

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL**



**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE MADERA DE *Eucalyptus saligna*  
Smith AL ASERRÍO CON SIERRA DE CINTA, JAÉN 2018**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**JOSÉ SOLÍS GUEVARA RAMÍREZ**

**Asesores**

**Ing. M.Sc. GERMAN PÉREZ HURTADO**

**Ing. M.Sc. VITOLY BECERRA MONTALVO**

**JAÉN – PERÚ**

**2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Fundada por Ley N° 14015 del 13 de Febrero de 1,962

"Norte de la Universidad Peruana"

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

SECCIÓN JAÉN

Bolívar N° 1342 - Plaza de Armas - Telfs. 431907 - 431080

JAÉN - PERÚ



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los tres días del mes de enero del año dos mil veinte, se reunieron en el Ambiente del Auditorio Auxiliar de la Universidad Nacional de Cajamarca - Filial Jaén, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 152-2019-FCA-UNC, de fecha 31 de Mayo de 2019, con el objeto de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado "**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE MADERA DE *Eucalyptus saligna* AL ASERRÍO CON SIERRA DE CINTA, JAÉN 2018**", ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales Sr. **JOSÉ SOLIS GUEVARA RAMÍREZ**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las diez horas y cero minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Terminado el acto de sustentación el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por **UNANIMIDAD** con el calificativo de quince (15); por tanto, el Bachiller queda expedito para que inicie los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las once horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Ing. M.Sc. Segundo M. Tafur Santillán  
PRESIDENTE

Ing. Leíwer Flores Flores  
SECRETARIO

Ing. Sigilberto Pastor Ordinola  
VOCAL

Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado  
ASESOR

Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se la dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaron, enseñándome a encarar las adversidades.

A mi madre, porque ella siempre estuvo a mi lado brindándome su apoyo para ser una mejor persona.

A mis hermanos por sus palabras y compañía, a mi padre Cipriano, aunque no esté físicamente con nosotros, pero sé que desde el cielo siempre me cuida y me guía para que todo salga bien.

A mi esposa Milagros y mi hijo Tihago por sus palabras y confianza, por su amor y brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, a los docentes y compañeros y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos.

**JOSÉ SOLIS**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi madre que ha dado todo el esfuerzo para que yo ahora este culminando esta etapa de mi vida y darle las gracias por apoyarme en todos los momentos difíciles de mi vida tales como la felicidad, la tristeza, pero ella siempre ha estado junto a mí y gracias a ella soy lo que ahora soy, y con el esfuerzo de ella y mi esfuerzo ahora puedo ser un gran profesional y se un gran orgullo para ella, y para todos los que confiaron en mí.

EL AUTOR

## ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Antecedentes de la Investigación	12
2.2. Fundamento teórico	12
2.2.1. Transformación de la madera	12
2.2.2. Aserrío	14
2.2.2.1. Maquinaria y herramientas de corte	15
2.2.2.2. Coeficiente de aserrío	20
2.2.3. El rendimiento en la transformación de la madera	21
2.2.3.1. Factores que inciden sobre el rendimiento volumétrico de madera aserrada	22
2.2.4. Calidad de la madera aserrada	24
2.2.4.1. Norma Técnica Peruana	25
2.2.5. Descripción de la especie en estudio <i>Eucalyptus saligna</i>	26
2.2.5.1. Clasificación taxonómica	26
2.2.5.2. Características morfológicas	26
2.2.5.3. Importancia de la albura y el duramen	27
2.2.5.4. Propiedades físicas de la madera	27
2.3. Definición de términos básicos	32
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.1. Descripción general del área de estudio	34
3.1.1. Ubicación geográfica y política	34
3.1.2. Clima	34
3.1.3. Historia de la plantación	34
3.2. Materiales	35
3.2.1. Materiales de investigación	35

3.2.2. Herramientas y materiales	35
3.2.3. Equipos	35
3.2.4. Material de escritorio	36
3.3. Metodología	36
3.3.1. Trabajo en campo	36
3.3.2. Trabajo de gabinete	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
4.1. Parámetros dasométricos de la plantación de <i>Eucalyptus saligna</i>	48
4.1.1. Factor mórfico	48
4.1.2. Censo de la plantación	49
4.2. Rendimiento de aprovechamiento forestal de la plantación de <i>Eucalyptus saligna</i>	53
4.3. Rendimiento de aserrío de la madera de <i>Eucalyptus saligna</i>	55
4.3.1. Rendimiento del aserrío	55
4.3.2. Producción de desperdicios	56
4.4. Calidad de madera aserrada post secado de <i>Eucalyptus saligna</i>	57
4.4.1. Secado natural de la madera aserrada	57
4.4.2. Calidad según dimensiones de los cuartones	57
4.4.3. Calidad según aserrío de los cuartones	59
4.4.4. Calidad según madera obtenida de los cuartones	60
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. Conclusiones	62
5.2. Recomendaciones	63
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO	

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Norma Técnica Peruana	25
Tabla 2.	Clasificación de la madera según la densidad básica	30
Tabla 3.	Clasificación de la madera según la contracción volumétrica	31
Tabla 4.	Criterios de clasificación según coeficiente (CT/CR)	32
Tabla 5.	Matriz para clasificar madera aserrada tropical por grados de calidad en el Perú	44
Tabla 6.	Determinación del factor mórfico (FM)	48
Tabla 7.	Parámetros dasométricos de la plantación	49
Tabla 8.	Resumen por clase diamétrica	51
Tabla 9.	Rendimiento de aprovechamiento y coeficiente de pérdida	53
Tabla 10.	Rendimiento de aserrío de trozas	55
Tabla 11.	Producción de aserrín y desperdicios	54
Tabla 12.	Resumen de calidad según dimensiones del cuartón	56
Tabla 13.	Resumen de calidad según aserrío del cuartón	58
Tabla 14.	Resumen de calidad según madera obtenida del cuartón	59

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Carro porta trozas y sierra principal de cinta - partes	16
Figura 2.	Carro porta trozas y sierra principal de cinta	17
Figura 3.	Ángulos de la sierra cinta	19
Figura 4.	Distribución de clase diamétrica por número de árboles	52
Figura 5.	Distribución de clase diamétrica por área basal	52
Figura 6.	Distribución de clase diamétrica por volumen	52
Figura 7.	Resumen de calidad según dimensiones del cuartón	58
Figura 8.	Resumen de calidad según aserrío del cuartón	59
Figura 9.	Resumen de calidad según madera obtenida del cuartón	61



## RESUMEN

Con la finalidad de determinar el rendimiento del aserrío de *Eucalyptus saligna* Sm en plantaciones de 8 años de edad, así como la calidad de madera aserrada obtenida en Jaén, a través del establecimiento de los parámetros dasométricos de la plantación de *Eucalyptus saligna*, la cuantificación del rendimiento del aserrío de la madera rolliza de *Eucalyptus saligna* usando sierra cinta y de la calidad de la madera aserrada pre y post secado natural. Se realizó un censo comercial cuyos datos se usaron para elaborar una tabla de clases diamétricas con una amplitud de clase de 5 cm; de las clases obtenidas, se seleccionaron los árboles para el aserrío de acuerdo a lo estipulado en la NTP 251-008. La metodología empleada se rige en base a la Resolución Jefatural N°159-2008-INRENA. Se prepararon trozas de 2.50 m de largo, para cumplir con el requerimiento mínimo de largo para la mejor calidad de madera aserrada según la norma NTP 251.037. Se cubicaron las trozas utilizando la fórmula de SMALIAN (FAO 1980). Para el aserrío de las trozas se utilizó una máquina principal tipo sierra cinta horizontal, y como máquinas secundarias se utilizaron una despuntadora y una canteadora, ambas de sierras de disco. Las piezas de madera aserradas pasaron un proceso de evaluación de la calidad post-secado. Como resultados promedio se obtuvo un factor de forma de 0.77, altura total 15.05 m, altura comercial 9.89 m, DAP 0.40 m, IMA 5.01 cm DAP/año. Las clases diamétricas de 35-40 cm y 40-45 cm fueron las que tuvieron mayor número de individuos. El rendimiento de aprovechamiento y coeficiente de pérdida fue de 70.67 % y 29.32 % respectivamente. El rendimiento de aserrío es superior de lo estipulado oficialmente. El rendimiento de aserrín es de 4.00 % y 22.94 % de desperdicios. En cuanto a la calidad de los cuartones estos tienen dimensiones aceptables y una calidad de Grado Superior.

**Palabras clave:** Rendimiento, aserrío, dasométricos, aprovechamiento, calidad de madera.

## ABSTRACT

In order to determine the yield of the sawmill of *Eucalyptus saligna* Sm in plantations of 8 years of age, as well as the quality of sawn wood obtained in Jaén, through the establishment of the dasometric parameters of the plantation of *Eucalyptus saligna*, the quantification of Sawing performance of the roundwood of *Eucalyptus saligna* using band saw and the quality of the pre and post natural dried wood. A commercial census was conducted whose data was used to prepare a table of diametric classes with a class width of 5 cm; of the obtained classes, the trees for the sawmill were selected according to the stipulated in the NTP 251-008. The methodology used is based on Headquarters Resolution No. 159-2008-INRENA. Logs of 2.50 m long were prepared to meet the minimum length requirement for the best quality of sawn wood according to NTP 251.037. Logs were cubed using the SMALIAN formula (FAO 1980). For the sawing of the logs a main machine saw type horizontal belt was used, and as secondary machines a trimmer and a edger were used, both of disc saws. Sawn wood pieces passed a post-drying quality assessment process. As average results, a form factor of 0.77, total height 15.05 m, commercial height 9.89 m, DAP 0.40 m, IMA 5.01 cm DAP / year was obtained. The diametric classes of 35-40 cm and 40-45 cm were those with the highest number of individuals. The yield of profit and loss coefficient was 70.67% and 29.32% respectively. Sawmill performance is higher than officially stipulated. Sawdust yield is 4.00% and 22.94% of waste. As for the quality of the panels, these have acceptable dimensions and a higher grade quality.

**Key words:** Yield, sawmill, dasometric, harvesting, quality of wood.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones agroforestales representan una alternativa de desarrollo económico local, regional y nacional debido a que la madera es uno de los recursos naturales que tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional. La madera es utilizada desde siempre por el ser humano de diferentes maneras; una de las más frecuentes es como madera aserrada en forma de tablas luego de un proceso de aserrío en planta.

El consumo total de productos maderables en Perú aumentó a 1 millón m<sup>3</sup> (en madera rolliza) desde 2007. Esto supone un crecimiento en el consumo de 0.6 m<sup>3</sup> a 0.9 m<sup>3</sup> por persona. Proyectando los datos hasta el año 2020, se obtendría un consumo doméstico de 3.8 millones m<sup>3</sup>, demostrando un gran potencial del sector forestal en el futuro (SERFOR 2015).

La madera procedente de plantaciones técnicamente manejadas, constituye un valioso recurso natural renovable, con potencial para abastecer la industria forestal del país y mantener su producción en forma sostenida, sin que sea necesario sacrificar el hábitat silvestre y los majestuosos árboles del bosque natural. En comparación con muchas formaciones boscosas, estas plantaciones pueden producir más madera por unidad de superficie y en menor tiempo. Es posible asimismo aprovechar mejor la capacidad productiva de cada sitio, al cultivar una especie o un número reducido de especies maderables, con propiedades aptas para fines de aserrío (Quirós et al. 2005).

*Eucalyptus saligna*, surge como una especie alternativa para productos sólidos, en especial, aquellos con valor agregado. En ciertos casos puede sustituir a maderas nativas tropicales, lo que le hace una especie interesante (Piter et al., 2012) y de acuerdo a lo descrito, la producción de madera aserrada es una realidad para nuestro país. En el año 2015, Perú ha producido 622.45 m<sup>3</sup> de madera aserrada de eucalipto, del cual Cajamarca representa el 15 % con una producción anual de 93.69 m<sup>3</sup> (SERFOR 2015).

Pese a que existe una buena producción de madera, es necesario conocer el rendimiento al aserrío, y así evitar pérdidas en la actividad maderera; además, el control de calidad es vital para la industria maderera, de ahí la necesidad de llevar un control del producto que se elabora. La calidad de la madera aserrada puede ser evaluada por sus características naturales como las propiedades físicas y por la precisión de sus dimensiones. La variación dimensional de las tablas aserradas, síntoma de baja calidad, dificulta la comercialización y en consecuencia, la baja competitividad de la industria del aserrío. Al mismo tiempo, la variación del aserrío influye significativamente en el rendimiento y calidad de la madera (Nájera et al. 2006).

El término rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados. Este término también es conocido como coeficiente de aserrío o factor de recuperación de madera aserrada "FRM" y constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío (Quirós et al. 2005).

Aun cuando los estudios tecnológicos han definido el uso de las especies aptas para aserrío su uso como materia prima para la fabricación de piezas que soportan gran desgaste, carecen de estudios en el proceso de aserrío que identifiquen los factores que determinen con alto grado de confiabilidad los rendimientos y los costos inherentes al proceso que a su vez aseguren la viabilidad y rentabilidad de la actividad, por lo que el objetivo general del presente trabajo fue determinar el rendimiento del aserrío de *Eucalyptus saligna* así como la calidad de madera aserrada obtenida en Jaén, 2018; y los objetivos específicos fueron:

- Determinar los parámetros dasométricos de la plantación de *Eucalyptus saligna*.
- Cuantificar el rendimiento del aserrío de la madera rolliza de *Eucalyptus saligna* usando sierra cinta.
- Determinar la calidad de la madera aserrada pre y post secado natural.

## CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes de la investigación

La variabilidad dimensional y defectos de secado afectan rendimientos en procesos de cepillado de madera de *Eucalyptus saligna*, de acuerdo a lo que concluye López (2016), afirmando que el rendimiento de madera limpia luego del cepillado para tablillas de 58,4 % y 51,8 % de rendimiento para tablas significa que las piezas de menor dimensión en la madera de *Eucalyptus saligna* obtienen un mejor aprovechamiento. Además, permite cuantificar los defectos demostrando que hay una pérdida importante de madera de *Eucalyptus saligna*, que debe ser corregida durante el proceso de aserrado y secado a fin evitar pérdidas no solo de madera, sino de tiempo, trabajo y energía o esfuerzo de maquinaria.

Generalmente se realizan estudios en cuanto a rendimientos de transformación de madera aserrada, así De Freitas (2008), obtiene 26 % y 24 % de rendimiento desde trozas de *Eucalyptus saligna* y en madera seca al horno con 14 % de contenido de humedad respectivamente; ante esto se requiere de mayores estudios de secado que encierren otras variables como apilado, circulación del aire, disposición de piezas, entre otras.

Se estudiaron las operaciones de un aserradero para conocer el coeficiente de aprovechamiento y la calidad dimensional de la madera aserrada en un aserradero ubicado en Sierra Sur de Oaxaca, México. El coeficiente de aprovechamiento promedio fue de 44.18 % con corteza y 48.27 % sin corteza, indicando que de 1 m<sup>3</sup> rollizo sin corteza procesado se obtienen 216 pt de madera aserrada y para obtener 1000 pt se requieren 4.62 m<sup>3</sup> de madera en rollo. El estudio de tiempos y movimientos mostró que la sierra principal obtiene un tiempo de trabajo del 70.63 %, la canteadora el 54.21 % y la despuntadora el 26.02 %. De las 1875 tablas solo el 15.01 % corresponde a madera de clase, 34 % madera de tercera, mientras que la madera de cuarta resultó de 50.98%. Solo el 18% de las tablas se ubicaron en el espesor especificado (26 mm). La madera procesada que más frecuentemente se obtuvo en condiciones normales de producción es de ¾" de espesor (Ortiz et al. 2016).

El rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de caoba (*Swietenia macrophylla*), en dos aserraderos del municipio de Flores, Peten determinó que el rendimiento de los aserraderos Árbol Verde y Selva Maya presentan diferencias del 3 % siendo estas del 56 % y 53 % respectivamente, esta diferencia es debido a el criterio del aserrador para la realización de los cortes en cada troza, tratando de maximizar el rendimiento por cada una de ellas basándose en su experiencia en el manejo de aserrío y manejo del equipo del aserrador (Arreaga 2017).

El estudio de la relación entre las variables: espesor de viruta y la productividad de la madera aserrada de *Eucalyptus globulus* Labill en cuatro aserraderos de la ciudad de Huancayo, concluyó que los valores promedio del espesor de viruta fueron: aserraderos: el pino 152 micras; aserradero alfa 481 micras; aserradero insisa 482 micras y aserradero poma 140 micras; los valores promedio de la productividad: aserradero el pino 0,50 metros cuadrados por minuto; aserradero alfa 1,90 metros cuadrado (Miguel 2016).

A través de la investigación titulada Contenido de humedad de los árboles en pie de *Eucalyptus globulus* Labill donde se estudia la humedad de la madera de los árboles vivos de eucalipto, utilizando el método no destructivo mediante la diferencia de pesos húmedos y secos al horno de los tarugos de madera extraídos con barreno forestal, se determinó que el contenido de humedad promedio de los árboles de eucalipto vivos es aproximadamente 131.21 % (Miguel 2018)

## **2.2. Fundamento teórico**

### **2.2.1. Transformación de la madera**

Serrano (2003), citado por García (2007), afirma que el objetivo de transformación primaria de la madera mediante sierras es de obtener diversos productos de madera aserrada a partir de trozas o madera rolliza, es por esto que el proceso de producción debe ser tanto económico como racional. Mientras que todos los aserraderos concentran su actividad en maximizar sus utilidades económicas, hay pocas plantas que al mismo tiempo aseguran una conversión racional de la madera.

