

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**



**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE TRABAJABILIDAD DE
LA MADERA QUINA BLANCA (*Lonchocarpus lilloi* (Hassler)
Burkart), PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE CHIQUIACÁ
NORTE, MUNICIPIO DE ENTRE RÍOS – TARIJA**

Por:

CELSO EMANUEL BEITES VALDEZ

Tesis presentada a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
“JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Forestal

Gestión 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIAS:

El presente trabajo lo dedico a mi querida madre Rosario Valdez y a mi padre Andrés Beites Morales por el aliento incondicional que me brindaron durante mi paso por la universidad.

A mi hermano Paulo Ovidio Beites V. a mi hermana Carmen Rosa Beites Valdez. y a mi sobrina Rosa Daliana Mamani Beites y Sobrino Matías Beites Cortez. por el apoyo moral.

A toda mi familia que supo creer en mí y valoró la carrera que elegí.

AGRADECIMIENTOS:

- ✓ A DIOS, por haberme dado la vida, acompañado a lo largo de mi carrera, por ser mi luz en mi camino y por darme la sabiduría, fortaleza para alcanzar mis objetivos.
- ✓ A mi madre y familia por el apoyo incondicional, y por estar a mi lado en todo momento.
- ✓ A mi docente guía Ing. Saúl Manuel Vargas Andrade, al Ing. Ariel Castillo Gareca, Ing. José Adel Molina y al Ing. Pedro Brozobich por el apoyo en la realización de mi trabajo.
- ✓ A la Universidad Autónoma “Juan Misales Saracho” y a todos los catedráticos de la Carrera de Ing. Forestal por sus sabias enseñanzas que me brindaron en mi formación profesional.
- ✓ A mis amigos y compañeros por los lindos momentos de amistad compartidos durante nuestro paso por la Carrera.

ÍNDICE

Hoja de aprobación

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 Planteamiento del problema.....	2
1.4 HIPÓTESIS.....	2
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3

CAPÍTULO II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Concepto Sobre Estructura de la Madera.....	4
2.2 Partes del Tronco.....	4
2.2.1 Corteza.....	4
2.2.2 Cambium Vascular.....	4
2.2.3 Médula.....	4
2.2.4 Anillos de Crecimiento.....	4
2.2.5 Albura y Duramen.....	5
2.3 Planos de Corte de la Madera.....	5
2.2.1 Sección Transversal.....	6
2.2.2 Sección Radial.....	6
2.2.3 Sección Tangencial.....	6

2.2.4 Corte Oblicuo.....	7
2.4 DEFECTOS DE LA MADERA.....	7
2.4.1 Defectos Naturales de la Madera.....	7
2.5.2 Médula Incluida.....	8
2.5 Nudos.....	8
2.5.1 Grano Inclinado.....	8
2.5.1.2 Defectos de la Madera Atribuibles al Secado.....	8
2.5.1.3 Alabeos.....	8
2.5.1.4 Torceduras.....	9
2.5.1.5 Abarquillado.....	9
2.5.2.1 Combado.....	10
2.5.2.1 Encorvadura.....	10
2.5.2.2 Operaciones del Maquinado.....	11
2.5.2.3 Características de la Madera que Influyen en su Trabajabilidad.....	11
2.5.2.4 Densidad.....	11
2.5.2.5 Elasticidad.....	11
2.5.2.6 Contenido de Humedad.....	12
2.5.2.7 Nudos.....	12
2.5.2.8 Dirección del Hilo.....	12
2.5.3 Textura.....	12
2.5.3.1 Porosidad.....	12
2.5.3.1.1 Contenido de Extractivos.....	12
2.5.3.1.2 Número de Anillos de Crecimiento por Centímetro.....	13
2.5.3.2 Temperatura.....	13
2.5.3.2.1 Taxonomía.....	13
2.5.3.2.2 Descripción Taxonómica de la Especie Quina Blanca.....	13
2.5.3.2.3 Descripción Dendrológica.....	13
2.5.2.4 Descripción Botánica.....	13
2.5.3.2.5 Hojas.....	14

