

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL
Y AMBIENTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN

RENDIMIENTO DE LA ESPECIE *Cedrelinga catenaeformis* EN
EL PROCESO DE LA TRANSFORMACION PRIMARIA DE
MADERA ASERRADA EN JUANJUÍ

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

Autor(es): Bach. Pedro Pablo Toro Goicochea

Bach. Erland Smith Cubas Rojas

Asesor: M.Sc. Handry Martin Rodas Purizaga

Línea de investigación:

Conservación, Manejo y Aprovechamiento De Los Recursos Naturales

JAEN-PERU, JULIO, 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

**RENDIMIENTO DE LA ESPECIE Cedreling
a catenaeformis EN EL PROCESO DE LA
TRANSFORMACION PRIMARIA DE MA**

AUTOR

**Pedro Pablo Toro Goicochea & Erland S
mith Cubas Rojas**

RECUENTO DE PALABRAS

15265 Words

RECUENTO DE CARACTERES

69101 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

74 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.1MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 26, 2024 10:20 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 26, 2024 10:21 AM GMT-5

● **19% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 10 de Julio del año 2024, siendo las 8:30 horas, se reunieron los integrantes del Jurado de manera presencial, en la sala de docentes de la escuela de Ingeniería Forestal y Ambiental.

Presidente : Dr. JUAN MANUEL GARAY ROMAN
Secretario : M.Sc MARIO RUIZ RAMOS
Vocal : Dr. SEGUNDO SANCHEZ TELLO
para evaluar la sustentación del:

- () Informe final de tesis
() Proyecto de tesis
() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado:

“RENDIMIENTO DE LA ESPECIE *Cedrelinga catenaeformis* EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN PRIMARIA DE MADERA ASERRADA EN JUANJUI”
presentado por los bachilleres **Pedro Pablo Toro Goicochea** y **Erland Smith Cubas Rojas** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

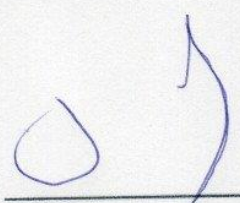
- () Aprobar () Desaprobar () Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

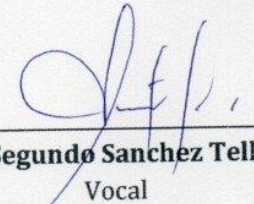
- | | | |
|----------------|------------|---|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | (<input type="checkbox"/>) |
| b) Muy bueno | 16, 17 | (<input checked="" type="checkbox"/>) |
| c) Bueno | 14, 15 | (<input type="checkbox"/>) |
| d) Regular | 13 | (<input type="checkbox"/>) |
| e) Desaprobado | 12 ò menos | (<input type="checkbox"/>) |

Siendo las 10:00 am horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Jaén, 10 de julio del 2024



Dr. Juan Manuel Garay Roman
Presidente



Dr. Segundo Sanchez Tello -
Vocal



M. Sc Mario Ruiz Ramos
Secretario

INDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	8
II	MATERIALES Y METODOS.....	11
2.1	Ubicación del área de estudio	11
2.2	Materiales.....	12
2.2.1	Maquinas	12
2.2.2	Población	14
2.2.3	Muestra	14
2.2.4	Muestreo	15
2.2.5	Hipótesis	15
2.2.6	Variables de estudio.....	15
2.3	Metodología.....	16
2.3.1	Identificación del flujo del productivo en el aserrío.....	17
2.3.2	Selección y marcación de trozas a evaluar	18
2.3.3	Cubicación de la troza	19
2.3.4	Cubicación de madera aserrada.	20
2.3.5	Determinación del rendimiento de la madera.....	21
2.3.6	Determinar los desperdicios	22
2.3.7	Análisis estadístico de datos	22
III	RESULTADOS	24
3.1	Identificar el flujo productivo en el aserrío del aserradero.....	24
3.1.1	Diagrama de flujo de operaciones del proceso (DFOP).....	26
3.2	Evaluar las etapas del procedimiento de aserrado de la especie tornillo por unidades de producción y su rendimiento.	28
3.3	Volumen de aserrado por etapas	32
3.3.1	Primera etapa.	32
3.3.2	Segunda etapa.	34

3.4	Volumen de piezas Madera Aserrada	37
3.5	Rendimiento de madera aserrada por etapa de aserrio.....	45
3.5.1	Rendimiento etapa 1	46
3.5.2	Rendimiento de la etapa 2	48
3.6	Análisis de regresión y correlación.....	50
3.6.1	Cálculo de regresión	51
3.7	Análisis de residuos	53
IV	DISCUSIONES	54
V	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1	Conclusiones.....	57
5.2	Recomendaciones	58
VI	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
VII	ANEXOS.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y Equipos	12
Tabla 2. Maquinaria utilizada por el aserradero Tarapoto S.A.C	13
Tabla 3. Operacionalización de variables	16
Tabla 4. Simbología.....	17
Tabla 5. Cuantificación de volumen para troza en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)	28
Tabla 6. Volumen de madera aserrada etapa 1	32
Tabla 7. Volumen de madera aserrada etapa 2	34
Tabla 8. Cuantificación de volumen para producto “tabla” en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)	37
Tabla 9. Cuantificación de volumen para producto “cuarton” en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)	39
Tabla 10. Cuantificación de volumen para producto “Liston” en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)	41
Tabla 11. Cuantificación de volumen para producto “tabloncillo” en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis).....	44
Tabla 12. Etapas de aserrío	45
Tabla 13. Rendimiento de Tornillo (Cedrelinga Catenaeformis) en la etapa 1	46
Tabla 14. Rendimiento de la especie Cedrelinga catenaeformis en la etapa 2	48
Tabla 15. Cuadro para el análisis de regresión Lineal	50
Tabla 16. Cálculo matemático de la ecuación por el método de regresión lineal simple	51

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	11
Figura 2. Marcado de trozas	18
Figura 3. Cubicación de la troza.....	19
Figura 4. Cubicación de madera aserrada.....	20
Figura 5. Flujo de producción.....	24
Figura 6. Diagrama de flujo de procesos	27
Figura 7. Diámetro promedio de trozas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)	29
Figura 8. Diámetro de las 28 trozas	30
Figura 9. Volumen de trozas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)	31
Figura 10. Volumen aserrado por troza de Cedrelina catenaeformis en la etapa 1	33
Figura 11. Volumen aserrado por troza de Cedrelina catenaeformis en la etapa 2	35
Figura 12. Volúmenes de las diferentes etapas de aserrado de Cedrelinga catenaeformis	36
Figura 13. Porcentaje de las piezas obtenidas en el estudio	45
Figura 14. Rendimiento de Tornillo (Cedrelinga Catenaeformis) en etapa 1	47
Figura 15. Rendimiento de Cedrelinga catenaeformis en la etapa 2	49
Figura 16. Grafica de regresión	52
Figura 17. Residuos Generados	53

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en el aserradero Tarapoto S.A.C, ubicado en el departamento de San Martín, provincia de Mariscal Cáceres y distrito de Juanjuí. La investigación tuvo por objetivo determinar el rendimiento de la especie *Cedrelinga catenaeformis* en el proceso de la transformación primaria de madera. La metodología contempló una muestra de 28 trozas con un volumen total de 133.8 m³. Los resultados obtenidos fueron 2667 piezas de madera aserrada equivalente a 69,4 m³ entre listones, tablas, tabloncillos y cuartones. Se obtuvo un coeficiente de determinación (R²) de 0.974 y un modelo de regresión con la ecuación $V_{Madera\ aserrada} = -0.384 + 0.598 * (V_{Troza})$. Los resultados indican un coeficiente de rendimiento promedio de 59.56% en la etapa 1 y 49.58% para la etapa 2 de madera aserrada. Además, se encontró una distribución de planta la cual está organizada de manera lógica con respecto al flujo de producción de madera.

Palabras Clave: *Rendimiento, Flujo, Madera aserrada, Transformación*

ABSTRAC

This study was carried out at the Tarapoto S.A.C. sawmill, located in the department of San Martin, province of Mariscal Caceres and district of Juanjui. The objective of the research was to determine the yield of *Cedrelinga catenaeformis* species in the primary wood transformation process. The methodology contemplated a sample of 28 logs with a total volume of 133.8 m³. The results obtained were 2667 pieces of sawn timber equivalent to 69.4 m³ between laths, boards, planks and quarters. A coefficient of determination (R²) of 0.974 and a regression model with the equation $V_{Sawn\ timber} = -0.384 + 0.598 * (V_{Log})$ were obtained. The results indicate an average yield coefficient of 59.56% for stage 1 and 49.58% for stage 2 sawnwood. In addition, a plant layout was found which is logically organized with respect to the wood production flow.

Key words: *Yield, Flow, Sawnwood, Processing*

I INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la madera ha sido un material fundamental en las creaciones humanas debido a sus valiosas características físicas y mecánicas. Su uso se ha expandido gracias a avances tecnológicos que han dado lugar a nuevos productos, ampliando así las posibilidades de aplicación de la madera. Actualmente, se buscan continuamente maneras de mejorar su uso y sacar el máximo provecho de este recurso (Leyva et al., 2017).

En el Perú, se encuentran varios aserraderos que procesan madera de la especie Tornillo (*Cedrelinga cateniformis*), un árbol tropical de rápido crecimiento y alta demanda en el mercado nacional e internacional, teniendo así un impacto negativo por los desperdicios generados en el aprovechamiento de los recursos forestales que se extraen de los bosques. Este problema no solo afecta a la especie Tornillo, sino también a otras especies maderables presentes en la región. La pérdida de volumen de madera no aprovechada es un problema ambiental y económico que requiere de soluciones eficientes y sostenibles. Aun cuando la industria de transformación mecánica de la madera es relativamente antigua en nuestro país, todavía no se ha podido superar deficiencias. (Guevara et al., 1993).

Así mismo, la industria del aserrío destaca como una de las más importantes en el ámbito forestal, ya que se dedica a la transformación de la madera en el país. Dado que la madera es uno de los productos fundamentales en la industria forestal peruana, resulta crucial llevar a cabo investigaciones sobre el procesamiento de troncos de madera con el fin de obtener madera aserrada y evaluar su calidad. Estos estudios revisten una gran importancia, ya que permiten determinar la viabilidad económica de las operaciones relacionadas según (Chávez & Guillen, 1997). El proceso de aserrío representa una de las formas más directas de transformar la madera en rollo, por lo que resulta esencial evaluar su eficacia a través de estudios que consideren el rendimiento (Zabala, 2000).

La industria forestal presenta problemas en función de la calidad y actualización de los equipos de aserrío, limitado conocimiento en el manejo de la materia prima, así como cambios en los patrones de producción y consumo de madera (Lauri et al., 2021). La identificación de esas limitaciones y la determinación de la eficiencia pueden analizarse mediante la evaluación del rendimiento volumétrico del proceso de aserrado en función

de variables como el diámetro, la longitud y la conicidad de las trozas (Casagrande et al., 2019), puesto que para medir la eficiencia productiva se han desarrollado metodologías que se basan en estimaciones de los coeficientes de conversión (Gonçalves et al., 2018). Al respecto, es necesario calcular la eficiencia productiva a partir de la relación de madera aserrada obtenida en función del volumen de madera en rollo (Borz et al., 2021).

Cortez (2023) indica que, a pesar de que en los últimos años en el Perú se vienen implementando nuevas tecnologías en la industria forestal para mejorar los rendimientos, aún existe un alto porcentaje del uso de métodos tradicionales. Por ello es fundamental determinar el rendimiento del proceso de aserrío el cual se define como la relación entre el volumen de madera en rollo que se introduce en el aserradero y el volumen resultante de productos aserrados. Este rendimiento, también conocido como Coeficiente de Aserrío o Factor de Recuperación de Madera Aserrada (FRM), varía según el tipo de madera, los patrones de corte, la maquinaria, la mano de obra, el diámetro y la calidad de los troncos (Ramírez, 2019).

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 despuntes, virutas y aserrín. 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)

Smajić et al., (2021) estudiaron a troncos de roble que fueron clasificados de acuerdo a las normativas croatas HRN D.B4.028 en clases cualitativas como son la segunda clase y tercera clase. El rango de interés del diámetro de las trozas se obtuvo entre los 30 y 39 cm y 4m de largo. Obteniendo un rendimiento de cantidad de 59,29%, rendimiento de calidad 87,89% y finalmente rendimiento de valor 50,35%.

Leyva et al., (2020) realizaron un estudio sobre el rendimiento y la calidad dimensional de la madera aserrada de *Samanea saman Jacq.* El cual obtuvo un rendimiento del 52,8%. Aunque se produjeron piezas de 25 y 50 mm por encima de las dimensiones establecidas cuando se procesaron los troncos, esto fue insuficiente para compensar las pérdidas de volumen causadas por la contracción y las variaciones de aserrado que se producen entre

las piezas y dentro de ellas. En consecuencia, es fundamental tener en cuenta el estado técnico de las máquinas, así como la destreza del personal técnico.

Huaycama (2019) realizó una investigación con la finalidad de determinar el rendimiento de yacushapana (*T. oblonga*). Se evaluaron 24 trozas y se obtuvo un rendimiento promedio general en madera aserrada de 57,32%, un 61,60% se clasificó como comercial; y un 38,40% como recuperación.

Ushñahua (2016), tuvo por objetivo determinar el rendimiento de madera rolliza a madera comercial (larga y corta) y determinar el factor de recuperación de residuos en paquetería de cuatro especies forestales; establecer relaciones entre las siguientes variables: Volumen rollizo de la troza y rendimiento en madera comercial (larga y corta). Los resultados ponen en evidencia que el rendimiento de madera rolliza de *Cedrelinga catenaeformis* (Ducke tornillo) en madera larga comercial fue 39.73 % y madera corta comercial 9.73 % y el rendimiento total en aserrío 49.46 %.