La forma más simple de industrializar la madera a partir de la troza, es su aserrado mediante gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual hasta los aserríos sumamente automatizados, capaces de producir 250 m<sup>3</sup> de madera aserrada en sección de trabajo (Grijalva 2006).

La posible evaluación de las industrias del aserrío está sujeta a la interacción de un sin número de variables, a las que se agregan constantemente nuevos factores que pueden modificar considerablemente las operaciones iniciales. El desarrollo de este sector está influenciado directamente por la materia prima, por la evaluación de la demanda de los productos y de la disposición de absorber cambios técnicos, además influirán de manera determinante los efectos del hombre sobre el medio ambiente (Zabala 1991).

Éstas tendencias tienen consecuencias importantes sobre la industria del aserrado actual, por lo que a nivel mundial se han implementado diferentes tecnologías que permiten mejorar los indicadores de la eficiencia en los aserraderos, desde las basadas en la aplicación de prácticas de aserrado, apoyándose fundamentalmente en la pericia y habilidad del personal técnico del aserradero y en las características de la materia prima, hasta las que parten de programas de optimización que son capaces de analizar diferentes variables y tomar decisiones de aserrado en un corto intervalo de tiempo (Egas 1998).

Por lo tanto, el objetivo es brindar algunas consideraciones para elevar la eficiencia del proceso de transformación mecánica en los aserraderos a partir de la utilización de la herramienta matemática (Denig 1990).

### **2.2.2. Aserrío**

El aserrío es un proceso mediante el cual se convierte la madera en rollo a tablas, tablones, polines, vigas y durmientes utilizando maquinaria, equipo, recursos humanos, fuentes de energía y dinero (García et al. 2001). Zamudio (1986), citado por Rodríguez (2007) menciona que el proceso de aserrío tiene las siguientes etapas básicas, variando los procesos según el equipo, las especies de madera, productos y el grado de mecanización que se pretende obtener:

- Recepción de trozas y almacenamiento en patios.

- Acercamiento de las trozas al aserradero.
- Preparación de trozas para aserrío.
- Aserrío.
- Alimentación de trozas a la sierra.
- Reaserrío.
- Producción de tablas, tablones de grandes dimensiones, durmientes y producción de chapa.
- Saneamiento de defectos por medio de corte al hilo desorillado y trozado. Medición de las piezas aserradas y su clasificación.
- Apilado de los productos aserrados.
- Formación de estibas para secado al aire.

#### **2.2.2.1. Maquinaria y herramienta de corte**

##### **a. Carro porta trozas**

Es el dispositivo que mantiene a la troza rígidamente en una posición mientras se realiza el corte y la hace moverse hacia la sierra. Está formado por una estructura dispuesta sobre unas ruedas, que contiene 2 ó 3 escuadras (o más) desplazables en sentido perpendicular al avance del carro, con la que acerca o aleja la troza de la sierra, determinando el grueso de las piezas a obtener (Vignote y Martínez 2006).

##### **b. Sierra principal**

Es el elemento que produce el corte.

**b.1. La sierra cinta:** Esta sierra está constituida por un fleje de acero que se monta entre las dos poleas o volantes perfectamente alineadas verticalmente entre sí, la polea interior o tractora es fija y está unida a través de una transmisión por poleas a un motor, que le proporciona el movimiento y la potencia.



La polea superior o tensora dispone de dos movimientos, uno vertical, para producir la tensión de la sierra de cinta y otro de cabeceo, para contrarrestar el empuje que ejerce la madera sobre la sierra de cinta, que tiende a sacarle de la polea. La sierra dispone de dos pequeñas guías para evitar que la sierra pandee, la guía superior se puede subir y bajar, adecuándola a la altura de corte a realizar, mientras que la inferior es fija (Vignote y Martínez 2006).

Esta herramienta es la más usada en el aserrado de la madera en rollo, por la posibilidad de cortar elevadas alturas de corte con precisión, por los pocos requerimientos de potencia y por escaso desperdicio que producen. En contra de estas herramientas están la menor calidad de corte y su más complicado mantenimiento con respecto a las sierras circulares.

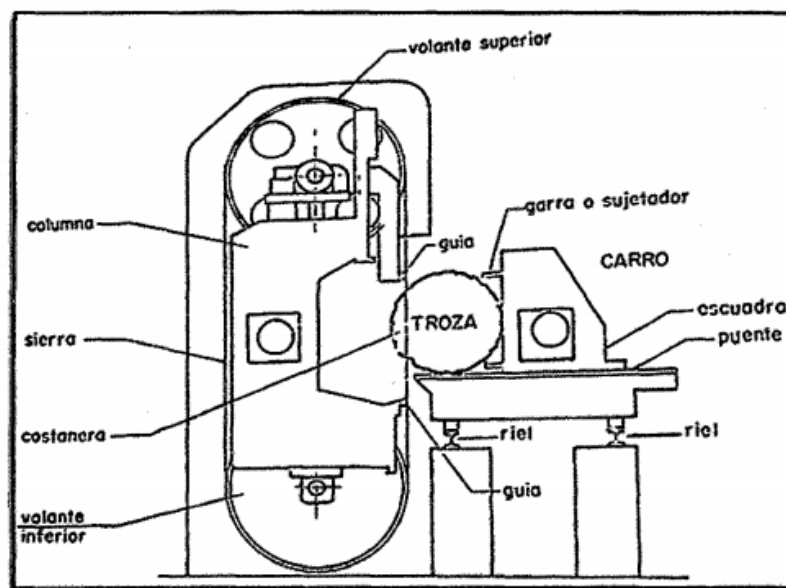


Figura 1. Carro porta trozas y sierra principal de cinta – partes

Fuente: Vignote y Martínez 2006



Figura 2. Carro porta trozas y sierra principal de cinta

Fuente: Vignote y Martínez 2006

## **b.2. Características de la sierra cinta**

Quintanar (2002) menciona que las especificaciones de la sierra de mayor importancia son las relacionadas con la geometría de los dientes como son: paso de diente, profundidad de garganta, espacio libre lateral, ángulo de corte, ángulo del diente y ángulo libre, que, combinados en forma adecuada, permiten incrementar la duración del filo y por consecuencia, el volumen procesado de la madera es mayor.

- **Ángulo libre o de desahogo**

Es aquel que reduce interferencia de la madera con el lomo de los dientes, conjuntamente con la traba permite el libre movimiento de la sierra en el corte. Vignote y Martínez (2006), mencionan que, este ángulo también interviene en la facilidad o dificultad de desalojo de la viruta arrancada, cuanto más grande es, mejor realiza su función. También manifiestan que el ángulo libre debe estar alrededor de  $1^\circ$  a  $20^\circ$ , debiendo ser un poco mayor en especies blanda, pudiendo ser

de hasta 15°, en especies duras es un poco menor pudiendo ser de apenas 8°.

- **Ángulo de diente**

Vignote y Martínez (2006), el ángulo de diente es el ángulo formado por el cuerpo mismo de la herramienta, si es muy pequeño la herramienta perderá su filo rápidamente, incluso se puede romper. Por tanto, este ángulo interesa que sea muy grande para que pueda cumplir su función durante mucho tiempo. Recomiendan que este ángulo debe ser superior a 35° para asegurar su resistencia y su escaso desgaste. Este ángulo puede llegar a tener hasta 60°, aunque es raro que sobre pase los 55°.

- **Ángulo de corte**

Vignote y Martínez (2006), manifiestan que es el ángulo con que la herramienta se introduce en la madera, cuanto mayor sea este ángulo, dentro de un orden, como posteriormente se expondrá, menos fuerza de corte se necesitará. El caso más normal es que oscilen entre los 25° en sierras de banda. Quintanar (2002), sostiene que el ángulo de corte, tiene un efecto definitivo sobre la eficacia del corte de la sierra, y por ende, en la capacidad de producción de la máquina.

- **Paso y altura del diente**

El espacio donde se aloja la viruta se logra dejando un espacio entre diente y diente, con una longitud que se denomina paso, y con una profundidad que se denomina altura de diente. La relación entre el paso y la altura debe ser bastante constante, oscilando dicha relación en alrededor de 1 a 3.

En caso de maderas duras el espacio que se busca debe ser pequeño, pues la filosofía de corte con este tipo de madera, es cortar muy poco a poco además para que el diente no se rompa, su altura debe ser muy pequeña (Vignote y Martínez 2006).

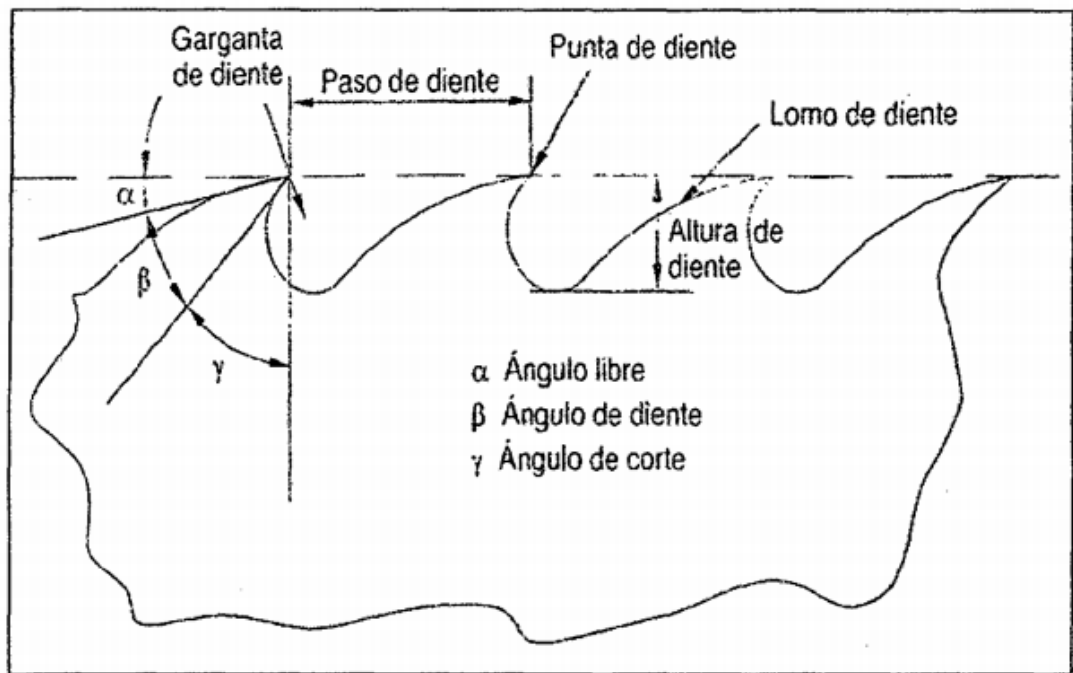


Figura 3. Ángulos de la sierra cinta

Fuente: Vignote y Martínez 2006

### c. Canteadora

Esta máquina realiza dos cortes a cada pieza obtenida de las otras máquinas, perpendiculares a los de referencia y en dirección axial, distanciados entre sí el ancho de la tabla que se quiere obtener (Vignote y Martínez 2006).

Después del tableado en la sierra principal, se procede a cantear la tabla con la finalidad de eliminar los cantos irregulares. Este corte, que determina el ancho de la tabla se realiza en la canteadora, máquina que está equipada generalmente con uno o más discos de corte longitudinal, uno fijo y los otros móviles. En algunos casos es deseable utilizar un rayo de luz infrarroja para direccionar el corte y evitar pérdidas de madera (García y Palacios 2002).

#### **d. Despuntadora**

Esta máquina realiza cortes perpendiculares a los de referencia y en dirección transversal a la madera, determinando la longitud de la tabla que se quiere obtener, y saneando los defectos principales de la pieza (Vignote y Martínez 2006). La operación exclusiva es la de cortar o aserrar piezas de madera de manera transversal eliminando defectos de la tabla y dimensionando los largos en función a las necesidades de mercado. En esta etapa del proceso se obtiene como sub producto la madera corta (Ríos 2005).

#### **2.2.2.2. Coeficiente de aserrío**

El coeficiente de aserrío se define como la forma matemática de conocer la capacidad real de producción de un aserradero en términos de porcentaje, este coeficiente determina el volumen del valor de la madera aserrada en medidas comerciales obtenidas a partir de un determinado volumen de madera en rollo, los resultados de aserrío en un proceso de transformación primaria permiten obtener mayores beneficios de la materia prima y lograr mayor productividad (Rodríguez 2007).

El coeficiente de rendimiento es la relación entre el volumen del producto elaborado y el volumen del producto forestal al estado natural. Zavala y Hernández (2000), consideran que los estudios para conocer el coeficiente de asierre se deben establecer como un sistema de análisis continuo con la finalidad de optimizar los procesos de industrialización.

García et al. (2001), menciona que el rendimiento de la madera aserrada es uno de los principales indicadores para medir la eficiencia de cualquier industria, la eficiencia se refiere al grado de aprovechamiento de la materia prima que garantiza el producto que se comercializa.

Las variables más significativas que influyen el rendimiento del aserrío son el ancho de corte y esquema de corte, las dimensiones de la madera, el diámetro, la longitud, conicidad, calidad de la troza, así como la toma de decisiones del personal y las condiciones del mantenimiento del equipo (Nájera et al. 2006).

### **2.2.3. El rendimiento en la transformación de la madera**

El incremento de los costos de la madera agudiza la necesidad de aprovechar la troza con mayor eficacia. La industria del aserrío se caracteriza por su escasa eficacia de conversión. La proporción del insumo de trozas que se transforma en madera aserrada rara vez alcanza el 60-70 por ciento. El resto queda en forma de costeros, recortes y testas, virutas y aserrín. Los informes del Japón acusan índices medios de recuperación nada menos que del 60 al 70 por ciento. Pero la elevación del índice de recuperación no mejora necesariamente el rendimiento económico, ya que éste puede significar sencillamente un incremento de la producción de las calidades inferiores de madera aserrada. Más bien se logrará esta mejora, por ejemplo, con un aserrío más preciso, con la reducción de la vía de sierra y cortando la troza con el máximo aprovechamiento (CATIE 2005).

Un estudio de rendimiento es la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada (Bolfor y Chávez 1997). Es decir, es la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza. También se define como la determinación del volumen de productos obtenidos versus el volumen de troza empleada. Asimismo, dice que para realizar el estudio de rendimientos dentro de una planta de aserrío se deben emplear 30 trozas por especie como mínimo. Generalmente el rendimiento de madera aserrada por unidad de volumen de madera rolliza varía entre 50 % a 55 % dependiendo de la especie y los de defectos de la misma, sin embargo, el rendimiento varía cuando se calcula mediante la regla Doyle (62,05 %) y la fórmula de Huber (42,63 %) (Rojas 2000).

La variación dimensional de las tablas aserradas influye significativamente en el rendimiento y es el grueso o espesor de asierre la dimensión más crítica de controlar, por lo que es importante utilizar equipos sin vibraciones, sierras en buen estado y tener otras consideraciones de control. La combinación de albura y duramen en una misma tabla induce a un comportamiento diferenciado en la contracción durante el secado. Sus efectos son mayores en la porción de albura donde la contracción es más severa que en el duramen. De la misma manera, las tablas tangenciales son más susceptibles a presentar rajaduras superficiales y acanalamientos durante el secado, defectos que impactan directamente sobre la calidad de la madera aserrada (Nájera et al. 2006).

Independientemente a la variabilidad dimensional por aserrado las maderas presentan la contracción natural de la madera que puede ser el doble en el corte tangencial en relación al corte radial y es menor en corte longitudinal, los valores del mencionado cociente de contracción (T/R) conocido como coeficiente de anisotropía, comprendidos entre 1,2 y 1,5 pueden considerarse excelentes, en tanto que entre 1,6 y 1,9 se destacan como normales y los mayores a 2,0 originan dificultades para determinados usos de la madera (Calvo et al. 2006).

#### **2.2.3.1. Factores que inciden sobre el rendimiento volumétrico de madera aserrada**

Egas (1998), citado por Arreaga (2017), menciona los factores siguientes:

##### **a. Diámetro de las trozas**

Es de los factores de mayor incidencia en el aserrío, demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío, por lo tanto, el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos.

#### **b. Longitud, conicidad y diagrama de troceado**

Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío es afectado por la longitud y la conicidad de las trozas, a medida que aumenten ambos parámetros se incrementan la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza. Por lo tanto, una de las formas de incrementar el rendimiento volumétrico es mediante la optimización del troceado, produciendo lógicamente madera aserrada de dimensiones requeridas.

#### **c. Calidad de las trozas**

Uno de los factores a tener en cuenta principalmente en la sierra principal, para maximizar el volumen es la calidad de troza. Las dimensiones y el volumen de la madera aserrada bajo las prácticas corrientes de procesamiento tienen una relación directa con las diferentes clases de calidad de troza.

#### **d. Tipo de sierra**

El ancho de corte influye sobre el rendimiento de la madera aserrada ya que una vía de corte ancha se traduce en más pérdidas de fibras de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria. La influencia del tipo de sierra sobre el rendimiento suscita la necesidad de adquirir aserraderos de sierra principal de banda en lugar de sierra alternativa múltiple o circular, para un mejor aprovechamiento de materia prima; este aspecto se logra a partir de la regulación del ancho de corte.

