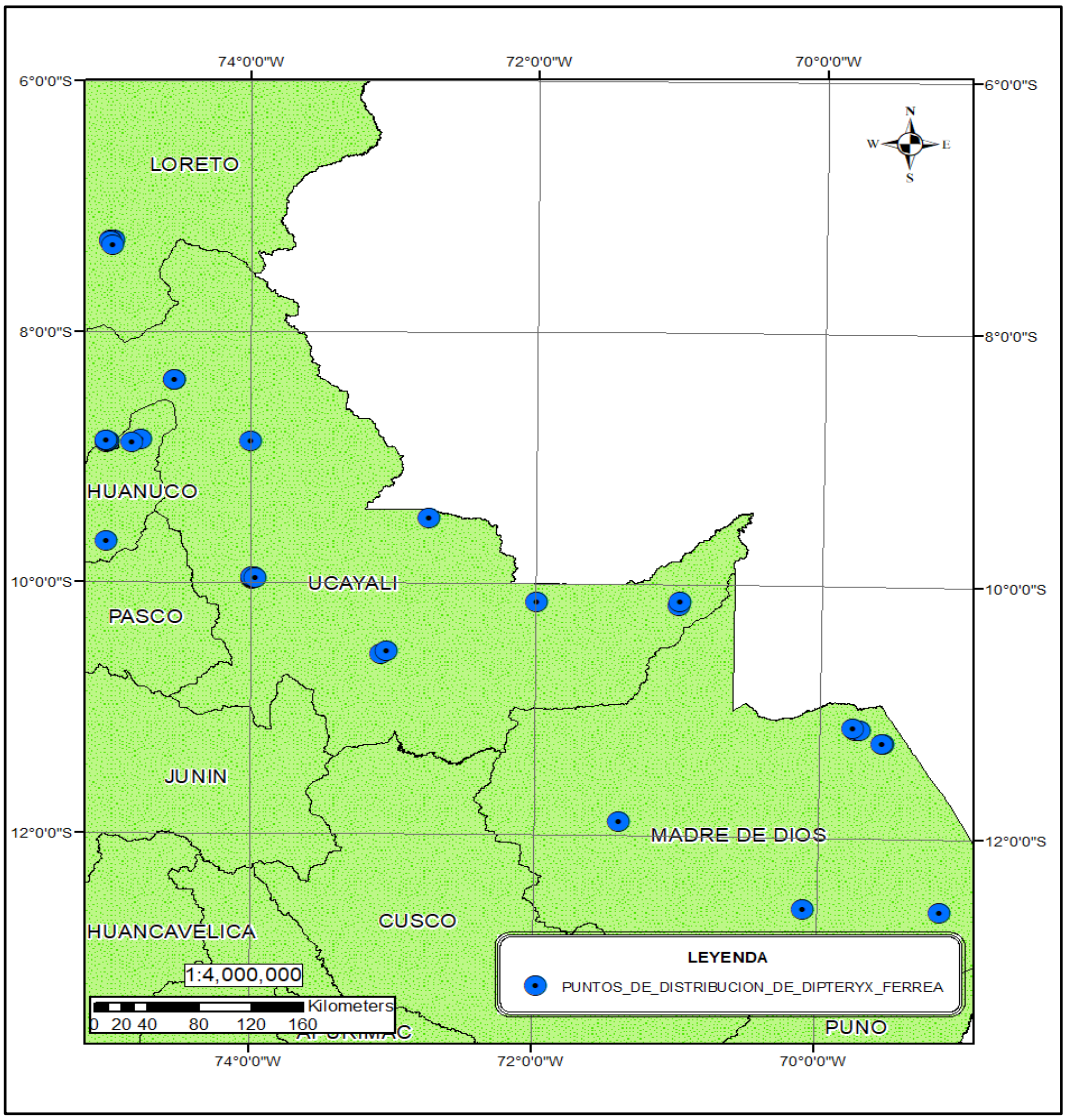


Figura 1. Mapa de distribución de la especie *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke.

Fuente: Articulo científico Análisis morfométrico de las especies de *Dipteryx* en la Amazonía peruana, por (Aldana, et al, 2016).

2.1.3. Características del árbol.

Los árboles alcanzan los 40 metros de altura y 100 cm de diámetro aproximadamente, mientras que los aletones se alargan ligeramente hacia la copa del árbol alcanzando 1.5 metro de ancho y 4 metros de altura aproximadamente, mostrando concavidades y convexidades longitudinales. Según (MaderasODL, 2011) y (Honorio, et al, 2018)

sostienen que, en árboles de mayor edad el fuste es cilíndrico de color pardo grisáceo a amarillento, con desprendimiento de corteza en forma de placas irregulares dejando huellas redondeadas con color marrón anaranjado, dando la apariencia de presencia de martillazos en el fuste del árbol, las copas de estos árboles son de gran amplitud y tienden a ser aparasolada.

2.1.4. Uso de la especie.

El IIAP (s.f.) en su pubicacion de su guia ilustrada de flora y fauna afirma que: “su fruto es comestible. Su madera es usada en la fabricación de durmientes, puentes y pisos de parquet” (p.1).

2.1.5. Características de las hojas.

Hojas alternas, compuestas e imparipinnadas de 3 a 5 folíolos. Además, los pares de folíolos están distanciados de 2.0 a 6.8 cm, los folíolos basales opuestos son elíptico-ovalados con base redonda a obtusa, el ápice es ampliamente acuminado, los foliolos miden de 6.3-22.4 cm de largo y 3.4-8.0 cm de ancho (Aldana, et al, 2016).

2.1.6. Características de las flores y frutos.

Inflorescencias en panículas terminales con flores 1.0 a 1.5 cm de longitud, el pedicelo de 0.2 a 0.3 cm de longitud, el cáliz de 0.2 a 0.3 cm de longitud, la corola de 0.6 a 1.0 cm de longitud, el receptáculo de sépalos lilas, las alas y quilla violetas y el estandarte lila con manchas violetas. Frutos drupas indehiscentes, carnosas de forma globosa y una semilla alargada (Aldana, et al, 2016). La floración se hace notar durante los meses de julio y octubre, la fructificación en los meses de agosto y noviembre como lo menciona el IIAP, Shihuahuaco (s.f.).

2.1.7. Características de la madera de *Dipteryx sp*.

PROMPEX-PERÚ, INIA, WWF, OIMT & USAID, (2011) afirman que: “El color del tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco amarillento y las capas internas (duramen) de color marrón con jaspes claros, observándose entre ambas un gran y abrupto contraste de color” (p.69). Mientras que MaderasODL, (2011) afirma que la madera *Dipteryx sp.* tiene las siguientes características organoléptica: “Olor distintivo y característico, Lustre o brillo moderado o elevado, grano entrecruzado, textura media y veteado o figura bien definido” (p.4).

2.1.8. Características tecnológicas de la madera *Dipteryx sp.*

Según Maderas ODL, (2011) en su publicación de descripción de maderas de shihuahuaco afirma que: “El Shihuahuaco es una madera muy pesada, que presenta contracciones lineales bajas y contracciones volumétricas estables. Para la resistencia mecánica se sitúa en la categoría alta” (p.5).

Tabla 1. Propiedades físicas de la madera *Dipteryx.*

Propiedades físicas	
Densidad básica	0.87 g/cm^3.
Contracción tangencial	9.10%
Contracción radial	5.50%
Contracción volumétrica	15.00%
Relación T/R	1.6

Fuente: Publicación de maderas del Perú por PROMPEX-PERÚ, et al (2011).

Tabla 2. Propiedades mecánicas de la madera de *Dipteryx sp.*

Propiedades mecánicas		
Módulo de elasticidad en flexión	153 000	kg/cm^2.
Módulo de rotura en flexión	1 286	kg/cm^2
Compresión paralela (RM)	672	kg/cm^2
Compresión perpendicular (ELP)	150	kg/cm^2.
Corte paralelo a las fibras	145	kg/cm^2
Dureza en los lados	1 353	kg/cm^2.
Tenacidad (resistencia al choque):	6.2	kg-m.

Fuente: Publicación de maderas del Perú por PROMPEX-PERÚ, et al (2011).

2.2. Trabajabilidad de la madera.

Parish, (2001) citado en Gorena, (2009) lo define como el inicio de los procesos industriales de la madera en carpintería, que comienzan con la admisión de las piezas anteriormente transformada en el aserradero y culminan en la elaboración de un artículo o producto con su respectivo acabado. Los procesos primordiales sobre la manipulación de las piezas de madera se tratan en procesos de factor industria. Cuando a una pieza de madera se le ejecuta algún tipo de corte para lograr encajarla en otra pieza de madera o metal, entonces a esto se considera que ha sido sometida a una operación de trabajabilidad.

2.2.1. Factores que afectan el corte de la madera.

Según Ninin, (1984) citado en Moncada (2015) afirma que: “existen tres factores que afectan la resistencia de la madera al corte” (p.5), los cuales se detallan a continuación:

2.2.1.1. Factores propios de la madera.

Dentro de los factores inherentes a la madera se puede encontrar a la especie, por la gran diversidad que existen y las características

particulares de cada una de ellas, el contenido de humedad, por la acción de proporcionar resistencia a la madera cuando esta es baja, la temperatura, por el hecho de perder características mientras esta es elevada siendo más relevante cuando se trabaja con madera verde y la orientación del grano por la diferencias que existen en los plano de corte tangencial y radial proporcionado resultados diferentes luego de la acción de corte Ninin (1984) citado en (Moncada, 2015, p.5).

2.2.1.2. Factores propios de las condiciones de corte.

Dentro de los factores inherentes a las condiciones de corte encontramos el ancho de corte, que no debe ser muy angosto para facilitar el avance, la profundidad de corte está relativamente relacionada con el espesor de la viruta, la velocidad de corte, para obtener cortes limpios cuando se avanza a velocidades elevadas y la velocidad de alimentación que genera el espesor de la viruta al igual que la velocidad de corte Ninin (1984) citado en (Moncada, 2015, p.6).

2.2.1.3. Factores propios de la herramienta.

Se considera factores propios de la herramienta con respecto a la resistencia al corte de la madera, al ángulo de corte, siendo este el responsable de la capacidad de corte de una herramienta, el ángulo de hierro es el que proporciona resistencia a la madera para tener control sobre la herramienta y la calidad de filo Ninin (1984) citado en (Moncada, 2015, p.6).

2.2.2. Ensayos de trabajabilidad.

2.2.2.1. Ensayo de cepillado.

Serrano y Sáenz (2001) citado en Gorena (2009), sostienen que el proceso de cepillado, es generar superficies planas reduciendo drásticamente las imperfecciones por medio de eliminación de viruta. Además, esta operación es la más importante para generar la mayoría de los productos de carpintería, ya que es esencial que haya cepillado durante sus procesos de elaboración, contribuyendo a mejorar el acabado, resaltando la calidad estética del producto.

Los procesos de cepillado o desgaste las caras superiores e inferiores de una pieza de madera, son precisamente transformaciones básicas en talleres de carpintería, en máquinas llamadas cepilladoras, justamente por el proceso que realiza. El desgaste del material xilemático es realizado por cuchillas que se encuentran colocadas en un ejes o cabezal que gira mientras las piezas son empujadas hacia ellas mediante rodillos.

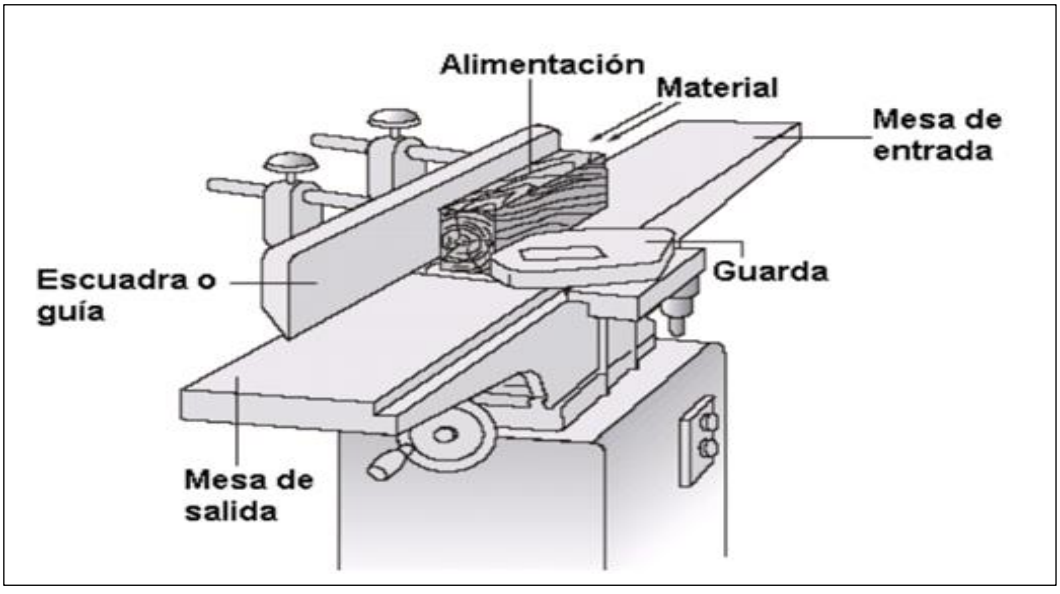


Figura 2. Cepilladora - Garlopa y sus componentes.

Fuente: Tesis de adecuación de normas de trabajabilidad en la madera de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) a los equipos de carpintería de la ESFOR (Gorena, 2009).

2.2.2.2. Ensayo de taladrado.

Ríos, (2005) citado en Gorena, (2009) sostiene que, el taladrado o perforación suelen realizarse con diversas máquinas que se operan automáticamente para obtener resultados buenos, para ello se debe tomar en cuenta las características de estas máquinas, como verificar si se trabajó con una o más brocas al mismo tiempo o la ubicación de las brocas en forma horizontal o vertical. Estos agujeros se realizan comúnmente para colocar espigas, pernos para madera o elementos de unión o ensamblaje a utilizarse en una planta de fabricación de muebles u otros artículos hechos de madera. Generalmente el escoplo o taladro son los más utilizados para este tipo de procesos donde se puede determinar o elegir el tipo de broca para la perforación requerida.

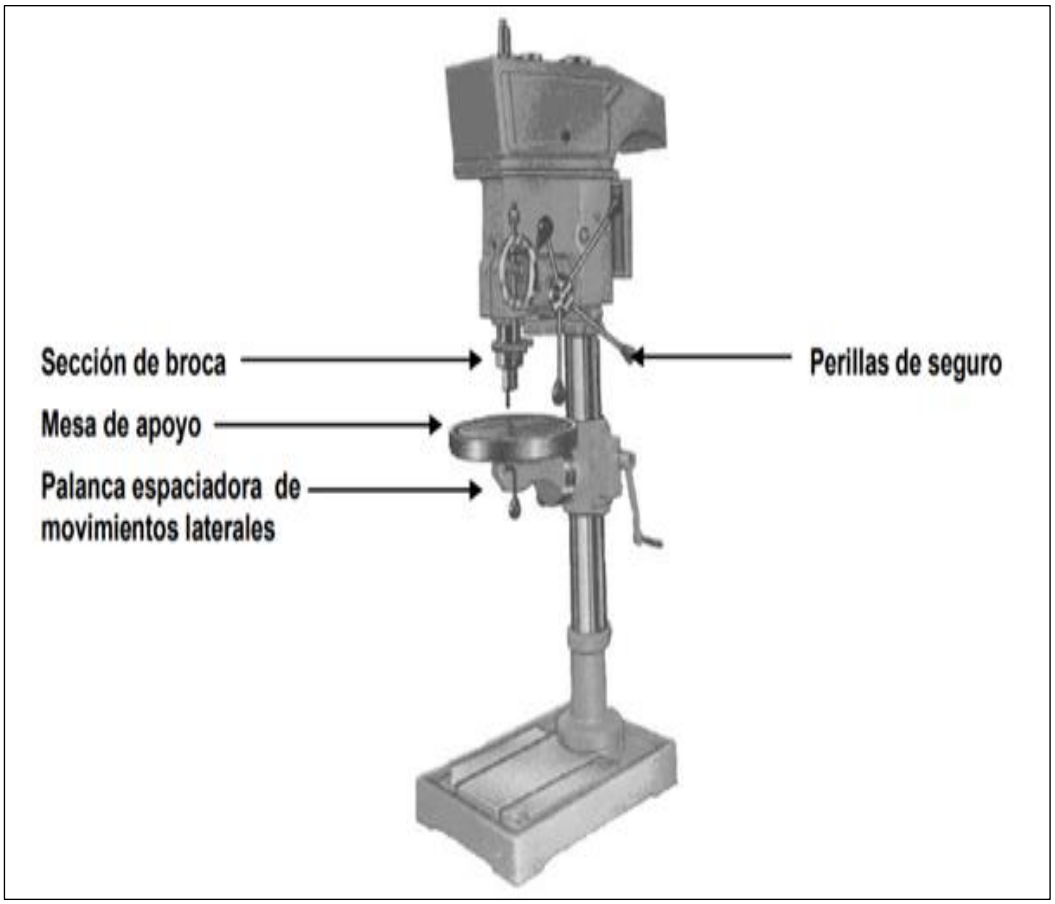


Figura 3. Máquina taladradora de columnas y sus componentes.

Fuente: Tesis de adecuación de normas de trabajabilidad en la madera de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) a los equipos de carpintería de la ESFOR (Gorena, 2009).

2.2.2.3. Ensayo de moldurado.

Según Castillo, (1976) citado en Gorena, (2009) menciona que los procesos de moldura se utilizan generalmente para perfilar un producto con figuras deseables, con finalidades de mejorar su aspecto estético económicamente. Existen dos tipos de moldurados; el moldurado longitudinal, que se utiliza para generar machihembrado en tablillas con cortes rectos y el moldurado transversal, con el cual se puede realizar cortes curvos o rectos generando formas o figuras que se quiere obtener. Estas transformaciones se realizan en una fresadora vertical o tupí, el cual es bastante fácil y sencillo de operar, pero tiene un potencial alto de peligro si no se utiliza adecuadamente.

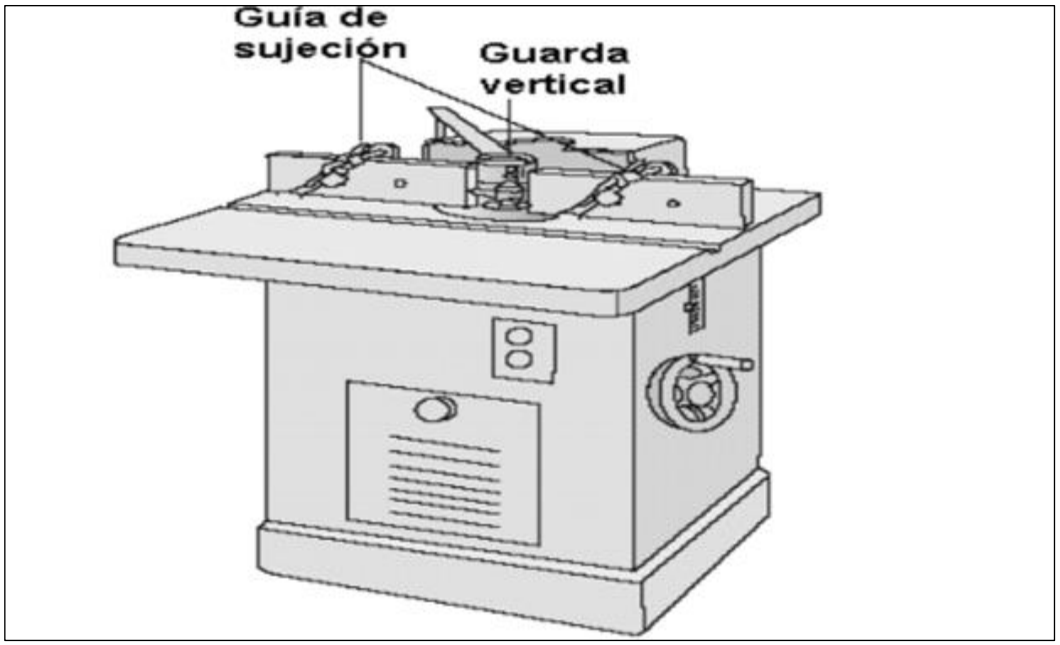


Figura 4. Freseadora vertical o tupí.