Por lo tanto, considerando la importancia de realizar estudios de rendimiento en el proceso de aserrío en el país para proveer de información objetiva, que permita el fortalecimiento de la gestión forestal en el ámbito del aprovechamiento de la madera rolliza; así mismo, teniendo en cuenta que el aprovechamiento forestal en Juanjuí y otras zonas de la región la industria forestal nacional requiere contar con un conocimiento en cuanto al estudio de rendimiento de madera ya que con ello podemos evaluar el volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada de la zona en específico; se plantea la presente investigación, la cual tuvo como objetivo principal, determinar el rendimiento de la especie tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*) en el proceso de la transformación primaria de madera; el cual se logró mediante la ejecución de los siguientes objetivos específicos: 1) Identificar el flujo productivo en el aserrío del aserradero, 2) Evaluar las etapas del procedimiento de aserrado de la especie tornillo por unidades de producción y su rendimiento, 3) Calcular el volumen de madera aserrada que ingresa al proceso de aserrío y el volumen de madera aserrada.

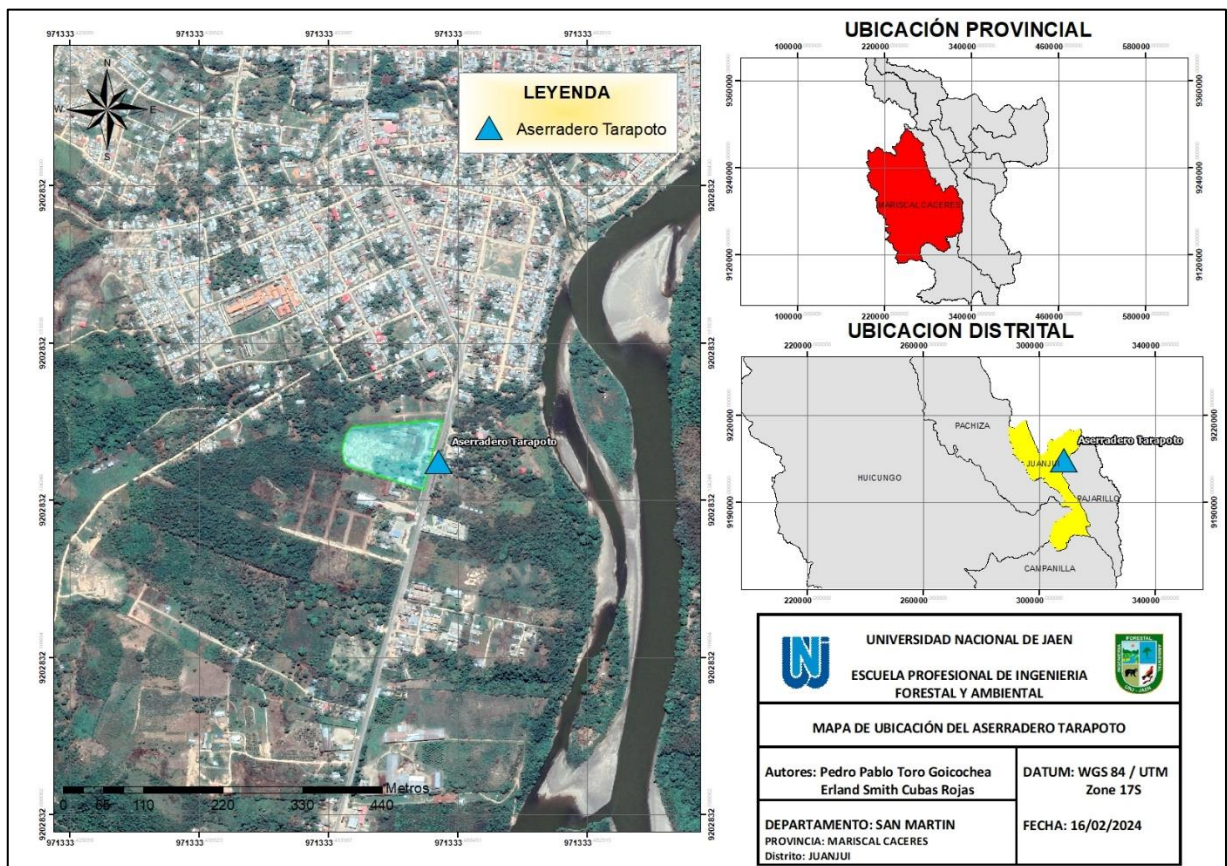
II MATERIALES Y METODOS

2.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se realizó en el Aserradero Tarapoto S.A.C, ubicado en el distrito de Juanjuí, provincia de Mariscal Cáceres, región San Martín. A una altitud de 283 m.s.n.m. Entre las coordenadas, latitud sur $7^{\circ} 11' 30.5''$ y longitud oeste $76^{\circ} 44' 3.9''$. La temperatura oscila entre 23°C a 36°C , con un promedio anual de 30°C . (INDECI, 2005, p. 72)

Figura 1

Mapa de ubicación del área de estudio



2.2 Materiales

La Tabla 1, detalla los implementos utilizados tanto en la etapa de campo como gabinete durante el proceso de la investigación.

Tabla 1

Materiales y Equipos

Materiales e insumos	Equipo de protección personal (EPP)	Herramientas	Equipos	Software
Lapiceros	Zapatos punta de acero	Wincha de 10 m de longitud	Calculadora Científica	Spss 25.0
Borradores (corrector borrador)	Casco protector	Wincha de 5 m de longitud	Computadora (Lenovo cori 5)	ArcGIS 10.8.2
Papel bond 50 gr, A4	Lentes	Cinta métrica de (2 m de longitud)	Impresora HP	Microsoft Office 2016
Crayolas	Chalecos		Navegador GPS	AutoCAD 2023
Tizas	Polos manga larga			
Tablero	Guantes			
Folder				
Cuaderno				
Metro				
Mascarillas				

2.2.1 Maquinas

La Tabla 2, detalla la maquinaria utilizada por el aserradero Tarapoto S.A.C durante el proceso de aserrío de primera transformación.

Tabla 2

Maquinaria utilizada por el aserradero Tarapoto S.A.C

Maquinas del aserradero	Descripción
Sierra cinta vertical	Sierra de cinta vertical modelo SWECAN; volante de 1.5 metros de diámetro, longitud de hoja 10.2 metros de longitud y, motor de fuerza de 150 HP.
Carro porta troza	Carro porta trozas marca Shipper (Brazil)-Modelo125; automático con panel electrónico, funcionamiento electrónico y manual.
Guinche Hidráulico	Guinche a base de poleas y base de cemento, que ayudan a anclar la troza al carro porta troza.
Desorilladora	Canteadora o desorilladora, máquina hechiza; disco con widia de 18 pulgadas de diámetro con 36 dientes, motor de 11 Kw.
Despuntadora	Despuntadora o radial de péndulo, máquina hechiza; disco con widia de 19 pulgadas de diámetro con 72 dientes, motor de 7.5 HP.
Sierra de disco-re aserradora	Sierra circular de madera de recuperación, pequeñas máquinas que utilizan los carpinteros, fabricación hechiza.

2.2.2 Población

En esta investigación la población está conformada por 30 trozas de *Cedrelinga catenaeformis* (materia prima) que ingresan y se encuentran en el patio de acopio del aserradero.

2.2.3 Muestra

Para determinar la cantidad de trozas a evaluar se utilizó como base el documento “Estudio de Rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío” dicho manual establece que el número máximo sugerido por especie es de 120 trozas y el mínimo sugerido son 10 trozas por especie, por efectos estadísticos la recomendación práctica es de 30 trozas por especie (Chávez & Guillen, 1997).

Para el cálculo de la muestra se trabajó con un nivel de confianza del 95% con el fin de tener una muestra probabilística confiable y por ser una población pequeña se utilizó la siguiente ecuación.

- Identificación del tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2 * N * P * Q}{E^2 (N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

$$n = \frac{1.96^2 * 30 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 (30 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} = 28$$

Donde:

n = Tamaño de muestra.

Z = Nivel de confianza (95%).

P = Probabilidad a favor (50%).

Q = Probabilidad en contra (50%).

N = Tamaño de población (30).

E = Error de muestreo deseado (5%).

2.2.4 Muestreo

Se realizó un muestreo aleatorio durante los primeros 7 días de ingreso de la madera de la especie *Cedrelinga catenaeformis* al aserradero debido a que se encontrará mayores trozas para la medición.

2.2.5 Hipótesis

En el proceso de transformación primaria de la especie tornillo el rendimiento será mayor del 57.32 % de la madera aserrada que ingresa al proceso de aserrío.

2.2.6 Variables de estudio

- Variable independiente.
Volumen de madera rolliza
Volumen de madera aserrada

- Variable dependiente.
Rendimiento

Tabla 3*Operacionalización de variables*

<i>Variables</i>	<i>Definición conceptual</i>	<i>Indicadores</i>	<i>Unidad de medida</i>
<i>Independiente</i>			
<i>Volumen de madera rolliza</i>	<i>Cantidad de materia prima.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Largo</i> • <i>Diámetro mayor</i> • <i>Diámetro menor</i> 	<i>m³</i>
<i>Volumen de madera aserrada</i>	<i>Cantidad de madera aserrada.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Espesor</i> • <i>Largo</i> • <i>Ancho</i> 	<i>m³</i>
<i>Dependiente</i>			
<i>Rendimiento del proceso de aserrío</i>	<i>Resultado obtenido del proceso de aserrío</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Volumen de madera en trozas</i> • <i>Volumen de madera aserrada</i> 	<i>%</i>

2.3 Metodología

La metodología que se empleó en este estudio fue de forma cuantitativa, enfocándose visualmente en la inspección de los procesos de aserrado de primera transformación y se utilizarán cálculos matemáticos en función de las etapas de producción. Esta aproximación cuantitativa facilitará la identificación de áreas de

mejora y optimización en las operaciones del aserradero. La recolección de datos se realizó durante dos semanas en el mes de diciembre del año 2023.

2.3.1 Identificación del flujo productivo en el aserrío.





Se detallaron todos los procesos que atraviesa la madera, desde el patio de acopio hasta el producto final, pasando por las sierras principales y sierras secundarias. Además, se especificó la ubicación de cada maquinaria dentro de la planta y el tipo de operación que se realiza, representándose esto en el plano de distribución del aserradero (Anexo 3) realizado mediante el programa Autocad 2023.

Se recopilaron datos relevantes sobre las etapas de producción, para este estudio se identificaron las siguientes etapas: Etapa 1 (Aserrado y canteado) y etapa 2 (Despuntado y reaserrado); así mismo para la identificación de las líneas de producción, se observó de cerca los procesos de aserrío.

Posteriormente, se elaboró un diagrama de los procesos que se realizan, desde el patio de acopio de la materia prima (trozas) hasta el producto terminado (madera aserrada), para el diagrama de procesos; se tuvo en cuenta:

Tabla 4

Simbología

Simbolo	Actividad
	Transporte
	Combinada
	Operación
	Almacenamiento

Definición:

Transportes: Esta actividad involucra el movimiento de la materia prima que se está trabajando desde una posición a otra dentro del aserradero.

Combinadas: Estas actividades combinan tanto la realización de una operación como una inspección. En la operación se modifica el objeto en sus características, se crea, se agrega algo nuevo o se prepara para otra fase del proceso. Mientras tanto, la inspección implica examinar los objetos para su identificación o verificar la calidad y sus características.

Operaciones: Se llevan a cabo acciones como la creación, modificación o adición de algo a los materiales que están siendo procesados en el aserradero.

Almacenamientos: Se refiere a la acción de mantener los materiales en un lugar sin ser trabajados o en proceso de elaboración, esperando una acción en una fecha posterior. Este almacenamiento puede ser temporal o permanente, dependiendo de las necesidades del proceso.

2.3.2 Selección y marcación de trozas a evaluar

En esta investigación se tuvo una selección al azar, una vez realizada la selección de trozas, se marcó pintando a los extremos de la troza con pintura con la finalidad de bríndales un código y no confundirse de troza al momento de anotar los resultados, esta marcación se realizó previamente 15 minutos antes de que las trozas empiecen el proceso de transformación primaria. (Guallpa et al., 2019).

Figura 2

Marcado de trozas



2.3.3 Cubicación de la troza

Se realizó la obtención de su longitud en metros, así como sus diámetros mayor y menor de la troza. Para aplicar esta metodología nos ayudamos de una cinta diamétrica respectivamente graduada y una wincha metálica con regularidad al centímetro (Guallpa et al., 2019).

Figura 3

Cubicación de la troza



Formula de medición y cubicación

$$V_t = 0.7854 * \left(\frac{DM + Dm}{2} \right)^2 * L$$

Donde:

$V_t = \text{Volumen total de la troza (m}^3\text{)}$

$DM = \text{Diámetro mayor de la troza (m)}$

$Dm = \text{Diámetro menor de la troza (m)}$

$L = \text{Longitud de la troza (m)}$

$0.7854 = \text{Constante } \left(\frac{\pi}{4}\right)$

- Aserrío de trozas

El aserrado se realizó con se respectiva maquinaria principal (sierra cinta vertical) y máquinas secundarias teniendo en cuenta las líneas de producción.