#### **e. Diagrama de corte**

La aplicación de diagrama de corte teniendo en cuenta el diámetro, longitud, calidad y conicidad de las trozas; así como el tipo de sierra y otros factores es una variante que favorece el incremento en calidad y cantidad de la producción de madera aserrada. Ello ha sido la base de



los programas de optimización que permiten obtener resultados relevantes en las industrias del aserrado.

#### **2.2.4. Calidad de la madera aserrada**

Se ha determinado que la calidad de la madera aserrada decrece con la calidad de las trozas y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de las trozas. También menciona al diámetro de las trozas como un efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada, es decir que si aumenta el diámetro de las trozas aumentará su rendimiento (Zavala y Hernández 2000).

El control de calidad es vital para la industria maderera, de ahí la necesidad de llevar un control del producto que se elabora. La calidad de la madera aserrada puede ser evaluada por sus características naturales como las propiedades físicas y por la precisión de sus dimensiones. La variación dimensional de las tablas aserradas, síntoma de baja calidad, dificulta la comercialización y en consecuencia, la baja competitividad de la industria del aserrío. Al mismo tiempo, la variación del aserrío influye significativamente en el rendimiento y calidad de la madera (Nájera et al. 2006).

Al no existir una Norma Técnica Peruana para clasificar la madera aserrada por grados de calidad, la industria nacional utiliza un sistema informal derivado de los usos y costumbres regionales en base al dimensionamiento y no a la calidad de la madera. Por tanto, el sistema actual no es aplicable para atender las necesidades del comercio internacional. La inexistencia de una norma técnica peruana para clasificar madera aserrada y el escaso conocimiento de las normas internacionales por parte de los productores, genera: (i) por mal corte, una alta producción de madera descalibrada (fuera de medida o con exceso de sobre medida); y (ii) por mala clasificación, una sub valuación de los grados de calidad. Como consecuencia, se produce una importante pérdida de madera que en la actualidad no es valorada económicamente ni por productores ni exportadores. El comercio mundial de la madera aserrada tropical se hace por lo general utilizando la regla americana de clasificación de maderas duras de la National Hardwood Lumber Association (NHLA), la que se basa en el sistema de

rendimientos de cortes limpios. Se ha encontrado consenso en los principales centros madereros del país, sobre la necesidad de contar con una norma técnica peruana para clasificar la madera aserrada por grados de calidad, tomando como base los principios de la regla de la NHLA con ciertas adecuaciones a la realidad y condiciones de la industria nacional. Esto permitirá disponer estándares que regularán el trabajo del productor y proporcionarán al usuario la garantía de que está disponiendo de productos de calidad, manteniendo además un lenguaje en términos y especificaciones de la madera que permitirá un entendimiento entre vendedores y compradores sea cual fuere el uso y los momentos en los que esta se requiera (MINCETUR 2005).

#### **2.2.4.1. Norma Técnica Peruana**

La presente norma define los términos técnicos, grados de calidad, las condiciones exigibles y los procedimientos que serán adoptados en el Perú para clasificar visualmente, codificar y rotular la madera aserrada proveniente de especies latifoliadas tropicales (MINCETUR 2005).

La norma podrá ser utilizada como base para estandarizar la producción de madera aserrada.

Tabla 1. Norma técnica peruana

NTP 251.006 : 2003	MADERA. Nomenclatura de las especies forestales más importantes del Perú, sistema de codificación y marcado de la madera aserrada.
NTP 251.115 : 1990	MADERA ASERRADA. Clasificación por rendimientos. Procedimiento
NTP 251.114 : 1990	MADERA ASERRADA. Clasificación por defectos. Procedimiento
NTP 251.102 : 1988	MADERA ASERRADA. Defectos. Métodos de medición

NTP 251.101 : 1988	MADERA ASERRADA.	Definición y clasificación
NTP 251.037 : 1988	MADERA ASERRADA Y CEPILLADA.	Dimensiones nominales. Requisitos

Fuente. MINCETUR (2005).

## 2.2.5. Descripción de la especie *Eucalyptus saligna*

### 2.2.5.1. Clasificación taxonómica

Según la clasificación de Arthur Cronquist (1981), el eucalipto tiene la taxonomía siguiente

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Eucalyptus*

Especie: *Eucalyptus saligna* Smith

### 2.2.5.2. Características morfológicas

Es un árbol de gran tamaño, que puede alcanzar de 40 a 55 m de altura y de 1,2 a 2,0 m de diámetro a la altura del pecho. Árboles excepcionales llegan a los 65 m de alto y a los 2,5 m de diámetro. Tiene muy buena forma con fuste recto, libre de ramas hasta la mitad o las dos terceras partes de la altura total del árbol. Esta especie es originaria de Quesland y Nueva Gales del Sur en Australia, reconocida así por más de 100 años

en la misma Australia, pero en 1918, Maiden establece una nueva especie, *Eucalyptus grandis* Hill (Maiden) (CATIE 2005).

### **2.2.5.3. Importancia de la albura y el duramen**

Díaz et al. (2003), en el estudio sobre las propiedades fisiológicas determinó el comportamiento ante diferentes usos, debido a que la madera varía en función de las condiciones climáticas, tipo y niveles de asociación, suelo, calidad de sitio, edad, y sus interrelaciones. La variación no solo es en sentido longitudinal, también varía en sentido tangencial y radial en función a la presencia de albura y duramen, con esto también se determina la duramización de la madera y así establecer el aprovechamiento de la madera.

### **2.2.5.4. Propiedades físicas de la madera**

La madera tiene un color rosado, aunque también tiende a blanquecino, en ensayos comparativos de *Eucalyptus saligna* y *Eucalyptus grandis* de 5 años de edad en Hawái, (Skolmen 1986), se obtienen mejores crecimientos en *Eucalyptus grandis* con una densidad media de 0,367 g/cm<sup>3</sup>, sin embargo, la densidad específica de la madera es mayor para el *Eucalyptus saligna* 0,413 g/cm<sup>3</sup>, 15 años más tarde plantaciones de *Eucalyptus saligna* hawaianas registraron densidades entre 0,349 y 0,496 g/cm<sup>3</sup> (De Bell et al. 2001); en otros estudios sobre densidad de *Eucalyptus saligna*, López (2001) obtiene 0,49 g/cm<sup>3</sup>, contracción total del 10,4 % al 8,7 % de contenido de humedad.

#### **a. Higroscopicidad**

La higroscopicidad de la madera es la variación de la densidad de la misma cuando su contenido de humedad varía en una unidad. Una madera colocada en un local, por ejemplo, al 40 % de humedad relativa y 20 °C de temperatura, alcanzará una humedad de equilibrio del 8 %. Esto significa que será necesario secarla hasta ese valor y colocarla con

ese contenido de humedad para que no sufra alteraciones de humedad y por consiguiente cambios dimensionales (Puchaicela 2013).

#### **b. Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua que contiene la madera, expresada en porcentaje. La variación del contenido de humedad en la madera, produce una variación de sus dimensiones; cuando aumenta dicho contenido se hincha, mientras que cuando disminuye se contrae a partir del punto de saturación de las fibras. El contenido de humedad de la madera varía de acuerdo a los cambios en las condiciones atmosféricas que la rodean (Silva 2006).

El contenido de humedad influye en el peso de la madera, a la vez que afecta a otras propiedades físicas (como el peso específico y contracción o hinchamiento de sus dimensiones. Respecto al comportamiento, la humedad es un factor determinante en su durabilidad, resistencia, peso y sobre todo en sus dimensiones, se hincha cuando gana humedad y contrae cuando la pierde humedad (Puchaicela 2013).

En un árbol recién cortado (Pérez 1983; Cuevas 2003), su madera contiene una gran cantidad de agua que se localiza tanto en los vasos y lúmenes celulares como en la pared celular y en otros espacios que constituyen la misma. Ananías (1992), citado por Rivera (2014), menciona que las maderas livianas contienen una mayor cantidad de agua que las pesadas por su constitución porosas. De igual manera, la albura por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen.

Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios huecos y en las paredes celulares de la madera es muy variable en el árbol vivo. El contenido de humedad influye directamente en las características de comportamiento de la madera en los procesos tales como el aserrado,

desenrollado, cepillado, encolado, barnizado (Jiménez et al. 1996). Cuando el contenido de humedad es modificado directamente varían las dimensiones, las que se ven incrementadas mientras mayor sea la densidad de la madera. El método de secado en estufa o pesada, es el más exacto y confiable (Díaz 2005).

### **c. Densidad**

Silva (2006), menciona que, la densidad de la madera es la relación entre la masa y el volumen. La densidad depende de la especie y es muy variable. Sánchez (2003), en su comparación entre las dos especies de eucalipto manifiesta que el *E. saligna* pertenece al grupo de maderas semipesadas. El INTA (2012), sostiene que los eucaliptos alcanzan valores entre 500-750 kg/m<sup>3</sup> pertenecen al grupo de maderas semipesadas.

Según Campos (2006), la densidad, está descrita como la característica física más importante de la madera, y dentro de los criterios más usados para determinar la calidad de la madera. Existe variación de la densidad de la madera a diferentes niveles de altura y en diámetro; además del tamaño de las fibras, espesor de la pared celular, tipo y diámetro de las células, la edad de los árboles y la interacción con el medio ambiente.

Da Silva y Castro (2003), en densidad para *Eucalyptus saligna* obtienen 0,47 g cm<sup>-3</sup> y contracción volumétrica del 26 % y un factor anisotrópico de 1,99.

Cuando la madera alcanza su estado seco, su densidad indica la cantidad aproximada de espacios libres en las cavidades celulares disponibles para almacenar líquidos, es decir, cuando mayor es la amplitud de estas cavidades menor será su densidad y mayor la absorción que pueda lograr la madera (Vizcarra 1998) menciona que, el sistema de clasificación simple y práctico empleado, corresponde a la

agrupación de las maderas según su densidad básica (DB) debido a su importancia en el uso (Tabla 2).

Tabla 2. Clasificación de la madera según la densidad básica

<b>Rango (g/cm<sup>3</sup> )</b>	<b>Clasificación</b>
Menos de 0,3	Muy baja (MB)
De 0,31 a 0,40	Baja (B)
De 0,41 a 0,60	Media(M)
De 0,61 a 0,80	Alta (M)
Más de 0,81	Muy alta (MA)

Fuente: Vizcarra (1998) citado por Rivera (2014)

#### **d. Contracción o cambios dimensionales**

Se entiende por contracción, a la disminución o pérdida de volumen de la madera, bajo el punto de saturación de fibras (PSF) y se expresa como porcentaje de la disminución de madera en estado verde. Las contracciones se producen bajo PSF, donde comienza a disminuir de volumen como consecuencia del adelgazamiento de las paredes celulares al perder masa la celulosa se amorfa y aproximarse unas a otras las microfibrillas. La contracción es proporcional al contenido de humedad bajo el PSF (Cuevas 2003).

El comportamiento de la madera es anisotrópico, los cambios son de magnitud diferente en las direcciones tangenciales, radiales y longitudinales. La contracción tangencial varía de 3,5 % a 15 % la contracción radial está entre 2,4 a 11 % y la contracción longitudinal es normalmente despreciable en la madera varía de 0,1 % a 0,9 %. La limitada contracción longitudinal se debe a la orientación longitudinal de los principales tejidos constituyentes de la madera (Ananías 1992).

La causa de los principales cambios dimensionales se debe principalmente a la pérdida o entrada del agua higroscópica entre la

estructura celulósica de la pared celular tanto en sentido tangencial, radial y longitudinal que sufre como consecuencia del cambio de su contenido de humedad (Aróstegui et al. 1998). Así mismo, el proceso de hinchamiento o expansión de la madera alcanza su sorción molecular superficial hasta 8 % su absorción superficial hasta el 15 a 16 %, condensación capilar que alcanza hasta el 30 %.

La contracción en la dirección tangencial es siempre más importante que la contracción radial y más característico del comportamiento de una madera en cuanto a estabilidad durante el proceso de secado (Tuset 1981).

Junac (1984), citado por Rivera (2014), manifiesta que la relación T/R permite predecir si la madera sufrirá agrietamientos, torceduras u otros defectos durante el secado. La madera densa tiende a contraerse porque carece de espacios en las cavidades celulares y ocurre lo contrario en madera menos densas (Álvarez y Fernández 1992).

La contracción y la expansión de la madera presentan valores diferentes en las tres direcciones: la contracción longitudinal es del orden del 0,1 %, la contracción tangencial y radial son las principales responsables del cambio volumétrico (León y Espinoza 2001). Arostegui citado por Rivera (2104), presenta la clasificación de la madera según la contracción volumétrica (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación de la madera según la contracción volumétrica

<b>Rango (%)</b>	<b>Clasificación</b>
< de 9	Muy baja
9,1-1	Baja
11,1-13	Media
13,1-15	Alta
> 15	Muy alta

Fuente: Arostegui (1982) citado por Rivera (2014)



Ordóñez et al. (1990), ha generado criterios para clasificar la estabilidad dimensional de la madera, las categorías de cada una se presentan en (Tabla 4).

Tabla 4. Criterios de clasificación según coeficiente (CT/CR)

<b>Rango (T/R)</b>	<b>Estabilidad</b>
< 1,5	Muy estable (ME)
1,5 – 2	Estable (E)
2,1 - 2,5	Moderadamente Estable (ME)
2,51-3	Inestable (I)
>3	Muy inestable (MI)

Fuente: Ordóñez et al. (1990) citado por Cardoso et al. (2013).

#### **e. Hinchazón o merma de la madera**

El proceso de hinchamiento y contracción de la madera es consecuencia de la transferencia de agua con el medio ambiente, tendiente a buscar una condición de equilibrio higroscópico. La humedad se encuentra en la madera en tres formas diferentes: i) como agua libre, ocupando los espacios intercelulares y celulares o lúmenes, ii) como agua de impregnación adsorbida, que se encuentra impregnando los espacios submicroscópicos de la pared celular, y iii) como agua de constitución, formando parte de las células (Coronel 1994).

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **2.3.1. Rendimiento**

El termino rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera rolliza (trozas) y el volumen resultante en productos aserrados. Este término también es conocido como coeficiente de aserrío o factor de recuperación de madera aserrada “FRM” y constituye un indicador de la tasa de utilización en el proceso de aserrío (Quiroz 1990).

### **2.3.2. Aserrío**

Consiste en la transformación de una troza de forma cilíndrica a un producto con dimensiones específicas de ancho, largo y espesor, con el fin de ser utilizado en un proceso posterior, como lo es la fabricación de muebles, casas, entre otros (Meza 2007).

### **2.3.3. Calidad de la madera**

Dentro del control de calidad de la madera, las propiedades son evaluadas bajo diferentes métodos tanto destructivos como no destructivos. Sin embargo, O'Neill (2004) afirma que la tendencia está orientada hacia la evaluación no destructiva, las cuáles permiten examinar los materiales sin que se vean afectadas sus propiedades, su integridad y su utilidad (Sánchez et al. 2009).

La calidad de la madera aserrada puede verse afectada por anomalías o irregularidades que disminuyan el valor comercial de la madera, generalmente estas son conocidas como defectos. Estas implicaciones en el valor comercial se generan porque la madera disminuye su resistencia, afecta su trabajabilidad y sus cualidades de acabado o apariencia (Londoño 2007).

### **2.3.4. Sierra cinta**

La sierra de cinta de mesa es una máquina que tiene como aplicación realizar los pre-cortes de las piezas curvas. Consta de una sierra de banda y una mesa, perpendicular al sentido de corte de la sierra. La sierra dado que su función es cortar en curva, debe disponer una cinta estrecha, pero no tanto como para que peligre su duración. Por lo tanto, es importante dimensionar dicha anchura de la cinta, que debe estar en consonancia con el radio de curvatura que se quiera dar a la pieza, cuanto más pequeña, menor es el radio de curvatura que se pueda dar, pero más fácil se produce su rotura (Vignote et al. 2006).

## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Descripción general del área de estudio**

#### **3.1.1. Ubicación geográfica y política**

El trabajo de campo se realizó en el caserío Santa Fe, perteneciente al centro poblado La Cascarilla, distrito y provincia de Jaén y el procesamiento de las trozas se realizó en el aserradero “El Parral”, propiedad de la empresa MUÑOZ CAMPOS CONSTRUCTORES EIRL, ubicado en la ciudad de Jaén.

#### **3.1.2. Clima**

El centro Poblado La Cascarilla, presenta temperaturas que oscilan entre 26 - 30 °C, pertenece al distrito y provincia de Jaén, el cual a su vez posee un clima cálido todo el año, no en vano se la considera una de las ciudades más calurosas del país; este clima es compensado por frecuentes y refrescantes lluvias. En general el clima de Jaén es cálido, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima (periodo 1964-1980) es 30.2 °C y 19.8 °C, respectivamente. La precipitación media acumulada anual para el periodo 1964-1980 es 780.9 mm (IGP 2017).

#### **3.1.3. Historia de la plantación**

La plantación agroforestal de donde se obtuvo las muestras para el estudio fue establecida en el año 2010, la modalidad de la plantación fue agroforestal en cercos vivos. Los plántones fueron proporcionados por un proyecto de reforestación que se desarrolló en la zona.

