

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



***“DETERMINACION DEL TIEMPO ÓPTIMO DE SECADO AL
AIRE LIBRE DE MADERA ASERRADA DE LA ESPECIE
SUIQUILLO (*Diatenopteryx sorbifolia* R.), DE LA COMUNIDAD
FUERTE VIEJO – CARAPARÍ”***

Por:

SANDRO JURADO SALGADO

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

Abril de 2015
TARIJA – BOLIVIA

V° B°

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

.....
M.Sc. Ing. Línder Espinosa M.
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

.....
M.Sc. Ing. Henry Esnor Valdez H.
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS Y FORESTALES

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
M. Sc. ING. PEDRO BROZOVISCH F.

.....
M.Sc. ING. ARIEL CASTILLO G.

.....
M.Sc. ING. ADEL MOLINA R.

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

DEDICATORIA:

A mi padre (Q.E.P.D.) con mucho amor en su memoria, a mi madre por toda la educación, apoyo y amor que me dio, a mis hermanos por todo el cariño que nos tenemos y a todos los amigos que siempre estuvieron conmigo brindándome su amistad.

AGRADECIMIENTO:

A mi Prof. Guía Ing. Fidel Ibarra M, al Ing. Ariel Castillo por su apoyo y colaboración en la elaboración de mi tesis, a todos los docentes de mi Facultad por la enseñanza en el transcurso de mi formación académica universitaria, a mis compañeros de la Universidad por su apoyo incondicional.

ÍNDICE

Hoja de aprobación.
Hoja de advertencia.
Agradecimientos.
Resumen.

	PÁG.
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3 HIPÓTESIS.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 Características de la madera.....	4
2.1.1 Partes del tronco.....	4
2.1.2 Cortes de la madera.....	5
2.1.3 Estructura anatómica de la madera.....	6
2.1.4 Tejidos principales de la madera.....	7
2.1.5 Características físico-mecánicas.	7
2.1.5.1 Contenido de humedad.....	7
2.1.5.2 Porosidad.....	8
2.1.5.3 Densidad y peso específico.....	8
2.1.5.4 Resistencia mecánica.....	9
2.1.6 Agua en la madera.....	9
2.1.6.1 Higrscopicidad de la madera.....	9
2.2 Tipos de agua en la madera.....	10
2.2.1 Agua libre.....	10
2.2.2 Agua de inhibición.....	10
2.2.3 Agua de constitución.....	11
2.3 Movimiento del agua en la madera.....	11

2.3.1	Gradiente de humedad de la madera	12
2.3.2	Determinación del contenido de humedad de la madera.....	12
2.4	Bases del secado de la madera.....	13
2.4.1	Bases físicas del secado de la madera.	13
2.4.2	Temperatura.....	13
2.4.3	Humedad del aire.....	14
2.4.4	Humedad de equilibrio higroscópico.....	14
2.4.5	Velocidad del aire.....	15
2.4.6	Proceso del secado de la madera	15
2.4.7	Gradiente del secado.....	16
2.4.8	Importancia del secado de la madera.	16
2.4.9	Resistencia a deterioro por agentes biológicos.	17
2.4.10	Mejoramiento de las propiedades mecánicas.....	17
2.4.11	Otras ventajas.....	17
2.5	Variables del secado al aire libre.....	21
2.5.1	Temperatura.....	21
2.6	Defectos en el secado de la madera.....	22
2.6.1	Causas de los defectos del secado.....	22
2.6.2	Defectos originados por el secado.....	23
3	MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1	Descripción de la especie en estudio.....	26
3.2	Descripción dendrológica.....	26
3.2.1	Árbol.....	26
3.2.2	Fruto.	26
3.2.3	Semillas.....	28
3.2.4	Usos.	28
3.2.5	Distribución geográfica.....	29
3.3	Descripción de la zona de estudio.....	29
3.3.1	Ubicación.....	29
3.3.2	Accesibilidad.....	30

3.3.3 Geología.....	30
3.3.4 Geomorfología.....	30
3.3.5 Fisiografía.....	30
3.3.6 Suelo.....	31
3.4 Características meteorológicas.....	31
3.4.1 Clima.....	31
3.4.2 Hidrología.....	31
4.5 Características bióticas.....	31
3.5.1 Vegetación.....	31
3.5.2 Estrato arbóreo.....	32
3.5.3 Estrato arbustivo.....	33
3.5.4 Estrato herbáceo.....	34
3.6 Aspectos socioeconómicos.....	34
3.6.1 Uso actual de la tierra.....	34
3.7 MATERIALES.....	35
3.7.1 Fase de gabinete.....	35
3.7.2 Fase de campo.....	35
3.7.3 Material biológico.....	35
3.7.4 Fase de aserradero.....	35
3.7.5 Fase de laboratorio.....	36
4 PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.....	37
4.1 Definición de la población.....	38
4.1.1 Selección de la zona.....	38
4.1.2 Selección de árboles.....	38
4.1.3 Selección de las trozas.....	38
4.1.4 Obtención de las tablas.....	38
4.1.5 Obtención de las probetas.....	38
4.1.6 Codificación de las probetas.....	38
4.1.7 Método de apilado.....	39

