

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



**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE
LA ESPECIE “CAMBARÁ” *ERISMA UNCINATUM WARM.*
MUNICIPIO DE IXIAMAS, LA PAZ”**

POR:

DAVID BASS WERNER BECERRA

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

Diciembre de 2017

TARIJA-BOLIVIA

VºBº

.....
M.Sc. Ing. Fidel Ibarra Martínez.
DOCENTE GUÍA

.....
M.Sc. Ing. Freddy Castro
**DECANO a.i. DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

.....
M.Sc. Ing. Luis Arandia
**VICEDECANO a.i. DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y
FORESTALES**

APROBADO POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Javier Ariel Castillo Gareca.

.....
M.Sc. Ing. Pedro Brozovich Farfán.

.....
M.Sc. Ing. José Adel Molina Ramos.

El tribunal calificador de la presente Tesis, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el presente trabajo, siendo únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA

A mis padres David Bass Werner R. y Mirtha Becerra C. por brindarme todo su apoyo en cada una de las etapas de mi vida, su inagotable esfuerzo y sacrificio en querer hacer de mí una mejor persona.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por la oportunidad de culminar una etapa más en el largo camino de la vida y el aprendizaje, pedirle ayuda para ejercer la profesión de la manera idónea.

A mi tía **Cristina Bass Werner** por todo su cariño, amor y apoyo brindado durante toda mi formación, estoy infinitamente agradecido por cuidarme como una segunda mamá.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, **Docentes** que me brindaron su tiempo y toda la ayuda que necesite tanto en la formación académica como en la formación de mi persona. A los **compañeros colegas y futuros colegas** que hicieron de esta epata una maravillosa experiencia.

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2.	OBJETIVOS.....	3
1.2.1.	Objetivo general.....	3
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	3
2.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1.	LA ESTRUCTURA DE LA MADERA.....	5
2.1.1.	Corteza interna, floema o líber.....	5
2.1.2.	Cámbium.....	5
2.1.3.	Xilema.....	6
2.1.4.	Albura.....	6
2.1.5.	Duramen o corazón.....	7
2.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA MADERA.....	7
2.3.	DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	8
2.3.1.	Taxonomía.....	8
2.4.	MORFOLOGÍA.....	8
2.4.1.	forma del tronco y la copa.....	8
2.4.2.	Corteza externa y corteza interna.....	9
2.4.3.	Hojas.....	10
2.4.4.	Flores.....	10
2.4.5.	Frutos.....	11
2.5.	CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS.....	11
2.5.1.	Distribución.....	11
2.5.2.	Asociaciones ambientales.....	12

2.6.	HISTORIA DE VIDA.....	13
2.6.1.	Floración.....	13
2.6.2.	Polinización.....	14
2.6.3.	Dispersión y producción de semillas.....	14
2.7.	IMPLICACIONES PARA EL MANEJO.....	15
2.7.1.	Densidad y estructura de la población.....	15
2.7.2.	Reacción a competencia y perturbación.....	15
2.7.3.	Potencial para el manejo sostenible y recomendaciones silviculturales....	16
2.8.	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA.....	17
2.8.1.1.	Contenido de humedad.....	18
2.8.1.2.	Densidad.....	18
2.8.1.3.	Ángulo de las fibras.....	18
2.8.1.4.	Nudosidad.....	19
2.8.1.5.	Temperatura.....	19
2.8.1.6.	Otras influencias.....	19
2.8.2.	Carga y esfuerzo.....	20
2.8.3.	Diagrama esfuerzo – deformación.....	21
2.8.4.	Ley de hooke. Módulo de elasticidad.....	23
2.8.5.	Dureza.....	27
2.8.6.	Extracción de clavos.....	28
2.8.7.	Resistencia a la compresión.....	29
2.8.8.	Compresión perpendicular a la fibra.....	29
2.8.9.	Resistencia a la tracción.....	30
2.8.10.	Tracción perpendicular a la fibra.....	30

2.8.11. Resistencia al corte.....	31
2.8.12. Resistencia a la flexión.....	31
2.8.13. Fatiga.....	32
2.8.14. Hendibilidad.....	32
3. MATERIALES.....	34
3.1.1. Materiales de gabinete.....	34
3.1.2. Materiales de campo.....	34
3.1.3. Materiales de laboratorio.....	34
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	35
3.2.1. Localización.....	35
3.3. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.....	37
3.3.1. Clima.....	37
3.3.2. Temperatura.....	37
3.3.3. Precipitación.....	38
3.3.4. Humedad relativa.....	39
3.3.5. Evaporación y evapotranspiración.....	39
3.3.6. Evaporación y evapotranspiración.....	40
3.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	40
3.4.1. Geología.....	40
3.4.2. Geomorfología.....	40
3.4.3. Fisiografía.....	41
3.4.4. Suelos.....	41
3.4.5. Hidrología.....	41
3.4.6. Vegetación.....	42

3.4.7. Fauna.....	42
3.4.8. Cobertura vegetal.....	45
3.4.9. Uso de la tierra.....	45
3.4.10. Uso forestal.....	45
3.5. METODOLOGÍA.....	46
3.5.1. Selección y recolección de muestras.....	47
3.5.1.1. Definición de la población.....	47
3.5.1.2. Selección de la zona.....	47
3.5.1.3. Selección de árboles.....	47
3.5.1.4. Ubicación de los árboles.....	48
3.5.1.6. Selección de la troza.....	48
3.5.1.7. Selección de la vigueta dentro de la troza.....	49
3.5.1.8. Tratamiento profiláctico.....	49
3.5.1.9. Obtención de las probetas dentro de las viguetas.....	49
3.5.1.10. Codificación de las probetas.....	51
3.6. REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS.....	52
3.6.1. Determinación de flexión estática (COPANT 455).....	52
3.6.2. Determinación de compresión paralela al grano (COPANT 464).....	56
3.6.3. Determinación de compresión perpendicular al grano (COPANT 466).....	59
3.6.4. Método de determinación de dureza (COPANT 465).....	60
3.6.5. Determinación de cizalladura (COPANT 463).....	61
3.6.6. Extracción de clavos (COPANT 744).....	62
4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LOS RESULTADOS.....	64
4.1. Valor promedio (\bar{x}) de los valores individuales por árbol.....	65

4.2.	Valor promedio total (\bar{x}) de todos los valores individuales.....	65
4.3.	Estimación de la varianza.....	66
4.4.	Determinación del coeficiente de variación.....	67
4.5.	Cálculo del intervalo de la confianza para el valor promedio total.....	68
4.6.	Determinación del valor relativo del intervalo de confianza ($\pm p$).....	69
5.	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	71
5.1.	FLEXIÓN ESTÁTICA.....	71
5.2.	COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL GRANO.....	73
5.3.	COMPRESIÓN PARALELA AL GRANO.....	73
5.4.	DUREZA.....	73
5.5.	EXTRACCIÓN DE CLAVOS.....	74
5.6.	CIZALLAMIENTO.....	74
5.7.	DISCUSIÓN.....	85
6.	CONCLUSIONES.....	88
6.1.	RECOMENDACIONES.....	90
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	92
7.1.	WEBGRAFÍA.....	96
	ANEXO I.....	97
	ANEXO II.....	104
	ANEXO III.....	113
	ANEXO IV.....	116