Fuente: Tesis de adecuación de normas de trabajabilidad en la madera de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) a los equipos de carpintería de la ESFOR (Gorena, 2009).

2.2.2.4. Ensayo de torneado.

Es aquella acción que se realiza mediante la utilización de cuchillas, gubias o formones, para generar figuras deseables en artículos deportivos, decoraciones de muebles, mangos de herramientas, juguetes o cualquiera

otra pieza de madera adecuada para el proceso Castillo, (1976) citado en (Gorena, 2009).

Comúnmente, esto se realiza en un torno, siendo este una maquina giratoria sujeta a la pieza de madera que se quiere tornear, al mismo tiempo una herramienta realiza el corte deseable, estos pueden ser las gubias o formones. las herramientas de corte pueden optar colocarse en distintas posiciones y ángulos deseables, logrando obtener pieza en forma cilíndricas o cónicas. Además, si se emplea herramientas especiales se puede generar superficies lisas y realizar perforaciones al igual que en máquinas de cepilladora y taladro Rosales, (2006) citado en (Gorena, 2009).

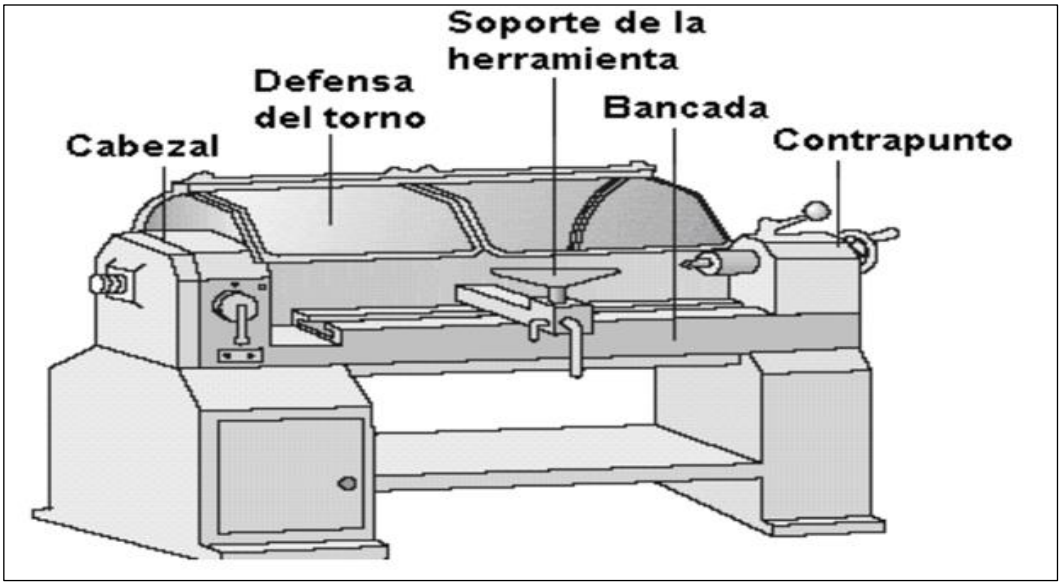


Figura 5. Torno manual y sus partes.

Fuente: Tesis de adecuación de normas de trabajabilidad en la madera de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) a los equipos de carpintería de la ESFOR (Gorena, 2009).

2.2.2.5. Ensayo de lijado.

Según Heinrich (1971) citado en Moncada (2015), el lijado frecuentemente es asociado a términos como pulir, abrillantar o limpiar. Esto se realiza mediante la fricción o frotamiento con un objeto abrasivo, que comúnmente son las lijas. Siendo esta operación, una tarea

fundamental para el proceso de acabados, donde corrige los defectos de procesos anteriores como cepillados o moldurados (marcas de viruta, huellas de cuchillas, defectos de grano velloso, grano arrancado, grano levantado y otros defectos).

Es considerable mencionar que aquellas imperfecciones que no pueden ser eliminados con esta operación, conllevará a problemas de acentuación de defectos, cuando se aplique el acabado. Por ello es indispensables corregir la mayor cantidad de imperfecciones de las superficies de madera, garantizando un excelente acabado. Para conocer el grano de lijas a utilizar se tendrá en consideración las magnitudes de los defectos, mientas más grave sea el defecto el grano de lija debe ser más gruesa.

2.2.3 Antecedentes de la trabajabilidad de la madera.

Con la finalidad de saber el comportamiento de la trabajabilidad, utilizando el material xilemático de la especie *Micropholis sp*. (Griseb) Pierre (Quina quina) proveniente de la zona de Alto Ucayali (Flores, 2004), realizó ensayos en operaciones de cepillado, moldurado, taladrado y torneado en 146 probetas distribuidas uniformemente en base a los 5 niveles de fuste y 3 planos de corte de la madera. Logrando obtener como resultado un comportamiento excelente (E) en los 4 procesos de maquinado. Por parte de cepillado, el defecto de mayor incidencia fue el grano arrancado, contando con una velocidad de alimentación de 6 m/min y tuvo un plano de corte intermedio con los mejores resultados con respecto a su superficie. Mientras que en el moldurado se encontró grano astillado y velloso como los defectos predominantes o más incidentes, la velocidad de alimentación fue de 6 m/min, siendo el plano tangencial el que obtuvo excelentes resultados. Para el taladrado es recomendable trabajar con 1650 rpm en probetas de orientación tangencial para obtener los mejores resultados, resaltado la predominancia del defecto de grano astillado al

igual que en el ensayo de torneado con la diferencia que los mejores resultados están en base al maquinado de 0° y 15°.

Valderrama (1993) sostiene que en su estudio de características tecnológicas y uso industrial de nuevas especies forestales encontró que, existe un grupos de especies calificadas con comportamiento regular, con respecto a la trabajabilidad que generalmente son aquellas maderas de densidad alta a muy alta como: tahuarí, shihuahuaco, estoraque, capirona, ana caspi, yacushapana, pumaquiro, manchinga; originando problemas de desafilado de sierras y cuchillas, por ello recomienda la utilización de sierras estilitadas.

Guerrero (2013), en su estudio de la trabajabilidad a tres niveles del fuste de la madera Pashaco Blanco (*schizolobium parahyba* (vell.) s.f. blake), procedente de bosque secundario, encontró lo siguiente: En las operaciones de cepillado presentó un comportamiento promedio de excelente (E), predominando el defecto de grano velloso. En las operaciones de moldurado presentó comportamientos promedio de bueno (B), con defecto predominante de grano astillado. El lijado que realizó con lijas de grano N° 60 tuvo comportamiento promedio de Excelente y Bueno, mientras que los resultados utilizando lijas de grano N° 120, presentaron comportamiento promedio de Excelente, siendo el defecto de grano velloso el predominante con respecto al uso de los dos tipos de grano de lija. Por su parte el proceso de taladrado se realizó con velocidades de giro de 900 y 1400 RPM, de los que se obtuvo mediante calificación un comportamiento promedio Regular y Bueno, sobresaliendo en ambos procesos el defecto de ruptura de grano. El torneado se realizó considerando las posiciones angulares de 0°, 15° y 40°, presentando comportamiento promedio de Regular, sobresaliendo el defecto de grano astillado para las tres posiciones angulares.

Con la finalidad de conocer el comportamiento de la madera de Jac*arana capaia* (Aubl.) D. Don. (Huamansamana), bajo condiciones

estandarizadas de maquinado en ensayos de cepillado, moldurado, lijado y torneado de la madera según los niveles longitudinales del fuste, (Ramos, 2016), obtuvo como resultado que el comportamiento de la especie fue excelente para los ensayos de cepillado, moldurado y lijado presentando leves defectos de grano velloso; para el ensayo de taladrado, el comportamiento fue bueno, presentando como defecto sobresaliente la ruptura del grano. En el ensayo de torneado el comportamiento fue excelente al trabajar con el ángulo de corte de 0° y con calificación buena a 15° y 40° presentando como defecto el grano astillado en los tres casos.

Según Orrego y Bustamante (2017) en su trabajo de determinación de la trabajabilidad de la capirona, afirma que: " El nivel de altura en el fuste no tiene efecto sobre el grado de calidad de la superficie maquinada" (p.97).

Para determinar la trabajabilidad de la madera de Paujil ruro, comparando los niveles longitudinales del fuste, planos de corte y sentido de orientación de grano, se utilizó una metodología experimental Basándose en ensayos con máquinas de carpintería. Los resultados que presento (Caballero, 2014), demostraron que para el ensayo de cepillado el defecto predominante fue el de grano arrancado, que se califica como Bueno en los tres niveles longitudinales del fuste, planos de corte y sentido de corte. Como defecto predominante para el ensayo de moldurado se tuvo al grano astillado, que presentó un comportamiento general de Bueno con respecto a las tres variables del estudio. En el ensayo de lijado se obtuvo el mejor resultado tanto para la lija N° 60 y 120 en las caras tangenciales, presentando en mayores porcentajes de probetas libres de defectos, recibiendo una calificación como excelente (E) en todas las variables de estudio. En el ensayo de taladrado el defecto de astillado (ruptura de entrada) fue predominante tanto para a velocidades de 890 y 1580 RPM calificándose como malo para ambas velocidades en los tres niveles de fuste. Para el torneado, en los ángulos de 0°, 15° y 45° presento comportamiento general de Bueno en los tres niveles del fuste. Basándose

en estos resultados se concluye que, esta especie tiene un Excelente comportamiento para el lijado y comportamiento Bueno para el cepillado, moldurado y torneado, asimismo en menos aptitudes para el taladrado.

Cabrera y Tandazo (2014), al realizar el estudio de trabajabilidad de las especies (*Otoba parvifolia* (Markgr.) A.H. *Pourouma cecropiifolia* C. Gentry, *Piptocoma discolor* (Kunth) *Pruski, Martius* y *Miconia glaberrima* (Schltdl.) Naudin) se tomó en consideración lo siguiente: En el ensayo de cepillado se consideró el plano de corte, el porcentaje de defectos, la dirección del grano de las especies y los defectos de grano arrancado astillado y velloso. El ensayo de taladrado se ejecutó con dos velocidades de alimentación, evaluando la entrada y salida de la broca. El proceso de lijado fue trabajado con dos tipos de grano de lija, se encontró los defectos de rayado y grano velloso. Para el torneado se utilizó dos herramientas con dos ángulos de corte y se evaluó los defectos de grano arrancado y velloso. De los resultados que se obtuvo se pudieron concluir que las especies de bosque secundario son muy adecuadas para pasar por procesos de carpintera mediante los procesos de cepillado, moldurado y lijado. En tanto para la operación de taladrado y torneado los ensayos no son eficientes comparándolo con los ensayos anteriores. También se puede concluir que las velocidades de alimentación suelen ser óptimas cuando son menores y se trabaja con la orientación a favor del grano, mientas que si se trabaja en contra del grano las velocidades tienen que incrementarse, asimismo se demostró que el grano arrancado es el más difícil de evitar y corregir.

En un estudio realizado por Rios (2012), con la finalidad de determinar la trabajabilidad de la especie *Clarisia racemosa* Ruiz et Pavon (Mashonaste) y su variabilidad en el nivel el fuste, encontró que la madera presentó buenas características de maquinado, siendo los ensayos de lijado y taladrado los que presentaron efectos sobre el grado de calidad para los niveles de fuste. Mientras que la operación de cepillado se calificó como excelente por presentar una superficie muy lisa, el nivel basal con el

plano de corte oblicuo y el sentido de corte a favor del grano demuestran que este proceso tiene una mejor superficie, por eso obtuvo dicha calificación de excelente. En el ensayo con lija N° 60 mostró magnitudes de defectos significativamente mayores. El comportamiento de esta madera en la operación de moldurado es Excelente en los niveles basales con plano de corte tangencial y con sentido de corte a favor del grano. La calidad del taladrado es buena a excelente, mejorándose con 1000 RPM de velocidad de giro y la calidad el torneado es regular.

Villanueva (2015) al realizar su investigación de trabajabilidad de la madera de aucatadijo encontró que, para los ensayos de cepillado, moldurado, lijado y taladrado obtuvieron calificación de excelente, mientras que para el ensayo de torneado el comportamiento fue regular. Los defectos que se encontró fue el de vellosidad, grano levantado (grano predominante) y grano arrancado solo para la prueba de cepillado, con respecto al moldurado el comportamiento fue bastante similar con la orientación del grano, las lijas empleadas en el lijado fueron las de n° 60 y 120, el defecto de maquinado principal en el taladrado fue la ruptura de grano y el comportamiento fue baste similar en los tres niveles de fuste, el único defecto del ensayo de torneado fue la rugosidad.

Se realizó ensayos de cepillado con la madera de *Pinus radiata* D. Pardo (2009) estudió la influencia del cambio de las condiciones de maquinado como profundidad de corte, velocidad de alimentación y sobre la rugosidad superficial de esta especie. Las muestras estuvieron compuestas por madera central y lateral de la especie, su contenido de humedad fue homogénea al momento de realizar los ensayos. Las probetas fueron sometidas a diferentes velocidades alimentación o avance (4, 8, y 11 m/min) con velocidad de rotación de 4200 RPM. También se realizaron ensayos en tres tipos alturas de corte de 1, 2 y 3 mm para los tipos de madera central y lateral. Los resultados evidenciaron que la velocidad de avance o alimentación influye sobre la rugosidad de la superficie de la

madera, lo que conlleva a sostener que el incremento de esta velocidad, nos reduce la calidad de la superficie tablar. La madera procedente del lateral del fuste presento menor rugosidad superficial en relación a la madera central del fuste, esto se debe a las diversas condiciones de maquinado a seleccionar, así como el ángulo de corte que favorece la formación de la viruta. En cuanto al cambio de altura de corte se apreció menor rugosidad a alturas de corte mayor, con una confianza estadística del 95%.

Machuca, Borja, Morales & Flores (2012), realizaron una investigación de trabajabilidad con la especie de *Pinus oaxacana* Mirov de plantación (México) con el objetivo de determinar las características principales durante los ensayos de cepillado, torneado, lijado y taladrado. Lo resultados de esta investigación evidenciaron que la madera de *Pinus oaxacana* obtuvo la clasificación de Excelente bajo los ensayos de trabajabilidad, excluyendo al ensayo de moldurado que obtuvo una calificación de Bueno en el corte preliminar, pero se visualizó mejoras durante la aplicación del segundo corte. concluyendo que la madera de esta especie puede ser usada en productos de valor comercial.

La especie forestal *Terminalia amazonia* (amarillón) muestra excelentes condiciones de desarrollo en la zona de Pérez Zeledón en, Costa Rica y se está realizando la industrialización de su madera, por lo que se hace necesario conocer más sobre las condiciones óptimas para su trabajabilidad con base a la norma ASTM-D-1666-87 y sus modificaciones para ser utilizada con maderas tropicales. Serrano & Zuñiga (2011), realizaron ensayos de cepillado a muestras de madera seca al 12% de contenido de humedad, proveniente de reforestación de la zona antes indicada. Dentro de las características estudiadas, fueron considerados el área libre de defectos, el grano rugoso, el grano velloso y el grano arrancado. De acuerdo con los resultados obtenidos, la madera de esta especie demostró buenas condiciones de cepillado, con un área libre de

defectos por encima del 90% para ángulos de corte de 10 y 30 º y con velocidades de alimentación de 6, 9, 12 y 15 m/min. para 3 planos de corte, radial, tangencial y oblicuo. Se determinó que el ángulo de 10º y la velocidad de 9 m/s como las condiciones óptimas de cepillado.

Scheelje (2002), Comenta que el comportamiento del cepillado de la madera de la especie de tornillo de una plantación de 15 años, presenta calidad Buena con ángulos de corte de 15° a 25°. También sostiene que la calidad de cepillado suele disminuir mientras que la madera sea de gran densidad, mayor edad o tenga mayores ángulos de corte. Siendo los defectos de grano arrancado y astillado los más incidentes durante el proceso. Pero se puedo lograr mejorías con respecto a la calidad superficial cuando se reduce la velocidad de alimentación. En el proceso de torneado el autor concluye que la trabajabilidad, disminuye si se opera con especies de mayor edad, siendo responsable de esto, el efecto del grano entrecruzado.

Soria (2006), Menciona que la madera de Pucaquiro a 15.5% de contenido de humedad presenta trabajabilidad Buena, detallando que los trabajos de cepillado mostraron mejores resultados con velocidades de alimentación de 5 m/min y ángulo de corte de 15°. Mientras que la calidad del proceso de moldurada mejora cuando se utiliza mayores velocidades. La perforación o taladrado presentó mejores resultados en el plano radial y el torneado tiende a disminuir su calidad cuando se incrementa el ángulo de ataque.

Lopéz, Yucta & Caraguay (2016) comentan que los defectos de secado tales como acanaladuras y arqueaduras, alteran el proceso de cepillado generando defectos de trabajabilidad con mayor incidencia y magnitud.

LLuncor (1989) citado en Guerrero (2013), sostiene que el defecto de grano arrancado es más incidente en el plano de corte radial, por la manifestación del grano entrecruzado en estos tipos de corte. Además, la presencia de nudos también favorece la aparición de este defecto, por lo cual recomienda aumentar la velocidad de cabezal cuando se desea reducir el defecto de grano velloso y disminuir el ángulo de corte en caso de presencia de grano arrancado durante los procesos de cepillado. Los defectos que encontró en los procesos de taladrado fue el grano rugoso, que tuvo la mayor incidencia, luego el grano astillado y grano velloso, siendo el plano de corte intermedio la que presento mayor incidencia de estos defectos. En cuanto a ensayos de torneado el mejor ángulo de trabajo fue de 0°, considerando insignificante la influencia de la velocidad de alimentación o avance, obteniendo un resultado de comportamiento Bueno. El defecto velloso y astillado se presentó en el proceso de moldurado siendo no muy favorable para la evaluación, ya que obtuvo calificaciones inaceptables. En el caso del lijado, no recomienda realizar el avance en contra del grano.

2.3. Definición de términos básicos.

Las siguientes definiciones de términos básicos están de acuerdo a Guerrero, (2013) y Grigoriev, (1985) citado en (Villanueva, 2015), los cuales se detallan a continuación:

Albura: Guerrero, (2013) afirma que la albura es una: “Capa de madera suave que se encuentra inmediatamente después de la corteza. Generalmente es de color blanquecino, fisiológicamente activa y está ubicada entre el duramen y la corteza” (p.91).

Anisotropía: Son los cambios dimensionales observados en la madera, y varia en cada una de las tres direcciones (longitudinales, tangencial y radial).

Contenido de humedad: Es la cantidad contenida en la madera, normalmente expresado en una de las siguientes formas.

- En porcentaje del peso de la madera anhidra.
- En porcentaje del peso total de la madera.
- Cantidad absoluta de agua en una cantidad absoluta de madera.

Contenido de humedad en equilibrio: Es el contenido de humedad que alcanza la madera cuando está expuesta a condiciones ambientales constantes durante un tiempo adecuado. Es decir, es la condición de equilibrio entre la humedad de la madera y el medio que lo rodea.

Defectos: son aquellas imperfecciones que cambian el aspecto exterior de una pieza de madera, por general esto sucede después que se haya pasado por un proceso de maquinado que implica cortes hacia la madera.

Deformabilidad: Es la capacidad de la madera de cambiar sus dimensiones y forma bajo la acción de las fuerzas.

Densidad: Guerrero, (2013) define densidad: “Es la relación que existe entre el peso y volumen de una pieza de madera” (p.93).

Dureza: característica de la madera con el cual se puede conocer el grado de penetración de otros cuerpos, si existe facilidad al momento de la penetración, es porque la madera no tiene alta dureza.

Grano: es aquella característica que se le atribuye a la madera por la actitud de los elementos parenquimático y prosenquimático.

Grano entrecruzado: Guerrero, (2013) define grano entrecruzado como: “Cuando la dirección de los elementos leñosos se encuentra en dirección alterna u opuesta haciendo que la separación de la madera sea difícil” (p.93).

Grano astillado: Grupo de fibras que quedan suspendidas en forma de astilla en la sección transversal o longitudinal.

Fuste: Tronco de un árbol que alcanza un grosor notable, de manera que de él pueden obtenerse trozas, rollos para chapa o postes de gran tamaño.

