

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL**



**ESTUDIO DE TRABAJABILIDAD DE LA MADERA DE LA ESPECIE**

**PALTA (*Persea americana* Mill) PROVENIENTE DE LA COMUNIDAD DE PAMPA  
GRANDE, MUNICIPIO DE SAN LORENZO - TARIJA**

**Por:**

**ERICK ALBERTO CLAROS**

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

**Gestión - 2017**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V° B°**

.....  
**M.Sc. ING. SEBASTIAN RAMOS MEJIA**  
**DOCENTE GUÍA**

.....  
**M.Sc. ING. FREDDY CASTRO SALINAS**  
**DECANO a.i.**  
**FAC. CIENCIAS AGRÍCOLAS Y**  
**FORESTALES**

.....  
**M.Sc. ING. LUIS ARANDIA MENDIVIL**  
**VICEDECANO a.i.**  
**FAC. CIENCIAS AGRÍCOLAS Y**  
**FORESTALES**

**TRIBUNAL:**

.....  
**ING. JAVIER ARIEL CASTILLO GARECA**

.....  
**ING. PEDRO BROZOVICH FARFAN**

.....  
**M.Sc. ING. HENRY ESNOR VALDEZ HUANCA**

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

### **DEDICATORIA:**

A mis queridos padres William Marín A. y Nelly Claros U. por todo el apoyo recibido en todos estos años de mi formación universitaria.

A mi Esposa Jimena Sánchez y a mi hijo Fabio Andre, por darme fortaleza y el apoyo incondicional para superarme y lograr este objetivo tan anhelado.

A mis hermanos Carmen, Romina y Brayán por la confianza que me brindan, en cada proyecto que llevo adelante.

A mi amigo Ing. Juan Hiza por su desinteresado apoyo en esta etapa importante de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por sobre toda las cosas.

A mi Familia por la paciencia, comprensión y total apoyo durante estos años de estudio.

Un agradecimiento especial a los docentes de la carrera de ingeniería Forestal por compartir conmigo sus conocimientos, experiencias y profesionalismo que fueron transcendentales para mi formación académica.

A mis compañeros gracias por su amistad, momentos compartidos y la ayuda brindada en cada situación.

No pude nombrarlos a todos, porque me quedaba corto el espacio en el papel, pero les aseguro están grabados en lo profundo de mi corazón.

Mil gracias a todos...!!!

## ÍNDICE

**Dedicatoria**

**Agradecimiento**

**Resumen**

### CAPÍTULO I

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>2</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>3</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 La Madera.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Estructura de la madera.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Planos de corte de la madera.....</b>	<b>4</b>
<b>2.4 Características de la madera que influyen en su trabajabilidad.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4.1 Densidad.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4.2 Contenido de humedad.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4.3 Dirección del hilo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4.4 Grano.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4.5 Textura.....</b>	<b>6</b>

<b>2.4.6 Porosidad.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4.7 Contenido de extractivos.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4.8 Elasticidad.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4.9 Número de anillos de crecimiento por centímetro.....</b>	<b>7</b>
<b>2.4.10 Temperatura.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. Características de las herramientas de corte .....</b>	<b>7</b>
<b>2.5.1 Acero con alto contenido de Cromo (HLS).....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.2 Acero rápido al molibdeno (SSE).....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.3 Acero súper-rápido al Cobalto (HSSco).....</b>	<b>8</b>
<b>2.5.4 Hart Metal (HM).....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 Trabajabilidad de la madera.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.1 Torneado.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6.1.1 Maquinaria.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.1.2 Herramientas para el torneado.....</b>	<b>11</b>
<b>2.6.2 Cepillado.....</b>	<b>12</b>
<b>2.6.2.1 Maquinaria.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6.2.2 Principales factores que afectan la calidad superficial.....</b>	<b>14</b>
<b>2.6.3 Taladrado.....</b>	<b>15</b>
<b>2.6.4 Lijado.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7 Defectos más comunes en el maquinado de madera.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7.1 Grano arrancado o astillado.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7.2 Grano veloso o algodónado.....</b>	<b>17</b>
<b>2.7.3 Grano levantado.....</b>	<b>18</b>

<b>2.7.4 Grano rugoso.....</b>	<b>18</b>
<b>2.8 Descripción de la especie del estudio.....</b>	<b>19</b>
<b>2.8.1 Hojas.....</b>	<b>19</b>
<b>2.8.2 Flores.....</b>	<b>19</b>
<b>2.8.3. Fruto.....</b>	<b>20</b>
<b>2.9. Taxonomía.....</b>	<b>21</b>

## **CAPÍTULO III**

<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.1 Ubicación.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2.1. Clima.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2.2 Suelo.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.2.3 Vegetación.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1.2.4. Fauna.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.3 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3.1 Uso de la Tierra.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3.2 Población.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1.3.3 Accesibilidad .....</b>	<b>31</b>
<b>3.2 MATERIALES.....</b>	<b>32</b>