2.3.4 Cubicación de madera aserrada.

Se midió las dimensiones originales de la madera antes y después del corte (largo, ancho y espesor). Además, se calculó el volumen de la madera antes y después del corte. (Samayoa & Guoron, 2016)

Figura 4

Cubicación de madera aserrada



Se utilizo la siguiente formula:

Ecuación 2

$$V_a(m^3) = \frac{Espesor}{100} + \frac{Ancho}{100} * L$$

Donde:

V_a = Volumen de la pieza aserrada (m^3)

E = Espesor de la pieza aserrada (cm)

A = Ancho de la pieza aserrada (cm)

L = Longitud de la pieza aserrada (m)

2.3.5 Determinación del rendimiento de la madera

Para el estudio de rendimiento se realizó una evaluación de la especie *Cedrelinga Catenaeformis* (Tornillo) la cual fue tratada durante el estudio. El rendimiento está determinado por la cantidad de materia prima producida, dividida entre la cantidad que ingresa a cada etapa de aserrado (1 y 2), multiplicado por cien. De esta forma, además de los residuos generados en cada proceso de aserrado (la diferencia entre el volumen de entrada y el volumen aserrado), se obtiene un porcentaje de rendimiento aserrado. Para calcular el rendimiento de la madera aserrada nos acogimos de los volúmenes de madera rolliza y aserrada, con la siguiente formula (Guallpa *et al.* 2019).

Ecuación 3

$$R\% = \frac{V_a}{V_r} * 100$$

Donde:

$R\%$ = Rendimiento de aserrado en porcentaje

V_r = Volumen rollizo (m^3)

V_a = Volumen de madera aserrada (m^3)

2.3.6 Determinar los desperdicios

El volumen de los desperdicios será el resultado de la diferencia del volumen de las trozas y el volumen de madera aserrada comercial y recuperación.

2.3.7 Análisis estadístico de datos

El análisis que se utilizó en este estudio fue de forma correlativa, el cual determina el grado de relación que existe entre dos o más variables mediante el paquete estadístico IBM-SPSS (versión 25). Distinguiendo la variable independiente, volumen de troza y volumen de madera aserrada como variable dependiente; en este caso utilizamos la regresión lineal y correlación. Los datos del inventario se realizarán utilizando formatos creados específicamente para este fin. Los criterios para la selección de las ecuaciones fueron:

- ❖ Lógica y simplicidad del modelo
- ❖ Coeficiente de Determinación
- ❖ Coeficiente de correlación
- ❖ Ecuación de regresión

2.3.7.1 Análisis de regresión

Regresión es la cantidad de cambio de la variable dependiente asociado con un cambio unitario de la variable independiente. La ecuación de la regresión lineal es:

$$y = a + bx$$

Donde:

Y = Es el valor estimado de y

a = Constante o punto donde la recta corta al eje de la "x"

b = Es la pendiente o coeficiente de regresión

X = Valor real o independiente

La constante "a" se obtiene a través de:

$$a = \frac{\sum y - b * \sum x}{n}$$

El coeficiente de regresión “b” se obtiene:

$$b = \frac{n * \sum xy - \sum x * \sum y}{n * \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

2.3.7.2 Análisis de correlación

Correlación es la tendencia de 2 variables a estar relacionada en una forma definida. El coeficiente de correlación mide la estrechez de una relación, los valores que se aproxime a +/- 1 indica que tiene fuerte relación entre las variables que se analiza. Sin embargo, los valores que se aproximan a cero indican una nula o débil relación entre las variables. Se presente la formula, según Little y Hills (1990)

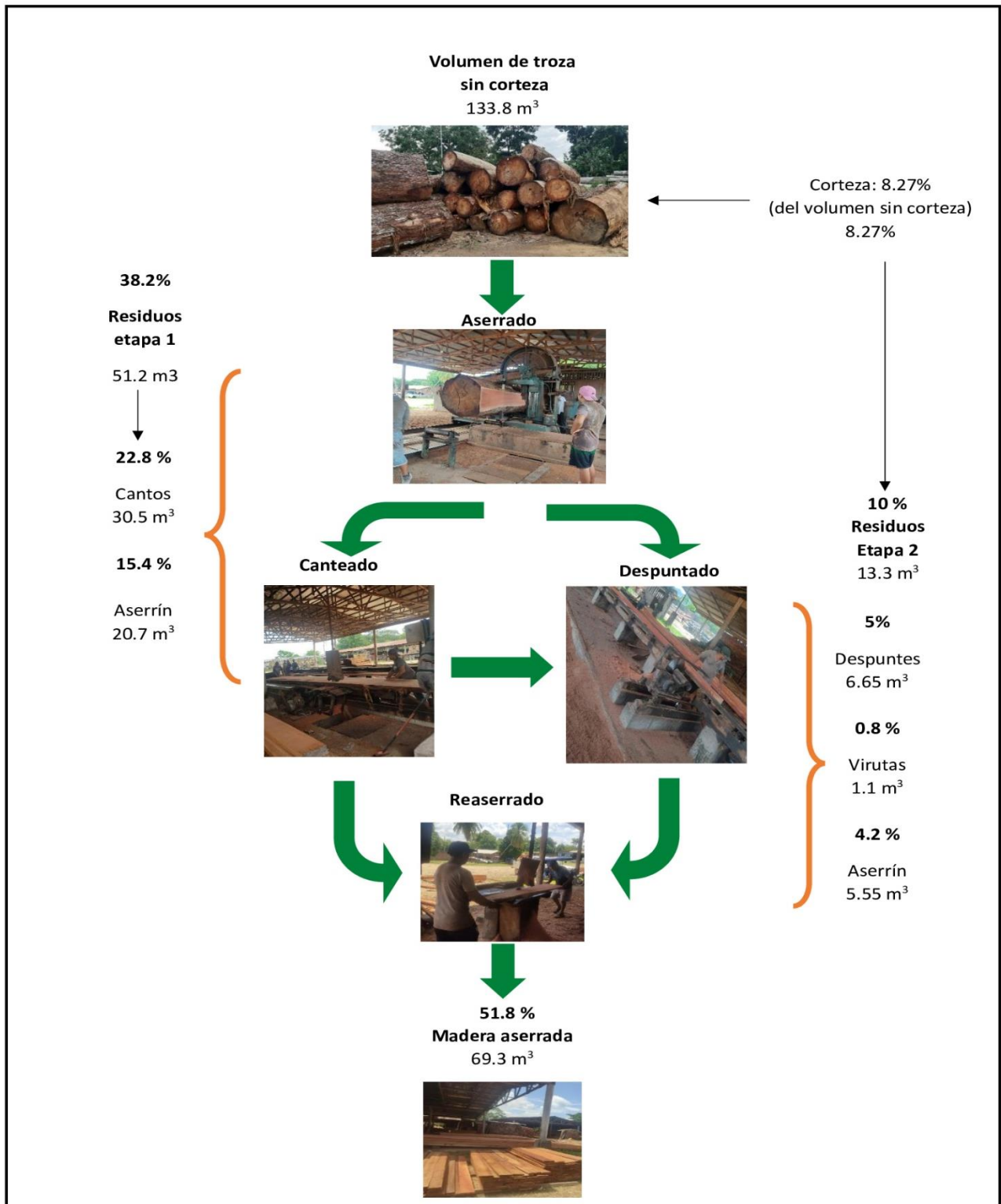
$$R = \frac{n * \sum xy - \sum x * \sum y}{\sqrt{(n * \sum x^2 - (\sum x)^2)(n * \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

III RESULTADOS

3.1. Identificar el flujo productivo en el aserrío del aserradero

Figura 5

Flujo de producción



En la (Figura 5) y (Anexo 3) se muestra el flujo de producción y plano de distribución del aserradero Tarapoto S.A.C, con 808 m² de área de aserrado y aproximadamente 2.7 hectáreas de área total, donde se observa una distribución en planta ordenada, un flujo lineal y un proceso lógico de operaciones que facilita la transformación eficiente de los troncos en productos de valor agregado, desde el ingreso de materia prima hasta llegar al producto terminado; comprende tres áreas principales: la recepción de troncos, donde se clasifican y descargan los troncos; el corte principal, equipado con la máquina de corte principal (CC-01) que puede cortar troncos más grandes de 1 metro de diámetro; y la zona de desbaste y acabado, donde los bloques resultantes se procesan en tablonos. El flujo de material se dirige desde la recepción de troncos mediante transportadores automáticos hacia el corte principal y luego a la zona de desbaste y acabado.

Iniciando desde la entrada principal en la esquina inferior izquierda, se observa el área de recepción de trozas donde los troncos son ingresados. Después de esta entrada se encuentra una sección con varios ganchos, identificada como Guinche Hidráulico (GH01) que permite sujetar, levantar y mover de manera segura los troncos de gran tamaño y peso hacia la Etapa 1 (Aserrado y canteado) donde se encuentra la sierra cinta (CC01) siendo la parte principal del proceso de transformación primaria, la sierra cinta realiza el aserrado longitudinal del 100% del tronco, en este caso el volumen de las 28 trozas (133.8 m³); convirtiendo las trozas en tablas, tablonos, vigas y otros productos de madera de distintos grosores según las especificaciones de los clientes. Después las piezas de madera van a la sección de Desorilladora o canteadora (DS01) donde se quitan las orillas de las tablas y tablonos, de acuerdo a las medidas de anchos requeridos, en este proceso se pierde alrededor del 38.2% del total de la troza generándose residuos como cantos en un 22.8 % y aserrín 15.4% del total de la troza.

Luego pasan a la Etapa 2 (Despuntado y re aserrado) donde las piezas pasan por la máquina Despuntadora (DS01) en la cual se eliminan las puntas o extremos no deseados, dejando las piezas con las dimensiones finales requeridas en longitud. Las piezas obtenidas son transportadas a un área de reaserradoras compuestas de sierras circulares (C01 y C02), donde se realizan cortes verticales y horizontales para obtener piezas de madera de longitudes menores específicas según los requerimientos del cliente final, en este proceso se pierde alrededor del 10 % del total de la troza generándose residuos como despuntes en un 5 %, virutas 0.8 % y

aserrín 4.2 % del total de la troza. Obteniéndose así un volumen final de 69.3 m³ de madera aserrada. Cabe resaltar que según Alvarez et al., (2007) el 8.27% del total de la troza es corteza.

Finalmente, las piezas de madera aserrada y desorillada llegan a un área de “Almacenamiento Temporal” donde son clasificadas, apiladas y almacenadas antes de su despacho. Este aserradero también cuenta con un área de afilado (AF01) para mantener las hojas de las sierras en óptimas condiciones de corte.

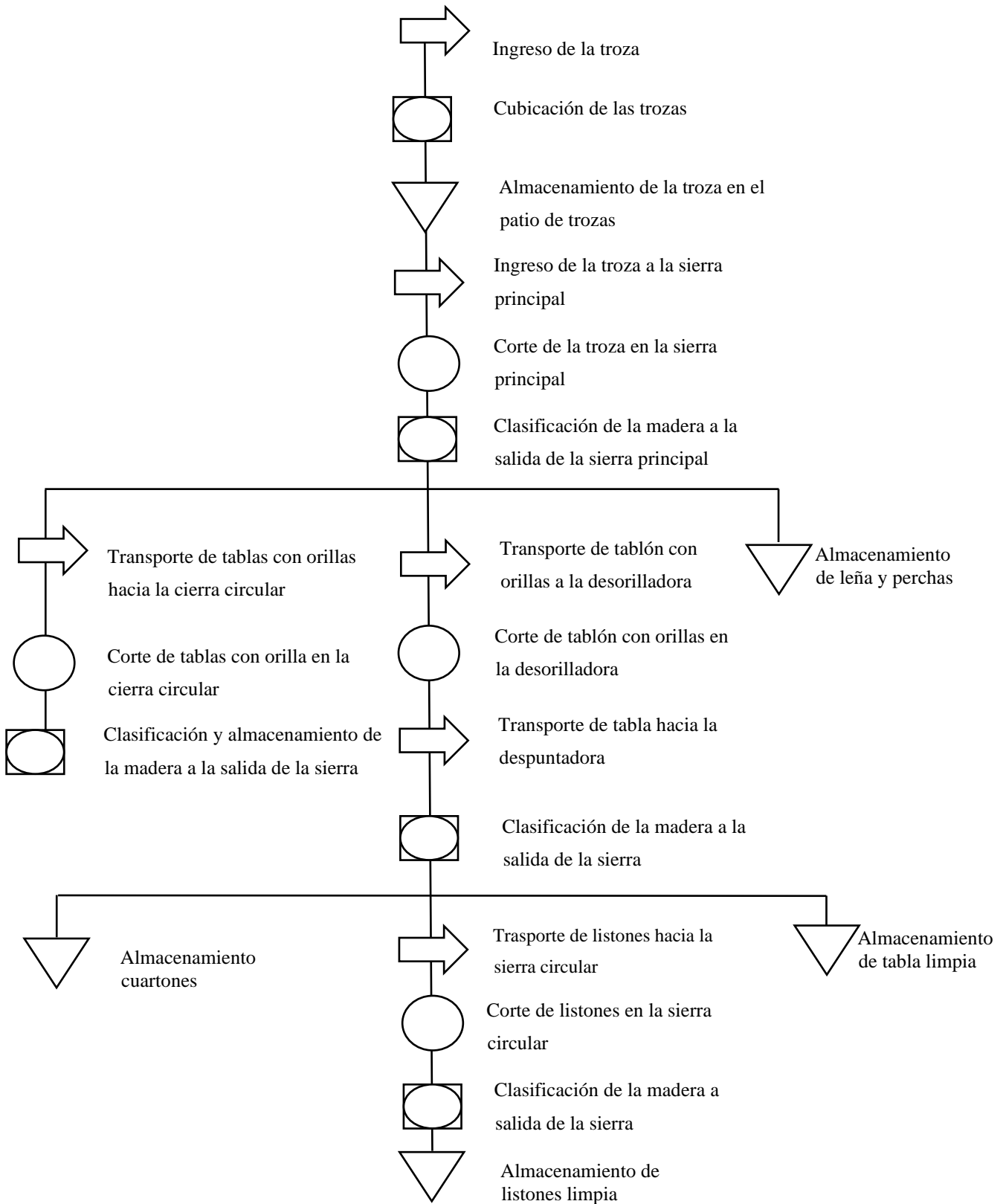
Además de las máquinas principales de procesamiento, el plano de distribución también muestra otras áreas donde se ubica la oficina (OF01), desde donde se puede supervisar de manera estratégica las operaciones y el flujo de materiales en toda la planta. Esta ubicación facilita la coordinación y control de los procesos productivos.