Maquinado: Conjunto de operaciones mecanizadas mediante las cuales se transforma la madera habilitada en medidas y cantidades específicas de

piezas aptas para el armado del mueble estable y estructurado. En esta fase se produce muy poca merma o desperdicios.

Porosidad: Dado por el tamaño, así como la forma en que se encuentran distribuidos los poros dentro de los anillos de crecimiento.

Radios: Constituido por tejido parenquimatoso, se orientan en forma perpendicular al eje del árbol, semejante a una cinta.

Corte Radial: Es el corte que se realiza paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.

Corte Tangencial: Es el corte que se realiza tangente a los anillos de crecimiento y perpendicular a los radios.

Sílice: Compuesto inorgánico a base de silicio, presente en algunas maderas, que ocasiona un efecto abrasivo y que afecta el filo de las herramientas de corte.

Trabajabilidad de la madera: Conjunto de propiedades o características que posee una determinada madera con relación a su respuesta al trabajo manual o a la acción de las herramientas manuales o eléctricas.

Troza: Sección del fuste o de las ramas más gruesas de un árbol apeado una vez desarmado.

Vellosidad: Pequeñas pelusas que se presentan en la superficie de la madera.

Veteado: Característica producida por el diseño o figura ocasionado por los anillos de crecimiento, resaltando más en la cara tangencial.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Método de investigación.

Se aplico el método descriptivo con un diseño cuantitativo, que estuvo basado en la observación y evaluación de los procesos de maquinado de la madera, donde se identificó, registro y cuantifico los defectos de cada uno de las probetas de los respectivos ensayos (Cepillado, Lijado, Moldurado, Taladrado y Torneado). El dimensionamiento y los ensayos de las probetas se realizó teniendo en cuenta como base referencial a la Norma (ASTM-D, 1666-87,1999) y las consideraciones de la (PADT-REFORT, 1981).

3.2. Población y muestra.

3.2.1. Población.

La población fue finita, estuvo constituida por 37 árboles de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (Shihuahuaco) de una plantación de 16 años de edad del sector de Alexander Von Humboldt de la Provincia de Padre Abad.

3.2.2. Muestra.

La muestra fue no probabilística, donde se utilizó 5 árboles con una seguridad estadística del 95 % y un intervalo de confianza de 15 % de acuerdo a la Norma (COPANT, 458, 1972) y la Normas NTP 251.002 citado en Aguirre (2014).

Tabla 3. Características morfológicas de los árboles colectados.

Árbol	AT (m)	AC (m)	Cantidad de trozas	Troza A			Troza B			Troza C		
				ø mayor (cm)	ø menor (cm)	L (m)	ø mayor (cm)	ø menor (cm)	L (m)	ø mayor (cm)	ø menor (cm)	L (m)
1	22	14	3	25.95	23.5	1.8	22.5	22.1	1.8	18.9	18.6	1.8
2	23	15	3	26.25	24.5	1.8	24.1	22.4	1.8	23	20.5	1.8
3	23	16	3	31.5	26.65	1.8	27.35	25.55	1.8	25.8	22.9	1.8
4	25	15	3	27.4	25.25	1.8	24.2	23.7	1.8	23.75	20.2	1.8
5	18	9	3	24.4	23.85	1.8	22.85	22.4	1.8	20.35	18.9	1.8

NOTA: A= Nivel Basal; B = Nivel Medio; C = Nivel Apical; L = Longitud; AT = Altura Total; AC = Altura Comercial; ø = Diámetro.

3.3. Procedimiento de recolección de datos.

3.3.1. Proceso de preparación del material de investigación.

3.3.1.1. Selección de los árboles.

La selección de árboles se realizó aleatoriamente, para ello se elegirán 5 árboles que cumpla con las siguientes características de acuerdo a las especificaciones de la Norma (COPANT, 458, 1972) y la norma NTP 251.008 citado en (Ramos, 2016); buen estado fitosanitario, rectitud del tronco, diámetro representativo de la población y que se encuentre en un lugar accesible.

3.3.1.2. Talado de los árboles.

El talado se realizó con una motosierra, teniendo siempre presente el criterio de tala dirigida y la reducción del impacto que pueda ocasionar al momento de la caída del árbol.

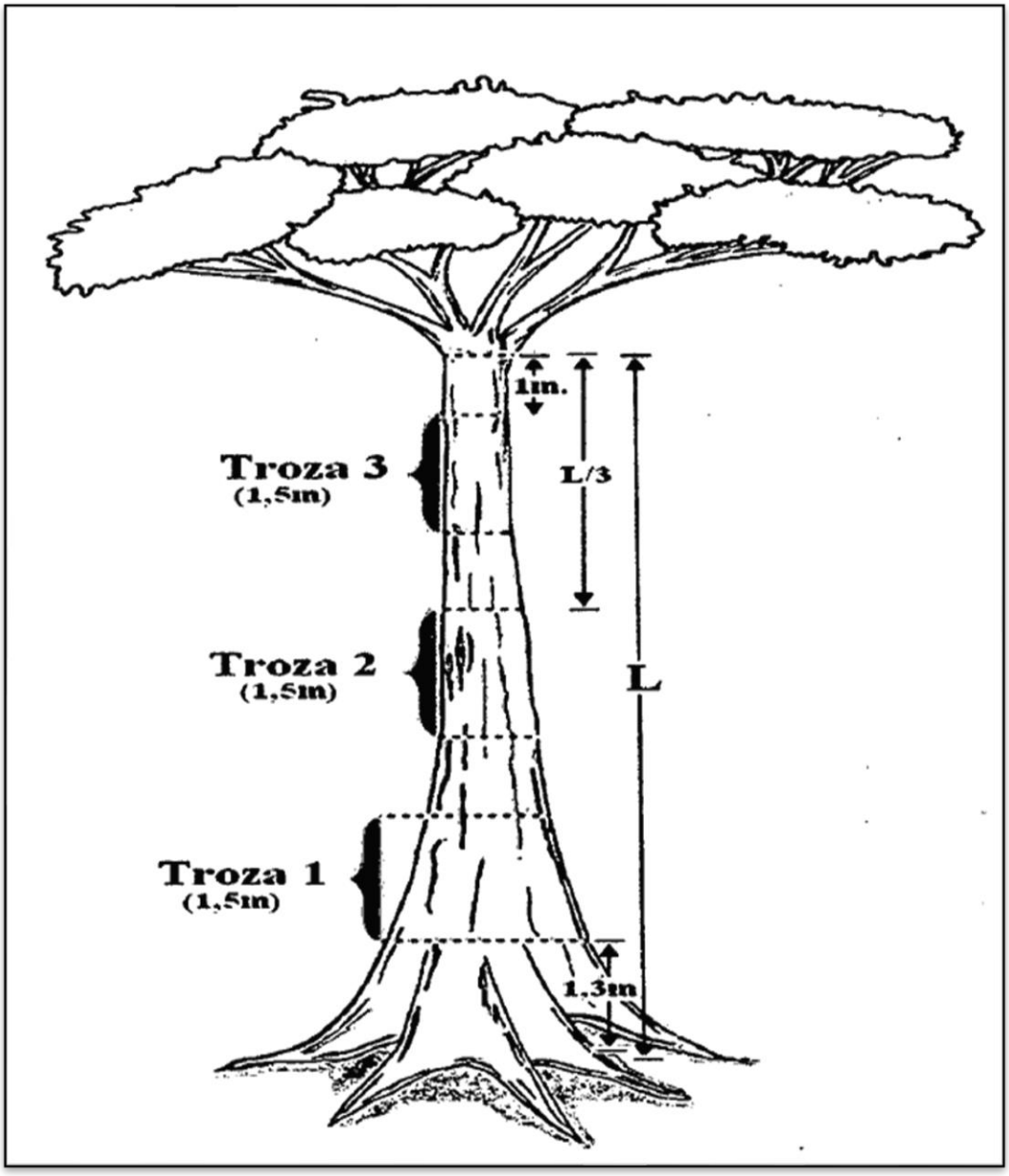


Figura 6. Esquema de trozado del fuste.

Fuente: Protocolo de campo para la selección y colección de muestras para la caracterización anatómica y de propiedades físicas, mecánicas, químicas y tecnológicas de la madera, Norma ISO 4470-(1982) citado en (Salvador, 2010).

3.3.1.3. Corte y transporte de trozas.

Los árboles talados fueron seccionados en la misma plantación en trozas de 1.8 m de longitud, que correspondieron a la parte basal (A), media (B) y apical (C) del fuste comercial, siguiendo las especificaciones de la Norma (ISO, 4470-1982). Se transportaron las trozas en un vehículo

motorizado (camioneta) hasta el campamento base del INIA en el distrito de Alexander Von Humboldt, para luego ser movilizado hacia el CITE Forestal.

3.3.1.4. Lugar de ejecución.

Los ensayos de cepillado, taladrado, moldurado, lijado y torneado de esta investigación, se realizaron en el CITE Forestal de la ciudad de Pucallpa-Ucayali, ubicada con condenadas UTM de 548426.22 m Este y 9072760.31 m Norte a 160 msnm. Para las evaluaciones y procesos de cada ensayo, se utilizó el área de carpintería donde se empleó las máquinas y equipos necesarios para la culminación de esta investigación.

3.3.1.5. Procedencia del material xilemático.

Las trozas de los árboles fueron extraídas del Anexo Experimental Alexander Von Humboldt (Estación Experimental Pucallpa-INIA), Ubicado en el Km 86 de la Carretera Federico Basadre, con ubicación política en el Distrito de Alexander Von Humboldt, Provincia de Padre Abad, Región de Ucayali. Perteneciendo Geográficamente a la Zona 18L. Los árboles de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke, se obtuvieron de una parcela de plantación de 16 años de edad de un sistema agroforestal con distanciamiento de 3x5m. con individuos agrícolas (cacao) y forestales (shihuahuaco, Quillobordon, Tornillo, Caoba y Tahuari Amarillo.

Tabla 4. Coordenadas UTM de los árboles de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke.

Árbol	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)	Sector
	ESTE	NORTE		
Árbol 1	493859	9023633	230	
Árbol 2	493853	9023629	227	Alexander
Árbol 3	493825	9023622	226	Von
Árbol 4	493800	9023626	229	Humboldt
Árbol 5	493891	9023611	230	

3.3.1.6. Aserrío de las trozas.

El aserrío se realizó considerando las Normas (COPANT, 458, 1972), citado por (Salvador, 2010) las trozas fueron seccionadas en tres piezas longitudinalmente, la primera parte se consideró la mitad de la troza de las cuales se obtuvieron las tablas de corte tangencial, la segunda y tercera parte conformaba la otra mitad de las cuales se sacaron probetas de plano de corte radiales y oblicuas. El proceso que permitió la división de la troza longitudinalmente, se realizó con una motosierra, mientras que para tablear las muestras se realizó en la sierra principal.

3.3.1.7. Secado de las viguetas.

Luego de obtener las viguetas codificadas, se utilizó la cámara de secado de la Universidad Nacional de Ucayali con una capacidad de 750 a 900 pies tablares con la finalidad que las muestras alcancen con mayor rapidez el contenido de humedad en equilibrio de la zona de Pucallpa (16%), siguiendo las especificaciones de la NTP 251.008 citado en (Ramos, 2016).

3.3.1.8. Preparación o dimensionamiento de las probetas.

Las probetas de los ensayos se elaboraron en el taller de carpintería del CITE Forestal, tomando en cuenta las dimensiones y características que exige la Norma (ASTM-D, 1666-87,1999). Para los ensayos de Cepillado, Lijado, Moldurado y Taladrado se preparó 106 probetas de 2.5 x 10 x 100 cm y se tomó en consideración los planos de corte de la madera en sentido radial, sentido tangencial y sentido oblicuo, respetando su orientación como establece las normas NTP 251.008 y 251.009 citado en (Aguirre, 2014). Para los ensayos de torneado se preparó 30 probetas de 2.5 x 2.5 x 10 cm, en este caso no se en considero los planos de corte.

Tabla 5. Cantidad, dimensiones y especificaciones de las probetas.

Ensayos	Dimensiones (cm)	Número de probetas por orientación			Subtotal
		Rad.	Tang.	Obli.	
Cepillado – lijado - moldurado y taladrado	2.5 x 10 x 100	39	35	32	106
Torneado	2.2 x 2.5 x 10		30		30
	Total				136

3.3.1.9. Codificación de las probetas.

Las probetas para los ensayos de cepillado, moldurado, lijado y taladrado se codificaron de la siguiente manera;

- ✓ Número de árbol (1-2-3-4-5).
- ✓ Nivel del fuste (A-B-C).
- ✓ Plano de corte (Tg-Rd-Ob).

Para las probetas del ensayo de torneado la codificación fue con el mismo orden, pero no se consideró el plano de corte.

3.3.2. Ensayos de trabajabilidad de la madera.

Se comenzó los ensayos de trabajabilidad con un contenido de humedad promedio de la madera de 12%. Los ensayos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado se realizaron en las inmediaciones del taller de carpintería del CITE forestal Pucallpa.

Tabla 6. Cantidad de probetas obtenidas por nivel de fuste y por plano de corte.

Niveles del fuste	Planos de corte			Total
	Radial	Tangencial	Oblicua	
A	14	14	12	40
B	13	12	11	36
C	12	9	9	30
Total	39	35	32	106

NOTA: A= Nivel Basal; B= Nivel Medio; C= Nivel Apical.

Los ensayos de torneado y taladrado fueron los únicos donde no se consideró la anisotropía o plano de corte, solo se tomó en cuenta la procedencia del nivel de fuste, mientras que en los ensayos restantes si se consideró la anisotropía de cada plano de corte.

Tabla 7. Cantidad de muestras obtenidas por niveles de fuste.

Niveles del fuste			**Total**
A	B	C	
50	46	40	136

NOTA: A= Nivel Basal; B= Nivel Medio; C= Nivel Apical.

3.3.2.1. Proceso del ensayo de cepillado.

Se utilizo 106 probetas para este proceso, antes de realizar este ensayo se verificó la orientación o inclinación de los elementos parenquimáticos y prosenquimáticos longitudinales de las probetas y se las clasifico a favor y en contra del grano, de acuerdo al sentido de corte de las cuchillas. Para el fácil reconocimiento se marcó un extremo de la cara de

la probeta con una raya representando a favor del grano y la otra cara con un aspa que representó que es contra de grano.

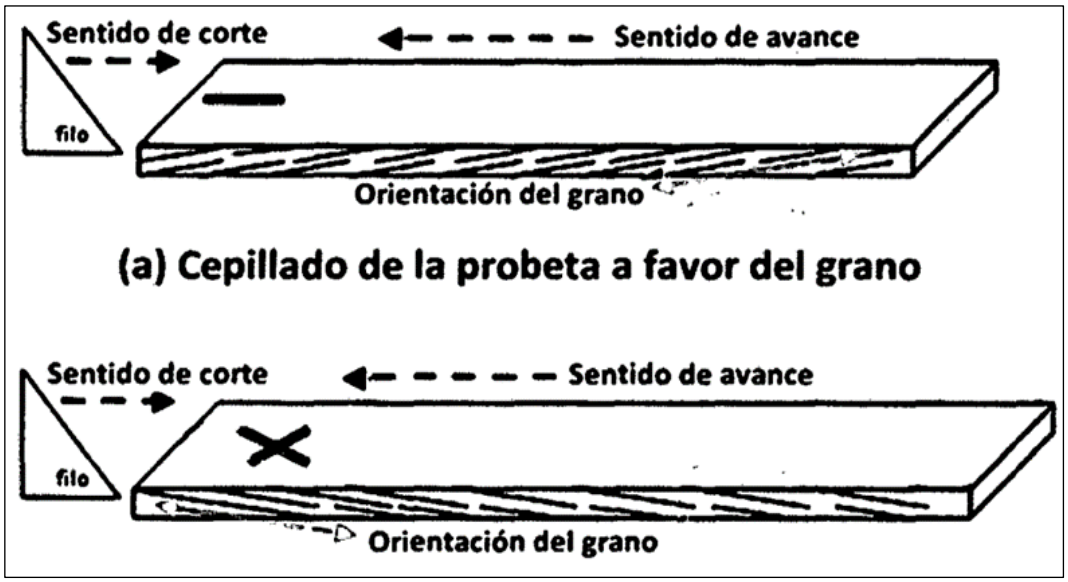


Figura 7. Ejecución del ensayo de cepillado referente a la orientación del grano.

Fuente: Tesis sobre la Trabajabilidad a tres niveles del fuste de la madera de Pashaco blanco (*Schizolobium parahyba* (Vell) S.F. Blake), procedente de bosque secundario-Ucayali (Guerrero, 2013).

La profundidad aproximada del cepillado fue de 2 mm por pasada, con velocidad de alimentación constante de 6.6 m/min, se utilizó 3 cuchillas con ángulo de corte de 25°, terminado el proceso se procedió a la respectiva evaluación.

3.3.2.2. Proceso del ensayo de taladrado.

Se utilizó 106 probetas del ensayo anterior, este proceso se realizó a un extremo de la probeta, donde se hizo 2 perforaciones a velocidades de 520 RPM y 1520 RPM. Se empleo una broca para hierro de ½ pulgada de doble hélice, la velocidad de alimentación fue de 0.9 m/min para ambas velocidades del giro de broca. Además, no se consideró el sentido de corte para este ensayo, pero si el nivel de fuste y el plano de corte de la probeta, también se evitó realizar perforaciones en zonas con presencia de nudos para evitar resultados causados por presencia de defectos naturales,

culminado este proceso de procedió a la respectiva evaluación con los formatos elaborados en gabinete.

3.3.2.3. Proceso del ensayo de moldurado.

Se utilizo 106 probetas al igual que en el ensayo anterior, este proceso se realizó a los cantos de las probetas y se ejecutó a favor y en contra del grano, siguiendo las marcas proporcionadas para el fácil reconocimiento evitando confusiones con el paso de los procesos. El moldurado o ranurado fue de 1cm de ancho y profundidad a lo largo de toda la probeta. Se utilizó una cuchilla preparada para la moldura con ángulo de corte de 25°. La velocidad de alimentación fue de 4.6 m/min, con giro del cabezal porta cuchilla de 7000 RPM. Luego se procedió su respectiva evaluación.

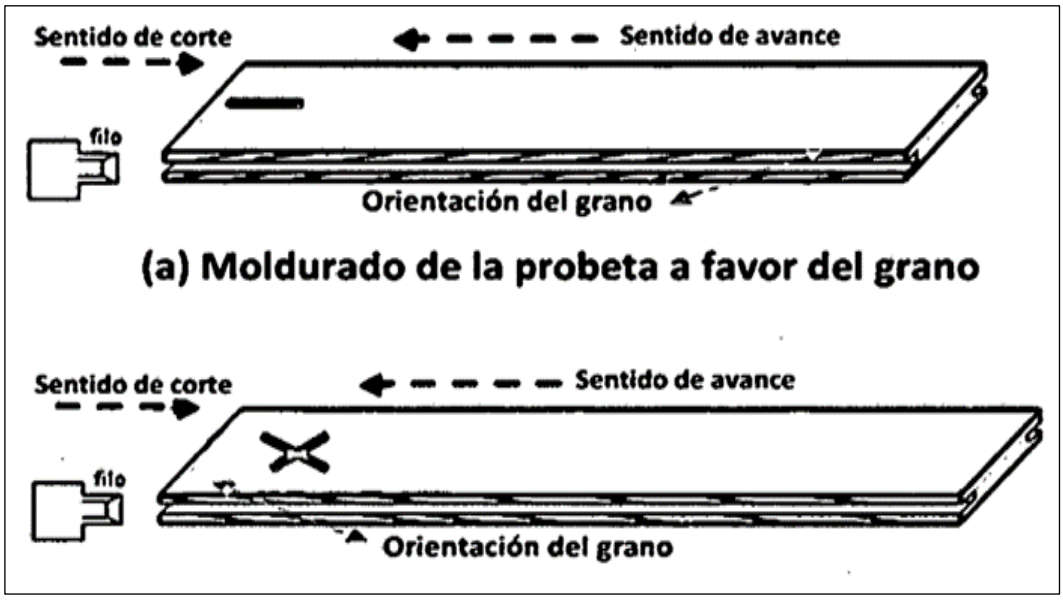


Figura 8. Ejecución del ensayo de moldura referente a la orientación del grano.