La plantación se instaló a un distanciamiento de 3.0 metros entre árboles alrededor de la plantación de café. En su instalación se adicionó como

fertilizante guano de la isla y roca fosfórica en cantidades de 0.50 kg por plantón.

La plantación recibió como tratamientos silviculturales solamente limpiezas periódicas coincidentes con los deshierbos que se aplica al cultivo de café.

En cuanto al abonamiento, este se aplicó durante los tres primeros años de edad, en las cantidades de 0.50 kg de guano de isla por planta. Posteriormente estas plantas fueron favorecidas por el abonamiento que se realizó al cultivo de café.

La especie no necesita podas, por tener realizarlo de forma natural, y debido a la función que cumplen, no se aplicó raleos.

## **3.2. MATERIALES**

### **3.2.1. Materiales de investigación**

Trozas de *Eucalyptus saligna* Smith de diferentes diámetros y largo de 8 pies nominales.

### **3.2.2. Materiales y herramientas**

Descortezador, wincha, sogas - cable, cuñas, machetes, volteadores, separadores para secado, base de madera para secado en castillo, cobertor para secado

### **3.2.3. Equipos**

Sierra cinta horizontal más accesorios, navegador GPS, motosierra, medidor de contenido de humedad digital, estufa, balanza de precisión, vernier, cámara fotográfica, wincha.

#### **3.2.4. Material de escritorio**

Libreta de notas, lapicero, plumones indelebles, PC, memoria externa USB, impresora, papel bond.

### **3.3. METODOLOGÍA**

#### **3.3.1. Trabajo en campo**

##### **a. Inventario de la plantación agroforestal**

Se realizó un censo comercial, en el cual se registraron la información dendrométrica de todos los árboles de la parcela agroforestal evaluada. Los datos dendrométricos, fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total (HT), altura comercial (HC), y se obtuvo un factor mórfico de los árboles censados, registrando el DAP (cm) a una altura de 5.30 metros sobre el suelo.

Con los datos obtenidos del inventario se elaboró una tabla de clases diamétricas con una amplitud de clase de 5 cm, que fue usado para seleccionar los árboles a aserrar.

##### **b. Muestreo de los árboles a aserrar**

El muestreo de los árboles a aserrar, se realizó de acuerdo a lo estipulado en la NTP 251-008, por lo que no fue un muestreo probabilístico, si no de acuerdo a lo establecido en una norma.

De las clases diamétricas encontradas en el censo comercial ejecutado, se seleccionaron cinco árboles, se utilizaron dos árboles de la clase diamétrica superior, y tres árboles de la clase diamétrica inmediata inferior. Las clases diamétricas seleccionadas, fueron superiores a 30 cm de DAP, ya que este es el diámetro mínimo aserrable.

Una vez seleccionados los diámetros de los árboles a evaluar, del censo comercial se realizó un filtro para separar todos los árboles que cumplen con los diámetros establecidos. De estos árboles se seleccionaron los mejores de acuerdo al número preestablecido por clase diamétrica.

### **c. Apeo y obtención de trozas**

Los árboles seleccionados, fueron apeados usando motosierra Stihl 070 y las consideraciones técnicas establecidas para el apeo de árboles de diámetros pequeños procedentes de plantaciones. Para esto se realizó un corte de dirección y un corte de caída, también se realizó una tala dirigida para impedir que el árbol apeado dañe la parcela agroforestal circundante.

Luego del apeo, se procedió a eliminar todas las ramas del fuste; sin embargo, no todo el fuste se procesó en el aserrío.

En el trozado se eliminó los defectos existentes, logrando trozas limpias y bien conformadas.

El largo de las trozas fue de 2.50 m, con el que se cumple con el requerimiento mínimo de largo para la mejor calidad de madera aserrada según la norma NTP 251.037; sin embargo, este largo es nominal, al cual hay que agregar un exceso para descuentos por trozado, re-testeado-escuadrado y aserrío.

Se obtuvieron el número de trozas hasta donde el diámetro permitía, siendo la limitante para la presente evaluación el diámetro menor de 20 cm.

Las trozas fueron trasladadas desde la parcela agroforestal hasta la carretera La Cascarilla-Santa María utilizando yunta de bueyes.

### **d. Codificación y protección de las trozas**

Una vez obtenidas las trozas, se protegieron sus testas con una sustancia hidrófoba para evitar la pérdida acelerada de agua, tomando en cuenta el antecedente del comportamiento al aserrado que tienen otras especies del género *Eucalyptus*, se procedió a amarrar las testas con alambre para evitar cualquier defecto de estructura que se produzca por la pérdida de agua. Se trató en lo posible el traslado de manera

inmediata de las trozas hacia el aserradero donde fueron procesadas, para evitar la pérdida acelerada de humedad.

Las trozas fueron codificadas usando un plumón indeleble, mediante un código que sirvió también para la trazabilidad de la madera aserrada obtenida. El código fue compuesto por números que indican el código del árbol en el censo comercial realizado y números que identifiquen el número de troza obtenida del árbol.

#### **e. Cubicación de trozas, descuentos de defectos**

Se realizó la cubicación de las trozas utilizando la fórmula de SMALIAN (FAO 1980), para esto se midieron las trozas descontando la corteza, porque el volumen obtenido debe ser solo del xilema, que es el que se va a transformar.

La cubicación se realizó según la siguiente expresión:

$$V = \frac{(\emptyset > + \emptyset <)^2 \times L}{2}$$

Donde:

V = Volumen de la troza en m<sup>3</sup> rollizos

$\emptyset >$  = Diámetro mayor de la troza en m

$\emptyset <$  = Diámetro menor de la troza en m

L = Largo de la troza en m

La cubicación anteriormente mencionada es para trozas que no presenten defectos a considerar o que puedan variar el volumen aserrado a obtener. Se tuvo cuidado de obtener trozas sin defectos de importancia a considerar. De ser el caso que no se puedan excluir trozas con defectos, se realizó la cubicación de la troza usando la fórmula anterior y se cubió el defecto presente para descontarle al volumen bruto obtenido, así el volumen neto se obtuvo de la siguiente expresión:

$$V_n = V_b - V_d$$

Donde:

Vn = volumen neto de la troza en m<sup>3</sup> rollizos

Vb = volumen bruto de la troza en m<sup>3</sup> obtenido por la fórmula de SMALIAN

Vd = volumen del defecto en m<sup>3</sup>, obtenido según sea el caso

Los defectos se trataron de evitar, eliminando la parte del fuste defectuoso. Solo se tuvo diámetro de troza de sección ovalada, por lo que el diámetro cubicado para aserrío fue menor que el DAP.

#### **f. Aserrío de trozas**

El aserrado de la madera se realizó en un aserradero cuya máquina principal es una sierra cinta vertical y como máquinas secundarias se utilizaron una despuntadora y una canteadora, ambas de sierras de disco.

El diseño de aserrío fue el siguiente:

Se realizaron cortes tangenciales en las cuatro caras de la troza, hasta lograr una pieza escuadrada central, la misma que fue aserrada con cortes radiales o tangenciales según sea el caso y el producto a obtener.

Para el corte tangencial se obtuvieron tablas de 1" y 1 ½" de espesor, las cuales se consideraron como aserrío secundario.

La pieza escuadrada central fue aserrada con cortes tangenciales para obtener cuartones de tres o dos pulgadas de espesor, las cuales se consideraron como madera aserrada comercial; o con cortes radiales de 4" de espesor y 5" de ancho que se consideraron como vigas, este último corte se realizó para eliminar la médula cuando esta era abundante.

Las trozas de mayor diámetro se aserraron tratando de obtener madera aserrada comercial, mientras que las de menor diámetro se aserraron para obtener vigas o cuartones de menor dimensión.



### **g. Cubicación de la madera aserrada, evaluación de la calidad**

La madera aserrada obtenida del procesamiento de las trozas, fueron separadas de acuerdo a su origen, para asegurar la trazabilidad en la evaluación de la calidad, para esto se codificó cada pieza aserrada obtenida y que fue cubicada.

Para la cubicación de la madera aserrada, se usaron las siguientes expresiones citada por la FAO (1980):

$$V = \frac{L' \times A'' \times E''}{12}$$

Donde:

V = volumen de la madera aserrada en pies tablares

L' = largo de la madera aserrada en pies

A'' = ancho de la madera aserrada en pulgadas

E'' = espesor de la madera aserrada en pulgadas

$$V = \frac{L \times A \times E}{1 \times 10^9}$$

Donde:

V = volumen de la madera aserrada en metros cúbicos

L = largo de la madera aserrada en cm

A = ancho de la madera aserrada en mm

E = espesor de la madera aserrada en mm

Hay que indicar que según la norma NTP 251.003, las dimensiones mencionadas líneas arriba son nominales todas ellas.

La calidad de la madera aserrada fue evaluada de acuerdo a las siguientes normas

NTP 251.115 : 1990      MADERA ASERRADA. Clasificación por rendimientos. Procedimiento.

NTP 251.114 : 1990      MADERA ASERRADA. Clasificación por defectos. Procedimiento.

NTP 251.102 : 1988      MADERA ASERRADA. Defectos. Métodos de medición.

NTP 251.101 : 1988      MADERA ASERRADA. Definiciones y clasificación.

NTP 251.037 : 1988      MADERA ASERRADA Y CEPILLADA. Dimensiones nominales. Requisitos

NTP 251.003: 1990      MADERA ASERRADA. Dimensiones. Métodos de medición

De acuerdo a estas normas se clasificaron las piezas de madera aserrada de acuerdo a las siguientes calidades:

- Superior (S)
- Extra (Ex)
- Estándar 1 (E1)
- Estándar 2 (E2)
- Estándar 3 (E3)

La primera evaluación se realizó inmediatamente después del aserrío, y una segunda evaluación luego del secado natural.

#### **h. Secado natural de la madera aserrada**

Las piezas de madera aserrada fueron sometidas a un proceso de secado natural por el lapso de dos meses, para evidenciar los posibles defectos que se presenten, así como para lograr una humedad de equilibrio higroscópico y la consiguiente estabilidad dimensional.

El secado se realizó en pilas horizontales o castillos, usando separadores de un espesor de 1". Se construyó una base de 0.50 m de altura para aislar la madera del suelo o piso terminado. Sobre la pila o castillo se colocó un cobertor para aislar la madera de posibles lluvias que ocurran durante el periodo de secado. El secado se realizó en una azotea de un edificio de 10 m de altura.

La madera fue movida cada 20 días, para lograr un secado uniforme. Durante el proceso de secado se registró el contenido de humedad utilizando el medidor digital eléctrico.

Luego del periodo de secado se volvió a evaluar la calidad de la madera aserrada usando los indicadores de calidad establecidas por la norma.

#### **i. Evaluación de la calidad post-secado**

Una vez culminado el secado, se procedió a evaluar nuevamente la calidad de la madera aserrada, usando la metodología descrita en las normas mencionadas en el ítem "g". El objetivo fue determinar el comportamiento que tiene la madera aserrada al secado natural.

La calidad post-secada es la calidad definitiva que va a tener la madera aserrada de *Eucalyptus saligna*.

### **3.3.2. Trabajo en gabinete**

#### **a. Ordenamiento, tabulación y procesamiento de datos**

Los datos de inventario, mediciones de trozas, codificación de trozas, medición de madera aserrada y codificación de madera aserrada, se realizó en formatos elaborados para tal fin.

Los datos fueron ordenados, tabulados y procesados en una hoja de cálculo tipo Excel, para poder obtener los resultados del estudio.

**b. Determinación del rendimiento del aserrío de la madera rolliza**

La determinación del rendimiento del proceso de aserrío de la madera rolliza de *Eucalyptus saligna* se realizó utilizando las siguientes expresiones.

$$R = \frac{Vr - Va}{Vr} \times 100$$

Donde:

R = rendimiento de aserrío en porcentaje (%)

Vr = volumen rollizo en m<sup>3</sup>

Va = volumen aserrado en m<sup>3</sup>

$$Vd = Vr - Va - Vas$$

Donde:

Vd = volumen de desperdicios en m<sup>3</sup>

Vr = volumen rollizo en m<sup>3</sup>

Va = volumen aserrado en m<sup>3</sup>

Vas = volumen del aserrín en m<sup>3</sup>

El volumen aserrado está constituido por:

- Madera aserrada del aserrío primario o madera comercial
- Madera aserrada del aserrío secundario o madera de recuperación

**c. Clasificación de la calidad obtenida de la madera aserrada**

La clasificación de la calidad obtenida de la madera aserrada, se realizó de acuerdo a las normas mencionadas en el ítem “3.3.1 g” para referencia se tomó el siguiente cuadro extraído de esas normas.

**Tabla 5. Matriz para clasificar madera aserrada tropical por grados de calidad en el Perú**

REQUISITOS - INDICADORES DE CALIDAD ( )		Grado Superior	Grado Extra	Grado Estándar 1	Grado Estándar 2	Grado Estándar 3
Tamaño mínimo de pieza	Ancho <b>(A)</b>	6"	6"	4"	4"	3"
	Largo <b>(B)</b>	8'	6'	6'	6'	6'
Tamaño mínimo de cortes rendimiento	Medida <b>(C)</b>	4" x 5' ò 3" x 7'	La mejor cara califica como grado Superior	4" x 2' ó 3" x 3'	3" x 2'	3" x 2'
Rendimiento Básico	% <b>(D)</b>	83 1/3 (10/12)		66 2/3 8/12	50 6/12	33 1/3 4/12
	Nº Unidades de corte limpio (UCL) <b>(E)</b>	ST x 10		ST x 8	ST x 6	ST x 4
	Número de cortes de rendimiento por pieza	Numero de cortes. <b>(F)</b>		<u>ST</u> 4	<u>ST + 1</u> 3	<u>ST</u> 2
	Numero Max de cortes	4		5	7	-----

	<b>(G)</b>		La cara pobre califica como grado Estándar 1			
Superficie Total necesaria para corte extra	ST <b>(H)</b>	6 – 15'		3 – 10' ST	2 -7 ' ST	-----
Rendimiento por corte extra	% <b>(I)</b>	91 2/3 (11/12)		75 9/12	66 2/3 8/12	----
	Nº Unidades de corte limpio (UCL) <b>(J)</b>	ST x 11		ST x 9	ST x 8	----
Madera podrida, perforaciones con insectos vivos, anillos quebradizos <b>(K)</b>		No permitido		No permitido	No permitido	No permitido
Corazón	<b>(L)</b>	Se admite si su long. no excede en pulgadas la ST.		No se admite si excede la mitad del largo de la tabla	No existe restricción. Debe estar fuera de corte limpio	No existe restricción. Debe estar fuera de corte limpio
Madera torcida	<b>(M)</b>	No permitida	No permitida	No permitida	No permitida	
Abarquillado complejo	<b>(N)</b>	No permitido	No permitido	No permitido	No permitido	

Albura en una cara y un borde	<b>(O)</b>	Albura sana se permite si no excede el 10 % del ancho de la cara. No admitida en cortes limpios.		No debe exceder el 20 % del ancho de la cara	No debe exceder el 25 % del ancho de la cara. Albura sana y descolorida se acepta.	Acepta albura sana y descolorida sin restricción.
Arista faltante	<b>(P)</b>	Se admite si en los bordes no excede en pies, la mitad de la longitud de la pieza.		Permitida en una cara en forma ilimitada si la tabla contiene las UCL requeridas.	Permitida en una cara si la tabla contiene las Unidades de corte requeridas	Es permitida en las dos caras si la tabla contiene las unidades de corte requeridas.
Rajaduras	<b>(Q)</b>	Se admite si no excede en pulgadas el doble de la ST. No se permiten en los cortes limpios		Permitida siempre que la tabla contenga las UCL requeridas. No se permiten rajaduras por compresión	Permitida siempre que la tabla contenga las UCL requeridas.	-----
	<b>(R)</b>	No debe exceder en pulgadas de 1/3 de la ST.		Permitido si no excede 1/3	Permitidos siempre que la tabla contenga	

Nudos (Suma de Diámetros)				del ancho de la tabla	las UCL requeridas	-----
---------------------------	--	--	--	-----------------------	--------------------	-------

Donde:

' : Unidad de medida en pies

“: Unidad de medida en pulgadas

**ST:** Superficie total de aserrío

**UCL:** Unidad de corte limpio



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros dasométricos de la plantación de *Eucalyptus saligna*

#### 4.1.1. Factor mórfico

Se midió diez árboles para determinar el factor mórfico de los árboles de *Eucalyptus saligna* de la plantación agroforestal evaluada. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Determinación del factor mórfico (FM)

CÓDIGO ÁRBOL	DAP (m)	$\varphi$ a 5.3 m (m)	FM
E03	0.38	0.30	0.79
E09	0.46	0.38	0.82
E13	0.42	0.33	0.78
E14	0.49	0.39	0.80
E16	0.46	0.36	0.77
E18	0.53	0.41	0.77
E27	0.51	0.39	0.77
E33	0.43	0.30	0.70
E35	0.46	0.35	0.76
E38	0.53	0.40	0.75
E39	0.56	0.42	0.75
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.48</b>	<b>0.37</b>	<b>0.77</b>
<b>D.S.</b>	<b>0.054</b>	<b>0.042</b>	<b>0.031</b>
<b>C.V. (%)</b>	<b>11.39</b>	<b>11.47</b>	<b>3.98</b>

El factor mórfico de los árboles inventariados en la plantación agroforestal de *Eucalyptus saligna*, tiene mucha homogeneidad tomando en cuenta su bajo coeficiente de variabilidad, lo que demuestra un crecimiento homogéneo de la especie. Resultados similares reportan Bertoni y Juárez (1980) quienes señalan un factor de forma para *Eucalyptus saligna* de 0.74 en laderas y 0.61 en cerco, lo que coincide con lo que afirma Forte (2005) “la información dasométrica de los árboles va a variar de acuerdo a las condiciones edafoclimáticas y de silvicultura del lugar donde éstas se encuentren”.