3.1.1 Diagrama de flujo de operaciones del proceso (DFOP)

En la figura 6 se detalla el DFOP del aserrado, que ilustra de manera sistemática las diferentes etapas y procesos que conforman las operaciones dentro de un aserradero. Este esquema brinda una representación visual integral del flujo operativo, desde la recepción de las trozas hasta los procedimientos finales de procesamiento y clasificación de la madera aserrada.

Figura 6

Diagrama de flujo de procesos



3.2 Evaluar las etapas del procedimiento de aserrado de la especie tornillo por unidades de producción y su rendimiento.

A continuación, se presentan los resultados volumétricos obtenidos de las muestras experimentales.

Tabla 5

Cuantificación de volumen para troza de Tornillo (Cedrelinga catanaeformis)

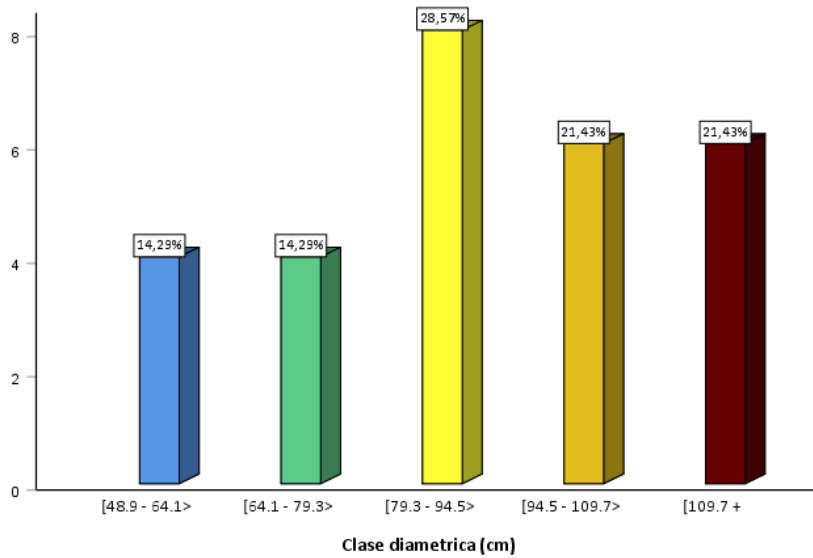
No. Troza	Diámetro menor (m)	Diámetro mayor (m)	Largo (m)	Volumen(m ³)
1	0.91	0.955	7.40	5.054
2	1.055	1.275	7.54	8.037
3	1.28	1.22	7.30	8.958
4	0.692	1.285	3.80	2.916
5	0.915	1.52	7.30	8.499
6	1.03	1.195	7.45	7.242
7	0.975	0.975	7.42	5.540
8	0.555	0.64	7.47	2.095
9	0.785	0.905	7.47	4.189
10	0.965	0.965	7.40	5.412
11	0.783	0.899	7.20	4.000
12	0.675	1.08	7.32	4.427
13	0.877	1.322	7.12	6.760
14	0.653	0.763	5.48	2.157
15	0.846	0.964	7.63	4.908
16	0.765	1.046	6.85	4.411
17	0.952	1.033	7.63	5.903
18	0.654	1.13	7.20	4.499
19	0.422	0.556	7.35	1.380
20	1.02	1.34	7.23	7.907
21	0.653	0.842	7.20	3.160
22	0.921	1.025	7.33	5.450
23	0.456	0.57	5.64	1.166
24	0.744	0.743	7.42	3.221
25	0.543	0.62	6.76	1.795
26	0.69	0.853	7.32	3.422
27	0.743	1.03	7.40	4.568
28	0.953	1.23	7.24	6.774
Total				133.852

En la presente investigación se trabajó con 28 trozas de la especie Tornillo (*Cedrelinga catanaeformis*) que presentaron una amplia variedad de longitudes, oscilando entre un mínimo de 3.8 metros y un máximo de 7.63 metros. Los diámetros promedios se encontraron en un rango mínimo de 0.489 cm y máximo de 1.25 m. Se determinó que

la muestra de 28 trozas de madera mostro un volumen mínimo de 1.166 m³ y un máximo de 8.958 m³. El volumen obtenido de todas las unidades de muestreo fue de 133.85 m³.

Figura 7

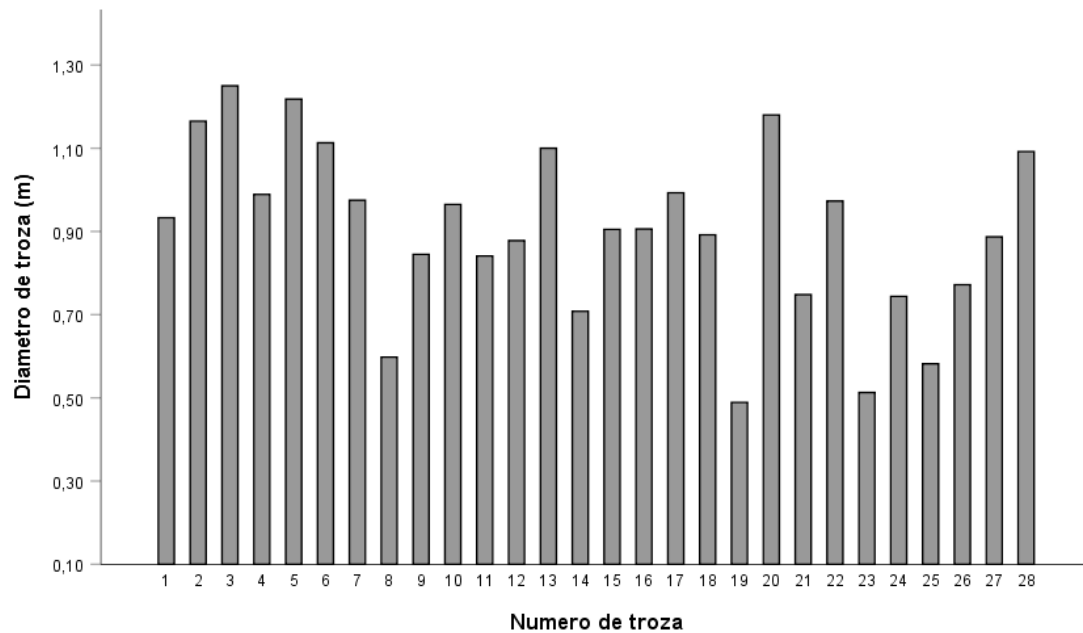
Diámetro promedio de trozas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)



El gráfico presenta la distribución de clases diamétricas de trozas de madera. Se observa que las trozas con diámetros entre 79.3 y 94.5 cm tienen la mayor frecuencia o porcentaje, representado por la barra amarilla más alta (28.57%). Esto indica que la mayoría de las trozas analizadas se encuentran dentro de este rango diamétrico. Las siguientes clases diamétricas con mayor representación son 94,5 – 109.7 cm (21,43%) y superiores a 109.7 cm (21.43%). Las clases diamétricas menores, entre 48.9 – 64.1 cm (14.29%) y menores a 48.9 cm (14.29 %) muestran frecuencias más bajas.

Figura 8

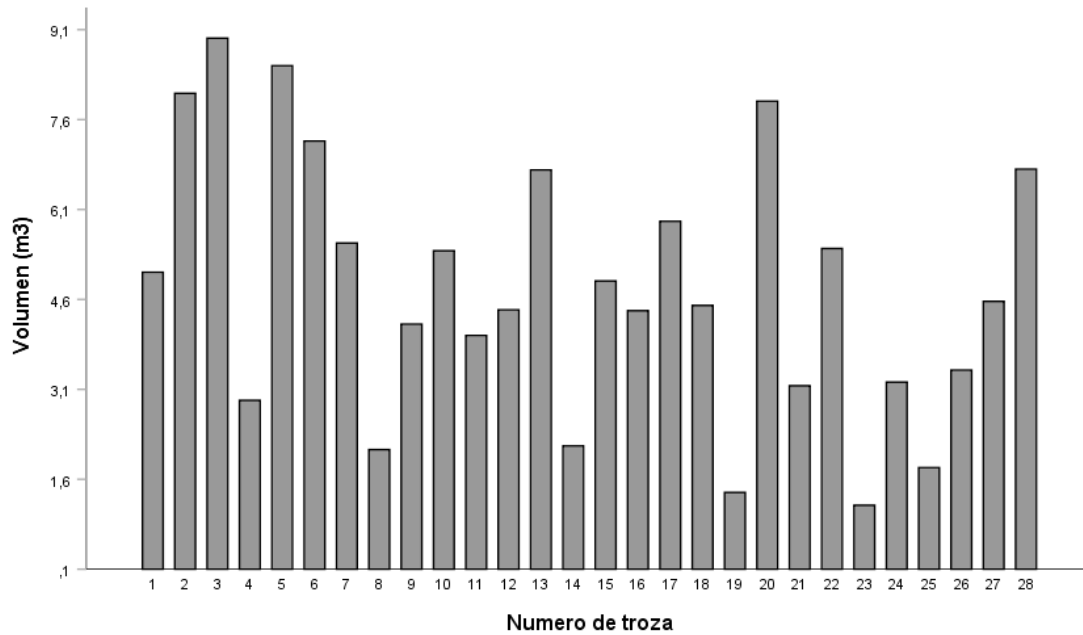
Diámetro de las 28 trozas



La figura 8 muestra los diámetros de 28 trozas de tornillo(*Cedrelinga catenaeformis*). Se observa que el diámetro más pequeño registrado es de aproximadamente 0.489 centímetros, mientras que el diámetro máximo alcanza los 1.25 metros. El promedio de los diámetros de las trozas es de alrededor de 0.902 centímetros, lo que sugiere una tendencia hacia tamaños medianos en la muestra. Sin embargo, se destacan algunos extremos como son las trozas 2,3,5,6,20 que superan los 110 centímetros de diámetro promedio.

Figura 9

Volumen de trozas de Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)



La figura 9 muestra los volúmenes de las 28 trozas de tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*). Se observa que el volumen mínimo registrado es de aproximadamente 1.166 m^3 , mientras que el volumen máximo alcanza los 8.958 m^3 . El promedio de los volúmenes de las trozas es de alrededor de 4.780 m^3 , lo que sugiere una tendencia hacia tamaños medianos en la muestra. Sin embargo, se destacan algunos extremos como son las trozas 2,3,5,20 que superan los 7.6 m^3 de madera en rollo.

3.3 Volumen de aserrado por etapas

3.3.1 Primera etapa.

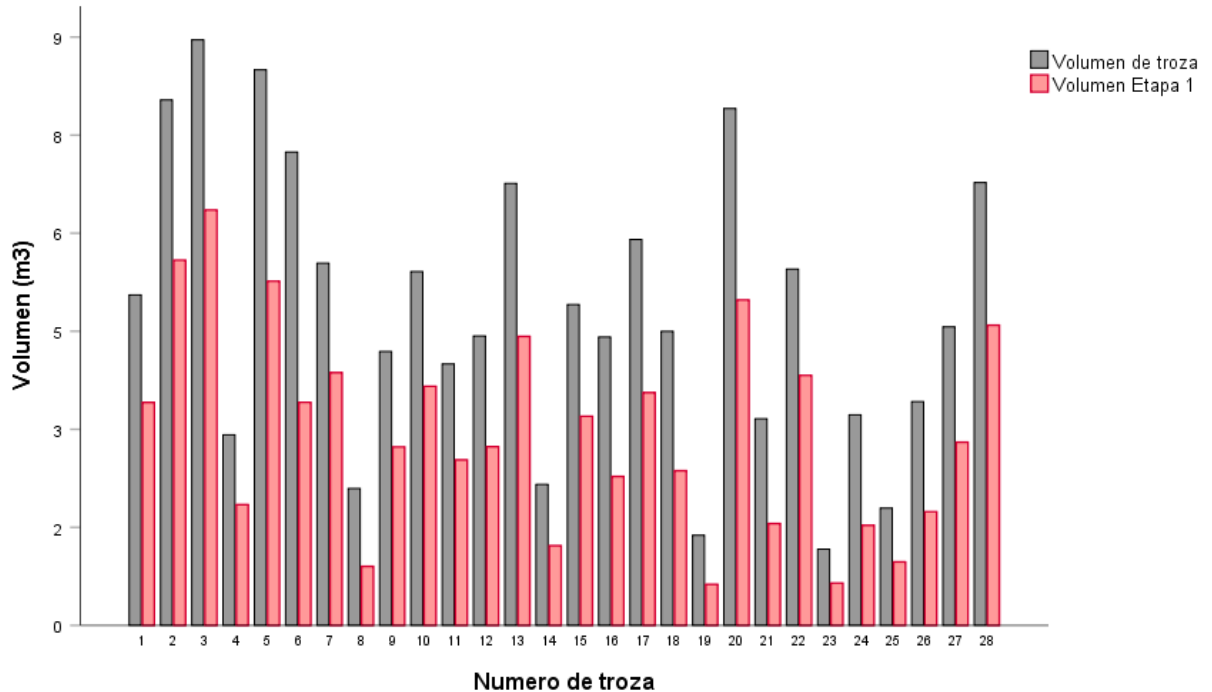
Tabla 6

Volumen de madera aserrada etapa 1

TROZA	VOLUMEN ROLLIZO (m³)	VOLUMEN ASERRADO 1ETAPA
1	5.054	3.410
2	8.037	5.587
3	8.958	6.354
4	2.916	1.847
5	8.499	5.265
6	7.242	3.412
7	5.540	3.867
8	2.095	0.902
9	4.189	2.730
10	5.412	3.658
11	4.000	2.532
12	4.427	2.734
13	6.760	4.421
14	2.157	1.220
15	4.908	3.199
16	4.411	2.279
17	5.903	3.561
18	4.499	2.365
19	1.380	0.627
20	7.907	4.979
21	3.160	1.557
22	5.450	3.824
23	1.166	0.648
24	3.221	1.531
25	1.795	0.971
26	3.422	1.739
27	4.568	2.802
28	6.774	4.593
Promedio	4.780	2.951
Total	138.632	82.614

Figura 10

Volumen aserrado por troza de Cedrelina catenaeformis en la etapa 1



Analizando la (Tabla 6) y (Figura 10), observamos que las trozas 2, 3 y 5 presentan mayor volumen de madera aserrada en la primera etapa, superando los 5 m³ cada una. Este hecho sugiere que estas trozas son de tamaño significativo y, por ende, pueden ser de gran valor comercial. Así mismo las trozas 23 y 19 presenta una mayor variación en su volumen de madera aserrada en la segunda etapa, el volumen total para las 28 trozas evaluadas es de 133.852 m³ de los cuales se aprovecharon 82.6 m³ con un promedio de 2.95 m³ por troza.