Fuente: Tesis sobre la Trabajabilidad a tres niveles del fuste de la madera de Pashaco blanco (*Schizolobium parahyba* (Vell) S.F. Blake), procedente de bosque secundario-Ucayali (Guerrero, 2013).

3.3.2.4. Proceso del ensayo de torneado.

Se utilizó 30 probetas con las dimensiones ya especificadas. El ensayo comenzó a un extremo de la probeta (zona codificada), con inclinación de la gubia de 0°, 15 ° en la mitad de la probeta y 40° al extremo final, considerando en la codificación solo el número de árbol y el nivel de fuste. La herramienta que se empleó fue una gubia de media caña de ½ pulgada con velocidad de giro de 1740 RPM. Luego se evaluó las probetas con los respectivos formatos ya establecidos.

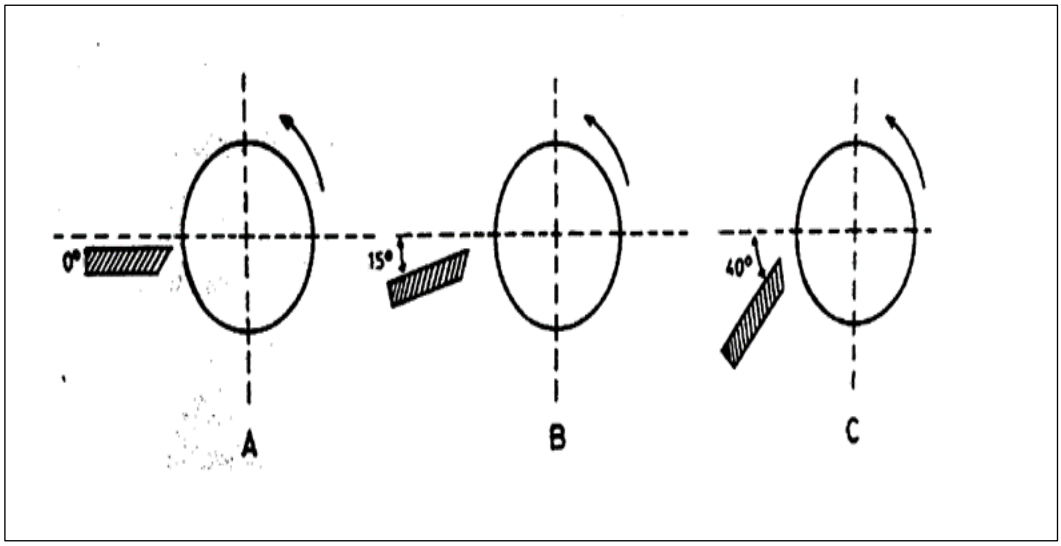


Figura 9. Posición angular de la gubia para la ejecución del ensayo de torneado.

Fuente: Tesis sobre la Trabajabilidad a tres niveles del fuste de la madera de Pashaco blanco (*Schizolobium parahyba* (Vell) S.F. Blake), procedente de bosque secundario-Ucayali (Guerrero, 2013).

3.3.2.5. Proceso del ensayo de lijado.

Se utilizó 106 probetas con las dimensiones especificadas anteriormente, el ensayo se inició con la utilización de lija de grano N° 60, ejecutando pasadas en ambas caras de ida y vuelta, en esta prueba se consideró la orientación de grano, para ello se comenzó el proceso por el extremo opuesto de las marcas realizas (raya y aspa). Luego se evaluó la calidad de superficie del lijado para que posteriormente se realice el mismo

proceso, pero con la lija de grano N° 120 con las mismas condiciones para todas las probetas correspondientes. Se finalizó con la respectiva evaluación. Las lijas de banda utilizadas fueron de óxido de aluminio de grano N° 60 y 120 de 4 pulgadas por 24 pulgadas.

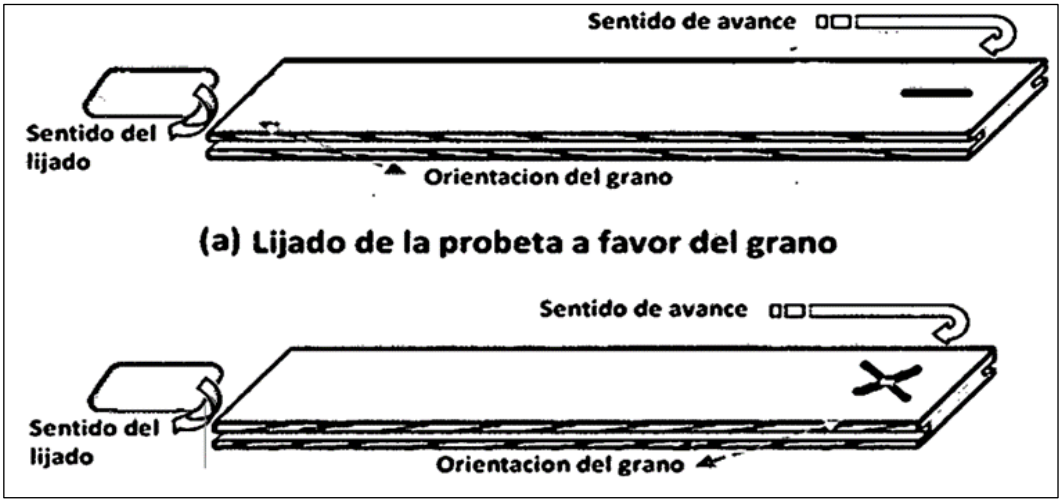


Figura 10. Posición para la ejecución del ensayo de lijado.

Fuente: Tesis sobre la Trabajabilidad a tres niveles del fuste de la madera de Pashaco blanco (*Schizolobium parahyba* (Vell) S.F. Blake), procedente de bosque secundario-Ucayali (Guerrero, 2013).

3.3.3. Identificación de defecto y evaluación.

La identificación de defecto se realizó después de cada ensayo al momento de la evaluación o recopilación de información. Se identificó considerando los defectos para cada tipo de ensayo como muestra en la tabla 10. Se realizaró visualizando y palpando la superficie que fue maquinada, considerando las definiciones básicas, las magnitudes de estos defectos dependerán de la profundad y aspereza de la superficie, los cuales se representó en grado 1,2,3,4 y 5. El criterio de evaluación se describe a continuación para cada ensayo.

Para el ensayo de cepillado el registro de datos se realizó en los formatos de evaluación elaborados anteriormente. Se identificó los defectos de cada probeta y se calificó utilizando los criterios de evaluación

mostrada en la tabla 8, para posteriormente obtener su equivalencia y poder determinar la calidad de la superficie de cada probeta ensayada. El defecto de grano arrancado fue el más predominante, se determinó su gravedad considerando la profundidad generada en la probeta. Para el caso del grano levantado, se estimó su gravedad por la inclinación o elación del grano hacia la superficie, ocasionado por el amortiguamiento del parénquima después del empuje de la cuchilla.

Para el ensayo de moldurado el registro se realizó en los formatos ya preparados, la evaluación se centró solo en el filo del pase de la moldura o también conocida como Zona 1, para después obtener las equivalencias mediante la ecuación y cálculos para conocer la calidad de superficie que generó este ensayo bajo las condiciones mencionadas. El defecto predominante y de mayor gravedad fue el grano astillado, con mayor incidencia en zonas de albura.

Para el ensayo de taladrado, se realizó el registro del comportamiento de cada probeta identificando el defecto generado por la acción del taladrado en las zonas de entrada, interior y salida del orificio. Se estableció el grado de calidad y equivalencias, con el cual se logró conocer la calidad del perforado en la las probetas.

Para el ensayo de torneado se realizó el registro de cada probeta en formatos pre establecidos, identificando los defectos presentes en el interior y el filo de las probetas generados por la gubia en las tres posiciones angulares, y se estableció el grado y equivalencia del defecto como referencia para conocer la calidad de la probeta evaluada de acuerdo al rango de calidad.

Para el ensayo de lijado se realizó el registro de cada una de las probetas evaluando la presencia de defectos generados por la lijadora de

banda en las superficies maquinadas. La evaluación se comenzó con las probetas trabajadas con la lija de grano N° 60 y posteriormente con la N° 120. Posteriormente se estableció los grados y equivalencia de cada defecto, que se utilizó como referencia para conocer la calidad de la probeta mediante el cuadro de rango de calidad.

3.3.4 Determinar la influencia de los niveles de fuste y plano de corte.

Para poder determinar la influencia de los niveles del fuste y planos de corte sobre el maquinado, se realizó un análisis con la base de datos cuantitativa, obtenidas durante la evaluación luego de la aplicación de la ecuación de la PADT-REFORT, (1981), posteriormente los datos fueron cargados a una hoja de EXCEL, y se utilizó la herramienta de cuadro dinámico a nivel de promedio, obteniendo la desviación estándar y el coeficiente de variación.

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

3.4.1. Técnicas.

La técnica utilizada para recolectar la información fue la observación directa en cada una de las evaluaciones de los procesos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado.

3.4.2. Instrumentos.

El instrumento que se utilizó para obtener los datos de calificación cualitativa de acuerdo a la normativa utilizada fueron las fichas de registro, estructurada de acuerdo a cada ensayo realizado.

3.5. Procesamiento para recolección de datos.

Después de haber recopilado los datos cualitativo y para comenzar a procesar estos mismos, se tuvo que transformarlos a datos cuantitativos por lo cual se empleó la ecuación dada por la (PADT-REFORT, 1981) y los factores de conversión brindadas por la normativa, luego se calculó el promedio aritmético, la desviación estándar y el coeficiente de variación. La calificación se obtuvo en base al promedio y la tabla 9, también se logró obtener las figuras que permitieron enfocar el análisis en las influencias de la trabajabilidad con los niveles de fuste, el plano de corte y el sentido del avance.

3.6. Tratamiento de datos.

Esta investigación no estuvo constituida por pruebas estadísticas. Las evaluaciones de todos los ensayos se realizados de acuerdo a los estándares establecidos por la Norma (ASTM-D, 1666-87,1999) y la ecuación dada por la (PADT-REFORT, 1981). Se identificó, cualificó y cuantificó el defecto mediante la observación del comportamiento de las probetas al maquinado, considerando los planos de corte radial, tangencial y oblicua. Además, se consideró la orientación del grano, pero solo en las pruebas de lijado, cepillado y moldurado. “La evaluación de la calidad de trabajabilidad se realizó con base en la presencia y severidad de los defectos señalados, examinando las probetas de forma visual y clasificándolas en cinco categorías” (Machuca, et al, 2012, p.198). En la Tabla 8 se muestra la clasificación de estas 5 categorías, además, se empleó las siguientes fórmulas de acuerdo a (Machuca, et al, 2012) con la finalidad de conocer algunos datos técnicos de cada ensayo:

- **Ensayo de cepillado.**

$$\mathrm{NMC} = \frac{\mathrm{Vc\ x\ Nc}}{\mathrm{Va}}$$

Donde:

NMC = Número de marcas de cuchillas.

Vc = Velocidad del cabezal porta cuchillas (rpm) transformada a velocidad lineal ($m.min^{-1}$).

Nc = Número de cuchillas en el cabezal.

Va = Velocidad de alimentación ($m.min^{-1}$).

- **Ensayo de lijado.**

$$VL = \frac{L}{TEL}$$

Donde:

Vl= Velocidad lineal ($m.s^{-1}$).

L = Longitud (m).

T= Tiempo efectivo de lijado (s).

- **Ensayo de moldurado.**

$$Va = \frac{L}{T}$$

Donde:

Va = Velocidad de alimentación ($m.s^{-1}$).

L = Longitud de la pieza (m).

T = Tiempo efectivo de corte (s).

$$VP = \frac{D}{Vr}$$

Donde:

Vp = Velocidad periférica ($m.s^{-1}$).

D = Diámetro de la fresa (m).

Vr = Velocidad de rotación.

- **Ensayo de taladrado**

$$VA = \frac{L}{TEC}$$

Donde:

VA = Velocidad de alimentación (m.s-1).

E = Espesor de la pieza (m).

TEC = Tiempo efectivo de corte (s).

- **Ensayo de torneado.**

$$VA = \frac{L}{TEC}$$

Donde:

VA = Velocidad de alimentación ($m.s^{-1}$).

L = Longitud de la pieza (m).

TEC = Tiempo efectivo de corte (s).

Tabla 8. Grado o magnitud del defecto de los ensayos (valor cualitativo).

Grado	Condición	Descripción
1	Excelente (E).	Libre de defectos o leve.
2	Buena (B).	Con defectos leves, que pueden ser eliminados con una lija N° 100.
3	Regular (R).	Con defectos marcados, que pueden ser eliminados utilizando una lija gruesa del número 60 y después una lija fina del número 100.
4	Pobre (P).	Con defectos severos, que para ser eliminados se requiere trabajar de nuevo la pieza de madera.
5	Muy pobre (MP).	Con defectos muy severos, que para ser eliminados es necesario sanear la pieza de madera.

Fuente*:* Norma sobre Standard Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Materials (ASTM-D, 1666-87,1999) *citado en* (Machuca, et al, 2012).

La calidad de trabajabilidad de la madera se determinó mediante las evaluaciones estadísticas que toma en cuenta la aplicación de la ecuación dada por la (PADT-REFORT, 1981) citado en (Villanueva, 2015) que se muestra a continuación:

$$\boldsymbol{E = (G - 1) * F + 1}$$

Donde:

E = Equivalente de defecto.

G = Grado de calidad.

F = Factor de conversión o peso.

Esta ecuación determinó un valor que cuantificó el defecto expresado en términos cualitativos. El valor que se obtiene en la ecuación se aplicó para comparar la magnitud del defecto que se evidenció para un determinado tipo de trabajo de maquinado.

Tabla 9. Rango de calificación según la calidad (valor cuantitativo).

RANGO	CALIDAD
De 1.0 a 1.5	Excelente
De 1.6 a 2.5	Buena
De 2.6 a 3.5	Regular
De 3.6 a 4.5	Pobre
De 4.6 a 5.5	Muy pobre

Fuente: Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de recursos forestales-Normas y métodos tecnológicos PAD-REFORET, (1981) citado en (Machuca, et al, 2012).

Se logró determinar estadísticamente los promedios, utilizando los factores de conversión en la ecuación dada para los ensayos de cepillado, taladrado, moldurado, lijado y torneado.

Tabla 10. Factores de conversión de defectos de maquinado según la severidad.

Ensayos: Defectos	Cepillado	Moldurado	Lijado	Taladrado	Torneado
Grano arrancado	1	0.9	---	---	0.9
Marca de astillas	0.8	---	---	---	---
Grano velloso	0.5	0.2	1	0.2	0.2
Grano levantado	0.5	---	---	-----	----
Rugosidad	---	0.6	---	0.7	0.6
Grano astillado	---	1	---	----	1
Ruptura de grano	---	----	---	1	----
Rayones	---	---	1	----	----
Grano comprimido		---	----	0.2	----

Fuente: Norma sobre Standard Methods for Conducting Machining Tests of Wood and Wood-Base Materials (ASTM-D, 1666-87,1999).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación de los tipos de defectos de maquinado que presentó la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke (shihuahuaco) en los procesos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado.

Tabla 11. Defectos identificados en las probetas durante los procesos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado.

Ensayos	Total de probetas ensayadas	Defectos encontrados en cada ensayo	Total de probetas por cada defecto.	% de defecto .
Cepillado	106	Grano arrancado (Gr. ar)	93	87.74
		Grano levantado (Gr. le)	13	12.26
Taladrado	106	Grano Astillado (Gr. as)	70	66.04
		Rugosidad (Rug.)	36	33.96
Moldurado	106	Grano Astillado (Gr. as)	106	100
Torneado	30	Rugosidad (Rug.)	12	40
		Grano Astillado (Gr. as)	18	60
Lijado	106	Grano velloso (Gr. ve)	39	36.79
		Rayones (Ray.)	67	63.21

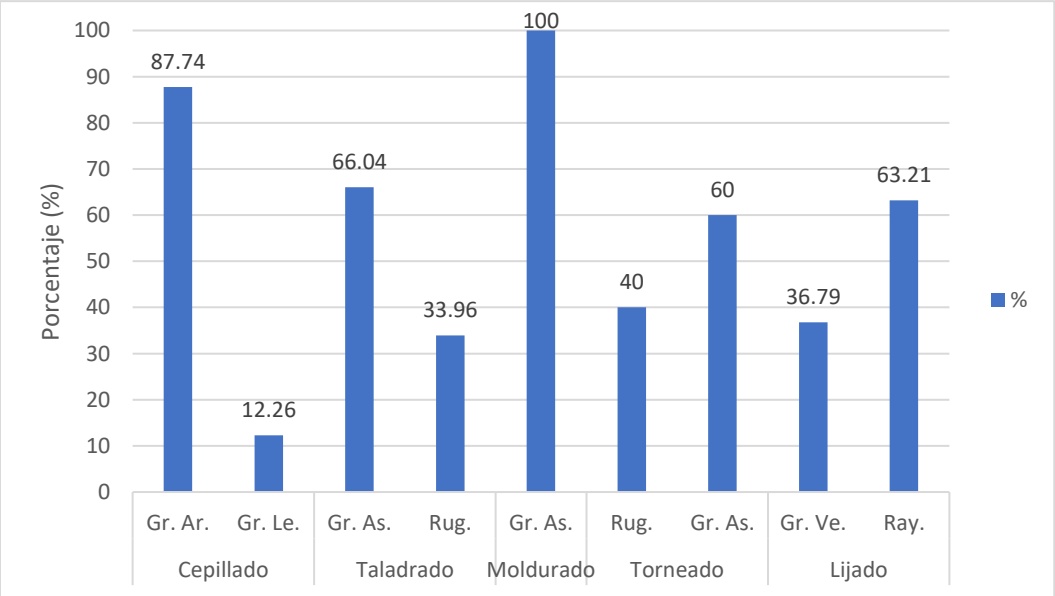


Figura 11. Defectos que se identificaron en los ensayos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado expresado en porcentajes.

La tabla 11 y figura 11 muestran que el defecto de grano en relieve y grano arrancado se presentaron en el ensayo de cepillado. De las 106 probetas sometidas a este ensayo, el 87.74 % presentaron el defecto de grano arrancado y el 12.26 % restante presentó el defecto de grano en relieve. La presencia del defecto de grano en relieve en las probetas ensayadas, se debe al tipo de parénquima paratraqueal aliforme que posee la especie, que provocó un amortiguamiento de las fibras a la hora del corte y esto se refleja en las superficies ásperas de las probetas, por el levantamiento de las fibras con puntas filosas. Mientras que la presencia del defecto de grano arrancado, es provocado por la característica de la especie, que es el grano entrecruzado y la presencia de nudos, concordando con lo que manifiesta LLuncor (1989) citado en Guerrero (2013) en su aporte de trabajabilidad con 9 especies maderables procedentes de la Selva Baja. En base al porcentaje de defectos para el cepillado, se determinó que el defecto predominante para este ensayo fue el grano arrancado, siendo coincidente con el defecto que encontró (Guerrero, 2013) en el ensayo de cepillado con la especie de capirona.

La Tabla 11 y figura 11 mostró que, del total de 106 probetas ensayadas en la operación de taladrado, el 66.04 % presentó el defecto de grano astillado y el 33. 96 % restante presentó el defecto de rugosidad, estos defectos se presentaron por trabajar en madera muy joven no maciza, con velocidades bajas de giro de la broca y velocidades altas de avance, (LLuncor, 1989) precisa que, para los ensayos de taladrado la velocidad de giro de broca debe de ser igual o bastante superior a 1000 Revoluciones Por Minuto (RPM). Mientras que la velocidad de avance debe de ser graduable. El defecto predominante de este ensayo en base al porcentaje, fue el grano astillado.

Para el ensayo de moldurado, la figura 11 y tabla 11 muestra que se identificó como único defecto al grano astillado de las 106 probetas ensayadas, coincidiendo con el hallazgo de (Guerrero, 2013), (Caballero,

2014) y (LLuncor, 1989) citado en (Guerrero, 2013) para las especies de capirona, Pashaco blanco y huamanzamana. La principal causa de la presencia de este defecto es por la característica singular de la especie, por tener grano entrecruzado, presencia de nudos y ser madera muy joven no maciza que tiene un fácil desgarre con procesos que implican resistencia de las fibras. Para eliminar este defecto se tiene que trabajar con dos filos en la cuchilla, reducir la velocidad de avance o aumentar la velocidad angular, coincidiendo con la afirmación de (Soria, 2006) para que el agarre de la cuchilla sea menos, facilitando un buen trabajo con menos desgarre de las fibras de la madera.