Por otro lado, resultados que presenta Kingston (1972) difieren mucho con los que se reportan en esta investigación ya que éste indica que el factor de forma en el *Eucalipto grandis* para plantaciones en Uganda puede oscilar entre 0.39 a 0.42 dependiendo del tamaño del árbol, de lo cual podríamos sustentar esta diferencia a la variación climática que presenta Uganda.

#### 4.1.2. Censo de la plantación

Los parámetros dasométricos obtenidos del censo comercial realizado a la plantación de *Eucalyptus saligna* son los siguientes:

Tabla 7. Parámetros dasométricos de la plantación

Parámetro	Mínimo	Máximo	Promedio
Altura Total (HT), M	10.00	18.00	15.051
Altura Comercial (HC), M	4.00	14.00	9.897
Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), M	0.17	0.56	0.401
Incremento Medio Anual del Dap (IMA), cm DAP/Año	2.15	6.96	5.017
Edad de la Plantación	08 AÑOS		

Los parámetros dasométricos de la plantación son sobresalientes, sobre todo el crecimiento diamétrico.

La altura total que se señala en la Tabla 5, es de 18 metros como máximo y 15.051 m en promedio, pero Muñoz (2013), señala una altura total de 18.1 m, 26.2 m y 28.7 en plantaciones de *Eucalyptus saligna* de 6, 10 y 14 años de edad.

Por otro lado, Moras y Vallejos (2013), reportan para un DAP de 17 cm una altura total de 16.7 m y una altura comercial de 12.7 m, resultados que difieren a los que se muestran en la tabla 5.

Respecto a el Incremento Medio Anual de *Eucalyptus saligna*, Piqueras (2011) señala resultados similares en el IMA de esta especie al indicar un

IMA promedio de 5.06 cm, además afirma que el crecimiento potencial de *Eucalyptus saligna* depende prioritariamente de la calidad de sitio.

- **Clase diamétrica**

Los resultados del censo comercial de la plantación se detallan de manera discriminada en la Tabla 6, de clase diamétrica. Se uso una amplitud de clase de 5 cm.

Tabla 8. Resumen por clase diamétrica

Descripción:		Plantación agroforestal de eucalipto y café							Edad:	8 años	Área:	0.94 has.
Especie	Variable	Clase diamétrica									Total	Total por ha
		15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 40	40 - 45	45 - 50	50 - 55	55 - 60		
	N°	1	1	3	1	14	9	6	3	1	39	40
Eucalipto	A.B. (m <sup>2</sup> )	0.0232	0.0357	0.1725	0.0718	1.6185	1.2808	1.0416	0.6529	0.2437	5.1407	5.2227
	VOL. (m <sup>3</sup> )	0.179	0.110	1.196	0.553	12.070	10.146	8.577	5.482	1.877	40.190	40.83

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en la clase diamétrica del censo realizado, se decidió seleccionar los árboles de las clases diamétricas: de 35-40, dos árboles; de 40-45, un árbol; de 45-50, un árbol; y, de 50-55 un árbol.

En la tabla 6, se aprecia que la mayoría de los árboles están concentrados en las clases diamétricas entre 35 y 50 cm de DAP, lo que cumple con el requisito de diámetro mínimo aserrable para cuartones que es de 30 cm.



Figura 4. Distribución de clase diamétrica por número de árboles

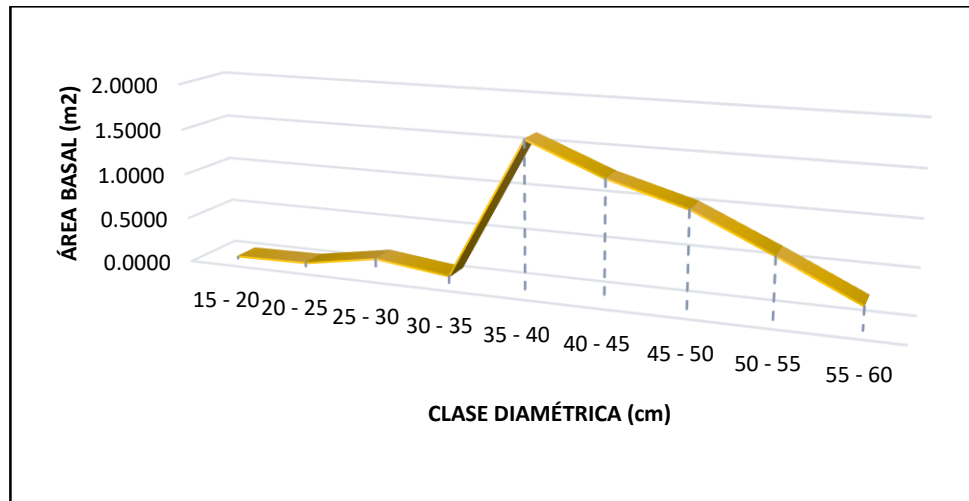


Figura 5. Distribución de clase diamétrica por área basal

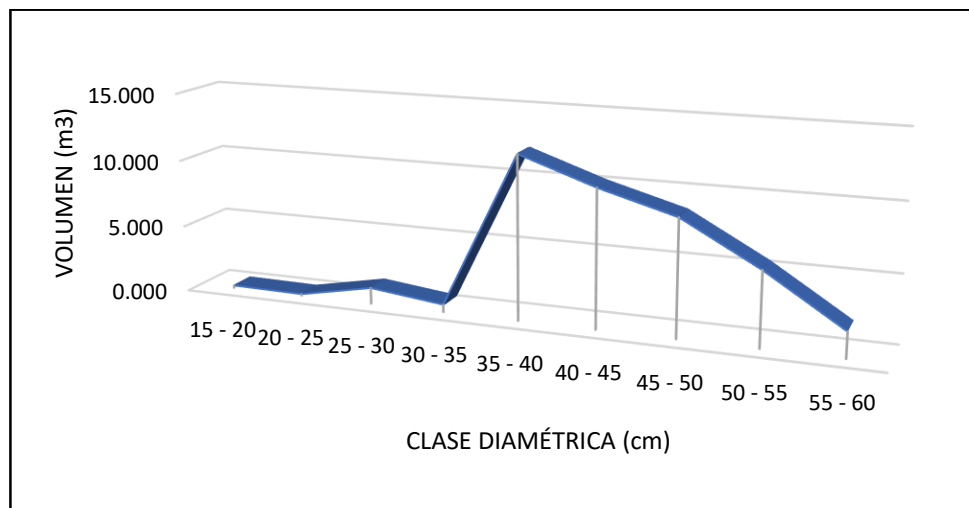


Figura 6. Distribución de clase diamétrica por volumen

En las Figuras 4, 5 y 6, se aprecia a las clases diamétricas, el número de árboles concentrado en la clase diamétrica 35-40; sin embargo, el área basal y el volumen se encuentra distribuido entre las clases diamétricas de 35 a 50 cm. Esto indica que se puede extraer algunos árboles con mejor diámetro y dejar que los remanentes incrementen su crecimiento debido al raleo.

#### 4.2. Rendimiento de aprovechamiento forestal de la plantación de *Eucalyptus saligna*

De los árboles talados para la investigación, se calculó el rendimiento de aprovechamiento o tal y su correspondiente coeficiente de pérdida de volumen de árbol en pie a volumen rollizo de trozas obtenidas.

Tabla 9. Rendimiento de aprovechamiento y coeficiente de pérdida

N°	CÓDIGO ÁRBOL	VOLUME N ÁRBOL (m <sup>3</sup> )	N° TROZAS OBTENIDO S	VOLUMEN TROZAS (m <sup>3</sup> )	RENDIMIENTO APROVECHAMIENT O (%)	COEFICIENT E DE PERDIDA (%)
1	E-03	0.8824	3	0.7282	82.53	17.47
2	E-18	1.3835	2	0.7040	50.88	49.12
3	E-34	0.9385	3	0.6250	66.59	33.41
4	E-09	1.4171	3	0.9449	66.68	33.32
5	E-23	0.6024	2	0.5220	86.67	13.33
<b>TOTAL</b>		<b>5.2239</b>	<b>13</b>	<b>3.5242</b>		
<b>PROMEDIO</b>		<b>1.0448</b>	<b>2.60</b>	<b>0.70483</b>	<b>70.671</b>	<b>29.329</b>
<b>D.S</b>		<b>0.34886</b>	<b>0.548</b>	<b>0.156512</b>	<b>14.3235</b>	<b>14.3235</b>
<b>C.V. (%)</b>		<b>33.39</b>	<b>21.07</b>	<b>22.21</b>	<b>20.27</b>	<b>48.84</b>

La Tabla 7 indica que, el rendimiento del aprovechamiento se encuentra en un nivel relativamente bajo, lo que quiere decir que, a pesar de haber realizado un inventario meticuloso de los árboles en pie, al momento del apeo y trozado, los árboles han manifestado algunos defectos como torceduras, bifurcaciones y curvaturas, que obligan una corrección al momento del trozado, eliminando parte del fuste. El caso más saltante es del árbol E-18, el mismo que solo produjo dos trozas a pesar de tener más longitud de fuste, debido a una bifurcación.

Así mismo, Yalico (2012), señala un rendimiento promedio de 65.5 % para *Eucalyptus saligna* contrario a lo que manifiesta Egas (1998), citado por Arreaga (2017), quien menciona que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío, pero similar resultado encontraron Zavala y Hernández (2000), al no determinar un incremento directo del coeficiente de aserrío en función del diámetro de las trozas, logrando encontrar para la clase diamétrica de 30 - 40 cm fue de 51 %, de 40- 50 cm fue de 50,5 % y de 50- 60 cm fue de 49,5 % en el proceso de aserrío de pino.

Rendimiento de 42.54 % estimada para *Eucalyptus urophylla* en Brasil con una conicidad de 0.0156 cm m<sup>-1</sup> por Scanavaca y García (2003), dedujeron la conicidad no tuvo efecto con el rendimiento de la madera aserrada, poniendo énfasis que los árboles jóvenes adquieren fuste cónico y con el paso de los años conforman un fuste cilíndrico, lo cual favorece a la disminución de su conicidad,

Yalico (2012), también indica que, el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; pero menciona que es solo parcialmente válido pues realizando una óptima selección de la maquinaria y de los equipos es posible reducir la influencia negativa en los indicadores, también se puede reducir la influencia negativa mediante el diagrama de corte, tipo de sierra y destreza y capacitación de los operarios, por lo que estos factores hubieran influido sobre el rendimiento del eucalipto.

Además, conocer los datos del rendimiento del aprovechamiento es importante ya que nos indica el volumen rollizo real que se obtendrá de la plantación agroforestal del *Eucalyptus saligna*.

### 4.3. Rendimiento de aserrío de la madera de *Eucalyptus saligna*

#### 4.3.1. Rendimiento de aserrío

Los resultados del rendimiento de aserrío se muestran agrupados por trozas procesadas para luego obtener el promedio global.

Tabla 10. Rendimiento de aserrío de trozas

N°	CÓDIGO TROZA	VOLUMEN TROZA (m <sup>3</sup> )	N° CUARTONES OBTENIDOS	VOLUMEN CUARTONES (Pt)	VOLUMEN CUARTONES (m <sup>3</sup> )	RENDIMIENTO ASERRÍO (%)
1	E-03-01	0.3049	9	105	0.24777	81.26
2	E-03-02	0.2575	6	64	0.14984	58.19
3	E-03-03	0.1658	4	59	0.13883	83.74
4	E-18-01	0.3422	7	124	0.29261	85.50
5	E-18-02	0.3617	9	110	0.26036	71.97
6	E-34-01	0.2575	7	86	0.20215	78.50
7	E-34-02	0.2067	5	52	0.12349	59.75
8	E-34-03	0.1608	6	53	0.12428	77.31
9	E-09-01	0.4221	7	115	0.27058	64.10
10	E-09-02	0.3154	5	83	0.19664	62.34
11	E-09-03	0.2074	5	71	0.16675	80.40
12	E-23-01	0.3162	8	96	0.22653	71.65
13	E-23-02	0.2059	6	65	0.15417	74.88
<b>TOTAL</b>		<b>3.5242</b>	<b>84</b>	<b>1082</b>	<b>2.55402</b>	
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.2711</b>	<b>6.4615</b>	<b>83.2564</b>	<b>0.1965</b>	<b>73.0453</b>
<b>D.S</b>		<b>0.08027</b>	<b>1.56074</b>	<b>24.79804</b>	<b>0.05852</b>	<b>9.29835</b>
<b>C.V. (%)</b>		<b>29.61</b>	<b>24.15</b>	<b>29.79</b>	<b>29.79</b>	<b>12.73</b>

El rendimiento de aserrío es alto, y se encuentra por encima de lo estipulado oficialmente que es de 52 %; sin embargo, hay que indicar que este rendimiento incluye a todas las piezas de madera aserrada obtenida no solo de corte limpio, sino también a las de cortes extras. El rendimiento alcanzado es el de esperarse del aserrío usando sierra de cinta, la misma que tiene el menor espesor de corte.

Yalico (2012), indica que, en su investigación para la especie eucalipto obtuvo un rendimiento de 42,9 % de madera aserrada comercial y un 22,6



% de madera de recuperación (larga angosta + corta). Además, Valera y Salvador (2007) lograron obtener rendimientos de 44,5 % de madera comercial, 21,7 % de recuperación para la especie de cumala colorada y para la especie marupá un 38,9 % de madera comercial y 2 % de madera corta, ambos estudios no llegaron a nivel de los rendimientos con la que la autoridad forestal viene otorgando guías en el Perú con un 52 % de madera comercial y un 28 % de madera de recuperación (INRENA 2005).

#### 4.3.2. Producción de desperdicios

Para la transformación de las trozas se utilizó una sierra cinta horizontal, cuyo espesor de corte fue de 2.00 mm, con lo cual se calculó el volumen del aserrín producido.

Tabla 11. Volumen de aserrín y desperdicios

N°	Código troza	Volumen de troza (m <sup>3</sup> )	Volumen de cuartones (m <sup>3</sup> )	Volumen de aserrín (m <sup>3</sup> )	Volumen de desperdicios (m <sup>3</sup> )	% Aserrín	% Desperdicios
1	E-03-01	0.3049	0.24777	0.01503	0.0421	4.93	13.81
2	E-03-02	0.2575	0.14984	0.00861	0.0991	3.34	38.47
3	E-03-03	0.1658	0.13883	0.00622	0.0207	3.75	12.51
4	E-18-01	0.3422	0.29261	0.01433	0.0353	4.19	10.32
5	E-18-02	0.3617	0.26036	0.01466	0.0867	4.05	23.97
6	E-34-01	0.2575	0.20215	0.01194	0.0434	4.64	16.86
7	E-34-02	0.2067	0.12349	0.00713	0.0761	3.45	36.81
8	E-34-03	0.1608	0.12428	0.00750	0.0290	4.66	18.03
9	E-09-01	0.4221	0.27058	0.01499	0.1365	3.55	32.35
10	E-09-02	0.3154	0.19664	0.00906	0.1097	2.87	34.78
11	E-09-03	0.2074	0.16675	0.00877	0.0319	4.23	15.37
12	E-23-01	0.3162	0.22653	0.01343	0.0762	4.25	24.10
13	E-23-02	0.2059	0.15417	0.00861	0.0431	4.18	20.94
<b>TOTAL</b>		<b>3.5242</b>	<b>2.55402</b>	<b>0.14028</b>	<b>0.8299</b>		
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.2711</b>	<b>0.1965</b>	<b>0.0108</b>	<b>0.06384</b>	<b>4.0074</b>	<b>22.9473</b>
<b>D.S</b>		<b>0.08027</b>	<b>0.05852</b>	<b>0.00333</b>	<b>0.03615</b>	<b>0.58931</b>	<b>9.74065</b>
<b>C.V. (%)</b>		<b>29.61</b>	<b>29.79</b>	<b>30.88</b>	<b>56.64</b>	<b>14.71</b>	<b>42.45</b>

La Tabla 9, nos muestra un porcentaje bajo de aserrín, esto se debe a que el espesor de corte de la sierra cinta es de solo 2 mm. La sierra utilizada es para

diámetros menores por lo que la hoja de la sierra solo tiene pulgada y media de ancho lo que le permite tener ese espesor de corte.

Si bien el volumen de desperdicios es aceptable para el aserrío con sierra de cinta, es muy variable y se debe a los defectos que han traído las trozas, como curvaturas, secciones ovaladas, agallas, madera juvenil, entre otras.

Guevara et al. (1993), en un estudio de residuos de aserrío obtuvieron en cantos 10,7 %, puntas 10,2 %, cantoneras 6,7 %, y aserrín 8,2 % haciendo un total de 35,8 % de residuos.