3.3.2 Segunda etapa.

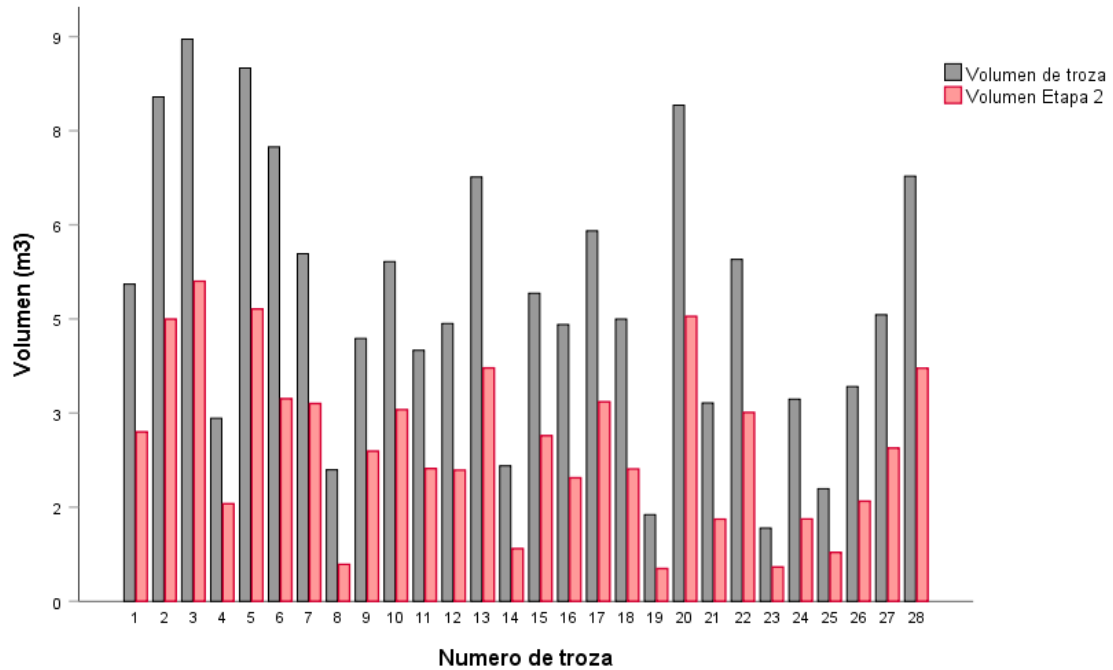
Tabla 7

Volumen de madera aserrada etapa 2

TROZA	VOLUMEN ROLLIZO (m3)	VOLUMEN ASERRADO 2ETAPA
1	5.054	2.700
2	8.037	4.497
3	8.958	5.101
4	2.916	1.554
5	8.499	4.659
6	7.242	3.229
7	5.540	3.152
8	2.095	0.588
9	4.189	2.393
10	5.412	3.054
11	4.000	2.116
12	4.427	2.090
13	6.760	3.719
14	2.157	0.839
15	4.908	2.639
16	4.411	1.968
17	5.903	3.179
18	4.499	2.109
19	1.380	0.521
20	7.907	4.540
21	3.160	1.309
22	5.450	3.009
23	1.166	0.546
24	3.221	1.312
25	1.795	0.778
26	3.422	1.596
27	4.568	2.442
28	6.774	3.715
Promedio	4.780	2.477
Total	138.632	69.353

Figura 11

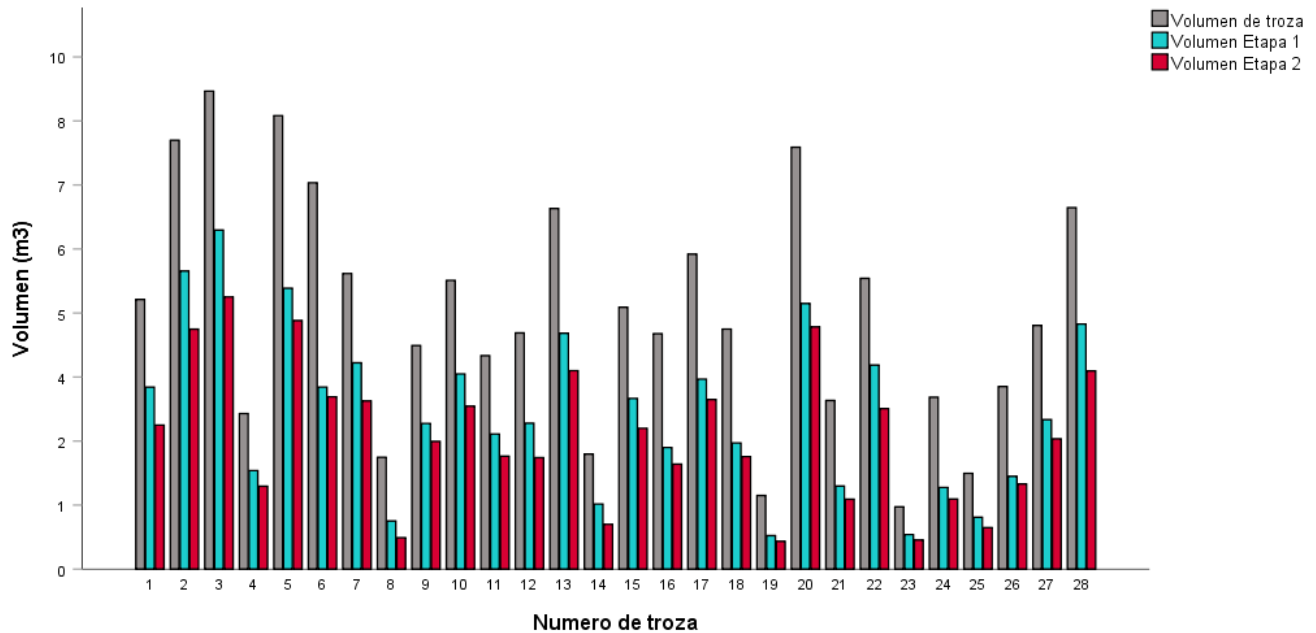
Volumen aserrado por troza de Cedrelina catenaeformis en la etapa 2



Analizando la (Tabla 7) y (Figura 11), se observa que las trozas 3, 5 y 20 presentan mayor volumen de madera aserrada en la segunda etapa, superando los 4.5 m³ cada una. Así mismo tenemos que la troza 8, 14, 19, 23 y 25 presentan volúmenes menores a 1m³ de madera aprovechada en la segunda etapa. Comprendiendo un volumen total para las 28 trozas evaluadas de 69.353 m³ y un promedio de 2.477 m³.

Figura 12

Volúmenes de las diferentes etapas de aserrado de Cedrelinga catenaeformis



La figura 12 presenta los volúmenes de madera obtenidos en las tres etapas del proceso de aserrío para un conjunto de 28 trozas. Cada barra apilada muestra los volúmenes correspondientes a la troza inicial (Gris), al volumen obtenido después de la Etapa 1 (celeste) y al volumen final tras la Etapa 2 (rojo).

Al analizar los datos, se observa una clara disminución en los volúmenes de madera a medida que se avanza en el proceso de aserrío, lo cual es esperable debido a las mermas inherentes en cada etapa, como la eliminación de corteza, aserrín y recortes.

El volumen máximo de troza inicial se encuentra en la troza 3, con aproximadamente 9 m³. Sin embargo, después de la Etapa 1, la troza 5 presenta el mayor volumen aserrado, alrededor de 4.6 m³. Finalmente, en la Etapa 2, las trozas 3, 5 y 20 destacan con los volúmenes más altos, superando los 4.5 m³ cada una.

Por otro lado, se observan volúmenes relativamente bajos para ciertas trozas, como la 19 y la 23, las cuales presentan los menores volúmenes aserrados en la Etapa 2, con valores inferiores a 0.6 m³. Estas variaciones pueden atribuirse a factores como el tamaño inicial de las trozas, su calidad, presencia de imperfecciones y eficiencia del proceso de aserrío.

3.4 Volumen de piezas Madera Aserrada

- Volumen de Tablas

Tabla 8

Cuantificación de volumen para producto “tabla” en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)

No. Troza	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Largo (m)	Cantidad	Volumen (pt)	Volumen (m ³)
1	30.48	2.54	3.05	12	120.14	0.283
	22.86	2.54	3.65	17	152.76	0.360
	20.32	3	3.35	10	86.59	0.204
2	30.48	2.54	3.35	19	208.94	0.493
	25.4	3	3.65	27	318.40	0.751
	15.24	3	3.05	18	106.43	0.251
3	30.48	2.54	2.43	17	135.60	0.320
	17.78	3	3.65	12	99.06	0.234
	20.32	2.54	3.35	13	95.30	0.225
	22.86	2.54	2.74	10	67.46	0.159
	22.86	2.54	3.048	7	52.53	0.124
	34	3	2.13	14	128.97	0.304
4	30.48	2.54	2.1	9	62.04	0.146
	20.32	3	2.4	15	93.05	0.219
	19.6	2.54	3.05	8	51.50	0.121
5	30.48	2.54	3	14	137.87	0.325
	25.4	2.35	3.65	22	203.23	0.479
	27.94	3	2.5	21	186.58	0.440
	30.48	3	3.1	7	84.13	0.198
6	30.48	2.54	2.2	16	115.55	0.273
	22.86	2.54	3.35	17	140.21	0.331
	25.4	3	3.65	13	153.31	0.362
7	30.48	3	3.35	9	116.89	0.276
	17.78	2.54	3	20	114.89	0.271
	15.24	2.54	2.7	7	31.02	0.073
	25.4	2.54	3.65	12	119.81	0.283
8	25.4	3	2.5	3	24.23	0.057
	12.7	2.54	2.74	5	18.74	0.044
	20.2	3	3.35	6	51.65	0.122
9	20.32	2.54	3.96	5	43.33	0.102
	15.24	3	3.35	8	51.95	0.123
	30.48	3	3.05	12	141.90	0.335
	22.86	2.54	3.05	11	82.60	0.195
10	20.32	3	3.96	10	102.35	0.241
	30.48	2.54	3.35	12	131.96	0.311
	27.9	3	2.74	13	126.41	0.298
11	30.48	2.54	3.35	6	65.98	0.156

	20.32	3	3.65	16	150.95	0.356
	19.6	2.54	3.05	8	51.50	0.121
12	30.48	3	2.7	8	83.74	0.198
	20	2.54	3.35	14	101.02	0.238
	25.4	2.54	3.65	13	129.80	0.306
13	30	2.54	2.1	12	81.42	0.192
	27.94	3	3.65	13	154.78	0.365
	15.24	2.54	3.35	16	102.42	0.242
	20.32	2.54	3.9	17	145.09	0.342
14	15.24	2.54	3.048	12	60.03	0.142
	30.48	2.54	2.7	7	62.04	0.146
15	17.78	2.54	3.3	12	75.83	0.179
	20.5	2.54	3.65	18	145.05	0.342
	27.94	3	3.35	11	130.96	0.309
16	30.48	2.54	3.35	4	43.99	0.104
	22.86	2.54	2.74	6	40.47	0.095
	20.32	3	3.65	3	28.30	0.067
	20.3	2.54	3	12	78.70	0.186
	15.24	2.54	2.5	15	61.55	0.145
17	30.48	2.54	3.35	8	87.97	0.207
	27.9	3	3.65	11	142.49	0.336
	22.86	2.54	3.96	20	194.98	0.460
18	15.24	2.54	3.35	14	76.98	0.182
	25.4	3	3.72	8	96.15	0.227
	25.4	2.5	3.05	13	106.75	0.252
19	15.24	2.54	3.65	10	59.91	0.141
	22.8	2.54	3.3	3	24.31	0.057
20	27.86	3	3.35	8	94.97	0.224
	30.05	2.54	3.96	21	269.13	0.635
	15.24	2.54	3.65	24	143.78	0.339
	17.5	2.54	3	16	90.46	0.213
21	17.78	2.54	3.7	8	56.68	0.134
	25.4	3	3.35	5	54.12	0.128
	22.85	2.54	3.35	8	65.95	0.156
22	22.8	2.54	3.95	3	29.10	0.069
	22.8	2.54	3.05	9	67.40	0.159
	27.9	3	3.65	6	77.72	0.183
	15.24	2.54	3.35	10	54.98	0.130
	17.78	3	3.5	11	87.07	0.205
23	15.24	2.54	3.05	4	20.02	0.047
	17.86	2.54	3.65	10	70.21	0.166
24	27.94	2.54	3.65	5	54.91	0.130
	30.048	2.54	3.05	4	39.48	0.093
	17.86	3	3.56	9	72.79	0.172
25	15.2	2.54	3.34	6	32.81	0.077
	22.86	2.5	3	13	94.50	0.223

26	15.24	2.54	3.3	10	54.16	0.128
	22.86	2.54	3.9	2	19.20	0.045
	25.4	3	3.65	8	94.34	0.223
	22	3	3.3	4	36.94	0.087
27	15.24	2.54	3.6	13	76.81	0.181
	22.86	2.54	3.9	5	48.01	0.113
	30.48	2.54	3.3	9	97.49	0.230
	27.94	3	3.3	8	93.82	0.221
28	22.8	2.5	3	11	79.75	0.188
	27.86	3	3.35	8	94.97	0.224
	30.05	2.54	3.96	5	64.08	0.151
	15.24	2.54	3.65	22	131.80	0.311
	17.5	2.54	3	12	67.85	0.160
Total				1058	8975.86	21.169

En la tabla 8, se presentan los resultados sobre la cantidad de tablas obtenidas a partir del aserrado de 28 unidades muestrales. Las dimensiones de las tablas obtenidas varían en cuanto al ancho, con un rango de entre 12.7 cm y 34 cm, al grosor, con un rango de entre 2.35 cm y 3 cm, y a la longitud, con un rango de entre 2.1 m y 3.96 m. En total, se obtuvieron 1058 tablas a partir de las 28 trozas aserradas, lo que hace un volumen total de 21.1695 m³.