En la tabla 11 y figura 11 se identificó como defecto predominante para el ensayo de torneado al grano astillado, con un 60 % de las 30 probetas ensayadas, siendo Flores (2004), Guerrero (2013) y Ramos (2016) los que también registraron este tipo de defecto de maquinado para este ensayo, por ello LLuncor (1989) citado en Guerrero (2013) indica que para desaparecer este tipo de defecto se debe trabajar con mayores velocidades de giro del eje del torno y con ángulos de inclinación de cuchilla de 0°. Mientras que el 40% restante de las 30 probetas ensayadas presentó defecto de rugosidad, al igual que en el ensayo de taladrado, ocasionado por la presencia del grano entrecruzado de la especie y la desviación de las fibras por la presencia de nudos en la madera.

En la tabla 11 y figura 11 se identificó a los rayones como el defecto predominante con un 63.21 % de las 106 probetas ensayadas y dentro del 36.79% restante se identificó al defecto de grano velloso, estos defectos se presentaron por las distorsiones de las fibras a causa de nudos o el grano entrecruzado de la especie, a esto también se lo atribuye la juventud de la madera. Para evitar o eliminar esto (LLuncor, 1989) citado en (Guerrero, 2013) indica que se debe realizar trabajos a favor del grano y no contra el grano con lijas de grano N° 60 y 120, mientras que (Rios, 2012), sostiene

que, las lijas de N° 60 son las que producen defectos mayores a comparación a las de grano N° 120.

4.2. Determinación de la influencia de los niveles longitudinales del fuste y el plano de corte, durante los procesos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado.

4.2.1. Ensayo de cepillado

Tabla 12. Comportamiento del cepillado en los niveles del fuste y los planos de corte.

Nivel	Estadígrafo	Planos de corte			Sentido de corte						General (niveles)
					Rad.		Tang.		Obli.		
		Rad.	Tang.	Obli.	F	C	F	C	F	C	
A	Promedio	2.5	2.3	2.9	2.7	2.4	2.2	2.3	2.8	3.0	2.5
	Desv. Est.	1.0	0.6	1.0	1.3	0.6	0.4	0.7	1.1	0.9	0.9
	C.V (%)	40.8	26.0	34.5	48.9	26.9	19.2	31.8	41.4	28.4	36.0
	Calificación	B	B	R	R	B	B	B	R	R	B
B	Promedio	2.9	2.5	2.4	3.1	2.7	2.5	2.6	2.5	2.4	2.6
	Desv. Est.	1.1	1.1	0.9	1.2	1.1	1.0	1.2	1.0	0.7	1.0
	C. V (%)	39.6	41.8	35.5	38.6	41.2	40.0	45.1	42.2	28.5	39.6
	Calificación	R	B	B	R	R	B	R	B	B	R
C	Promedio	2.4	2.9	2.5	2.1	2.7	2.9	3.0	2.4	2.6	2.6
	Desv. Est.	0.6	0.9	0.9	0.3	0.7	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8
	C.V (%)	24.2	29.6	34.3	13.9	24.4	32.1	28.9	36.1	34.5	30.5
	Calificación	B	R	B	B	R	R	R	B	R	R
Comp. G.	Promedio	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5	2.6	2.5	2.6	**2.6**
	Desv. Est.	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	0.9	1.0	0.8	**0.9**
	C. V (%)	34.9	32.5	34.7	33.8	30.8	30.5	35.2	39.9	30.5	**35.4**
	Calificación	R	R	R	R	R	B	R	B	R	**R**

NOTA: A= Nivel Basal; B= Nivel Medio; C= Nivel Apical; F= Favor; C= Contra; B= Bueno; R= Regular; Comp. G.= Comportamiento general; C.V = Coeficiente de variación.

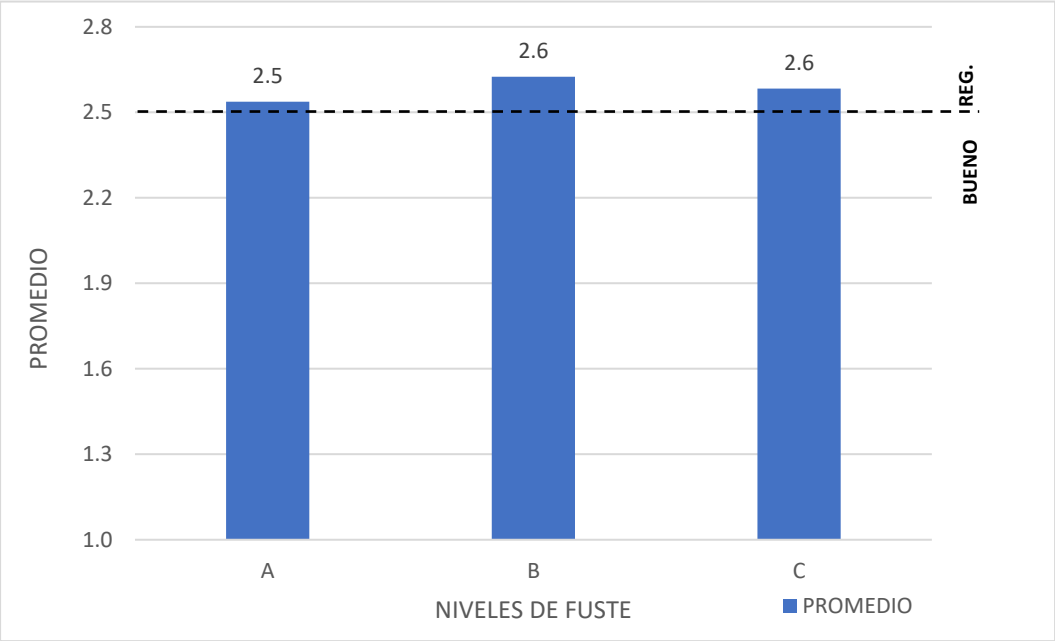


Figura 12. Comportamiento promedio del ensayo de cepillado en los niveles de fuste.

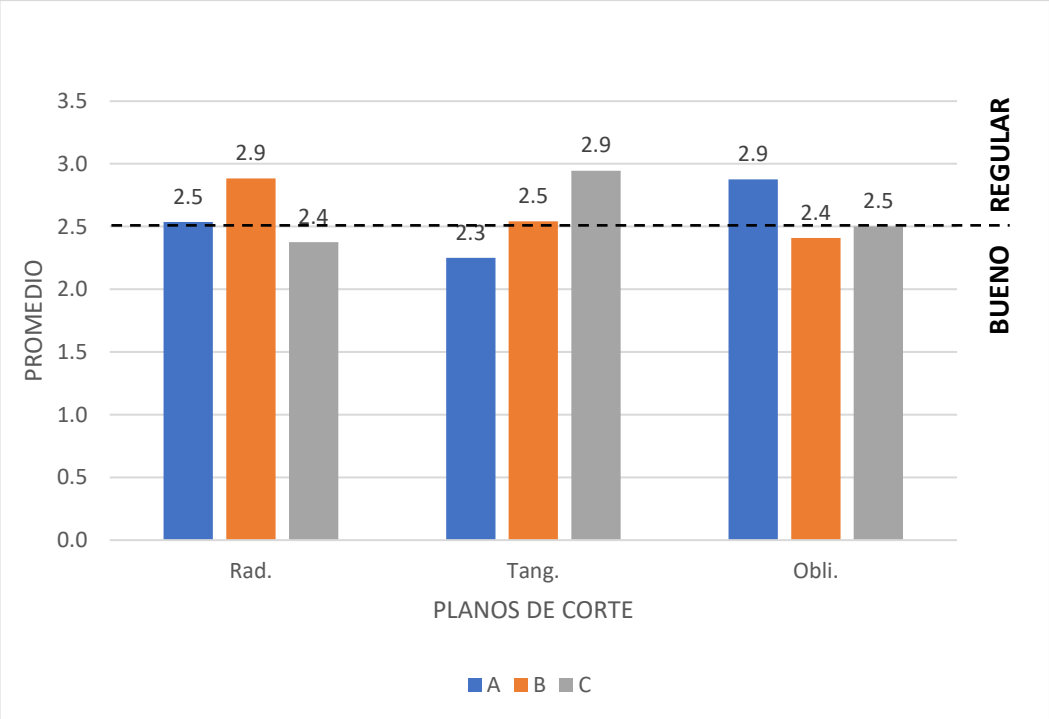


Figura 13. Comportamiento promedio del cepillado en los planos de corte de cada nivel.

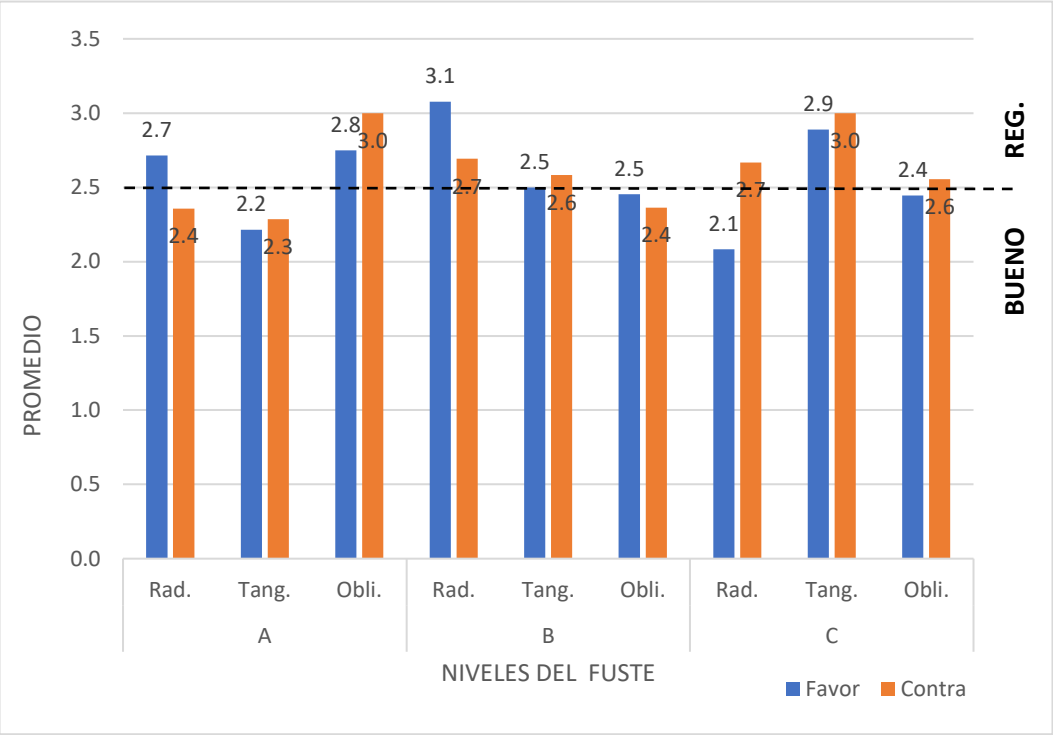


Figura 14. Comportamiento promedio respecto al sentido de corte en cada nivel y plano de corte.

La tabla 12 muestra que el comportamiento general del ensayo de cepillado tuvo una calificación de regular, con un promedio de 2.6, una desviación estándar de 0.9 y con coeficiente de variación del 35.4%, esta calificación se encuentra dentro de las expectativas de lo que afirma (Valderrama, 1993) que especifica, que el grupo de maderas de densidad alta a muy alta presentan comportamiento Regular en lo que respecta la trabajabilidad.

La influencia de los niveles de fuste se determinó mediante la tabla 12 y figura 12. El nivel A presentó un promedio de 2.5 con una desviación estándar de 0.9 y coeficiente de variación 36%, con el cual obtuvo una calificación de bueno. El nivele B presentó un promedio de 2.6 con desviación estándar de 1 y coeficiente de variación de 39.6 %, con una calificación de regular. En el nivel C el promedio que se obtuvo fue 2.6 con desviación estándar de 0.9 y coeficiente de variación de 35.4 % con el que se obtuvo una calificación de regular. Entonces de acuerdo a estos datos

se pudo afirmar que el mejor resultado de trabajabilidad con respecto al cepillado se dio en el nivel A. Determinando la inexistencia de la influencia de la trabajabilidad en los niveles de fuste, por estar dentro del rango de 2.5 a 2.6 de promedio como se aprecia en la figura 12. La razón por el cual el nivel A tuvo la mejor calificación es por la reducción de la cantidad de nudos en este nivel, siendo estos lo que ocasionan una distorsión de las fibras, provocando la aparición de los defectos. LLuncor (1989) citado en Guerrero (2013) afirma que para lograr mejores calificaciones con respecto a los niveles de fuste es necesario trabajar con ángulos iguales o menores de 25°, aumentando la velocidad de giro del cabezal.

La influencia de los planos de corte frente a los niveles de fuste se mostró en la tabla 12. El plano de corte radial en el nivel A, obtuvo un promedio de 2.5 con calificación de bueno, en el nivel B las tablas radiales obtuvieron un promedio de 2.9 con calificación de regular y en el nivel C las probetas radiales obtuvieron un promedio de 2.4 con calificación bueno. En el plano tangencial en el nivel A, obtuvo un promedio de 2.3 con calificación de bueno, en el nivel B las muestras tangenciales obtuvieron un promedio de 2.5 con calificación de bueno y en el nivel C las tangenciales obtuvieron promedio de 2.9 con calificación de regular. El plano de corte oblicuo en el nivel A, mostró un promedio de 2.9 con calificación de regular, en el nivel B las muestras oblicuas obtuvieron un promedio de 2.4 con calificación de bueno y en el nivel C las probetas oblicuas obtuvieron un promedio de 2.5 con calificación de bueno. El comportamiento general de las tablas radiales tangenciales y oblicuas obtuvo un promedio de 2.6, con calificación de regular. Entonces se pudo afirmar que, si existe una influencia del plano de corte tangencial sobre la trabajabilidad, porque su calificación empeora gradualmente con respecto a los niveles de fuste como se aprecia en la figura 13, mientras que los planos de corte radial y oblicua mostraron altibajos de calificaciones con respecto a los niveles, por lo que no se encontró influencia alguna.

Las probetas cuando se trabajaron a favor del grano se encontraron con promedios de 2.5 y 2.6, y los que se trabajaron en contra del grano solo se encontraron con 2.6 de promedio como lo muestra la tabla 12. Además, se apreció que no existe ningún tipo de relación entre niveles y anisotropía, lo que provocó que los resultados sean muy variables. La figura 14 mostró que cuando se trabaja a favor del grano, las probetas que presentaron mejor calificación fueron las tablas radiales de nivel C, mientras que cuando se trabajó en contra del grano los mejores resultados se vieron reflejados en las tablas tangenciales del nivel A. Este resultado de la trabajabilidad del sentido de corte tiene bastante que ver con el grano entrecruzado de la especie y la presencia de los nudos que ocasionan la distorsión de las fibras, que dificultó la identificación de la posición de las fibras de todas las probetas.

4.2.2. Ensayo de taladrado.

Tabla 13. Comportamiento del taladrado en los niveles del fuste y planos de corte.

Nivel	Velocidad de alimentación	Velocidad del cabezal RPM	Estadígrafo	Planos de corte			General (Niveles)
				Rd.	Tg.	Ob.	
A	0.9 m/min.	520	Promedio	3.1	3.2	3.1	3.1
			D.E	0.6	0.5	0.6	0.5
			C.V	19.0	15.3	18.9	17.4
			Calificación	R	R	R	R
		1520	Promedio	2.1	2.1	2.1	2.1
			D.E	0.6	0.4	0.6	0.5
			C.V	29.5	18.5	26.9	24.6
			Calificación	B	B	B	B
B	0.9 m/min.	520	Promedio	3.0	3.1	2.9	3.0
			D.E	0.7	0.5	0.8	0.6
			C.V	22.5	15.5	26.1	20.9
			Calificación	R	R	R	R
		1520	Promedio	1.8	1.8	2.0	1.9
			D.E	0.3	0.3	0.2	0.3
			C.V	17.1	16.0	11.8	15.8
			Calificación	B	B	B	B
C	0.9 m/min.	520	Promedio	3.0	3.1	3.0	3.0

		D.E	0.5	0.5	0.3	0.4
		C.V	16.4	16.6	11.7	14.8
		Calificación	R	R	R	R
	1520	Promedio	1.9	1.9	2.0	1.9
		D.E	0.3	0.4	0.4	0.4
		C.V	13.2	22.6	22.1	18.7
		Calificación	B	B	B	B
Comportamiento General		Promedio	2.5	2.5	2.5	**2.5**
		D.E	0.5	0.4	0.5	**0.5**
		C.V	19.6	17.4	19.6	**18.7**
		Calificación	B	B	B	**B**

NOTA: A = Nivel Basal; B = Nivel Medio; C = Nivel Apical; Rd = Radial; Tg = Tangencial; Ob =Oblicua; B = Bueno; R = Regula; D.E =Desviación estándar; C.V = Coeficiente de Variación.

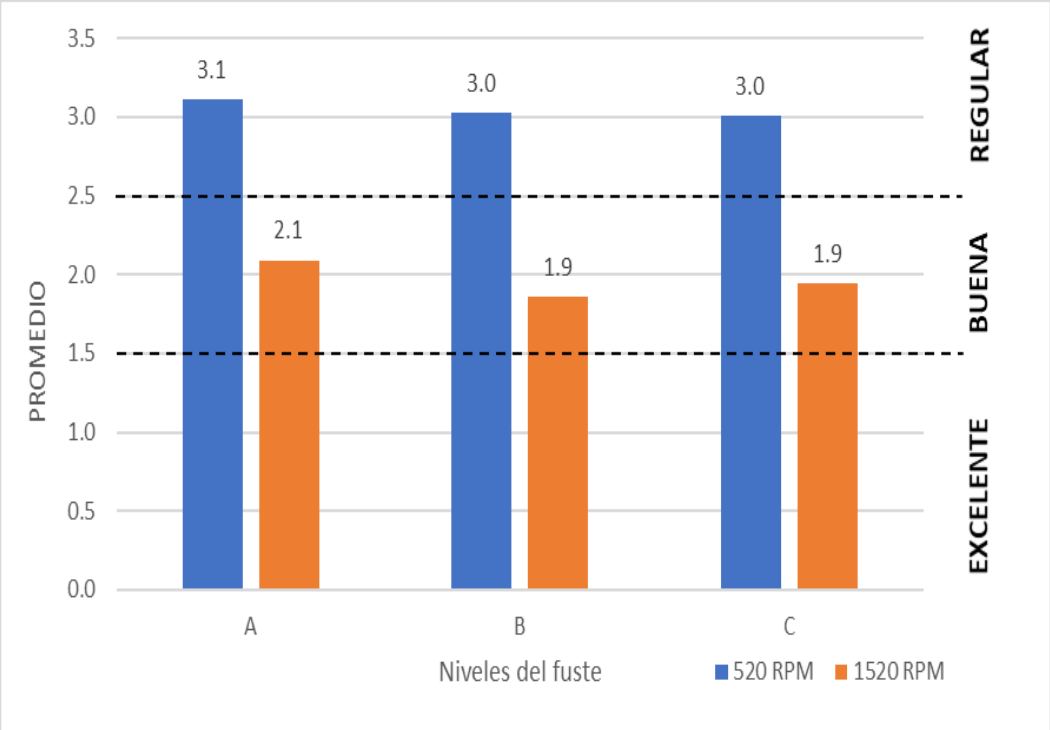


Figura 15. Comportamiento promedio del taladrado en los niveles de fuste.