#### **4.4. Calidad de madera aserrada post secado de *Eucalyptus saligna***

Se hicieron evaluaciones de la calidad y el secado de la madera, al inicio y en los periodos de evaluación cada 20 días por un lapso de dos meses. los resultados que se muestran a continuación son los resultados finales del proceso de secado, que es donde se manifiestan los defectos que afectan la calidad de la madera.

##### **4.4.1. Secado natural de la madera aserrada**

Los cuartones obtenidos se secaron en castillos horizontales durante dos meses, realizando mediciones periódicas del contenido de humedad cada 20 días.

En el Anexo 4 se muestra el contenido de humedad inicial y final de todos los cuartones, obteniéndose una humedad de equilibrio higroscópico de 12.29 % de contenido de humedad.

##### **4.4.2. Calidad según dimensiones de los cuartones**

En el Anexo 4 se muestra la matriz de evaluación de la calidad de los cuartones post-secado; en dicha matriz se les ha asignado un código a los indicadores de calidad, los que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12. Resumen de calidad según dimensiones del cuartón

Calidad	Indicadores de calidad			Promedio	%
	A	B	C		
Grado Superior	71	67	71	69.67	82.94%
Grado Extra	13	0	13	8.67	10.32%
Grado Estándar 1	0	16	0	5.33	6.35%
Grado Estándar 2	0	0	0	0.00	0.00%
Grado Estándar 3	0	1	0	0.33	0.40%
<b>TOTAL</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>100.00%</b>

La madera de la gran mayoría de las especies de *Eucalyptus* de rápido crecimiento presenta limitaciones técnicas para sustituir a las maderas tropicales en usos de alto valor. Defectos asociados con la liberación de tensiones de crecimiento, como las rajaduras y torceduras (de tablas y trozas), son considerados como los mayores problemas durante el secado y procesado, constituyendo los principales factores de reducción de rendimiento industrial, resultando en productos de baja calidad con propiedades mecánicas variables e inestabilidad geométrica (Nutto et al. 2004; Trugilho et al. 2004). Para *Eucalyptus dunnii* se determinó que hasta un tercio de la madera aserrable puede ser descalificada debido a tensiones de crecimiento (Matos et al. 2003).

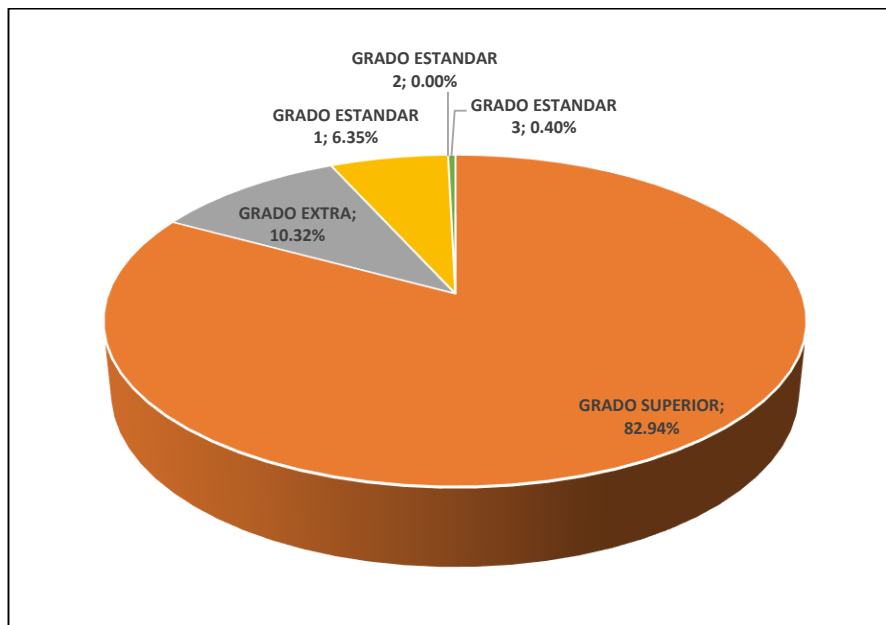


Figura 7. Resumen de calidad según dimensiones del cuartón

En la Tabla 12 y Figura 7, se puede ver que, el aserrío de trozas de *Eucalyptus saligna* produce casi en su totalidad cuartones de dimensiones aceptables que lo establecen como calidad Grado Superior. Un pequeño porcentaje se encuentra en Grado Extra y Grado Estandar 1, lo cual correspondería a los cuartones obtenidos con cortes extra.

#### 4.4.3. Calidad según aserrío de los cuartones

Tabla 13. Resumen de calidad según aserrío del cuartón

CALIDAD	INDICADORES DE CALIDAD							PROMEDIO	%
	D	E	F	G	H	I	J		
GRADO SUPERIOR	0	0	71	71	71	71	71	50.71	60.37%
GRADO EXTRA	71	71	0	0	13	0	0	22.14	26.36%
GRADO ESTANDAR 1	13	13	13	13	0	13	13	11.14	13.27%
GRADO ESTANDAR 2	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00%
GRADO ESTANDAR 3	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>100.00%</b>

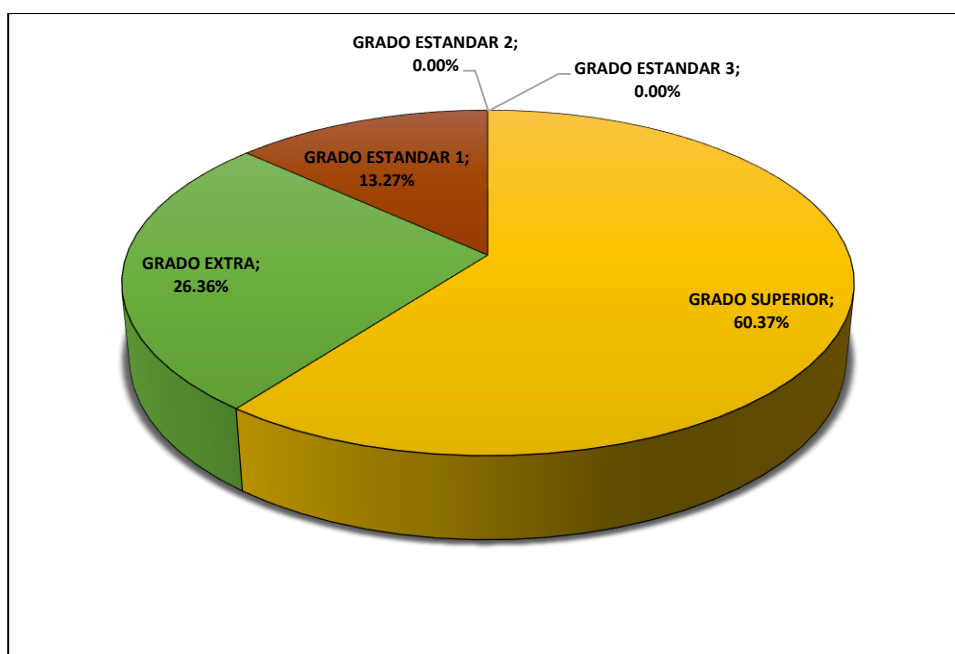


Figura 8. Resumen de calidad según aserrío del cuartón

En cuanto a la calidad de los cuartones tomando en cuenta el aserrío de la madera, en la Tabla 11 y la Figura 8, se muestra que poco más de la mitad de los cuartones tienen calidad Grado Superior, mientras que el resto tiene calidad Grado Extra o Grado Estándar 1. La calidad disminuye con respecto al ítem anterior debido a que es necesarios mayor número de cortes para obtener el volumen de madera aserrada de los cuartones. Esto está en función al tamaño de las trozas, en especial en el diámetro.

#### 4.4.4. Calidad según madera obtenida de los cuartones

Tabla 14. Resumen de calidad según madera obtenida del cuartón

CALIDAD	INDICADORES DE CALIDAD								PROMEDIO	%
	K	L	M	N	O	P	Q	R		
GRADO SUPERIOR	64	59	79	83	14	67	22	49	54.63	65.03%
GRADO EXTRA	17	9	5	1	66	9	24	21	19.00	22.62%
GRADO ESTANDAR 1	2	11	0	0	4	8	28	13	8.25	9.82%
GRADO ESTANDAR 2	0	5	0	0	0	0	8	1	1.75	2.08%
GRADO ESTANDAR 3	1	0	0	0	0	0	2	0	0.38	0.45%
<b>TOTAL</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>100.00%</b>

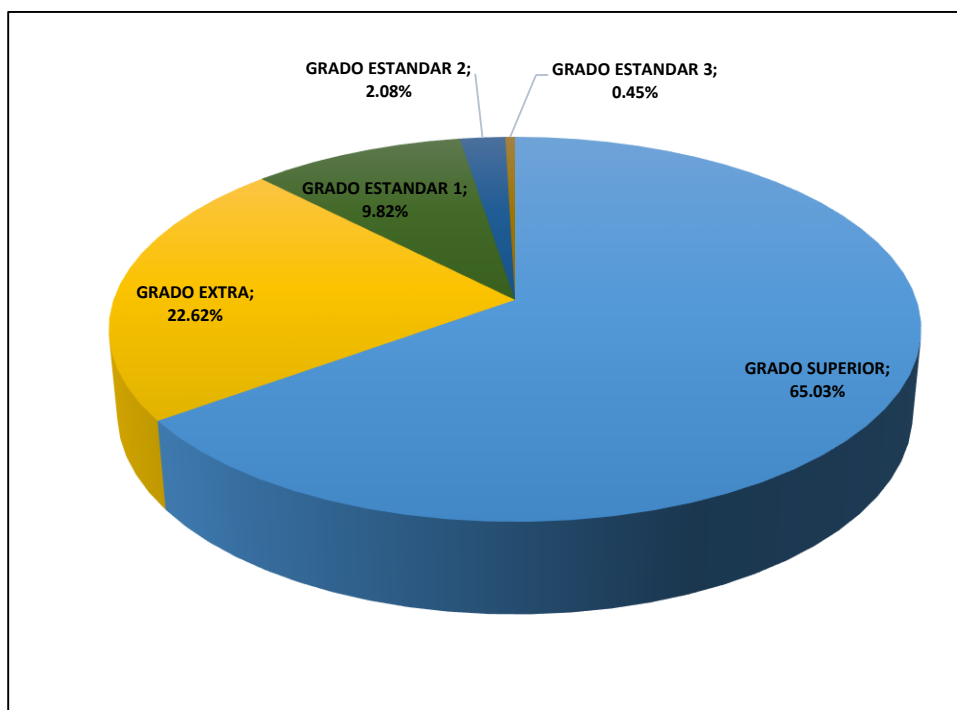


Figura 9. Resumen de calidad según madera obtenida del cuartón

En la Tabla 14 y la Figura 9, se muestra la calidad que depende exclusivamente de la especie y de la silvicultura de la plantación. Debido que son árboles jóvenes (08 años de edad) y han tenido un crecimiento acelerado (5 cm de DAP/año) es de esperarse la presencia de madera juvenil en gran porcentaje, y médula no duraminizada. La madera juvenil y la presencia de médula tienden a generar la presencia de defectos durante el secado y posterior como son alabeaduras, grietas, rajaduras, abarquillado, colapso entre otros.

Por otro lado, el género *Eucalyptus*, se caracteriza por tener un grano de la madera con marcada inclinación y entrecruzado, lo que incrementa la aparición de defectos como alabeos y rajaduras. Es por ello que Lima (2016), asegura que de los 12 millones de m<sup>3</sup> ssc (sólido sin corteza) de trozas consumidas de eucalipto fueron utilizados principalmente para la producción de pulpa de madera (53,1 %) y astillas (41,6 %). Solo una pequeña parte (6,2 %) fue destinada a la producción de madera aserrada, tableros y chapas, debido

principalmente a la gran dificultad que existe en el proceso de secado del eucalipto sin que éste se fracture.

La calidad de la madera de los cuartones en cuanto a su respuesta al secado disminuya significativamente; sin embargo, en las evaluaciones realizadas se obtuvieron resultados satisfactorios donde las dos terceras partes de los cuartones mostraron calidad Grado Superior, siendo importante la presencia de calidades Grado Extra y Grado Estándar 1.

En estos indicadores de calidad, aparecen porcentajes de cuartones con calidades muy bajas como Grado Estándar 2 y Grado Estándar 3; que tienen valores bajos debido al extremo cuidado que se ha tenido durante el aserrío y secado, pero estos valores pueden incrementarse en una producción industrial ordinaria.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

En plantación de *Eucalyptus saligna*, bajo agroforestería, existe una producción volumétrica de madera en pie concentrada en tres clases diamétricas, demostrando una homogeneidad del crecimiento de la plantación; con calidad del fuste regular a buena, influyendo en el rendimiento del aprovechamiento de los árboles, con un coeficiente de pérdida alto, con rendimiento total del aserrío de trozas alto y se encuentra por encima del rendimiento oficial para el Perú.

El uso de sierra cinta acorde con el diámetro promedio de las trozas influye en menor producción de aserrín, que se traduce en el incremento del rendimiento; donde, la producción de residuos de madera, está influenciado por la calidad del fuste y por consiguiente de los defectos de las trozas.

El secado natural es favorable para la madera aserrada de *Eucalyptus saligna*, llegando a una humedad de equilibrio higroscópico solo en dos meses, y obteniéndose una calidad superior en más de la mitad de cuartones; donde los cuartones obtenidos tienen calidad de Grado Superior para los indicadores de dimensión de cuartón, disminuyendo la calidad para los indicadores de aserrío de los cuartones y calidad de la madera del cuartón, donde empieza a tener importancia las calidades Grado Extra y Grado Estándar 1; así mismo, el aserrío industrial convencional y secado natural de cuartones se debe esperar con bastante confianza calidades Grado Superior en el 50% de los cuartones y calidad Grado Extra y Grado Estándar 1 en la otra mitad de cuartones.



## 5.2. Recomendaciones

Realizar investigaciones en el aprovechamiento de plantaciones agroforestales de *Eucalyptus saligna*, teniendo en cuenta la edad mayor de la plantación y los parámetros dasométricos mayores.

Realizar investigación tomando en cuenta la calidad de la madera aserrada obtenida en sus parámetros tecnológicos como las propiedades físicas, mecánicas, trabajabilidad y organolepsia.

El aprovechamiento de las plantaciones agroforestales de *Eucalyptus saligna* se deben postergar hasta que éstos tengan mayor edad y maduración de la madera, mejorando la calidad de la madera aserrada por el secado y propiedades tecnológicas; así mismo, las plantaciones agroforestales deben diseñarse para facilitar su extracción, mejorando la calidad de los cuartones para su aserrío y dimensiones.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez H., Fernández J. 1992. Fundamentos Teóricos del Secado de la Madera. Madrid. 190 p.

Ananías R. 1992. Física de la Madera. Departamento de ingeniería en maderas. Universidad del Bio-Bio. Chile. 41 p.

Aróstegui A. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de madera peruanas. Documento de trabajo N° 2. Proyecto PNUD/FAO7PER/81/002. Lima, Perú. 57 p.

Arreaga, M. 2017. Rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de caoba (*Swietenia macrophylla*), en dos aserraderos del Municipio de Flores, Peten. Guatemala (en línea). Tesis Ing. Agrónomo. San Carlos, Guatemala, USAC. 55 p. Consultado el 24 de setiembre del 2019. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_0952.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0952.pdf)

Bertoni, V.R. y Juárez, M.V.G. 1980. Comportamiento de nueve especies forestales tropicales plantadas en 1971 en el Campo Experimental Forestal Tropical "El Tormento". Rev. Cien. For. en Méx. 5(25): 3-40

Bolfor; Chavez, A. 1997. Estudio de Rendimiento, Tiempos y Movimientos en el Aserrió. Proyecto USAID. Manual Práctico. Santa Cruz, Bolivia. 29 p.

Calvo F, AD Cotrina, AG Cuffré, JC Piter, PM Stefani, EA Torrán. 2006. Variación radial y axial del inchamiento del factor anisotrópico y de la densidad en el *Eucalyptus grandis* de Argentina. Maderas: Ciencia y Tecnología 8(3): 159-168.

Campos E. 2006. Variación de la densidad básica de la madera, en siete familias de *Larix decidua* Miller (en línea). Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile, UACH. 54 p. Consultado el 11 de diciembre del 2019. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/fifc186v/doc/fifc186v.pdf>

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanzas, Costa Rica). 2018. Árboles de Centroamérica: *Swietenia macrophylla* (en línea). Costa

Rica.Centre. Nota Técnica N°. 25. Turrialba, Costa Rica. p. 49-50. Consultado el 20 de junio del 2020. Disponible en: <http://www.arbolesdecentroamerica.info>.