- **Volumen de Cuartones**

Tabla 9

Cuantificación de volumen para producto “cuarton” en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)

No. Troza	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Largo (m)	Cantidad	Volumen (pt)	Volumen (m ³)
1	15.25	7.62	3.65	9	161.85	0.382
	17.78	7.62	3.35	4	76.98	0.182
	25.4	12.7	3.96	6	324.97	0.766
2	22.86	10.5	3.35	4	136.38	0.322
	20.3	12.7	3.5	10	382.59	0.902
	30.48	10.1	3.65	6	285.86	0.674
	27.9	7.6	3.7	6	199.59	0.471
3	15.24	11	3.7	5	131.50	0.310
	27.9	12.7	3.35	9	452.96	1.068
	30.48	10.1	3.96	7	361.82	0.853
	22.8	8.2	3.05	3	72.53	0.171
	17.78	10	4.2	8	253.30	0.597
4	25.4	7.5	3	7	169.62	0.400
	22.86	7.5	3.7	5	134.49	0.317
5	22.86	10.6	3.66	4	150.41	0.355

	25.4	7.72	3.95	3	98.52	0.232
	30.5	12.7	3.35	12	660.23	1.557
6	27.9	7.62	3.65	7	230.31	0.543
	20.5	7.5	3.35	4	87.35	0.206
	27.9	10.1	3.96	6	283.88	0.670
	25.4	7.6	3.7	8	242.27	0.571
7	30.5	10.5	3.94	4	214.00	0.505
	23	10.1	3.35	6	197.98	0.467
	17.8	8.2	3.3	3	61.27	0.145
8	27.7	10.5	3.65	1	45.01	0.106
	30.5	7.5	3.95	7	268.18	0.632
9	22.9	10.5	3.5	5	178.41	0.421
	27.9	10.1	3.9	12	559.16	1.319
10	25.4	13	3.7	2	103.60	0.244
	30.5	12.7	3.35	6	330.12	0.779
11	21	7.5	3.5	3	70.12	0.165
	15.24	8	3.3	4	68.24	0.161
12	17.9	12.7	3.95	4	152.29	0.359
	23	10.5	3.5	2	71.68	0.169
	25.5	10.5	3	3	102.17	0.241
13	25.5	10.5	3.7	3	126.01	0.297
	30	13	3.3	10	545.69	1.287
	28	12.7	3.67	3	166.00	0.392
14	30.5	8.2	3.34	10	354.18	0.835
	27.94	10.1	3.7	3	132.81	0.313
15	25.5	13	3.95	4	222.08	0.524
	17.78	7.62	3.7	7	148.78	0.351
16	22.86	10.5	3.35	8	272.75	0.643
	20.3	12.7	3.5	2	76.52	0.180
	30.48	10.1	3.65	3	142.93	0.337
	27.9	7.6	3.7	3	99.79	0.235
17	22	10.5	3.7	8	289.91	0.684
	25.5	7.5	3.3	4	107.04	0.252
18	30.48	10	3.7	2	95.63	0.226
19	30.48	10.2	4	4	210.91	0.497
	20.32	7.5	3.7	14	334.72	0.789
	15.2	10.1	3.3	9	193.32	0.456
	25.4	12.5	3.05	4	164.24	0.387
20	21	12.7	3.96	5	223.90	0.528
	17.75	8	3.55	1	21.37	0.050
21	20.32	7.5	3.7	5	119.54	0.282
	15.2	10.1	3.3	1	21.48	0.051
	25.4	12.77	3.05	12	503.35	1.187
	30.48	10.1	3	3	117.47	0.277
22	25	7	3.35	4	99.43	0.235
23	25.4	10.1	3.3	1	35.90	0.085
24						

	22.9	5.4	3.65	3	57.41	0.135
	30.5	10	3.8	4	196.57	0.464
25	30	10.1	3.7	3	142.60	0.336
26	27.94	10.5	3.7	3	138.07	0.326
	25.5	7.5	4	5	162.18	0.383
27	17.78	7.62	3.95	3	68.07	0.161
	15.25	8	3.3	3	51.21	0.121
	30.05	10.1	3	7	270.24	0.637
	22	7.5	3.7	2	51.77	0.122
28	25.5	10.5	3.5	2	79.47	0.187
	25.5	10.1	3.7	1	40.40	0.095
	30.5	12.8	3.95	10	653.84	1.542
	16	17.78	3.3	5	199.02	0.469
Total				379	14256.3	33.623

En la tabla 9, se muestra la cuantificación volumétrica de cuartones obtenidos mediante el aserrado. Las dimensiones de los cuartones presentan diferentes medidas con relación al ancho, con un mínimo de 15.2 cm y un máximo de 30.5 cm; al grosor, con un mínimo de 5.4 cm y un máximo de 17.78 cm; y a la longitud, con un mínimo de 3 metros y un máximo de 4.2 metros. En total, se obtuvieron 379 tablas a partir de las 28 trozas aserradas, lo que hace un volumen total de 33.6233 m³.

- **Volumen de Listones**

Tabla 10

Cuantificación de volumen para producto "Liston" en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)

No. Troza	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Largo (m)	Cantidad	Volumen (pt)	Volumen (m ³)
1	7.5	7.5	0.889	12	25.44	0.0600
	5	5	1.21	23	29.50	0.0696
	10	8.89	1.524	4	22.98	0.0542
	10	7.6	3.3	5	53.17	0.1254
2	7.5	5	1.82	13	37.62	0.0887
	11	7.62	0.91	4	12.94	0.0305
	12	5.08	1.5	17	65.91	0.1554
	9	7.62	3.3	8	76.77	0.1811
3	7.6	7.6	1.5	13	47.76	0.1126
	12.7	5.08	0.91	4	9.96	0.0235
	10	7.5	3.3	10	104.94	0.2475
	7.6	5	0.88	12	17.01	0.0401
	10.16	7.6	1.2	14	55.00	0.1297
4	10.16	5	0.889	12	22.98	0.0542

	7.62	7.62	1.52	15	56.13	0.1324
	10	7.6	1.82	7	41.05	0.0968
	7.62	7.62	1.52	23	86.07	0.2030
	9	5	0.9	10	17.17	0.0405
5	10.16	9	3.3	15	191.91	0.4526
	7.62	5	0.88	16	22.75	0.0536
	12.7	5	1.21	12	39.09	0.0922
	7.62	7.62	0.91	25	56.01	0.1321
6	12.7	5	1.2	17	54.92	0.1295
	10.1	7.6	3.3	15	161.10	0.3800
	7.62	7.62	0.889	10	21.89	0.0516
	12.7	5	1.52	4	16.37	0.0386
7	10.1	10.1	3.3	7	99.91	0.2356
	9	8	0.91	6	16.67	0.0393
	10	7	1.2	12	42.74	0.1008
	7.62	7.62	3.3	2	16.25	0.0383
8	7.62	5.08	1.5	13	32.01	0.0755
	10.1	10.1	3.3	7	99.91	0.2356
9	7.62	5	0.88	23	32.70	0.0771
	12.7	5	1.2	16	51.69	0.1219
	7.62	7.62	0.9	15	33.24	0.0784
	8	5	1.2	13	26.46	0.0624
10	10.1	10.1	3.3	6	85.64	0.2020
	12.7	5.6	0.889	4	10.72	0.0253
	7.62	7	1.2	11	29.85	0.0704
11	7.62	5	0.9	19	27.62	0.0652
	12.5	7.62	3.3	8	106.62	0.2515
	7.62	7.62	0.88	14	30.33	0.0715
12	7.62	5	1.2	22	42.65	0.1006
	12.5	7.62	3.3	9	119.95	0.2829
	7.62	5	0.889	24	34.47	0.0813
	7.62	7.6	1	18	44.20	0.1042
13	7.62	7.62	1.2	12	35.45	0.0836
	12.7	7.6	2.7	7	77.35	0.1824
	10	7.6	3.3	9	95.71	0.2257
	7	5	1.8	12	32.05	0.0756
14	7.62	7.62	0.9	16	35.45	0.0836
	12.7	8	3.3	8	113.73	0.2682
	7.62	5	0.91	24	35.28	0.0832
15	5	5	1	18	19.08	0.0450
	10.1	5	1.2	13	33.40	0.0788
	7.62	5	0.91	17	24.99	0.0589
16	12.7	10.1	3.3	5	89.74	0.2116
	7.62	7.62	1	14	34.47	0.0813
	7.5	5	1.8	15	42.93	0.1013
17	7.62	7.62	0.91	19	42.57	0.1004

	12.7	7.62	3.3	7	94.78	0.2235
	12.7	4.5	1	9	21.81	0.0514
	8	7.5	1.2	12	36.63	0.0864
18	12.7	7.62	3.3	6	81.24	0.1916
	8	4.5	1.8	22	60.45	0.1426
	10.16	5	0.91	11	21.56	0.0509
19	7.62	7.62	0.88	7	15.17	0.0358
	10.1	5	1	12	25.69	0.0606
20	7.5	5	1.8	17	48.65	0.1148
	7.62	7.62	0.91	28	62.73	0.1479
	12.7	7.62	3.3	13	176.03	0.4152
	12.7	4.5	1	9	21.81	0.0514
	10.1	7.5	1.2	13	50.10	0.1182
21	7.62	7.62	1.2	12	35.45	0.0836
	10.1	7.62	0.91	20	59.39	0.1401
22	8	5	0.9	9	13.74	0.0324
	12.5	5	1.25	12	39.75	0.0938
	12.7	7.62	3.3	2	27.08	0.0639
	7.62	7.4	1.2	17	48.77	0.1150
23	9	7.62	0.88	7	17.91	0.0422
	10.1	5	1.24	9	23.90	0.0564
24	12	7.62	3.3	3	38.38	0.0905
	8	7.5	1.5	8	30.53	0.0720
	8	5	0.9	20	30.53	0.0720
25	7.62	5	1.2	17	32.95	0.0777
	8	8	0.91	11	27.16	0.0641
26	10.1	7.62	3.3	7	75.38	0.1778
	7.62	5	1	13	21.00	0.0495
	8	7.6	1.82	6	28.15	0.0664
27	12.7	5	0.91	14	34.30	0.0809
	10.1	10.1	3.3	7	99.91	0.2356
	7.62	7.62	1.2	19	56.13	0.1324
28	10.1	10.1	3.3	3	42.82	0.1010
	8	5	1.8	12	36.63	0.0864
	7.62	7.62	1	12	29.54	0.0697
	12.7	4.5	1.2	12	34.89	0.0823
Total				1176	4643.2	10.95

En la tabla 10, se muestra la cuantificación volumétrica de listones obtenidos de las 28 unidades muestrales. Los listones obtenidos presentan diferencias en cuanto a sus dimensiones: el ancho mínimo es de 5 cm y el máximo es de 12.7 cm, el grosor mínimo es de 4.5 cm y el máximo es de 10.1 cm, mientras que la longitud varía entre 0.88 metros

y 3.3 metros. En total, se obtuvieron 1176 tablancillos a partir de las 6 trozas aserradas, lo que equivale a un volumen de 10.951 m³.