2.5.3.2.6 Flores.....	14
2.5.3.2.7 Fruto.....	14
2.6 Características Generales de la Madera.....	14
2.6.1 Taxonomía.....	15
2.6. CARACTERÍSTICAS DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE.....	15
2.6.1 Acero con Alto Contenido de Cromo (HLS).....	16
2.6.2 Acero Rápido al Molibdeno (SSE).....	16
2.6.3 Acero Súper Rápido al Cobalto (HSSco).....	16
2.6.4 Hart Metal (HM).....	16
2.7 TRABAJABILIDAD DE LA MADERA.....	16
2.7.1 Cepillado.....	17
2.7.2 Maquinaria.....	18
2.7.3 Lijado.....	20
2.7.4 Moldurado.....	21
2.7.5 Maquinaria.....	22
2.7.6 Torneado.....	23
2.7.7 Herramientas para el torneado.....	23
2.7.7.1 Maquinaria.....	24
2.7.7.2 Cabezal.....	24
2.7.7.3 Bancada.....	25
2.7.7.4 Eje Principal.....	25
2.7.7.5 Contra cabezal o contrapunto.....	25
2.7.7.6 Taladrado.....	26
2.7.8 Maquinaria.....	27
2.7.8.1 Defectos en el Maquinado de Madera.....	27
2.7.8.2 Grano Arrancado.....	27
2.7.8.3 Grano velloso o algodonado.....	28
2.7.8.4 Grano Levantado o Astillado.....	29
2.7.8.5 Grano Rugoso.....	29

2.8	CALIFICACIÓN DE LAS PRUEBAS DE MAQUINADO.....	30
-----	---	----

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	31
3.1.1	Ubicación.....	31
3.1.2	Accesibilidad.....	32
3.1.3	Uso de la Tierra.....	32
3.2	CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.....	32
3.2.1	Clima.....	32
3.2.2	Vegetación.....	33
3.2.3	Suelo.....	33
3.2.4	Relieve.....	34
3.2.5	Fisiografía.....	34
3.2.6	Hidrografía.....	34
3.3	MATERIALES.....	34
3.3.1	Materiales de Campo.....	35
3.3.2	Materiales de Gabinete.....	35
3.3.3	Maquinarias de carpintería.....	35
3.3.4	Materiales de Laboratorio.....	36
3.3.5	Material Biológico.....	36
3.4	METODOLOGÍA.....	36
3.4.1	Normas Empleadas.....	36
3.4.2	Selección y Colección de las Muestras.....	37
3.4.3	Selección de la Zona.....	37
3.4.4	Selección de los Árboles.....	38
3.4.5	Selección de las Trozas.....	38
3.4.6	Extracción de las Trozas.....	38
3.4.7	Tratamiento Profiláctico.....	39

3.4.7.1	Obtención de las Probetas Dentro de las Troza.....	39
3.4.7.2	Secado al Aire Libre.....	40
3.4.7.3	Parafinado de Probetas.....	41
3.4.7.4	Método de Apilado.....	41
3.4.7.5	Procedimiento para el Control del Secado.....	41
3.4.7.6	Humedad de la Madera.....	41
3.4.7.7	Registro de Datos del Secado al Aire Libre.....	41
3.4.8	Determinación del Contenido de Humedad.....	42
3.4.8.1	Evaluación de Efectos.....	42
3.5	ENSAYO DE CEPILLADO.....	42
3.5.1	Probetas.....	42
3.5.2	Procedimiento.....	42
3.5.3	Calificación.....	43
3.5.4	Resultados de ensayos de cepillado.....	44
3.6	ENSAYO DE LIJADO.....	44
3.6.1	Equipo y Materiales.....	44
3.6.2	Probetas.....	44
3.6.3	Procedimiento.....	44
3.6.4	Ensayos de Remoción con Lija N.º 60.....	44
3.6.5	Ensayo de Lija N.º 100.....	45
3.6.5.1	Calificación.....	45
3.6.5.2	Calificación de Ensayo de Remoción con Lija N.º 60.....	45
3.6.5.3	Calificación de Lija N.º 100.....	46
3.7	ENSAYO DE TORNEADO.....	46
3.7.1	Máquina y Materiales.....	46
3.7.2	Herramientas.....	47
3.7.3	Probetas.....	47
3.7.4	Determinación de Ángulo de corte para Observación Paralegal al Grano (Fondo).....	47