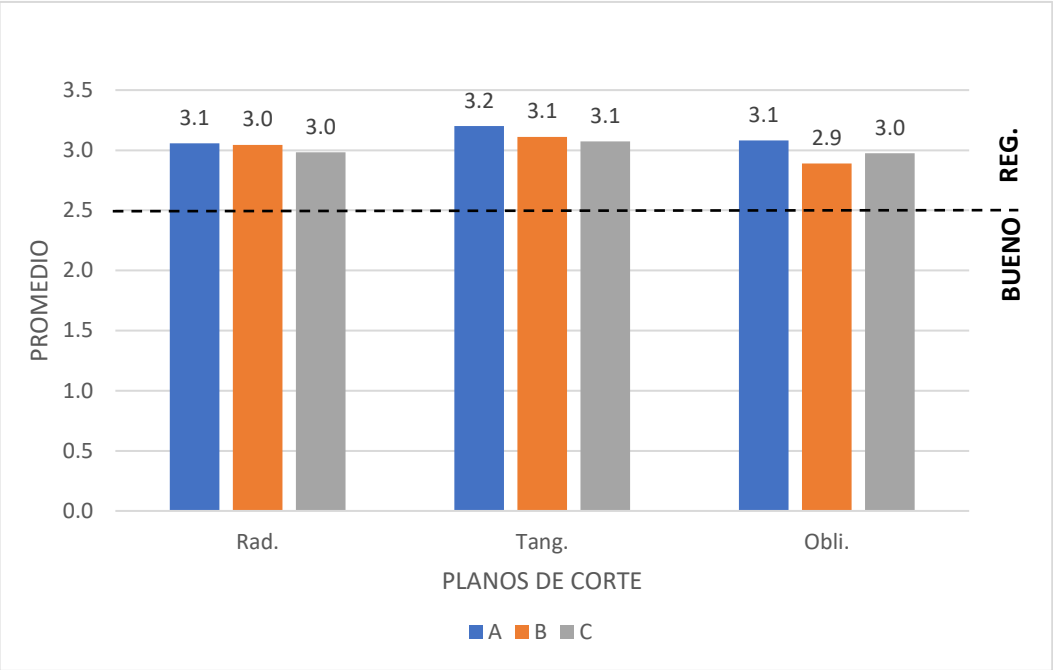


Figura 16. Comportamiento promedio de los planos de corte trabajadas a 520 RPM.

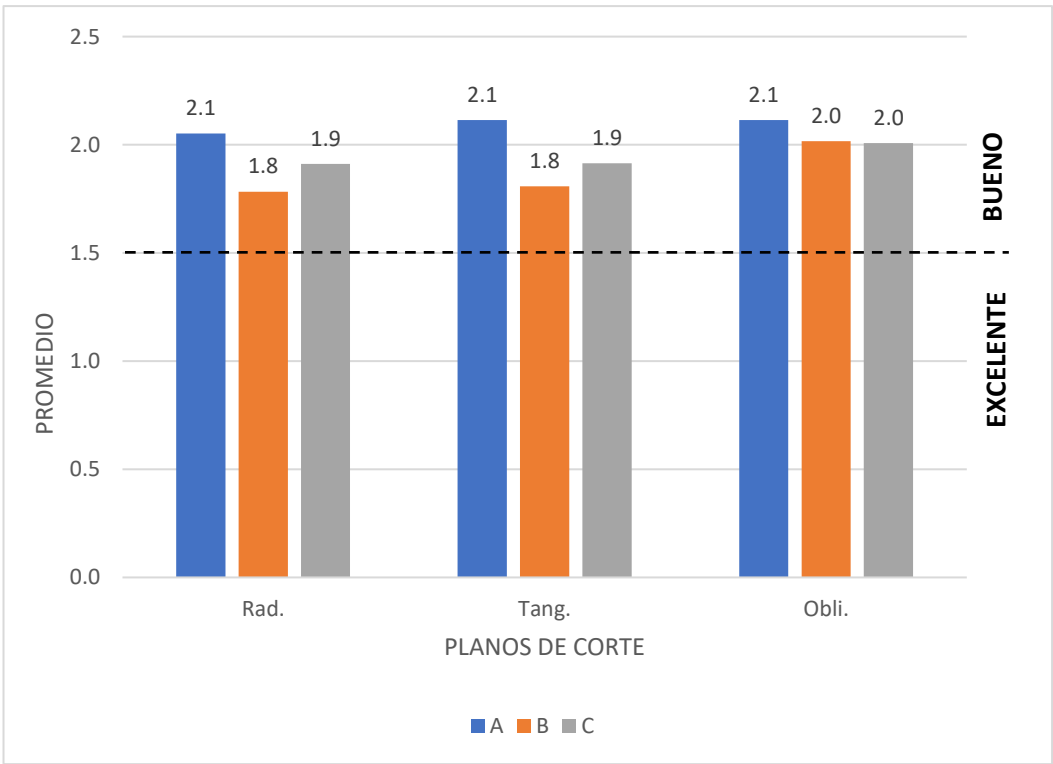


Figura 17. Comportamiento promedio de los planos de corte trabajadas a 1520 RPM.

La tabla 13 muestra que el comportamiento general del ensayo de taladrado obtuvo una calificación de bueno, con 2.5 de promedio, 0.5 de desviación estándar y 18.7 de coeficiente de variación, coincidiendo con los reportes de (Ramos, 2016) y (Guerrero, 2013) que realizaron este ensayo con velocidades de 900 y 1400 RPM, obtenido el mismo resultado, con la madera de Pashaco blanco de grano entrecruzado y densidad media. Además (Rios, 2012) y (Orrego & Bustamante, 2017) también coinciden con la calificación de este ensayo, en las especies de mashonaste y huamanzamana.

En la figura 15 y tabla 13 se mostró los resultados del ensayo de taladrado en los niveles de fuste, con dos velocidades de giro de broca. Este ensayo realizado a 520 RPM, en el nivel A presentó promedio de 3.1 y en los niveles B y C promedio de 3, con el cual se afirmó que en los tres niveles la calificación fue de regular. Mientras que el taladrado realizado a 1520 RPM, en el nivel A presentó promedio de 2.1 y en los niveles B y C presentó promedio de 1.9, con el que obtuvo una calificación de Bueno para estos tres niveles. Se analizó estos resultados y se pudo afirmar que no existe influencia de los niveles de fuste respecto a la trabajabilidad, porque los promedios de cada niveles de fuste trabajados a velocidad de 520 RPM se mantuvieron en un rango de 3 a 3.1 de promedio, siendo esta variación no muy resaltable, mientras que las probetas de los tres niveles de fuste trabajadas a 1520 RPM también se mantuvieron en un rango de promedio de 1.9 a 2.1 por el cual no se vio una influencia de estos niveles. Pero las velocidades de giro de broca con las que se trabajó, si influyeron en la trabajabilidad y esto se vio reflejada en las calificaciones obtenidas por cada nivel con el que se determinó que la calificación mejoró cuando se aumentó la velocidad del giro de la broca. Pero estos resultados no coinciden con lo que encontró Rios (2012) que trabajó con la especie de Mashonaste de 0.56 gr/cm^3 de densidad básica con grano entrecruzado, que demuestra que existe una influencia por parte de los niveles de fuste con respecto al comportamiento de la madera, con calificaciones de bueno y excelente a 1000 RPM.

La tabla 13 y figura 16 muestran que el comportamiento de los planos de corte trabajados a 520 RPM. En el plano radial del nivel A tuvo un promedio de 3.1, mientras que en el nivel B y C obtuvieron promedio de 3. Para el plano de corte tangencial en el nivel A el promedio fue de 3.2, mientras que para los niveles B y C el promedio se mantuvo en 3.1. En las tablas oblicuas el nival A tuvo promedio de 3.1, para el nivel B el promedio fue 2.9 y para el nivel C el promedio fue de 3. Por lo tanto, la calificación para estos tres planos de corte en sus tres niveles fue de regular. Entonces se pudo afirmar que no existen influencia de los planos de corte frente a la trabajabilidad por encontrarse en promedio de rango de 2.9 a 3.1 pertenecientes a la calificación de regular. Siendo las tablas oblicuas del nivel B, las que presentaron mejor resultado respecto a las demás. Pero Soria (2006) manifiesta que las tablas que obtuvieron mejor trabajabilidad para el ensayo de taladrado en su estudio, fueron la pertenecientes al plano de corte radial, encontrándose discrepancia con este autor.

La figura 17 mostró el resultado de los planos de corte trabajados a 1520 RPM. En el plano radial perteneciente al nivel A obtuvo promedio de 2.1, en el nivel B promedio de 1.8 y en el nivel C promedio de 1.9. Para el plano de corte tangencial en el nivel A el promedio fue de 2.1 en el nivel B tuvo un promedio de 1.8 y 1.9 para el nivel C. En las tablas oblicuas pertenecientes al nivel A obtuvo un promedio de 2.1 y para los niveles B y C el promedio fue de 2. Por lo tanto, la calificación para estos tres planos de corte trabajados a 1520 RPM fue de Bueno, donde se encontró inexistencia de influencia de los planos de corte por medio de los promedios vistos en la figura 17 que no guardan relación alguna, solo se aprecia altibajos para estos resultados, que pueden ser causados por la desviación de las fibras.

4.2.3. Ensayo de moldurado.

Tabla 14. Comportamiento promedio del moldurado en los niveles de fuste y los planos de corte.

Nivel	Estadígrafo	Planos de corte			Sentido de corte						General (Niveles)
					Rad.		Tang.		Obli.		
		Rad.	Tang.	Obli.	F	C	F	C	F	C	
A	Promedio	2.0	2.1	2.3	1.6	2.3	2.1	2.1	2.0	2.5	2.1
	D. E	0.9	0.6	1.1	0.8	0.8	0.6	0.6	0.8	1.3	0.9
	C. V	44.9	29.2	47.4	51.2	36.1	29.7	29.7	38.7	50.8	40.9
	Calificación	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
B	Promedio	2.0	2.1	1.8	1.9	2.1	2.2	2.0	1.5	2.1	2.1
	D. E	0.6	0.7	0.6	0.9	0.3	0.8	0.4	0.5	0.5	0.6
	C. V	31.6	31.4	34.5	44.8	13.4	38.5	21.3	35.9	25.8	30.5
	Calificación	B	B	B	B	B	B	B	E	B	B
C	Promedio	1.9	2.3	2.3	1.9	1.8	2.3	2.3	2.2	2.3	2.1
	D. E	0.7	0.8	1.0	0.7	0.7	0.9	0.9	1.0	1.1	0.9
	C. V	36.2	36.0	44.7	34.9	39.1	37.1	37.1	43.7	47.9	40.8
	Calificación	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Comp. G.	Promedio	1.9	2.2	2.1	1.8	2.1	2.2	2.1	1.9	2.3	**2.1**
	D. E	0.7	0.7	0.9	0.8	0.6	0.8	0.6	0.8	1.0	**0.8**
	C. V	37.6	32.2	42.2	43.7	29.5	35.1	29.4	39.5	41.5	**37.4**
	Calificación	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

NOTA: A = Nivel Basal; B = Nivel Medio; C = Nivel Apical; F = Favor; C = Contra; B = Bueno; E =Excelente; D. E = Desviación Estándar; C. V = Coeficiente de Variación; Comp. G = Comportamiento General.

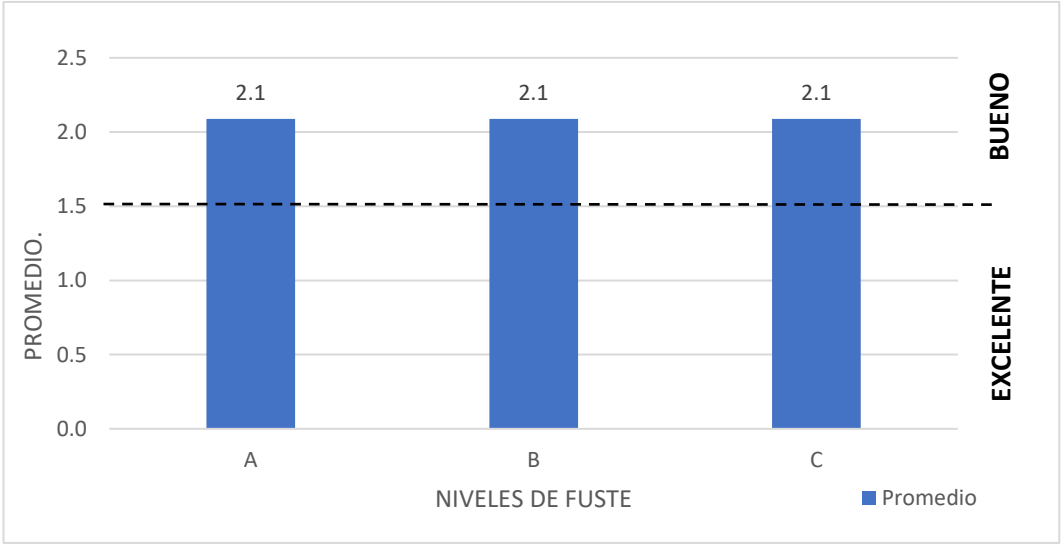


Figura 18. Comportamiento promedio del moldurado en los niveles del fuste.

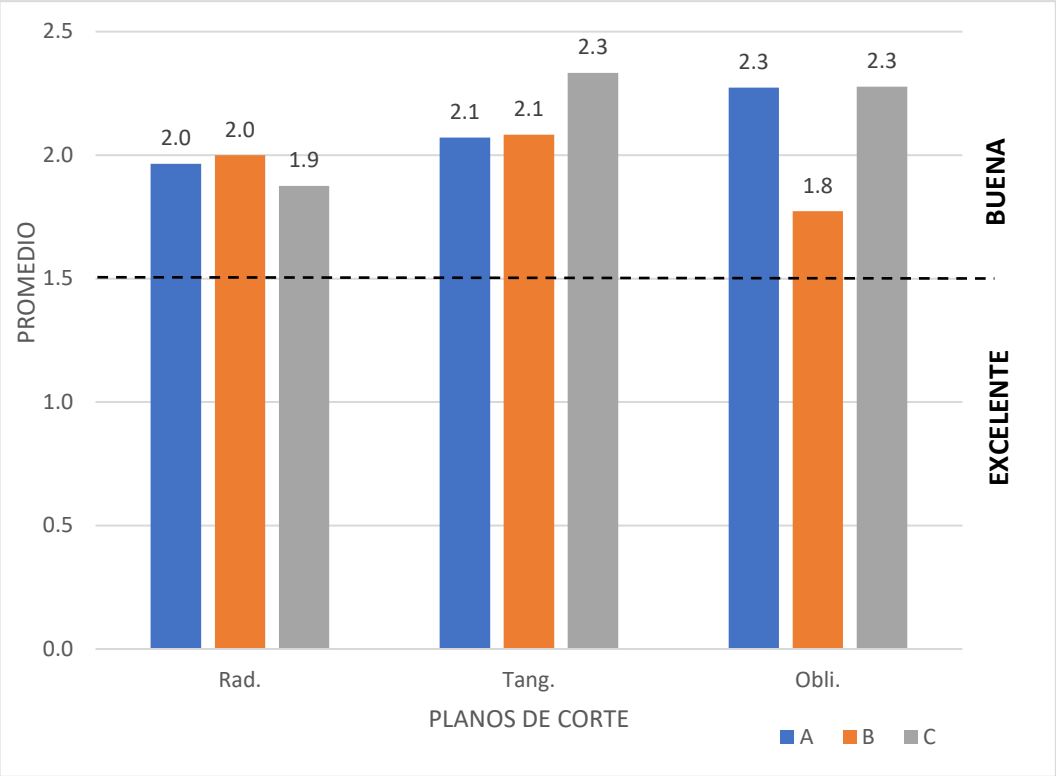


Figura 19. Comportamiento promedio de los planos de corte.

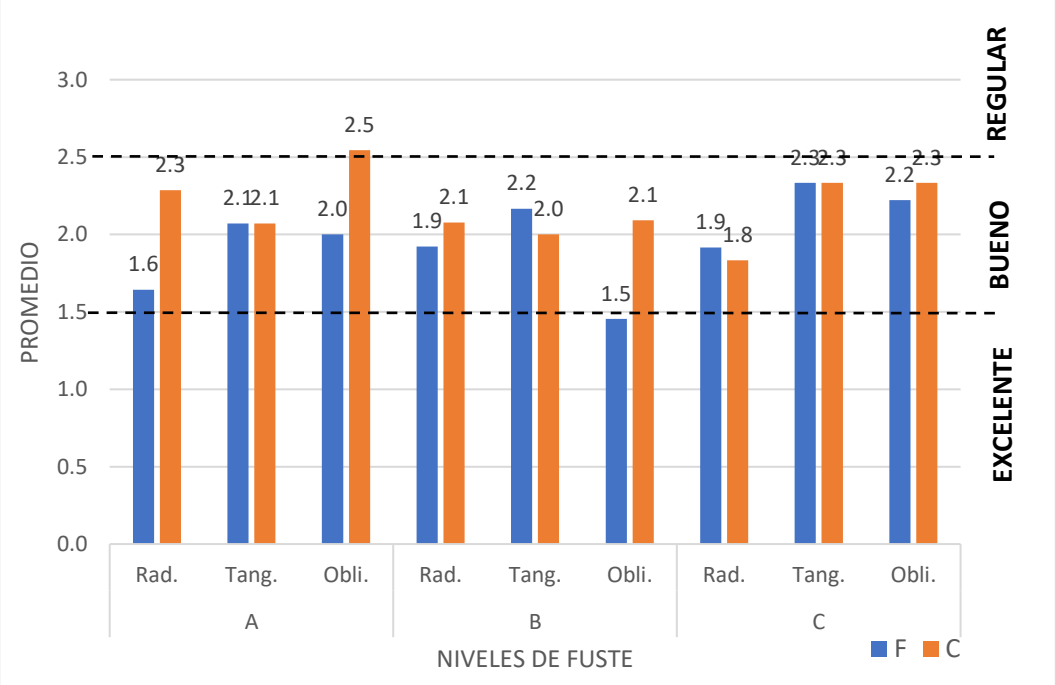


Figura 20. Comportamiento promedio en la orientación del grano de las probetas.

La tabla 14 muestra que el comportamiento general del ensayo de moldurado fue de Bueno con promedio de 2.1, desviación estándar de 0.8 y coeficiente de variación de 37.4%, coincidiendo esto, con los reportes de Caballero, (2014) con especie de Paujil ruro, Guerrero, (2013) con la especie Pashaco banco y Machuca, Borja, Morales y Flores (2012) con la especie de *Pinus oaxacana.* Pero las investigaciones de Flores (2004) con la especie de Quina quina, (Ramos, 2016) con la especie de huamanzamana y (Villanueva, 2015) con la especie de Aucatadijo, se obtuvieron comportamiento Excelente gracias al incremento de la velocidad angular, por otro lado Orrego y Bustamante (2017) también calificó de bueno al moldurado, el cual se trabajó bajo 7414 RPM.

La tabla 14 y figura 18 mostró el comportamiento general de cada nivel de fuste. Los niveles A, B y C obtuvieron un promedio de 2.1 con el cual se calificó como regular en los tres niveles del fuste. Entonces se determinó que no existe influencia de estos niveles de fuste con respecto a la trabajabilidad, por presentar promedios similares y por ende las calificaciones también fueron las mismas. Este comportamiento uniforme coincide con lo que informa (Villanueva, 2015) que trabajó con la madera de Aucatadijo que presenta densidad muy baja y grano recto, siendo estas características opuestas a la del shihuahuaco. Entonces se puede atribuir esta responsabilidad una vez más a la característica de grano entrecruzado de la especie, la presencia de nudos muertos y a la proporción de duramen y albura en la zona de maquinado, siendo las zonas de duramen las que presentaron mejor resultado con respecto a las zonas de albura.

En la figura 19 muestran el resultado de la trabajabilidad de la madera en los planos de corte. En las tablas radiales en el nivel A y B presentó promedio de 2, mientras que en el nivel C el promedio descendió a 1.9. Para las tablas tangenciales en los nieles A y B el promedio fue de 2.1 y para el nivel C el promedio ascendió a 2.3. En las probetas de corte oblicua el nivel de fuste A y C presentaron promedio de 2.3 y para el nivel

B el promedio fue de 1.8. En base a estos promedios el resultado general para cada plano de corte obtuvo una calificación de bueno, siendo la tabla oblicua del nivel B la que presentó un mejor comportamiento respecto a las demás. Entonces se determinó que no existe influencia de los planos corte con referencia a la trabajabilidad por que los promedios son variables con altibajos que se reflejan más en las probetas oblicuas. Pero las tablas de corte radial mostraron promedios de mayor similitud en los tres niveles, lo que difiere con (Flores, 2004) que encontró resultados similares en el plano de corte tangencial con respecto a los niveles. La similitud de estos promedios fue causada por la proporción de albura y duramen en las probetas, siendo este último el que proporcionó mejor trabajabilidad con respecto a la albura. En base a esto se puedo afirmar que las tablas radiales fueron las que tuvieron la mayor probabilidad de presentar duramen en la zona del maquinado, por ello se reflejó la similitud es sus promedios.