- **Volumen de Tablancillos**

Tabla 11

Cuantificación de volumen para producto “tablancillo” en Tornillo (Cedrelinga catenaeformis)

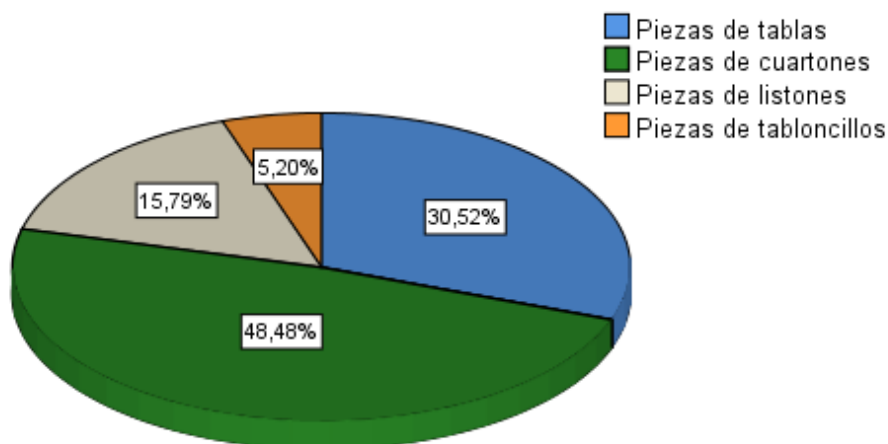
No. Troza	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Largo (m)	Cantidad	Volumen (pt)	Volumen (m ³)
1	40	5.08	2.74	3	70.82	0.1670
	43	5.08	2.1	1	19.45	0.0459
2	50	4.5	3.95	2	75.37	0.1778
3	43	5.08	3	2	55.57	0.1311
	38	6.2	2.14	1	21.38	0.0504
4	40	4.5	3.65	1	27.86	0.0657
5	43	5.08	3.5	3	97.25	0.2294
6	45.7	6	3.71	2	86.27	0.2035
7	40	5.08	3.95	3	102.10	0.2408
9	38.2	6	3.3	2	64.14	0.1513
10	55	5.5	3	3	115.43	0.2723
11	48.2	5	2.1	3	64.38	0.1518
12	40	5.08	3.35	3	86.59	0.2042
13	45	5.08	3.3	1	31.99	0.0754
15	49	5.08	3.72	2	78.52	0.1852
16	43.2	5.08	2.2	3	61.41	0.1448
17	38.6	5.08	2.7	2	44.90	0.1059
	40.8	4.5	3	2	46.71	0.1102
18	45	5.08	2.8	2	54.28	0.1280
20	43.2	5.08	2.3	3	64.20	0.1514
21	38.5	6.3	3.7	1	38.05	0.0897
22	40.8	6	2.2	3	68.50	0.1616
26	40.8	5.08	2.7	2	47.46	0.1119
27	37.9	5.5	3.3	3	87.50	0.2064
28	40.8	4.5	2.6	1	20.24	0.0477
Total				54	1530.3	3.609

En la tabla 11, se muestra la cuantificación volumétrica de listones obtenidos a partir de las 28 unidades muestrales. Los listones obtenidos presentan diferencias en cuanto a sus dimensiones: el ancho mínimo es de 37.9 cm y el máximo es de 55 cm, el grosor mínimo es de 4.5 cm y el máximo es de 6.3 cm, mientras que la longitud varía entre 2.1 metros

y 3.95 metros. En total, se obtuvieron 54 tablancillos a partir de las 22 trozas aserradas, lo que equivale a un volumen de 3.609 m³.

Figura 13

Porcentaje de las piezas obtenidas en el estudio



El gráfico muestra la distribución porcentual de piezas de madera aserrada después del proceso de primera transformación. La mayor proporción, 48.48%, corresponde a las piezas de cuartones siendo su principal producto en cuanto a volumen se refiere, seguidas por las piezas de tablas con 30.52 %. Las piezas de listones representan el 15.79%, mientras que las piezas de tablancillos tienen la menor participación con el 5.20%.

3.5 Rendimiento de madera aserrada por etapa de aserrio

Tabla 12

Etapas de aserrio

Etapas	Proceso	Rendimiento (%)
Etapa 1	Aserrado	59.56 %
	Canteado	
Etapa 2	Despunte	49.5 %
	Re aserrado	

3.5.1 Rendimiento etapa 1

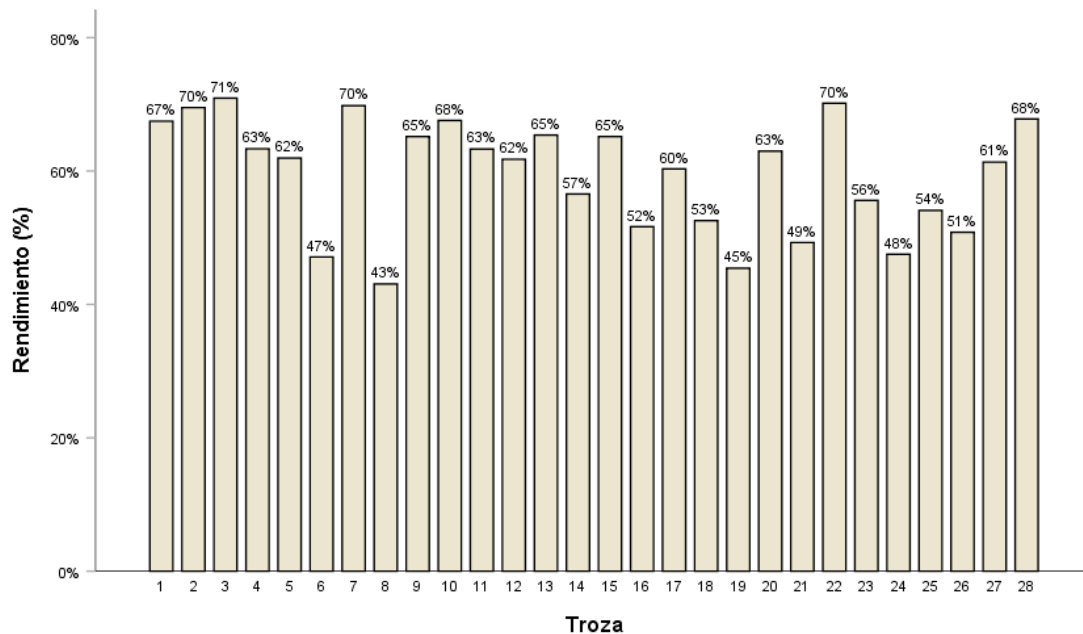
Tabla 13

Rendimiento de Tornillo (Cedrelinga Catenaeformis) en la etapa 1

TROZA	X VOLUMEN ROLLIZO (m³)	X2 VOLUMEN ASERRADO 1ETAPA	RENDIMIENTO %
1	5.054	3.410	67.474
2	8.037	5.587	69.513
3	8.958	6.354	70.927
4	2.916	1.847	63.334
5	8.499	5.265	61.951
6	7.242	3.412	47.115
7	5.540	3.867	69.802
8	2.095	0.902	43.064
9	4.189	2.730	65.169
10	5.412	3.658	67.588
11	4.000	2.532	63.307
12	4.427	2.734	61.759
13	6.760	4.421	65.397
14	2.157	1.220	56.549
15	4.908	3.199	65.178
16	4.411	2.279	51.664
17	5.903	3.561	60.325
18	4.499	2.365	52.563
19	1.380	0.627	45.423
20	7.907	4.979	62.972
21	3.160	1.557	49.277
22	5.450	3.824	70.161
23	1.166	0.648	55.587
24	3.221	1.531	47.525
25	1.795	0.971	54.086
26	3.422	1.739	50.819
27	4.568	2.802	61.346
28	6.774	4.593	67.798
Promedio	4.780	2.951	59.560
Total	138.632	82.614	

Figura 14

Rendimiento de Tornillo (Cedrelinga Catenaeformis) en etapa 1



La (Tabla 13) y (Figura 14) muestran los datos de rendimiento obtenidos durante la Etapa 1, correspondiente al proceso de aserrío de 28 trozas de madera. El volumen rollizo representa el volumen inicial de cada troza antes del aserrío, variando desde 1.166 m³ para la troza 23 hasta un máximo de 8.958 m³ para la troza 3. Por otro lado, el volumen aserrado oscila entre 0.627 m³ para la troza 19 y 6.354 m³ para la troza 3, siendo este último el valor más alto obtenido después del proceso de aserrío.

En cuanto al rendimiento, expresado como un porcentaje del volumen aserrado en relación al volumen rollizo, se observa una amplia variabilidad. El rendimiento más bajo es de 43.064% para la troza 8, mientras que el más alto alcanzó un 70.927% para la troza 3. El volumen rollizo tuvo un promedio de 2.951 m³, volumen aserrado promedio de 2.780 m³, y un rendimiento promedio del 59.560%. Esto último indica que, en promedio, aproximadamente el 40% del volumen original se perdió durante el aserrío, principalmente en forma de corteza, aserrín y recortes.

3.5.2 Rendimiento de la etapa 2

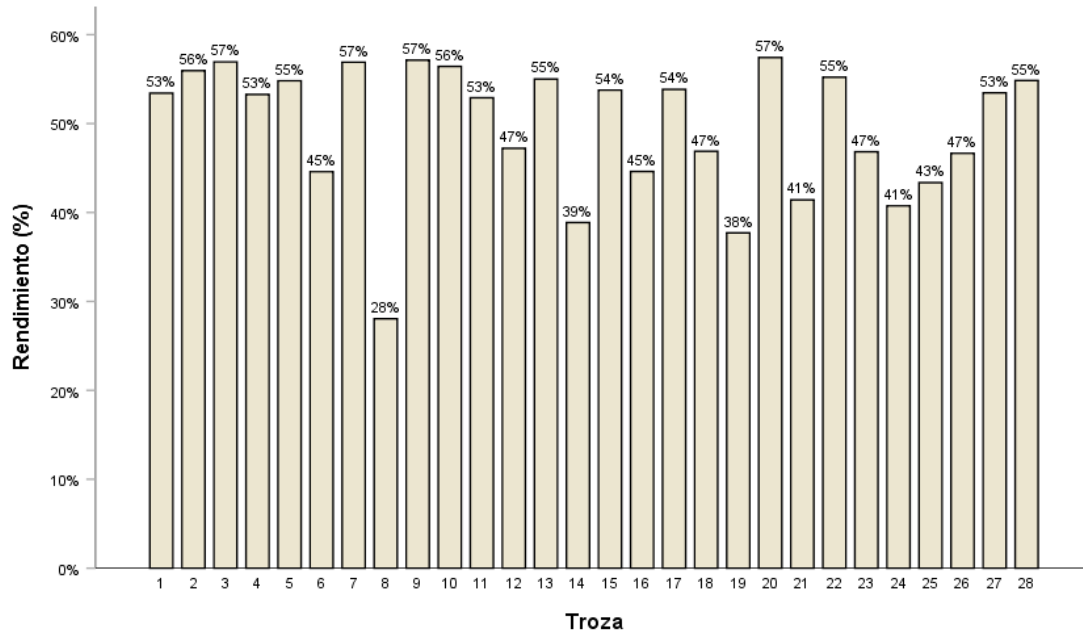
Tabla 14

Rendimiento de la especie Cedrelinga catenaeformis en la etapa 2

TROZA	X VOLUMEN ROLLIZO (m³)	y VOLUMEN ASERRADO 2ETAPA	RENDIMIENTO %
1	5.054	2.700	53.418
2	8.037	4.497	55.952
3	8.958	5.101	56.936
4	2.916	1.554	53.273
5	8.499	4.659	54.815
6	7.242	3.229	44.582
7	5.540	3.152	56.900
8	2.095	0.588	28.055
9	4.189	2.393	57.134
10	5.412	3.054	56.431
11	4.000	2.116	52.903
12	4.427	2.090	47.218
13	6.760	3.719	55.009
14	2.157	0.839	38.872
15	4.908	2.639	53.764
16	4.411	1.968	44.616
17	5.903	3.179	53.848
18	4.499	2.109	46.881
19	1.380	0.521	37.710
20	7.907	4.540	57.423
21	3.160	1.309	41.420
22	5.450	3.009	55.215
23	1.166	0.546	46.829
24	3.221	1.312	40.742
25	1.795	0.778	43.356
26	3.422	1.596	46.652
27	4.568	2.442	53.458
28	6.774	3.715	54.843
Promedio	4.780	2.477	49.581
Total	138.632	69.353	

Figura 15

Rendimiento de Cedrelinga catenaeformis en la etapa 2



En la (Tabla 14) y (Figura 15) muestra los datos de rendimiento obtenidos durante la Etapa 1, correspondiente al proceso de aserrío de 28 trozas de madera. El volumen rollizo representa el volumen inicial de cada troza antes del aserrío, variando desde 1.166 m³ para la troza 23 hasta un máximo de 8.958 m³ para la troza 3. Por otro lado, el volumen aserrado oscila entre 0.521 m³ para la troza 19 y 5.101 m³ para la troza 3, siendo este último el valor más alto obtenido después del proceso de aserrío.

En cuanto al rendimiento, expresado como un porcentaje del volumen aserrado en relación al volumen rollizo, se observa una amplia variabilidad. El rendimiento más bajo es de 28.055% para la troza 8, mientras que el más alto alcanzó un 57.134% para la troza 9. El volumen rollizo tuvo un promedio de 4.780 m³, volumen aserrado promedio de 2.477 m³, y un rendimiento promedio del 49.581%. Esto último indica que, en promedio, aproximadamente el 50.419% del volumen original se perdió durante el aserrío, principalmente en forma de despuntes, aserrín y virutas.