<b>3.2.1 Materiales de campo.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.2 Material del taller de trabajabilidad.....</b>	<b>32</b>
<b>3.2.3 Material de gabinete.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2.4 Material biológico.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3 METODOLOGÍA.....</b>	<b>33</b>
<b>3.3.1. Selección y Colección de las Muestras.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.2 Selección de la Zona.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3.3 Selección de los Árboles.....</b>	<b>34</b>
<b>Fuente: Elaboración propia, 2017.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.4. Selección de las Trozas.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.5 Extracción de las trozas.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.6 Tratamiento profiláctico.....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.7 Selección de las viguetas dentro de la troza y obtención de las probetas .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.8 Obtención de probetas para el estudio.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.9 ENSAYO DE CEPILLADO.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.9.1 Maquinaria.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.9.2 Probetas.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.9.3 Procedimiento.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.9.4 Ensayo en condiciones comunes.....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.9.5. Resultados de ensayos de cepillado.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.9.6. Calificación.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.10 ENSAYO DE TORNEADO.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.10.1 Maquinaria.....</b>	<b>39</b>

<b>3.3.10.2. Herramientas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.10.3. Probetas.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.10.4. Determinación de ángulo de corte para la observación paralela al grano....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.10.5 Ensayo de corte oblicuo.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3.10.6 Calificación.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3.11. ENSAYO DE LIJADO.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.11.1. Equipo.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.11.2. Probetas.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.11.3 Requisitos Generales.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.11.4 Procedimientos.....</b>	<b>41</b>
<b>3.3.11.5 Calificación.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3.12. ENSAYO DE TALADRADO.....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.12.1. Maquinaria y materiales.....</b>	<b>43</b>
<b>3.3.12.2. Probetas.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.12.3 Procedimiento.....</b>	<b>44</b>
<b>3.3.12.4 Calificación.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4. CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS EN BASE A SU EXTENSIÓN Y SEVERIDAD.....</b>	<b>45</b>
<b>3.5. SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PROBETAS DE MAQUINADO.....</b>	<b>46</b>
<b>3.6. RANGO, CALIDAD, GRADO.....</b>	<b>47</b>
<b>3.7. CALIFICACIÓN DE PROBETAS EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE PIEZAS LIBRES DE DEFECTO.....</b>	<b>48</b>

## **CAPÍTULO IV**

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1. ENSAYOS DE CEPILLADO.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2. REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO.....</b>	<b>50</b>
<b>4.3. RESULTADOS DE ENSAYOS DE TALADRADO .....</b>	<b>52</b>
<b>4.3.1. REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL TALADRADO.....</b>	<b>53</b>
<b>4.4. RESULTADOS DE ENSAYOS DE TORNEADO.....</b>	<b>54</b>
<b>4.5. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LIJADO.....</b>	<b>55</b>

## **CAPÍTULO V**

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>5.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO N° 1.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO N° 2.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO N° 3.....</b>	<b>66</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N° 1 Vegetación.....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla N° 2 Especies Nativas de Fauna.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla N° 3 Normas (COPANT).....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla N° 4 Selección de la Zona.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla N° 5 Clasificación de rango y calidad.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabla N° 6 Porcentaje de piezas sin defecto.....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla N° 7 Resultado de ensayo de taladro.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla N° 8 Reporte de defecto secundario de taladro.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 9 Ensayos de torneado.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N° 10 Resultados de los ensayos de lijado.....</b>	<b>55</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 1 Planos de corte de la madera: Radial, Tangencial y Transversal.....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA N° 2 Nomenclatura usada en cuchillas de cepilladura.....</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA N° 3 Esquema de modificación del ángulo de corte por medio del bisel.....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA N° 4 Grano arrancado o astillado.....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA N° 5 Grano vellosa o algodonado.....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURA N° 6 Tipos de cortes en ensayo de torneado.....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA N° 7 Forma de corte oblicuo para ensayo de torneado.....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA N° 8 Probeta para ensayo de taladro.....</b>	<b>44</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO N° 1 Rangos de Clasificación Climática según Caldas.....</b>	<b>23</b>
<b>CUADRO N° 2 Coordenadas de los árboles seleccionados.....</b>	<b>35</b>
<b>CUADRO N° 3 Extensiones y severidad de los defectos.....</b>	<b>45</b>
<b>CUADRO N° 4 Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto.....</b>	<b>45</b>
<b>CUADRO N° 5 Sistema de evaluación de probetas de maquinado.....</b>	<b>46</b>
<b>CUADRO N° 6 Rango, calidad, grado.....</b>	<b>17</b>
<b>CUADRO N° 7 Ensayo de cepillado.....</b>	<b>49</b>
<b>CUADRO N° 8 Ensayo de cepillado.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía N° 1 Apeo del árbol.....</b>	<b>66</b>
<b>Fotografía N° 2 Extracción de las troncas.....</b>	<b>67</b>
<b>Fotografía N° 3 Traslado de las trozas.....</b>	<b>68</b>
<b>Fotografía N° 4 Descortezado de la troza.....</b>	<b>69</b>
<b>Fotografía N° 5 Aserrado del listón.....</b>	<b>69</b>
<b>Fotografía N° 6 Obtención de tablas.....</b>	<b>70</b>
<b>Fotografía N° 7 Apilado horizontal.....</b>	<b>70</b>
<b>Fotografía N° 8 Corte de la madera.....</b>	<b>71</b>
<b>Fotografía N° 9 Probetas para los diferentes ensayos.....</b>	<b>71</b>
<b>Fotografía N° 10 Trabajo de cepillado.....</b>	<b>72</b>
<b>Fotografía N° 11 Perforado de la probeta con el taladro.....</b>	<b>72</b>
<b>Fotografía N° 12 Lijado de las probetas.....</b>	<b>73</b>
<b>Fotografía N° 13 Trabajo de torneado en el gabinete de la FCAYF.....</b>	<b>73</b>