En la figura 20 se apreció los resultados del ensayo de moldurado trabajado de acuerdo al sentido de corte. Las probetas trabajadas a favor del grano presentaron altibajos dentro del rango de 1.5 a 2.3 de promedio, con el que obtuvo calificaciones de excelente y bueno. Mientras que las tablas trabajadas en contra del grano estuvieron en un rango de 1.8 a 2.5 de promedio logrando calificaciones de bueno. Entonces el sentido de corte influyó mínimamente en la calificación de las probetas, esto se debe a la posición de las fibras en las tablas y por ello el resultado no fue tan diferenciado por que la especie presenta grano entrecruzado. Esto coincide en una parte con (Rios, 2012) que menciona que el sentido de corte si influye.

4.2.4. Ensayo de torneado.

Tabla 15. Comportamiento promedio del torneado en los niveles de fuste.

Nivel	Estadígrafo	Posición angular			General (Niveles)
		0°	15°	40°	
A	Promedio	1.5	1.6	1.8	1.6
	Desviación estándar	0.6	0.6	0.7	0.6
	Coef. de variación	39.9	34.5	39.3	37.8
	Calificación	E	B	B	B
B	Promedio	1.4	1.5	1.8	1.6
	Desviación estándar	0.5	0.5	0.3	0.5
	Coef. de variación	33.8	33.7	15.5	28.9
	Calificación	E	E	B	E
C	Promedio	1.6	1.9	2.1	1.9
	Desviación estándar	0.6	0.6	0.5	0.6
	Coef. de variación	37.1	33.7	24.8	32.6
	Calificación	B	B	B	B
Comp. G	Promedio	1.5	1.7	1.9	**1.7**
	Desviación estándar	0.5	0.6	0.5	**0.6**
	Coef. de variación	37.0	34.0	26.5	**33.1**
	Calificación	E	B	B	**B**

NOTA: A = Nivel Basal; B = Nivel Medio; C = Nivel Apical; B = Bueno; R = Regular; Comp. G = Comportamiento General.

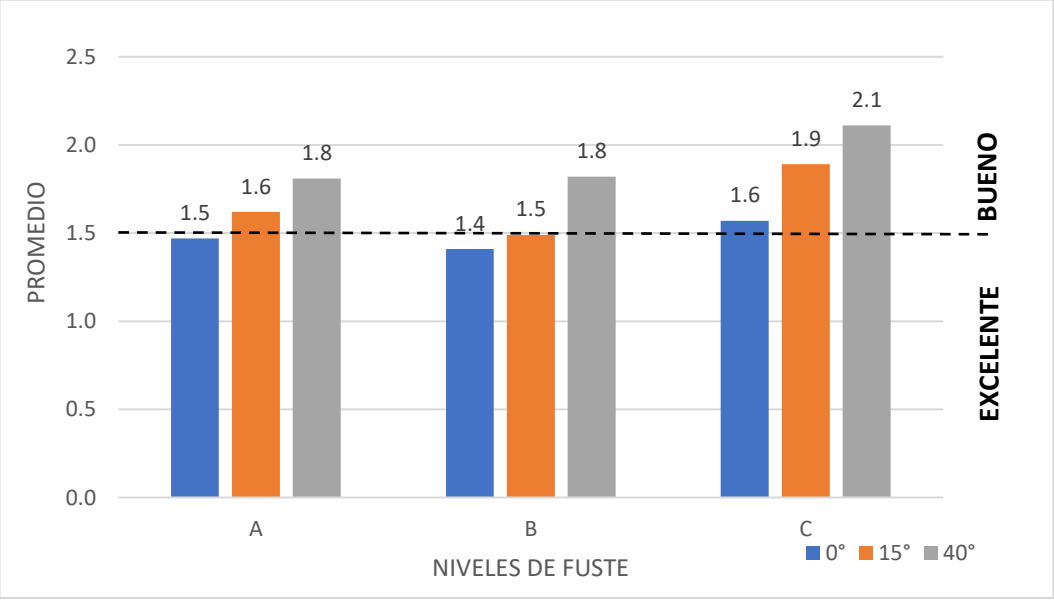


Figura 21. Comportamiento del torneado en los tres ángulos de inclinación.

La tabla 15 mostró que el comportamiento general del ensayo de torneado obtuvo un promedio de 1.7, con desviación estándar de 0.6 y coeficiente de variación de 33.1% con el cual logró una calificación de bueno. Este comportamiento también se ve reflejado en el ensayo de torneado que realizó (LLuncor, 1989) citado en (Guerrero, 2013) con 9 especies maderables de selva baja, donde trabajó con especies de varias densidades, granos rectos y entrecruzados, lo que demostró que el comportamiento del ensayo de torneado no guarda relación con las características anatómicas y estructurales de la madera, sino que están más vinculadas a las características técnicas de la máquina de torneado.

La tabla 15 y figura 21 mostraron los resultados de torneado en los niveles de fuste en las tres posiciones angulares. En el nivel A con 0° de posición angular, se obtuvo promedio de 1.5 con calificación de excelente, con 15° y 40° los promedios fueron 1.6 y 1.8 con el que obtuvieron calificación de bueno. Para el nivel B con 0° y 15° los promedios fueron 1.4 y 1.5 con calificación de excelente y con 40° de inclinación de la cuchilla el promedio fue 1.8 con calificación de bueno. En el nivel C con 0°, 15° y 40° de inclinación de cuchilla se obtuvieron promedios de 1.6, 1.9 y 2.1 con la calificación de bueno. Por lo tanto, se determinó que no existe influencia de los niveles del fuste referente a la trabajabilidad, solo se apreció que el nivel C presentó promedios más altos con respecto a los niveles A y B. Pero si se apreció una influencia de los ángulos de inclinación donde se observó que, cuando se incrementó los ángulos, los promedios también lo hicieron ocasionando resultados con calificaciones de bueno, siendo el ángulo de 0° el que presento promedios menores con respecto a los demás, con la que obtuvo una calificación de excelente, cabe señalar que estos resultados difieren con lo que manifiesta (Caballero, 2014) que menciona una inexistencia de influencia de los niveles de fuste con la especie del Paujil ruro, con densidad media y grano recto en el ensayo de torneado, así mismo (Scheelje, 2002) también manifiesta que la calidad del torneado es mejor si se emplea madera de mayor edad. Mientras que Soria (2006) si concuerda con el resultado obtenido con el ángulo de inclinación de 0°.

4.2.5. Ensayo de lijado.

Tabla 16. Comportamiento promedio del lijado en los niveles del fuste y los planos de corte.

Nivel	N° de Lija	Estadígrafo	Planos de corte			Sentido de corte						General (Niveles)
						Rad.		Tang.		Obli.		
			Rad.	Tang.	Obli.	F	C	F	C	F	C	
A	60	Promedio	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.1	1.2	1.2
		D. E.	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.3
		C. V.	23.6	24.1	24.5	21.1	26.6	20.8	26.8	20.6	28.5	24.2
		Calificación	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	120	Promedio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.0	1.0
		D. E.	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.1
		C. V.	0.0	12.7	14.1	0.0	0.0	0.0	16.9	18.5	0.0	10.8
		Calificación	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
B	60	Promedio	1.2	1.2	1.3	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2
		D. E.	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
		C. V.	23.9	20.7	20.5	19.7	26.0	20.9	21.3	21.3	19.1	21.6
		Calificación	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	120	Promedio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		D. E.	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
		C. V.	9.6	0.0	0.0	13.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.9
		Calificación	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
C	60	Promedio	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
		D. E.	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3
		C. V.	20.7	25.4	20.8	21.1	19.9	30.3	21.6	21.4	21.4	22.0
		Calificación	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	120	Promedio	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		D. E.	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
		C. V.	10.0	0.0	0.0	0.0	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
		Calificación	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Comp. G.		Promedio	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	**1.1**
		D. E.	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	**0.2**
		C. V.	14.6	13.8	13.3	12.5	14.4	12.0	14.4	13.6	11.5	**15.1**
		Calificación	E	E	E	E	E	E	E	E	E	**E**

NOTA: A = Nivel Basal; B = Nivel Medio; C = Nivel Apical; F = Favor; C = Contra; E = Excelente; D. E. = Desviación estándar; C. V. = Coeficiente de Variación; Comp. G. = Comportamiento General.

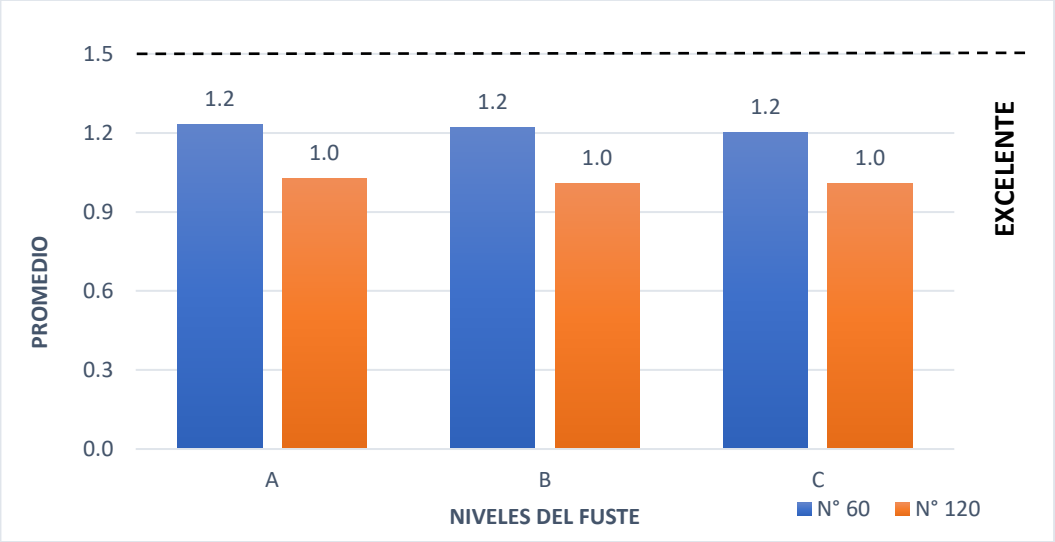


Figura 22. Comportamiento promedio del lijado en los niveles de fuste.

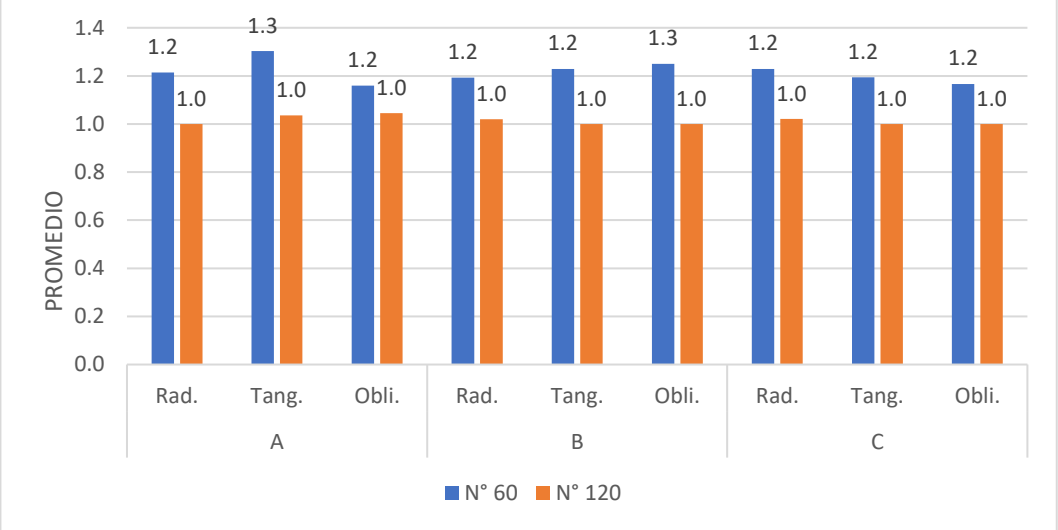


Figura 23. Comportamiento del lijado en la anisotropía y nivel de fuste de las probetas.

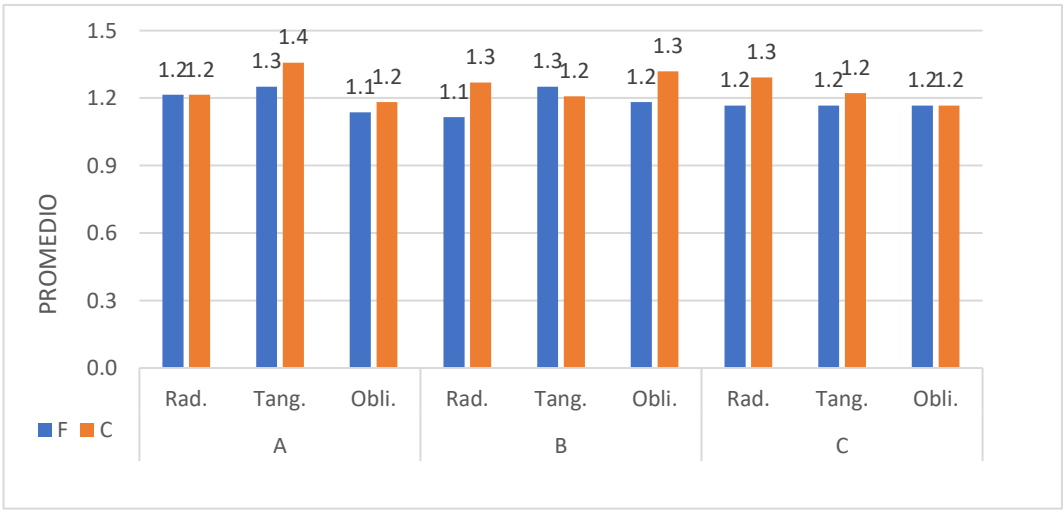


Figura 24. Comportamiento del lijado (N° 60) considerando sentido de corte.

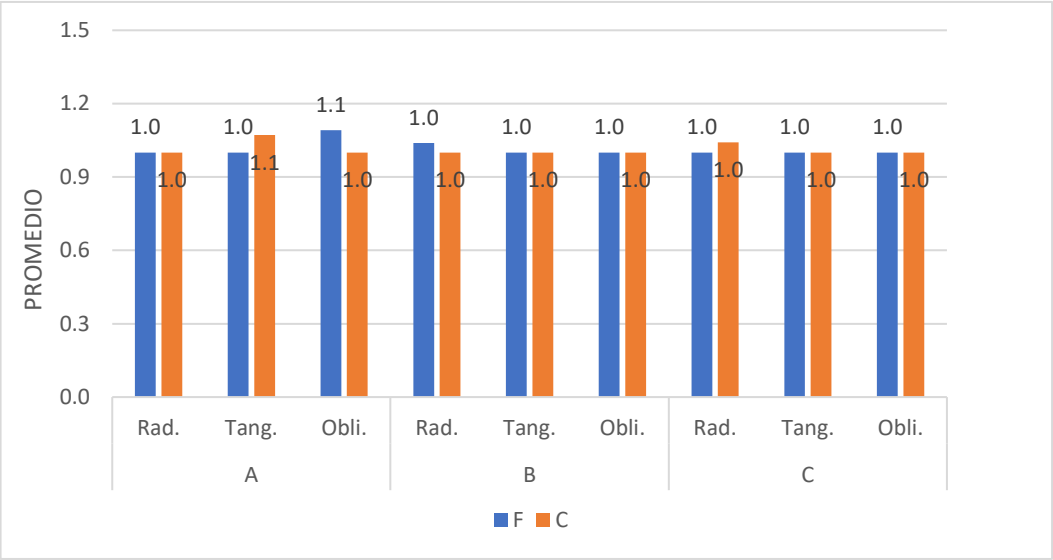


Figura 25. Comportamiento del lijado (N° 120) considerando el sentido de corte.

La tabla 16 muestra que el comportamiento general del ensayo de lijado fue excelente, con un promedio de 1.1, con desviación estándar de 0.2 y coeficiente de variación de 15.1%, coincidiendo con los reportes de (Ramos, 2016), (Caballero, 2014), (Machuca, Borja, Morales, & Flores, 2012) y (Villanueva, 2015) que obtuvieron el mismo resultado con madera proveniente de plantación y bosque natural, mientras que (Guerrero, 2013) difiere en cierta parte de este resultado mostrando que al trabajar con la especie de Pashaco con la lija de grano N° 60 obtuvo calificación de Bueno y al utiliza la lija de grano N° 120 la calificación fue excelente pese a ser una madera de menor densidad, pero del mismo tipo de grano entrecruzo, siendo estos de edades diferentes.

La figura 22 mostró el promedio para los niveles de fuste con respecto a los números de lijas empleadas para este ensayo. En el nivel A, B y C con la utilización de la lija N° 60 el promedio fue de 1.2, con el cual se obtuvo una calificación de excelente. La calificación fue la misma cuando se empleó la lija N° 120, pero con promedio para los tres niveles de 1. Por lo tanto, no existe influencia de los niveles de fuste en referencia a la trabajabilidad en el ensayo de lijado, por mantener promedios similares en los tres niveles.

La figura 23 mostró los promedios de trabajabilidad de los planos de corte con dos tipos de lijas. En las tablas radiales y oblicuas trabajadas con lijas numero 60 el promedio se mantuvo en 1.2, pero las tablas tangenciales presentaron promedios dentro del rango de 1.2 a 1.3. pero cuando se trabajó con lijas numero 120 los promedios se mantuvieron en 1 para los tres planos de corte. Por tanto, no existe influencia de los planos de corte con respecto a la trabajabilidad, más bien se apreció una influencia de los números de lija que se utilizó, siendo la lija de numero 120 la que presento el promedio más bajo.

Las figuras 24 y 25 son las que mostraron los promedios al trabajar a favor y en contra del grano con los dos tipos de lija. Cuando se trabajó a favor del grano con la lija 60 el promedio estuvo en el rango de 1.1 a 1.3 y cuando se trabajó en contra del grano el promedio estuvo en el rango 1.2 a 1.4. Al igual que cuando se empleó la lija 120 trabajadas a favor del grano el promedio estuvo en rango de 1 a 1.1 y en contra del grano con promedio de 1 para todas las muestras.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- La trabajabilidad de la madera *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke para los ensayos de taladrado, moldurado y torneado es bueno y para los ensayos de cepillado y lijado fue regular y excelente.

- Los defectos de grano arrancado y grano levantado fueron identificados en el ensayo de cepillado; el defecto de grano astillado fue identificado en los ensayos de moldurado taladrado y torneado, dentro de estos dos últimos ensayos se identificó también el defecto de rugosidad, mientras que en el lijado solo se identificó al defecto de grano vellosos y rayones.

- No existe influencia de los niveles de fuste en la trabajabilidad para los ensayos de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado, mientras que en el caso de los planos de corte solo existió influencia en el ensayo de cepillado.

5.2. Recomendaciones

- Realizar el proceso de cepillado usando cuchillas HSS con ángulo de corte menor de 25° para mejorar la superficie de calidad al momento del proceso, esto es más recomendable si se trabaja con especies jóvenes y de alta densidad.

- Realizar estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas, enfatizando la juventud de la madera y verificar hasta qué punto se compara con una madera madura.

- Realizar lijado de la madera de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke preferiblemente con lija de óxido de aluminio N° 120, para mejores acabados en la superficie de la madera.

- Emplear velocidades mayores de 1520 RPM del giro de broca para obtener perforaciones con mejor aspecto.

- Trabajar con 2 filos en la herramienta de corte para los procesos de moldurado.

- Emplear velocidad iguale o mayores de 1750 RPM de giro del cabezal del torno con ángulo de inclinación de 0° para obtener resultados óptimos en procesos de torneado.

- Determinar la densidad de la especie de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke de 16 años de edad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

Aguirre, Y. (2014). Determinacioón de las propiedades físicas a tres alturas del fuste de *Senefeldera inclinata.* Mart (Huangana caspi) procedente del bosque reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva-Tingo María. Tingo María: Universidad Agraria de la Selva.