3.7.5	Ensayo de Corte Oblicuo.....	48
3.7.6	Calificación.....	49
3.7.7	Calificación para Observación Paralela al Grano.....	49
3.7.7.1	Calificación para Corte Oblicuo.....	49
3.7.7.2	Ensayo Complementario Adicional.....	49
3.8	ENSAYO DE TALADRADO.....	50
3.8.1	Maquinaria y Materiales.....	50
3.8.2	Probetas.....	50
3.8.3	Procedimiento.....	50
3.8.4	Calificación.....	51
3.9	ENSAYO DE MOLDURADO.....	51
3.9.1	Equipo y Materiales.....	51
3.9.2	Probetas.....	52
3.9.3	Procedimiento.....	52
3.9.4	Calificación.....	53
3.9.5	Clasificación de los Defectos en Dase a su Extensión y Severidad.....	53
3.9.6	Sistema de Evaluación de Probetas de Maquinado.....	54
2.9.7	Rango, Calidad, Grado.....	55
3.9.8	Calificación de Probetas en Función del Porcentaje de Piezas Libres de Defecto..	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Análisis de resultados del Cepillado.....	57
4.2	Reporte de Defectos Secundarios del Cepillado.....	58
4.3	Discusión.....	61
4.4	Descripción del cuadro N° 21.....	63
4.5	Discusión.....	66
4.5.1	Análisis de resultados del Torneado.....	68
4.5.2	Discusión.....	68
4.5.3	Análisis del resultado del Lijado.....	70
4.5.4	Discusión.....	70
4.5.5	Descripción del cuadro N° 31.....	72
4.5.6	Descripción del cuadro N° 32.....	74
4.6	Resultados de Ensayos de Moldurado.....	74
4.6.1	Análisis de resultados del Moldurado (corte doble).....	75
4.6.2	Análisis de resultados del Moldurado (corte simple).....	77
4.6.3	Discusión.....	77

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	78
5.2	Recomendaciones.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: PARTES DEL TRONCO.....	5
FIGURA N° 2: PLANO DE CORTES DE LA MADERA.....	7
FIGURA N° 3: ABARQUILLADO DE LA MADERA.....	9
FIGURA N° 4: COMBADO DE LA MADERA.....	10
FIGURA N° 5: ENCORVADURA DE LA MADERA.....	10
FIGURA N° 6: CEPILLADORA.....	18
FIGURA N° 7: NOMENCLATURAS USADAS EN CUCHILLAS DE CEPILLADORA.....	19
FIGURA N° 8: ESQUEMA DE MODIFICACIÓN DE ÁNGULO DE CORTE POR MEDIO DEL BISEL.....	20
FIGURA N° 9: LIJADORA DE BANDA.....	21
FIGURA N° 10: FRESADORA O TUPL.....	22
FIGURA N° 11: TORNO.....	26
FIGURA N° 12: MÁQUINA TALADRADORA.....	27
FIGURA N° 13: GRANO ARRANCADO.....	28
FIGURA N° 14: GRANO VELLOSO.....	29
FIGURA N° 15 MAPA DE UBICACIÓN.....	31
FIGURA N° 16: TIPOS DE CORTE EN ENSAYOS DE TORNEADO.....	48
FIGURO N° 17: FORMAS DE CORTE OBLICUO PARA ENSAYO DE TORNEADO.....	48
FIGURA N° 18: BROCA PARA ENAYO DE TALADRADO.....	50
FIGURA N° 19: ENSAYO DE MOLDURADO EN CUCHILLA SOBRE SALIDA.....	52