Coronel E. 1994. Fundamentos de las propiedades físicas y mecánicas de las maderas, 1º parte, fundamentos de las propiedades físicas de las maderas (en línea). Instituto de Tecnología de la Madera. 1ed. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero. Consultado 15 jun. 2019. Disponible en <https://fcf.unse.edu.ar/index.php/portfolio/fundamentos-de-las-propiedades-fisicas-y-mecanicas-de-las-maderas-aspectos-teoricos-y-practicos-para-la-determinacion-de-las-propiedades-y-sus-aplicaciones-2da-parte-fundamentos-de-las-propiedade/>

Cronquist, A. An integrated system of classification of flowering plants [en línea]. Columbia University Press, Nueva York. 1981. Consultado 18 de mar. 2019. Disponible en [https://es.linkfang.org/wiki/Sistema\\_de\\_clasificaci%C3%B3n\\_de\\_Cronquist#cite\\_ref-Cronquist\\_1981\\_2-1](https://es.linkfang.org/wiki/Sistema_de_clasificaci%C3%B3n_de_Cronquist#cite_ref-Cronquist_1981_2-1)

Cuevas E. 2003. Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánica (en línea). Talca, Chile. UTALCA. 68 p. Consultado 13 mar. 2019. Disponible en [dspace.utralca.cl/retrieve/6282/diaz\\_mendez.pdf](dspace.utralca.cl/retrieve/6282/diaz_mendez.pdf).

Da Silva Oliveira JT, J de Castro Silva. 2003. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. Revista *Árvore* 27(3):381-385.

De Freitas Amparado K. 2008. Qualidade da madeira serrada e dos painéis colados lateralmente obtidos de un plantio de *Eucalyptus saligna* Smith Visando o Segmento Móvel. Mestre em Ciências no curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais. Rio de Janeiro, Brasil. Instituto de Florestas. Universidade Federal Rural Do Rio de Janeiro. 59 p.

DeBell D, C Keves, B Gartner. 2001. Wood density of *Eucalyptus saligna* grown in Hawaiian plantations: effects of silvicultural practices and relation to growth rate. *Australian Forest* 64(2):106-110. DOI: 10.1080/00049158.2001.10676173.

Denig, J. 1990. Control de la calidad en aserraderos de pino del sur. North Carolina, US, Cooperative Extension Service. 47 p.

Díaz J. 2005. Ensayos mecánicos de la madera (en línea). Valdivia, Chile. UACH. 44 p. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en [http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/2305/1/diaz\\_mendez.pdf](http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/2305/1/diaz_mendez.pdf).

Díaz J., Vaz E. 2003. Anatomía de Maderas (en línea). Valdivia, Chile. UACH. 150 p. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <http://www.scielo.cl/pdf/magallania/v40n1/art18.pdf>

Egas, AF. 1998. Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda. Tesis Dr. CC Forestales. Cuba, Universidad de Pinar del Río. 100 p.

FAO. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos (en línea). Vol. 1 – Estimación de Volumen. Roma. Centre Technique Forestier Tropical. 1980. Consultado 31 mar. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ap353s.pdf>

Forte, C.R. 2005. Evaluación dasométrica de cuatro especies tropicales en una plantación experimental en Tecomán, Colima, México. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. División de Ciencias Agronómicas. Zapopan, Jalisco, México. 81 p.

García, J., Morales, L. Y Valencia, S. 2001. Coeficientes de aserrío para cuatro aserraderos banda en el sur de Jalisco. Nota técnica N° 5 UAAAN, Saltillo, México. 12 p.

García, L., Palacios, P. 2002. La madera y su tecnología. Fundación Conde del Valle de Salazar y Ediciones Multiprensa. AITIM. Madrid, España. 322 p.

Guevara, L., Reyes, P., Bocanegra, L. 1993. Evaluación de residuos de aserrío. Rev. Folia amazónica Vol. 5 (1-2), 191-201 p.

Clima de Jaén [Mensaje en un blog]. Lima. IGP - Instituto Geofísico del Perú. (2017). Consultado 15 mar. 2019. Disponible en <http://www.met.igp.gob.pe/clima/HTML/jaen.html>

INRENA (Instituto Nacional De Recursos Naturales, Perú). 2005. Resolución Jefatura! N°014-2005-INRENA, del 13 de enero del 2005.

INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Arg.). 2012. Manual para Productores de Eucalipto en la Mesopotamia Argentina. 28 propiedades de la madera de eucalipto (en línea). 1995 publicación original. Consultado 15 ago. 2019. Disponible en [http://inta.gob.ar/documentos/manualpara-productores-de-eucaliptos-de-la-mesopotamia-argentina1/at\\_multi\\_download/file/INTA\\_manual%20forestal\\_cap28.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/manualpara-productores-de-eucaliptos-de-la-mesopotamia-argentina1/at_multi_download/file/INTA_manual%20forestal_cap28.pdf).

JUNAC (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, VZ.). 1984. Tablas de propiedades físicas y mecánicas de la madera de 20 especies del Perú. PADT REFORT. Lima, Perú. 53 p.

Kingston, B. 1972. Volume tables for *Eucalyptus grandis*. Entebbe, Forest Department. Technical Note N° 186.

Leon, H; Espinoza De Pernia, N. 2001. Anatomía de la madera. Universidad de Los Andes. Talleres Gráficos Universitarias. Mérida, Venezuela 397 p.

Lima, J. 2016. Estudio de caracterización de la cadena de producción y comercialización de la industria forestal: estructura, agentes y prácticas. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura. Chile.

Londoño, A. 2007. Defectos en la madera y estándares de calidad para la venta de madera. En Foro economía de la madera. 2007. Ponencia. CO.

López N. 2001. Efecto de la dirección de corte de aserrado en el secado convencional de madera de eucalipto colorado (*Eucalyptus saligna*). Tesis Magíster en Ciencias Forestales Santiago, Chile. Universidad de Chile. 97 p.

López, N; Yucta, M; Caraguay, K; Minga, R. 2016. La variabilidad dimensional y defectos de secado afectan rendimientos en procesos de cepillado de madera de *Eucalyptus saligna*. BOSQUE 37(1): 169-178, 2016. DOI: 10.4067/S0717-92002016000100016.

Matos, J. L.M.; Iwikari, S.; Rocha, M.P.; Paim, R.M. and Andrade, L.O. 2003. Redução do efecto do tensões de crecimiento em toras de *Eucalyptus dunnii*. Scientia Forestalis 64, 128-135.

Meza, H. 2010. Determinación del rendimiento de la madera de *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (estoraque) en la producción de tablas deck para pisos en la industria de maderas. Servicios Aguilar EIRL (IMSA) Universidad Nacional del Ucayali. Pucallpa. Perú. 34 p

Miguel Miguel, Hugo W. El Espesor de Viruta y la Productividad de madera aserrada de *Eucalyptus globulus* Labill – Huancayo 2016 (en línea). Proyecto de Investigación. Huancayo, Perú. UCP. 72 p. Consultado 19 de mar. 2019. Disponible en <https://es.scribd.com/document/319912090/ARTICULO-CIENTIFICO-rendimiento-y-Productividad-de-Un-Aserrio>

Miguel Miguel, Hugo W. Contenido de humedad de los árboles en pie de *Eucalyptus globulus* Labill 2018 (en línea). Proyecto de Investigación. Huancayo, Perú. UCP. 76 p. Consultado 19 mar. 2019. Disponible en [http://181.65.200.100/sites/uncp.edu/files/institucional/oficina/investigacion/pdf/resumenes/resumen\\_forestales.pdf](http://181.65.200.100/sites/uncp.edu/files/institucional/oficina/investigacion/pdf/resumenes/resumen_forestales.pdf)

MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo – Instituto Nacional de la Calidad – INACAL, Perú). 2005. Normas Técnicas Peruanas de Madera (en línea). Consultado el 26 de agosto del 2021. Disponible en <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/1/jer/prensa/files/MADERA.pdf>

Moras G, Vallejos O. 2013. Tablas de volumen para árboles individuales de *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* cultivados en la región sur de Uruguay.

*Universidad de Talca – Uruguay. Agrociencia Uruguay* vol.17 N°2. Montevideo dic. 2013.

Muñoz J, Coria Á, Nájera R, García M, Sáenz R. 2013. Desarrollo de tres plantaciones comerciales de *Eucalyptus camaldulensis* establecidas en el Municipio de Buenavista, Michoacán, México. *Foresta Veracruzana* 15(2):23-30. 2013

Nájera JA, IR Reta, J Méndez González, JJ Graciano Luna, Rosas García, FJ Hernández. 2006. Evaluación de tres sistemas de asierre en *Quercus sideroxylla* Humb y Bompl. de El Salto, Durango. *Ra Ximhai* 2(2): 497-513.

NTP (Norma Técnica Peruana, Perú). 1971. Maderas. Selección y colección de muestras. Norma NTP 251.008. Lima – Perú, 12 p.

Nutto, L.; Touza Vázquez, M. C. 2004. High Quality Eucalyptus Sawlog Production”. In “Eucalyptus in a Changing World. Proc. IUFRO Conf., Aveiro, 11-15 Oct. (RAIZ, Instituto Investigaçãõ da Floresta e Papel, Portugal).

O’Neill. 2004. Estimación de la calidad de la madera producida en el Uruguay para uso estructural y su evaluación en servicio por métodos no destructivos. En *Notas Técnicas, Departamento de Proyectos Forestales, Nota Técnica No 4. Noviembre 2004.*

Ordóñez R., Bárcenas P., Quiróz A. 1990. Características físico-mecánicas de la madera de diez especies de San Pablo Macuilianguis, Oax. *La madera y su Uso. San Pablo: Instituto de Ecología. Citado en: FUENTES-TALAVERA, F. J. H.G.; SANJUÁN-DUEÑAS, R. Comportamiento higroscópico de la madera de *Persea americana* var. *guatemalensis* Mill (Hass). En: *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 2002, 8(1):49-56. Consultado 21 mar. 2019. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/617/61770108.pdf>**

Ortiz B, R., Martínez, S., Vázques R, D. & Juárez, W. 2006. Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género *Pinus* en la región Sierra Sur, Oaxaca, México. *Colombia Forestal*, 19(1), 79-93.

Pérez V. 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 451 p.

Piqueras, I. 2011. Monitoreo de plantaciones forestales fomentadas por plantaciones forestales fomentadas por FONDEBOSQUE en Oxapampa, Pasco. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria la Molina. 71 p.

Piter JC, E Torran, I Villalba, C Calvo, A Cuffre, C Tejedor, A Sosa Zitto, N Zakowicz, M Sánchez Acosta. 2012. Contractibilidad de la madera de *Eucalyptus grandis* de distintas poblaciones genéticas de la Mesopotamia. Grupo GEMA - Universidad Tecnológica Nacional UTN. Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Puchaicela C. 2013. Estudio de la estructura anatómica y propiedades físico-mecánicas de cinco especies maderables en bosques secundarios del cantón Zamora. Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 161 p.

Quintanar, O. 2002. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. Libro Técnico N°2. INIFAP-CIRCE-C. E. San Martinito-Tlahuapan, Puebla. 195 p.

Quirós, R; Chinchilla, O; Gómez, M. 2005 (en línea). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Agronomía Costarricense* 29(2): 7-15. ISSN: 0377-9424 / 2005. Consultado 22 set. 2019. Disponible en [www.mag.go.cr/revagr/inicio.htm](http://www.mag.go.cr/revagr/inicio.htm). [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)

Quiroz, R. 1990. Optimización del proceso de aserrío en maderas de cortas dimensiones en el Pacífico Seco. Tesis Mag. Sc. Turrialba. Costa Rica. 131 p.

Ríos, M. 2005. Manual de buenas prácticas de manufactura para la industria del aserrío (en línea). Documento 2. MINCETUR. Consultado 22 ago. 2019. Disponible en <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/Otros/Penx/estudios/DimensionamientoClasificacionVisual/InfFinal MBP.pdf>.

Rivera Samaniego, Jhony. Variación del Contenido de Humedad y Cambio Dimensional en Diferentes Alturas de Fuste de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Mart.) en la Zona Tingo María 2014 (en línea). Ing. en Recursos Naturales



Renovables Mención Forestales. Tingo María, Perú. UNAS. 94 p. Consultado el 21 de set. 2019. Disponible en <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/619>

Rodríguez, I. 2007. Aserrío y secado de la madera de *Quercus sideroxylla* en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Tesis Ms. Ciencias en desarrollo forestal sustentable. Instituto Tecnológico de El Salto. México. 113 p.

Rodríguez, R. I. 2007. Aserrío y secado de la madera de *Quercus sideroxylla* en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango (Tesis de maestría, M. en C.). El Salto, Pueblo Nuevo, Durango. Instituto Tecnológico de El Salto. 100 p.

Rojas, C. 2000. Costo y rendimiento del aserrío en el aserradero de disco de la comunidad nativa Santa Mercedes – Río putumayo. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. UNAP. Iquitos – Perú. 110 p.

Sánchez M. 2003. III Jornadas de la Madera & Construcción Córdoba. 2003 tecnologías y usos de *Eucalyptus grandis* en viviendas (en línea). Diapositivas. Consultado el 22 jun 2019. Disponible en <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210071.pdf>.

Sánchez, M.; Estevez, S.; Martínez, U. 2009. Uso de técnicas de ensayo no destructivas para el conocimiento de la calidad de la madera de las plantaciones de nogal (*Juglans* sp.) y cerezo (*Prunus avium*) propiedad de Bosques Naturales S. A. 5º Congreso Forestal Español, Montes y Sociedad: saber qué hacer. Castilla y León, ES. 11 p.

Scanavaca, L. & García, N. J. 2003. Rendimiento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*, 63, 32-43.

SERFOR (Servicio Forestal Nacional, Perú). 2015. Anuario Forestal Nacional 2015. Perú Forestal en Números 2015 (en línea). Consultado el 22 jun. 2019. Disponible en <http://www.serfor.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Anuario%20Peru%20Forestal%20en%20Numeros%202015.pdf>

Serrano, R. 2003. La industria forestal en Costa Rica y su desenvolvimiento. In: La industria y la comercialización de productos forestales en Latinoamérica.

Fonseca W., González G., Mora F., Blanco L., (eds). Instituto de Investigación y Servicios Forestales. "INISEFOR", UNA, Heredia. p. 21–32.

Silva J. 2006. Determinación de las características anatómicas y propiedades físicas de la madera de la especie forestal Madero Negro (*Tabebuia billbergii*) o Guayacán (en línea). Consultado el 22 ago. 2019. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos71/comparacion-caracteristicas-maderamaderonegro/comparacion-caracteristicas-madera-madero-negro2.shtml>

Trugilho, J. F.; Iwakiri, S.; Rocha, M. P.; Matos, J. L. M., Saladanha, L. K. 2004. Efeito da Idade e Classe Diamétrica na deformação Residual Longitudinal em Arbores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. Revista Árbore, Viçosa-MG, Vol. 28, N° 5, p.725-731, 2004.

Tusset P. 1981. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Montevideo Uruguay. 668 p.

Valera, L. Salvador, M. 2007. Análisis de dos tipos de corte en el aserrío de la madera de dos especies forestales de la zona de Pucallpa. Rev. Forestal de Ucayali. Perú. Vol. 5. Número 1: 5-32 p.

Vignote, S., Martínez, I. 2006. Tecnología de la madera. Tecnología del corte de la madera. 3 ed. Madrid, España, Mundi Prensa. 687 p.

Vizcarra S. 1998. Guía para el secado de la madera en horno. Proyecto de manejo forestal sostenible BOLFOR. Documento Técnico. Santa Cruz, Bolivia. 64 p.

Yalico, L. A. 2012. Determinación del coeficiente de rendimiento de las especies eucalipto (*Eucalyptus saligna* Smith) y nogal (*Juglans neotropica* Diels) en la región Pasco – Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Zabala, D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Chapingo, México, Universidad Autónoma de Chapingo. 49 p. (Serie de Apoyo Académico N°. 44).

Zamudio 1986. Comportamiento y rendimiento en aserrío de trozas de Terminalia amazonia. Revista Forestal Centroamericana 29(1): 14-19.

Zavala, D. y Hernandez, R. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. Madera y Bosques 6(2): 41-55.