Aldana, D. R., García, C. R., Hidalgo, C. G., Flores, G. R., Del Castillo, D., Reynel, C., . . . Honorio, E. N. (2016). Análisis morfométricos de las especies de Dipteryx en la Amazonía peruana. Instituto de la investigación de la Amazonía peruana., 101-118.

ASTM-D. (1666-87,1999). Standard Mthods Conducting Machining Tests Of Wood-Base Materiials.

Ayala, D. (2015). Vigor del shihuahuaco (*Dipteryx sp*) y biomasa microbiana de suelos degradados en selva con biofertilizantes. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú). Escuela de posgrado, Maestría en suelos.

Caballero, C. (2014). Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Pterygota amazónica* L.O Williams ex Dorr (Paujil ruro) y su variación en los diferentes niveles de fuste proveniente de la provincia de Coronel Portillo-Región Ucayali. Pucallpa-Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Cabrera, J., & Tandazo, J. (2014). Estudio de la trabajabilidad de cuatro especies maderables de bosque secundario del sur de la Amazonía Ecuatoriana. Loja-Ecuador: Universidad Nacional de Loja.

COPANT. (458, 1972). Comisión Panamericana de Normas Técnicas-Maderas; Selección y colección de muestras.

Ducke, A. (1940). Tropical Woods. New Haven: University School of Forestry.

Flores, F. (2004). Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Microphois sp.* (Quina quina) procedente de Pucallpa. Pucallpa-Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Gorena, M. (2009). Adecuación de normas de trabajabilidad en la madera de Teca (*Tectona grandis* Linn F.) a los equipos de carpintería de la ESFOR. Universidad Mayor de San Simón, 103 PP.

Guerrero, D. (2013). Trabajabilidad a tres niveles del fuste de la madera de pashaco blanco *(Schizolobium parahyba* (Vell) S.F. Blake), procedente de bosque secundario-Ucayali. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Honorio, E., Aldana, D., Flores, G., Hidalgo, G., Mejia, E., Del Castillo, D., . . . Garcia, C. (2018). *Ficha de identificación de las especies de Dipteryx de la mazonia peruana. Ministerio del Ambiente, 1-20.*

IIAP. (s.f.). Shihuahuaco. Obtenido de Amazonía Guia Ilustrada de Flora y fauna: http://amazonia.iiap.org.pe/especies/ver/405

ISO. (4470-1982). Norma International Organization For Standardization-Sampling sample trees and logs for determination of physical and mechanical properties of wood in homogeneous stands.

LLuncor, D. (1989). Trabajabilidad de nueve especies maderables de la zona Selva Baja (Allpa Huayo- Jenaro Herrera). *N° 1. Temas Forestales*, 24.

Lopéz, N., Yucta, M., & Caraguay, K. (2016). La variabilidad dimensional y defectos de secado afectan rendimientos en procesos de cepillado de la madera de Eucaliptus saligna. *Bosque*, 169-178.

Machuca, R., Borja, A., Morales, E., & Flores, R. (2012). Trabajabilidad de la madera de *Pinus oaxacana* Mirov proveniente de una plantación en el estado de México. *Chapingo serie de Forestales y del ambiente*, 1-13.

MaderasODL. (2011). Maderas Perú. Obtenido de http://www.maderasperu.com/shihuahuaco

Moncada, V. (2015). Optimización de la trabajabilidad de la madera de *Eucalipto saligna Smith en la provincia de loja. Loja- Ecuador: Universidad Nacional de Loja- Área agropecuaria y de recursos naturales renovables.*

Orrego, D., & Bustamante, N. (2017). Trabajabilidad de la madera de capirona (*Calycophyllum spruceanum*) procedente de plantaciones de la cuenca

del río aguaytia en la región de Ucayali-Perú. *Re*vista Forestal del Perú - Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, 1-10.

PADT-REFORT. (1981). Acuerdo de cartagena. Descripcion general y anatomica de 105 maderas de grupo andino. Proyectos andinos de desarrollo tecnologico en el area de recursos forestales-Normas y metodos tecnológicos. Cali.

Pardo, J. (2009). Determinación de la calidad superficial del cepillado de pinus radiata D.Don. Valdivia-chile: Universidad Austral de Chile.

PROMPEX-PERÚ, INIA, WWF, OIMT, & USAID. (2011). Maderas del Perú. Obtenido de https://issuu.com/gftnperulks/docs/perulks

Ramos, V. (2016). Comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *jacaranda copaia* (Aubl) D. Don (Huamansamana) y su variación en los diferentes niveles longitudinales del fuste del árbol procedente de las provincias de Coronel portillo y Padre Abad de Ucayali. Pucallpa-Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Rios, J. (2012). Determiandión de las principales propiedades mecánicas y comportamiento a la trabajabilidad de la madera de *Clarisia racemosa* Ruiz et Pavon (Mashonaste) y su variación en el fuste, procedente del CICFOR Macuya-UNU. Pucallpa-Perú: Universidad Nacional de Ucayali.

Salvador, M. (2010). Protocolo de campo para la selección y colección de muestas para la caracterización anatómica y de propiedades físicas , mecánicas, químicas y tenológicas de la madera. *AIDER*, 9-20.

Scheelje, J. (2002). Comportamiento del tornillo en tres edades diferentes en proceso de cepillado, taladrado y torneado. Lima-Perú: Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Nacional Agraria la Molina.

serrano, R., & Zuñiga, V. (2011). Determinación de condiciones apropiadas de cepillado para el amarillón de plantación de Costa Rica Terminalia amazónia J.F GMEL Exell. Revista Forestal Mesoamaericana KURÚ, 20-26.

Soria, E. (2006). Trabajabilidad de la madera de Pucaquiro *(Sickingia Williamsii)* proveniente de bosques secundarios de la zona de San Martín-Perú. Lima: Tesis Ingeniero Forestal. Univesidad Nacional Agraria La Molina.

Valderrama, H. (1993). Características tecnológicas y uso industrial de nuevas especies forestales de la Amazonía peruana. *IIAP*, 75-97 VOL 5.

Villanueva, V. (2015). Comportamiento a la trabajabilidad de la madera *Croton matourensis* Aubl. (aucatadijo) en los niveles longitudinales del fuste del árbol, procedente de las provincias de Coronel Portillo y Padre Abad del departamento de Ucayali. Pucallpa-Perú: Universidad Nacional de Ucayali- Facultad de ciencias forestales y ambientales- Escuela profesional de ingenieria forestal.

ANEXOS

ANEXO 1

Constancia de identificación botánica de la especie *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke.

JARDÍN BOTÁNICO DE MISSOURI

CONSTANCIA

El que suscribe deja constancia que las muestras botánicas, cuyos nombres científicos que a continuación se indican; fueron identificadas en el Herbario Selva Central – Oxapampa

De acuerdo con la información proporcionada, las muestras provienen del proyecto de investigación "Estudio Dendrológico de especies forestales del Herbario Forestal del INIA". Que se realiza en el marco del permiso de colecta con fines de investigación científica de flora silvestre, aprobado mediante Resolución Directoral Nº 070 2017-SERFOR/DGGSPFFS y Código de Autorización Nº AUT-IFL-2017-007.

Código de Colecta	Nombre Científico	Obs.
Y. Flores B. 241	Fabaceae	Parece *Lonchocarpus confertiflorus* Benth., pero la muestra es muy pubescente
Y. Flores B. 242	*Sloanea sinemariensis* Aubl.	
Y. Flores B. 243	*Banara nitida* Spruce ex Benth.	
Y. Flores B. 244	*Trichilia singularis* C. DC.	
Y. Flores B. 245	*Dendropanax arboreus* (L.) Decne. & Planch.	
Y. Flores B. 246	Myrtaceae	Si es Eugenia, entonces es *Eugenia stipitata* subsp. *sororia* McVaugh
Y. Flores B. 247	*Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke	
Y. Flores B. 248	*Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke	
Y. Flores B. 249	*Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke	
Y. Flores B. 250	*Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke	
Y. Flores B. 251	*Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke	
Y. Flores B. 252	*Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke	
Y. Flores B. 253	*Erisma floribundum* var. *tomentosum* (Ducke) Stafleu	
Y. Flores B. 254	*Sweetia fruticosa* Spreng. Vel sp. aff.	O talvez se trata de juvenil de *Dalbergia* sp.
Y. Flores B. 255	*Rhodostemonodaphne praeclara* (Sandwith) Madriñán	
Y. Flores B. 256	*Eugenia patens* Poir.	Usulamente E. patens, tiene una vena colectora mas conspicua.
Y. Flores B. 257	*Ocotea gracilis* (Meisn.) Mez	
Y. Flores B. 258		
Y. Flores B. 259	*Handroanthus chrysanthus* (Jacq.) S.O. Grose	
Y. Flores B. 260	*Vochysia lehmannii* Hieron.	
Y. Flores B. 261	*Meliosma herbertii* Rolfe	

HERBARIO SELVA CENTRAL
DIRECTOR
OXAPAMPA

Prolongación Bolognesi Mz. E-6, Oxapampa, Pasco-PERU. Telf. 51 (63) 462467
E-mail jbmperu@yahoo.com URL http://www.jbmperu.org

Y. Flores B. 262	*Swartzia leptopetala* Benth.	
Y. Flores B. 263	*Monteverdia macrocarpa (Ruiz & Pav.) Biral*	
Y. Flores B. 264	Neea sp.	
Y. Flores B. 265	Miconia sp.	
Y. Flores B. 266	*Trichilia rubra* C. DC.	
Y. Flores B. 267	*Chimarrhis hookeri* K. Schum.	
Y. Flores B. 268	*Licania elliptica* Standl.	Flores muy congestas
Y. Flores B. 269	Lauraceae	
Y. Flores B. 271	*Guatteria modesta Diels*	
Y. Flores B. 272	*Nectandra acutifolia (Ruiz & Pav.) Mez*	
Y. Flores B. 273	Chrysobalanaceae	
Y. Flores B. 274	*Andira surinamensis* (Bondt) Splitg. ex Pulle	
Y. Flores B. 275	*Leptobalanus apetalus* (E. Mey.) Sothers & Prance	
Y. Flores B. 276	*Guatteria punctata* (Aubl.) R.A. Howard	
Y. Flores B. 277	*Sarcaulus brasiliensis* (A. DC.) Eyma	
Y. Flores B. 278	*Henriettea sp.*	
Y. Flores B. 279	Lauraceae	
Y. Flores B. 280	*Simira macrocrater* (K. Schum.) Steyerm.	
Y. Flores B. 281	*Eschweilera juruensis* R. Knuth	
Y. Flores B. 282	*Pouteria trilocularis* Cronquist	

Se expide la presenta, a solicitud del interesado para los fines que considere convenientes.

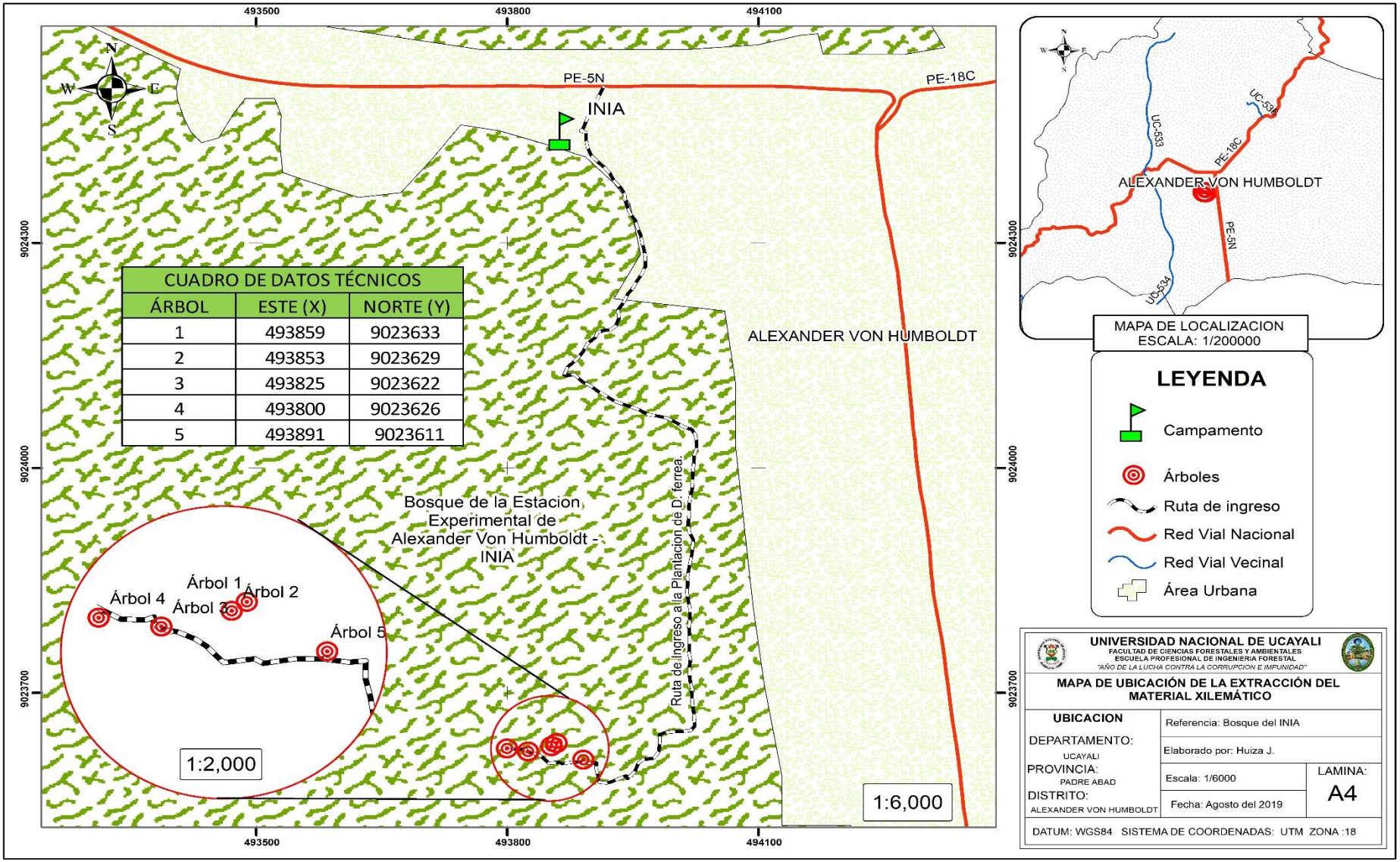
Oxapampa, 21 de mayo del 2019

HERBARIO SELVA CENTRAL
DIRECTOR
- HOXA -
OXAPAMPA

JARDIN BOTANICO DE MISSOURI
Ing. Rodolfo Vasquez Martinez
DIRECTOR DEL PROGRAMA

Prolongación Bolognesi Mz. E-6, Oxapampa, Pasco-PERU. Telf. 51 (63) 462467
E-mail jbmperu@yahoo.com URL http://www.jbmperu.org

ANEXO 2. Mapa de ubicación de la extracción del material xilemático.



ANEXO 3

Algunas características técnicas de las maquinas utilizadas en los ensayos.

- **Regruesadora (Cepillado)**

Marca	:	SICAR
Potencia	:	8.5 HP
Diámetro del cabezal	:	12 cm
Velocidad del cabezal	:	4500 rpm
Cuchillas del cabezal	:	3
Ángulo de corte	:	25°
Velocidad de alimentación	:	6.6 m/min.
Número de marcas de cuchilla	:	771.

- **Tupi (Moldurado)**

Marca	:	DINAMIC
Potencia	:	3.6 HP.
Diámetro del cabezal	:	4 cm.
Velocidad del cabezal	:	3600-7000 RPM.
Cuchillas del cabezal	:	1
Ángulo de afilado de cuchilla	:	25°.
Velocidad de alimentación	:	4.6 m/min.
Velocidad periférica	:	14.65 m/s

- **Taladro de banco (taladrado)**

Marca	:	REXON DRILL
Velocidad del cabezal	:	180 - 2940 RPM.
Tipo de broca	:	Doble hélice ½ Pulg.
Velocidad de alimentación	:	0.9 m/min.

- **Torno**

Marca	:	WEQ.
Potencia	:	3.4 HP.
Velocidad del cabezal	:	1740 rpm.
Velocidad de alimentación	:	0.12 m/min.
Ángulo de ataque	:	0°, 15° y 40°.
Gubia	:	Media caña ½ pulg.

- **Lijadora de banda**

Marca	:	CROWN.
Velocidad lineal	:	0.22 m/s.
Dimensión de la lija	:	4” X 24”
Grano de lija	:	60 y 120.
Velocidad lineal	:	0.22 m/s

ANEXO 4. Proceso de tumba y codificación de los individuos de shihuahuaco.



ANEXO 5. Aserrío primario de las trozas de *Dipteryx ferrea* (Ducke) Ducke.



ANEXO 6

Pre - dimensionamiento y dimensionamiento de las probetas.



1. Aserrío en sierra principal (tableando)
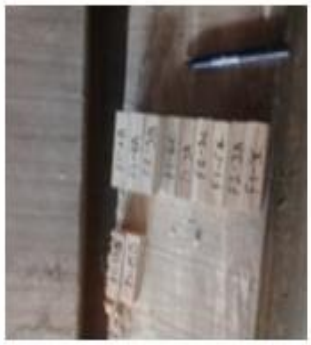


2. Probetas pre-dimensionadas



3. Escuadrado con Garlopa



4. Obtención del ancho de la probeta.



5. Probetas para el ensayo de torneado



6. Dimensionamiento (longitud)



7. Clasificación del sentido de avance.



8. Verificación de defectos.

ANEXO 7

Ensayos de trabajabilidad de la madera.


1. Ensayo de cepillado.


2. Ensayo de taladrado.


3. Ensayo de moldurado.


4. Ensayo de torneado

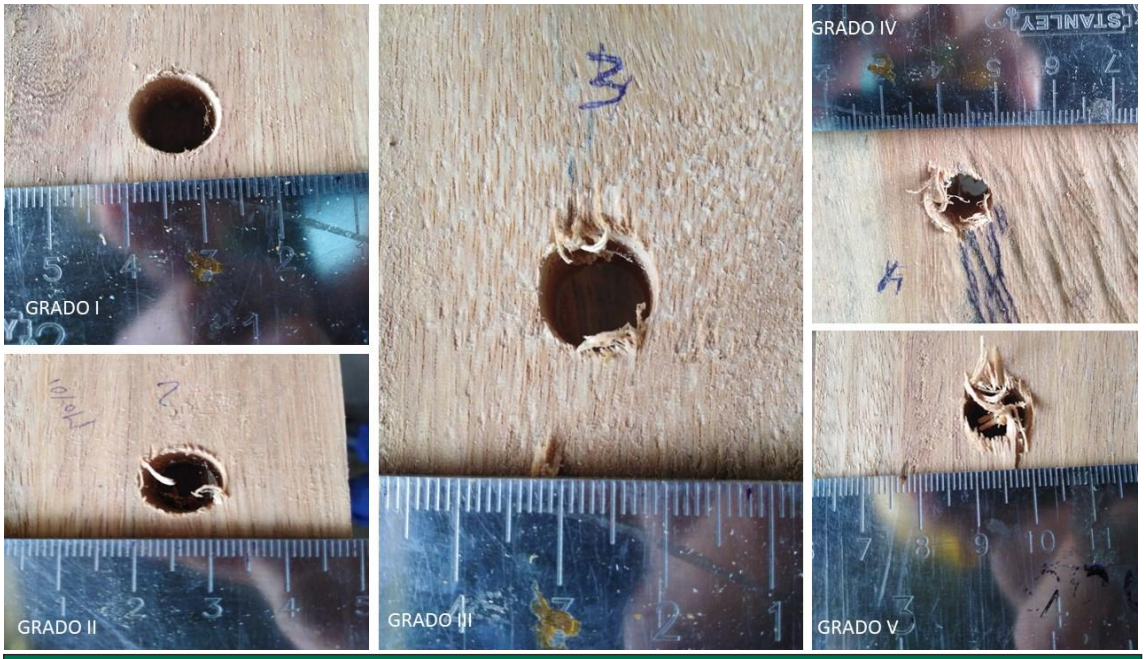

5. Ensayo de lijado.

ANEXO 8

Grado de los defectos de maquinado en los ensayos de trabajabilidad.



Defecto de grano arrancado



Defecto de grano astillado.



Defecto de grano astillado



Defecto de grano astillado



Defecto de rayones y grano vellosos en el Lijado.