4.1.8 Listones o ripas.....	39
4.2 Disposición. Espaciamiento y alineación de los separadores.....	39
4.2.1 Base del apilado.....	39
4.2.2 Largueros.	39
4.2.3 Cubierta o techo.....	39
4.2.4 Disposición de las piezas de madera a secar.....	39
4.2.5 Orientación de la pila	39
4.3 Procedimiento para el control de secado.....	40
4.3.1 Registro de datos del secado al aire libre.....	41
4.3.2 Distribución de la humedad en la madera.....	41
4.4 Análisis estadísticos de los datos obtenidos.....	42
4.5 Evaluación de defectos.....	43
5 RESULTADOS.....	44
5.1 Contenido de humedad inicial.....	44
5.2 Calculo de la densidad básica y peso específico anhidro.....	44
5.3 Análisis estadístico.....	45
5.4 Condiciones ambientales.....	49
5.5 Distribución de la humedad en el espesor.....	51
5.6 Gradientes y agua evaporable.....	53
5.7 Control de defectos.....	54
6 DISCUSIÓN.....	55
7 CONCLUSIONES.....	57
8 RECOMENDACIONES.....	58
9 BIBLIOGRAFIA.....	59
9.1 WEBGRAFIA.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

	PÁG.
<i>Cuadro N° 1 Estrato arbóreo.....</i>	32
<i>Cuadro N° 2 Estrato arbustivo.....</i>	33
<i>Cuadro N° 3 Estrato herbáceo.....</i>	34
<i>Cuadro N° 4 Normas para determinar los ensayos.....</i>	37
<i>Cuadro N° 5 Clasificación visual por defectos para madera estructural.....</i>	43
<i>Cuadro N° 6 Calculo del contenido de humedad inicial.....</i>	44
<i>Cuadro N° 7 Determinación de la densidad básica y peso específico.....</i>	45
<i>Cuadro N° 8 Análisis estadístico para el secado al aire libre.....</i>	47
<i>Cuadro N° 9 Contenido de humedad de control.....</i>	50
<i>Cuadro N° 10 Resumen de temperaturas alcanzadas.....</i>	51
<i>Cuadro N° 11 Distribución de la humedad (%) en el espesor de la madera....</i>	51
<i>Cuadro N° 12 Resultados finales obtenidos del contenido de humedad.....</i>	53
<i>Cuadro N° 13 Calculo del agua evaporable, gradiente de humedad y secado</i>	53
<i>Cuadro N° 14 Defectos producidos por el secado.....</i>	55
<i>Cuadro N° 15 Orientación de las tablas.....</i>	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
<i>Fig. N° 1: Partes del tronco.....</i>	5
<i>Fig. N° 2: Cortes de la madera.....</i>	5
<i>Fig. N° 3: Estructura anatómica de una madera blanda.....</i>	6
<i>Fig. N° 4: Tejidos principales de la madera.....</i>	7
<i>Fig. N° 5: Esquema de los componentes de la pared celular.....</i>	9
<i>Fig. N° 6: Apilado horizontal de las tablas de secado.....</i>	20

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

	PÁG.
<i>Fotografía N° 1 Especie arbórea Diatenoptyx sorbifolia “suiquillo”</i>	26
<i>Fotografía N° 2 Corteza externa de la especie Diatenoptyx sorbifolia....</i>	27
<i>Fotografía N° 3 Ramificaciones simpodial.....</i>	27
<i>Fotografía N° 4 Copa.....</i>	27
<i>Fotografía N° 5 Fruto.....</i>	28
<i>Fotografía N° 6 Semillas.....</i>	28
<i>Fotografía N° 7 Hojas y floración de la especie Diatenoptyx sorbifolia Radlk. “suiquillo”</i>	61
<i>Fotografía N° 8 Hojas y características morfológicas de la especie Diatenoptyx sorbifolia Radlk.....</i>	61
<i>Fotografía N° 9 Corteza externa del suiquillo.....</i>	62
<i>Fotografía N°10 Corteza externa con lianas y bejucos de la especie Diatenoptyx sorbifolia.....</i>	62
<i>Fotografía N° 11 Altura comercial del fuste del suiquillo.....</i>	63
<i>Fotografía N° 12 Especie arbórea Diatenoptyx sorbifolia Radlk.</i>	63
<i>Fotografía N° 13 Ramificaciones de Diatenoptyx sorbifolia Radlk.....</i>	64
<i>Fotografía N° 14 Corteza externa e interna de la especie.....</i>	64
<i>Fotografía N° 15 A rama florífera; B flor; C pétalo.....</i>	65
<i>Fotografía N° 16 D, flor masculina; E, estambres; F, flor femenina; G, gineceo; H, fruto; I, semilla.....</i>	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico N° 1 Comportamiento de la curva teórica de secado al aire libre.....</i>	48
<i>Gráfico N° 2 Límites de confianza al 95 % para el secado al aire libre.....</i>	49
<i>Gráfico N° 3 Límites de confianza al 99 % para el secado al aire libre.....</i>	49
<i>Gráfico N° 4 Distribución de la humedad en el espesor de la madera secada al aire libre.....</i>	52