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1 DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE QUINA BLANCA.....	15
CUADRO N° 2 EVALUACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS PROBETAS DE ENSAYO.....	30
CUADRO N° 3 DIMENSIONES Y NÚMERO DE LAS PROBETAS POR ENSAYO.....	40
CUADRO N° 4 CLASIFICACIÓN DEL RANGO Y CALIDAD.....	43
CUADRO N° 5 CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS DE LIJADO.....	46
CUADRO N° 6 CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS DE TORNEADO.....	49
CUADRO N° 7 CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS DE TALADRADO.....	51
CUADRO N° 8 CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS DE MOLDURADO.....	53
CUADRO N° 9 EXTENSIÓN Y SEVERIDAD DE LOS DEFECTOS.....	53
CUADRO N° 10 GRADO, CALIFICACIÓN, ÁREA DE DEFECTO EN %, GRAVEDAD DEL DEFECTO.....	54
CUADRO N° 11 SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PROBETAS DE MAQUINADO.....	54
CUADRO N° 12 RANGO, CALIDAD Y RANGO.....	55
CUADRO N° 13 PORCENTAJE DE PIEZAS SIN DEFECTO.....	55
CUADRO N° 14 RESULTADOS DE ENSAYOS DE CEPILLADO.....	56
CUADRO N° 15 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 30° EN CORTE TANCENCIAL.....	58
CUADRO N° 16 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 30° EN CORTE RADIAL.....	58
CUADRO N° 17 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 30° EN CORTE OBLÍCUO.....	59
CUADRO N° 18 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 15° EN CORTE TANCENCIAL.....	59

CUADRO N° 19 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 15° EN CORTE RADIAL.....	60
CUADRO N° 20 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 15° EN CORTE OBLÍCUO.....	60
CUADRO N°21 BASE DE TADOS DE CEPILLADO.....	62
CUADRO N° 22 RESULTADOS DE ENSAYOS DE TALADRADO.....	63
CUADRO N° 23 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO A 500 RPM EN CORTE TANGENCIAL.....	64
CUADRO N° 24 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO A 500 RPM EN CORTE RADIAL.....	64
CUADRO N° 25 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO A 500 RPM EN CORTE OBLÍCUO.....	65
CUADRO N° 26 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO A 1000 RPM EN CORTE TANGENCIAL.....	65
CUADRO N° 27 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO A 1000 RPM EN CORTE RADIAL.....	65
CUADRO N° 28 REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO A 1000 RPM EN CORTE OBLÍCUO.....	66
CUADRO N° 29 RESULTADOS DE ENSAYOS DE TORNEADO.....	67
CUADRO N° 30 RESULTADOS DE ENSAYOS DE LIJADO.....	69
CUADRO N° 31 BASE DE DATOS DEL RAYADO.....	71
CUADRO N° 32 VELLOSIDAD.....	73
CUADRO N° 33 CALIFICACIÓN EN CORTE DOBLE.....	74
CUADRO N° 34 CALIFICACIÓN EN CORTE SIMPLE.....	76

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 NORMAS TÉCNICAS.....	36
---------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO N° 1 MAPA DE UBICACIÓN

**ANEXO N° 2 MAPA DE UBICACIÓN GENERAL DE LAS CINCO
PARCELAS**

ANEXO N° 3 MAPA DE LA PARCELA N° 1

ANEXO N° 4 MAPA DE LA PARCELA N° 2

ANEXO N° 5 MAPA DE LA PARCELA N° 3

ANEXO N° 6 MAPA DE LA PARCELA N° 4

ANEXO N° 7 MAPA DE LA PARCELA N° 5

**ANEXO N° 8 TABLA DE REFERENCIA DE LAS PROBETAS DE ENSAYO SEGÚN
SU TIPO.**

ANEXO N° 9 FOTOGRAFÍAS.