**CAPÍTULO VII. ANEXOS**

**ANEXO 1. DATOS DEL CENSO COMERCIAL REALIZADO A LA PLANTACION AGROFORESTAL DE *Eucalyptus saligna* y CAFÉ**

N°	CÓDIGO	ESPECIE	CAP (m)	DAP (m)	HT (m)	HC (m)	AB (m <sup>2</sup> )	VOL (m <sup>3</sup> )	ESTE	NORTE	ALTITUD	OBS	IMA (cm DAP/año)
1	E01	Eucalipto	0.86	0.27	12	7	0.0589	0.317	731644	9372012	1799		3.42
2	E02	Eucalipto	0.83	0.26	13	9	0.0548	0.380	731640	9372024	1798		3.30
3	E03	Eucalipto	1.2	0.38	15	10	0.1146	0.882	731639	9372026	1798		4.77
4	E04	Eucalipto	1.29	0.41	14	9	0.1324	0.918	731635	9372030	1797		5.13
5	E05	Eucalipto	1.2	0.38	13	9	0.1146	0.794	731639	9372039	1797	C	4.77
6	E06	Eucalipto	1.21	0.39	14	9	0.1165	0.807	731636	9372041	1798		4.81
7	E07	Eucalipto	1.24	0.39	11	5	0.1224	0.471	731633	9372047	1797	T	4.93
8	E08	Eucalipto	1.32	0.42	12	7	0.1387	0.747	731635	9372054	1799	B	5.25
9	E09	Eucalipto	1.45	0.46	16	11	0.1673	1.417	731631	9372055	1801		5.77
10	E10	Eucalipto	1.36	0.43	16	10	0.1472	1.133	731627	9372056	1803		5.41
11	E11	Eucalipto	1.41	0.45	15	10	0.1582	1.218	731621	9372057	1805	A	5.61
12	E12	Eucalipto	1.2	0.38	12	6	0.1146	0.529	731622	9372057	1805	C	4.77
13	E13	Eucalipto	1.33	0.42	17	12	0.1408	1.301	731614	9372061	1807		5.29
14	E14	Eucalipto	1.53	0.49	15	10	0.1863	1.434	731611	9372060	1808		6.09
15	E15	Eucalipto	1.23	0.39	17	11	0.1204	1.020	731607	9372062	1809		4.89
16	E16	Eucalipto	1.46	0.46	18	13	0.1696	1.698	731608	9372063	1810		5.81
17	E17	Eucalipto	0.67	0.21	10	4	0.0357	0.110	731603	9372063	1812	S	2.67
18	E18	Eucalipto	1.68	0.53	15	8	0.2246	1.384	731597	9372063	1813	B	6.68
19	E19	Eucalipto	0.54	0.17	16	10	0.0232	0.179	731597	9372064	1814		2.15
20	E20	Eucalipto	1.39	0.44	17	13	0.1538	1.539	731597	9372071	1815	T	5.53
21	E21	Eucalipto	1.31	0.42	17	13	0.1366	1.367	731586	9372066	1817	T	5.21
22	E22	Eucalipto	1.17	0.37	16	11	0.1089	0.923	731585	9372068	1816	T	4.66

23	E23	Eucalipto	1.28	0.41	11	6	0.1304	0.602	731584	9372070	1817	T, B	5.09	
24	E24	Eucalipto	1.18	0.38	12	7	0.1108	0.597	731584	9372068	1818	T, B	4.70	
25	E25	Eucalipto	0.86	0.27	16	11	0.0589	0.499	731582	9372071	1819		3.42	
26	E26	Eucalipto	1.25	0.40	14	8	0.1243	0.766	731579	9372069	1819	B	4.97	
27	E27	Eucalipto	1.6	0.51	18	14	0.2037	2.196	731576	9372070	1819		6.37	
28	E28	Eucalipto	1.23	0.39	16	11	0.1204	1.020	731573	9372072	1821		4.89	
29	E29	Eucalipto	0.95	0.30	15	10	0.0718	0.553	731570	9372073	1823	C	3.78	
30	E30	Eucalipto	1.17	0.37	17	13	0.1089	1.090	731568	9372071	1822		4.66	
31	E31	Eucalipto	1.24	0.39	18	13	0.1224	1.225	731570	9372077	1823		4.93	
32	E32	Eucalipto	1.17	0.37	16	12	0.1089	1.007	731563	9372080	1824		4.66	
33	E33	Eucalipto	1.34	0.43	17	12	0.1429	1.320	731559	9372079	1825		5.33	
34	E34	Eucalipto	1.18	0.38	17	11	0.1108	0.939	731559	9372081	1825	T	4.70	
35	E35	Eucalipto	1.44	0.46	11	6	0.1650	0.762	731558	9372083	1826	T, B	5.73	
36	E36	Eucalipto	1.48	0.47	17	12	0.1743	1.611	731556	9372087	1826	T	5.89	
37	E37	Eucalipto	1.5	0.48	18	12	0.1790	1.654	731553	9372085	1826	I	5.97	
38	E38	Eucalipto	1.68	0.53	17	11	0.2246	1.902	731538	9372092	1832		6.68	
39	E39	Eucalipto	1.75	0.56	16	10	0.2437	1.877	731531	9372095	1837		6.96	
<b>TOTAL</b>							<b>5.1408</b>	<b>40.189</b>					<b>PROMEDIO</b>	<b>5.02</b>
<b>PROMEDIO</b>			<b>0.401</b>	<b>15.051</b>	<b>9.897</b>	<b>0.132</b>	<b>1.030</b>						<b>5.017</b>	
<b>MÁXIMO</b>			<b>0.557</b>	<b>18.000</b>	<b>14.000</b>	<b>0.244</b>	<b>2.196</b>						<b>6.963</b>	
<b>MÍNIMO</b>			<b>0.172</b>	<b>10.000</b>	<b>4.000</b>	<b>0.023</b>	<b>0.110</b>						<b>2.149</b>	

**NOTA:**

- S SUPRIMIDO
- C CURVATURA DE FUSTE
- T TORCEDURA DE FUSTE
- A AGALLAS
- I INCLINADO
- B BIFURCADO

## ANEXO 2. VOLUMEN DE TROZAS OBTENIDAS DEL APROVECHAMIENTO DE LOS ÁRBOLES SELECCIONADOS

N°	CÓDIGO ÁRBOL	CÓDIGO TROZA	DIÁMETRO MAYOR (m)	DIÁMETRO MENOR (m)	LARGO (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	OBSERVACIÓN
1	E-03	E-03-01	0.400	0.385	2.52	0.3049	
2		E-03-02	0.380	0.340	2.53	0.2575	
3		E-03-03	0.300	0.280	2.51	0.1658	
<b>TOTAL ÁRBOL E-03 APROVECHADO</b>						<b>0.7282</b>	
4	E-18	E-18-01	0.435	0.400	2.50	0.3422	DIÁMETRO OVALADO
5		E-18-02	0.440	0.410	2.55	0.3617	BIFURCACIÓN A 5m
<b>TOTAL ÁRBOL E-03 APROVECHADO</b>						<b>0.7040</b>	
6	E-34	E-34-01	0.380	0.340	2.53	0.2575	
7		E-34-02	0.330	0.310	2.57	0.2067	
8		E-34-03	0.300	0.270	2.52	0.1608	
<b>TOTAL ÁRBOL E-03 APROVECHADO</b>						<b>0.6250</b>	
9	E-09	E-09-01	0.480	0.440	2.54	0.4221	
10		E-09-02	0.420	0.380	2.51	0.3154	
11		E-09-03	0.350	0.300	2.50	0.2074	
<b>TOTAL ÁRBOL E-03 APROVECHADO</b>						<b>0.9449</b>	
12	E-23	E-23-01	0.420	0.370	2.58	0.3162	
13		E-23-02	0.350	0.290	2.56	0.2059	
<b>TOTAL ÁRBOL E-03 APROVECHADO</b>						<b>0.5220</b>	
<b>VOLUMEN TOTAL APROVECHADO</b>						<b>3.5242</b>	

### ANEXO 3. VOLUMEN DE LOS CUARTONES OBTENIDOS DEL ASERRÍO DE LAS TROZAS PRODUCIDAS

N°	CÓDIGO TROZA	VOLUMEN TROZA (m <sup>3</sup> )	CÓDIGO CUARTON	LARGO (')	ANCHO (")	ESPESOR (")	VOLUMEN CUARTON (Pt)	VOLUMEN CUARTON (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN ASERRÍN (m <sup>3</sup> )
1	E-03-01	0.3049	1	6	4	1	2.00	0.00472	0.000618
2			2	8	6	1	4.00	0.00944	0.001153
3			3	8	8	1	5.33	0.01259	0.001483
4			4	8	7	1	4.67	0.01101	0.001318
5			5	8	10	1	6.67	0.01573	0.001812
6			6	8	13	1.5	13.00	0.03068	0.002389
7			7	8	4	2	5.33	0.01259	0.000988
8			8	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
9			9	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-03-01</b>							<b>105.00</b>	<b>0.24777</b>	<b>0.015033</b>
10	E-03-02	0.2575	1	6	8	1	4.00	0.00944	0.001112
11			2	6	8	1	4.00	0.00944	0.001112
12			3	6	6	1	3.00	0.00708	0.000865
13			4	6	9	1	4.50	0.01062	0.001236
14			5	8	8	4	21.33	0.05034	0.001977
15			6	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-03-02</b>							<b>63.50</b>	<b>0.14984</b>	<b>0.008608</b>
16	E-03-03	0.1658	1	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306
17			2	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306
18			3	6	6	1	3.00	0.00708	0.000865

19			4	6	5	1	2.50	0.00590	0.000741
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-03-03</b>							<b>58.83</b>	<b>0.13883</b>	<b>0.006219</b>
20	E-18-01	0.3422	1	8	6	1	4.00	0.00944	0.001153
21			2	8	10	1	6.67	0.01573	0.001812
22			3	8	12	1	8.00	0.01888	0.002142
23			4	8	13	4	34.67	0.08180	0.002801
24			5	8	5	2	6.67	0.01573	0.001153
25			6	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
26			7	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-18-01</b>							<b>124.00</b>	<b>0.29261</b>	<b>0.014333</b>
27	E-18-02	0.3617	1	8	8	1	5.33	0.01259	0.001483
28			2	8	8	1	5.33	0.01259	0.001483
29			3	8	4	4	10.67	0.02517	0.001318
30			4	8	6	4	16.00	0.03776	0.001647
31			5	8	7	1.5	7.00	0.01652	0.001400
32			6	8	8	1.5	8.00	0.01888	0.001565
33			7	8	7	3	14.00	0.03304	0.001647
34			8	8	6	3	12.00	0.02832	0.001483
35			9	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-18-02</b>							<b>110.33</b>	<b>0.26036</b>	<b>0.014663</b>
36	E-34-01	0.2575	1	8	7	1	4.67	0.01101	0.001318
37			2	8	8	1	5.33	0.01259	0.001483
38			3	8	11	1.5	11.00	0.02596	0.002059
39			4	8	7	1	4.67	0.01101	0.001318
40			5	8	5	2	6.67	0.01573	0.001153
41			6	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306
42			7	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306



<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-34-01</b>							<b>85.67</b>	<b>0.20215</b>	<b>0.011944</b>
43	E-34-02	0.2067	1	8	5	1	3.33	0.00787	0.000988
44			2	8	8	3	16.00	0.03776	0.001812
45			3	8	3	3	6.00	0.01416	0.000988
46			4	8	12	3	24.00	0.05663	0.002471
47			5	6	6	1	3.00	0.00708	0.000865
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-34-02</b>							<b>52.33</b>	<b>0.12349</b>	<b>0.007125</b>
48	E-34-03	0.1608	1	8	5	1	3.33	0.00787	0.000988
49			2	8	5	4	13.33	0.03146	0.001483
50			3	8	4	3.5	9.33	0.02202	0.001236
51			4	8	5	1	3.33	0.00787	0.000988
52			5	8	5	3	10.00	0.02360	0.001318
53			6	8	5	4	13.33	0.03146	0.001483
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-34-03</b>							<b>52.67</b>	<b>0.12428</b>	<b>0.007496</b>
54	E-09-01	0.4221	1	8	6	1	4.00	0.00944	0.001153
55			2	8	10	1	6.67	0.01573	0.001812
56			3	8	12	1	8.00	0.01888	0.002142
57			4	8	12	2	16.00	0.03776	0.002306
58			5	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
59			6	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
60			7	8	12	2	16.00	0.03776	0.002306
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-09-01</b>							<b>114.67</b>	<b>0.27058</b>	<b>0.014992</b>
61	E-09-02	0.3154	1	8	5	1	3.33	0.00787	0.000988
62			2	8	8	2	10.67	0.02517	0.001647
63			3	8	8	3	16.00	0.03776	0.001812
64			4	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306
65			5	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306

<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-09-02</b>							<b>83.33</b>	<b>0.19664</b>	<b>0.009061</b>
66	E-09-03	0.2074	1	6	8	1	4.00	0.00944	0.001112
67			2	8	8	1	5.33	0.01259	0.001483
68			3	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306
69			4	8	10	4	26.67	0.06293	0.002306
70			5	8	8	1.5	8.00	0.01888	0.001565
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-09-03</b>							<b>70.67</b>	<b>0.16675</b>	<b>0.008773</b>
71	E-23-01	0.3162	1	6	8	1	4.00	0.00944	0.001112
72			2	6	8	1	4.00	0.00944	0.001112
73			3	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
74			4	8	12	4	32.00	0.07551	0.002636
75			5	8	8	1	5.33	0.01259	0.001483
76			6	8	11	1	7.33	0.01730	0.001977
77			7	8	7	1	4.67	0.01101	0.001318
78			8	8	5	2	6.67	0.01573	0.001153
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-23-01</b>							<b>96.00</b>	<b>0.22653</b>	<b>0.013427</b>
79	E-23-02	0.2059	1	8	9	3	18.00	0.04248	0.001977
80			2	8	9	4	24.00	0.05663	0.002142
81			3	6	6	4	12.00	0.02832	0.001236
82			4	6	4	1	2.00	0.00472	0.000618
83			5	8	6	1	4.00	0.00944	0.001153
84			6	8	8	1	5.33	0.01259	0.001483
<b>VOLUMEN ASERRADO TOTAL TROZA E-23-02</b>							<b>65.33</b>	<b>0.15417</b>	<b>0.008608</b>

## ANEXO 4. DATOS DE LA CALIDAD DE LOS CUARTONES OBTENIDOS LUEGO DEL SECADO NATURAL

INDICADORES DE CALIDAD																				
CALIDAD SEGÚN DIMENSIONES					CALIDAD SEGÚN ASERRÍO								CALIDAD SEGÚN LA MADERA							
N° CUARTON	C.H. INICIAL (%)	C.H. FINAL (%)	TAMAÑO MÍN. DE PIEZA		TAMAÑO MINIMO CORTES RENDIMIENTO (C)	RENDIMIENTO BÁSICO (%)		NÚMERO DE CORTES POR PIEZA		SUPERFICIE TOTAL CORTE EXTRA (H)	RENDIMIENTO POR CORTE EXTRA		MADERA PODRIDA Y OTROS (K)	CORA-ZÓN (L)	MADERA TORCIDA (M)	ABARQUILLADO COMPLEJO (N)	ALBURA EN CARA Y BORDE (O)	ARISTA FALTANTE (P)	RAJADURAS (Q)	NUDOS (R)
			LARGO (A)	ANCHO (B)	% (D)	N° UCL (E)	N° CORTES (F)	N° MAX. CORTES (G)	% (I)	N° UCL (J)										
1	34	10	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	1	1	3	1	2	1
2	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
3	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1
4	41	17	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
5	39	15	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1
6	40	16	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	5	3	1	1	2	2	2	1
7	35	9	1	3	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	2	1	2	1	2	2
8	36	9	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
9	34	9	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	3	3
10	34	10	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	2	1	3	2	2	2
11	35	11	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	1	1	2	2	3	2
12	35	11	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	1	1	2	2	3	3
13	39	15	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	1	1	2	1	3	2
14	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
15	39	15	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1
16	40	16	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
17	34	10	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1

18	37	9	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	1	1	1	2	2	2	1
19	34	10	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	2	1	2	1	2	2
20	34	10	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
21	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	5	1
22	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	1	1	2
23	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
24	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1
25	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1
26	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	4	1
27	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	3	1	1
28	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	2
29	37	13	1	3	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	4	1
30	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	3	2	1	1	2	1	3	2
31	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	4
32	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2
33	34	10	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	2	1
34	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	1	1
35	34	10	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
36	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1
37	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	3
38	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3
39	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1
40	37	9	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
41	40	16	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	2
42	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	3
43	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	3	2
44	34	10	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	4	2

45	35	11	1	5	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	1	
46	34	10	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	3	1	1	2	1	4	1	
47	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	
48	41	17	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
49	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2
50	38	14	1	3	1	2	2	1	1	1	1	1	2	4	1	1	1	1	3	3	
51	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	3	1	1	
52	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	
53	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	
54	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
55	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	
56	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	
57	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	
58	39	15	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	3	3	
59	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	3	3	3	
60	35	11	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	1	3	
61	39	15	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	1	1	2	3	
62	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	
63	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
64	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	2	
65	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	3	
66	34	10	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	2	1	1	1	3	3	2	
67	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	4	2	
68	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	1	
69	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	1	4	1	
70	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	
71	34	10	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	1	1	2	2	3	3	

72	35	11	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	1	1	2	1	3	2
73	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
74	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1
75	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1
76	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1
77	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1
78	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2
79	37	13	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
80	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	5	1
81	34	10	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	4	1	1	2	1	1	2
82	35	9	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	1	1	1	1	2	1	2	1
83	36	12	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
84	38	14	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3	2
<b>PROMEDIO</b>	<b>36.48</b>	<b>12.29</b>																		
<b>GRADO SUPERIOR</b>			<b>71</b>	<b>67</b>	<b>71</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>64</b>	<b>59</b>	<b>79</b>	<b>83</b>	<b>14</b>	<b>67</b>	<b>22</b>	<b>49</b>
<b>GRADO EXTRA</b>			<b>13</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>71</b>	<b>71</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>66</b>	<b>9</b>	<b>24</b>	<b>21</b>
<b>GRADO ESTANDAR 1</b>			<b>0</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>11</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>28</b>	<b>13</b>
<b>GRADO ESTANDAR 2</b>			<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>1</b>
<b>GRADO ESTANDAR 3</b>			<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>TOTAL</b>			<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>	<b>84</b>

**NOTA:**

- 1 = GRADO SUPERIOR
- 2 = GRADO EXTRA
- 3 = GRADO ESTANDAR 1
- 4 = GRADO ESTANDAR 2
- 5 = GRADO ESTANDAR 3

## ANEXO 5. ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Foto 1 y 2. Ejecución del censo comercial



Foto 3 y 4. Apeo de árboles en estudio



Foto 5 y 6. Ejecución del censo comercial



Foto 7 y 8. Aserrío de trozas





Foto 9. Aserrío de cuarterones



Foto 10. Secado natural de la madera aserrada