3.6 Análisis de regresión y correlación

Tabla 15

Cuadro para el análisis de regresión Lineal

Numero de trozas	X	Y	X2	Y2	X.Y	Rendimiento
1	5.054	2.700	25.54	7.29	13.64	53.418
2	8.037	4.497	64.60	20.22	36.14	55.952
3	8.958	5.101	80.25	26.02	45.69	56.936
4	2.916	1.554	8.50	2.41	4.53	53.273
5	8.499	4.659	72.23	21.70	39.59	54.815
6	7.242	3.229	52.44	10.42	23.38	44.582
7	5.540	3.152	30.69	9.94	17.46	56.900
8	2.095	0.588	4.39	0.35	1.23	28.055
9	4.189	2.393	17.55	5.73	10.03	57.134
10	5.412	3.054	29.29	9.33	16.53	56.431
11	4.000	2.116	16.00	4.48	8.46	52.903
12	4.427	2.090	19.60	4.37	9.25	47.218
13	6.760	3.719	45.70	13.83	25.14	55.009
14	2.157	0.839	4.65	0.70	1.81	38.872
15	4.908	2.639	24.09	6.96	12.95	53.764
16	4.411	1.968	19.46	3.87	8.68	44.616
17	5.903	3.179	34.85	10.10	18.76	53.848
18	4.499	2.109	20.24	4.45	9.49	46.881
19	1.380	0.521	1.91	0.27	0.72	37.710
20	7.907	4.540	62.52	20.61	35.90	57.423
21	3.160	1.309	9.98	1.71	4.14	41.420
22	5.450	3.009	29.71	9.06	16.40	55.215
23	1.166	0.546	1.36	0.30	0.64	46.829
24	3.221	1.312	10.38	1.72	4.23	40.742
25	1.795	0.778	3.22	0.61	1.40	43.356
26	3.422	1.596	11.71	2.55	5.46	46.652
27	4.568	2.442	20.86	5.96	11.15	53.458
28	6.774	3.715	45.89	13.80	25.17	54.843
Total	133.852	69.353	767.614	218.769	407.989	1388.257
Promedio	4.780	2.477	27.415	7.813	14.571	49.581

Tabla 16*Cálculo matemático de la ecuación por el método de regresión lineal simple*

Variables	x	y
Promedio (x); (y)	4.78	2.576
Desviación estándar de la población (Sx); (Sy)	2.17517	1.4055
Suma de cuadrados ($\sum x^2$); ($\sum y^2$)	767.614	239.162
Suma total ($\sum x$); ($\sum y$)	133.852	72.133
Producto interior ($\sum xy$)	425.286	
Número de datos	28	

3.6.1 Cálculo de regresión

La ecuación de la recta es:

$$Y = a + bx$$

El coeficiente de regresión “b” se obtiene:

$$b = \frac{28 * 407.989 - 133.852 * 69.353}{28 * 767.614 - (133.852)^2} \quad (1)$$

Simplificando: (1) y (2) resulta (3)

$$b = 0.59848$$

El intercepto “a” se obtiene a través de:

$$a = \frac{69.353 - 0.5985 * 133.852}{28} \quad (4)$$

Simplificando (4) resulta (5):

$$a = -0.3841$$

Ecuación obtenida:

$$y = -0.3841 + 0.59848x$$

$$V_{\text{Madera aserrada}} = -0.384 + 0.598 * (V_{\text{Troza}})$$

El coeficiente de correlación (r) se obtiene:

$$R = \frac{(28 * 407.989 - 133.852 * 69.353)}{\sqrt{(28 * 767.614 - (133.852)^2)(28 * 218.769 - (69.353)^2)}}$$

Simplificando: (6) y (7) resulta (8)

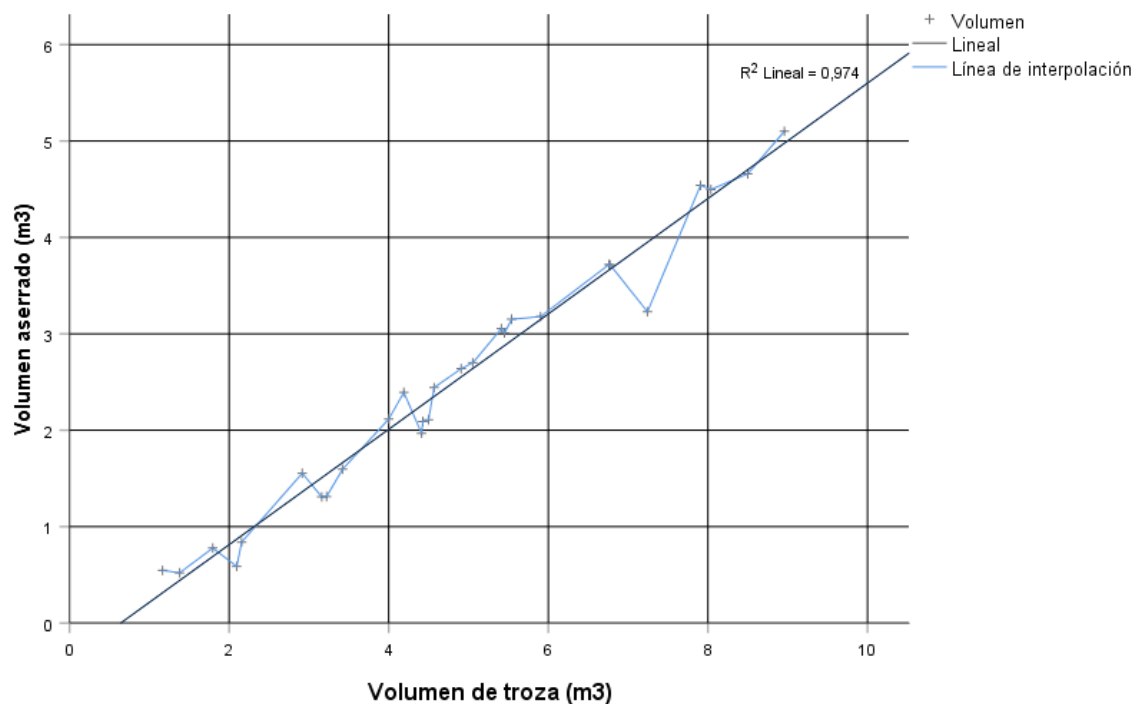
$$R = 0.98677$$

R ajustado:

$$R^2 = 0.973$$

Figura 16

Grafica de regresión



Este modelo de regresión es recomendado para calcular o estimar el volumen de madera aserrada a partir del volumen de las trozas de *Cedrelinga cantenaeformis* que ingresa a la planta de transformación primaria, cuando cuya ecuación de Regresión Lineal es la siguiente: $Y = -0.384 + 0.598X$, además se obtuvo un Coeficiente de determinación $R^2 = 0.974$, lo cual indica que se tiene una relación de 97.4 % entre las variables, Así mismo

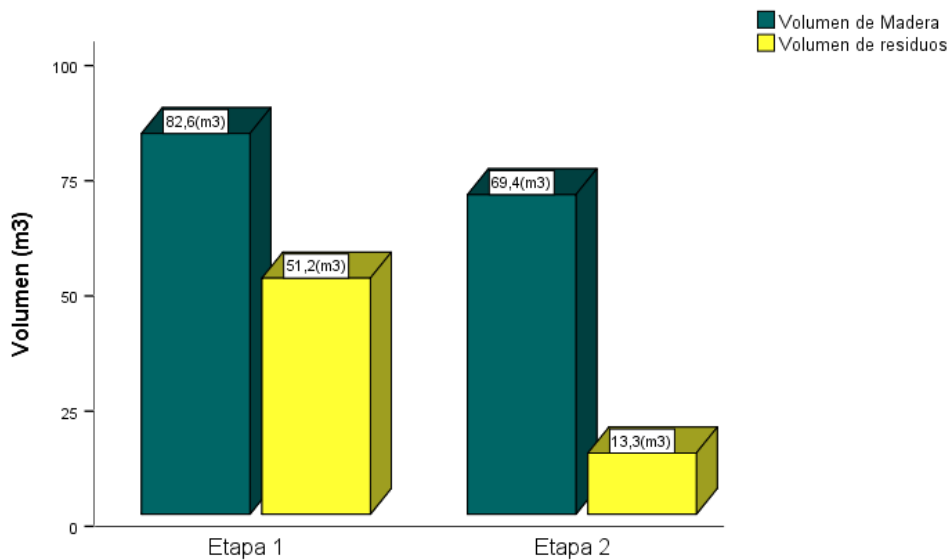
se mide la estrechez de una relación, los valores se aproximan a +/- 1 indicando que tiene fuerte relación entre las variables de madera aserrada y madera rolliza.

3.7 Análisis de residuos

Los desechos que se producen en cada etapa son diferentes tanto en cantidad como en cualidades, los desechos generados en la etapa 1 de aserrado y desorillado consisten en su mayoría en cantos o costillas de trozas y tablas dañadas, en el proceso de re aserrío los desechos son pequeñas piezas con poco canto y las que tienen un largo adecuado son clasificadas para ser llevadas a despunte donde se les elimina las partes defectuosas de las tablas y así tener las medidas requeridas. En la etapa 2, en el despunte los desechos son pocos y normalmente son nudos o puntas dañadas y aserrín, en el proceso de canteado con sierra circular se generó solo aserrín como desecho. En la figura 17 se observa que en general en la etapa 1 se obtuvo 51.2 m³ de desechos y 83.6 m³ de madera aprovechada y en la etapa 2 se aprovecharon 69.4 m³ y un total de 13.3 m³. En total durante el proceso de aserrado se obtuvo un total de desechos de 64.5 m³.

Figura 17

Residuos Generados



IV DISCUSIONES

Según Rios (2024), un flujo de producción planificado es aquel que permite que los materiales se desplacen de una etapa a otra de manera fluida, reduciendo tiempos de espera y evitando cuellos de botella. En el aserradero Tarapoto S.A.C, la distribución de los procesos en cada etapa sigue esta lógica, permitiendo un flujo ordenado desde el patio de acopio hasta la madera alistada. Así mismo, el diseño de planta y la distribución de la maquinaria son elementos cruciales para la eficiencia del flujo de producción en un aserradero. En el caso específico del aserradero Tarapoto S.A.C, se observa que las máquinas están adecuadamente ordenadas y cuentan con suficiente espacio para que cada trabajador realice sus tareas sin inconvenientes. Este aspecto del diseño de planta es fundamental para asegurar una secuencia de trabajo continuo y eficiente, como lo señala Keil et al., (2021).

En el aserradero Tarapoto S.A.C se obtuvo un rendimiento de madera aserrada de 49,58% para *Cedrelinga catenaeformis*, Leyva et al., (2020) realizaron un estudio sobre el rendimiento por cual se obtuvo un rendimiento del 52,8%. Smajić et al., (2021), estudio a troncos de roble Obteniendo un rendimiento de cantidad de 59,29%, rendimiento de calidad 87,89% y finalmente rendimiento de valor 50,35%. Casagrande, M. et al. (2019), obtuvieron un rendimiento medio de *Qualea paraensis* del 43,97% y el de *Erismia uncinatum*, del 42,05%. Nájera et al. (2012) calculó un 56% lo cual es alto para estudios relacionados. Ortiz, Martínez, Vázquez y Juárez (2016) calculó un 44,18% para el género de Pinos en México. Por otra parte, Ushñahua (2016) obtuvo un rendimiento de madera rolliza de *Cedrelinga catenaeformis* (tornillo) en aserrío de 49.46 %. Siendo la obtenida en este estudio un rendimiento similar. Silva (2023), realizó un estudio para determinar el rendimiento medio por tronco en la producción de madera. El rendimiento medio por tronco fue del 46,26% de madera aprovechable y 0,05 m³ de madera residual para *Pinus radiata*. Ccahuana (2007), calculó un factor de 45,06% para Caoba en un aserradero cinta vertical similar al utilizado en el estudio en el aserradero Tarapoto S.A.C. Con todos los estudios mencionados se puede decir que el factor de recuperación de madera se encuentra alrededor del 50% independientemente de metodología utilizada, las diferencias se pueden dar por la calidad de las trozas, el tamaño de la muestra, maquinaria utilizada, entre otros.

El modelo de regresión lineal es el utilizado por varios autores, Castillo (2023) trabajo con 32 trozas, obtuvo un modelo lineal para tres especies Cedro (*cedrela odorata L.*), Palo Blanco (*Cybistax donell -Smimithii Rose*), (*Quercus Peduncularis*), con un 98.08% ,90.09%, 93.28% de coeficiente de correlación respectivamente, Ramirez (2019) trabajo con *Ceiba pentandra (L.) Gaertn* donde determino un modelo de regresión con un coeficiente de correlación de 95.21%, Ortiz et al. (2016) determino también un modelo lineal con un coeficiente de correlación del 84,8%. En el estudio en el aserradero Tarapoto S.A.C se encontró un modelo lineal que tiene un coeficiente de correlación similar, con alta explicación de los datos según el modelo escogido.

De las 30 trozas evaluadas de la especie Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*), se logró obtener volumen total de madera rolliza de 133.85 m³ y volumen total de madera aserrada de 69.35 m³. Sin embargo, existen estudios de otras especies donde se logró un mayor volumen rollizo y volumen aserrado, como el estudio de Ramírez (2019), donde al evaluar las 30 trozas de las especies *Copaifera reticulata Ducke* y *Ceiba pentandra (L.) Gaertn* donde la primera obtuvo un mayor volumen de madera rolliza de 147.240 m³ y mayor volumen de madera aserrada de 61.854 m³, y la segunda especie obtuvo un volumen de madera rolliza de 175.8 m³ y volumen de madera aserrada de 80.199 m³.

Con respecto al volumen de madera aserrada de la especie *Cedrelinga catenaeformis*, se puede determinar en la Tabla 7 y Figura 11 que las trozas número 3,5 y 20 presentan el mayor volumen de madera aserrada de 5.101 m³, 4.659 m³ y 4.540 m³, y comparando con la tabla, les corresponde los mayores diámetros de trozas. Según (meza 2010), el diámetro de la troza y por ende el volumen de madera rolliza, es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío, demostrándose que a medida que aumenta el volumen, también se incrementa el volumen de madera aserrada; así mismo se debe considerar la calidad de las trozas, por lo que en este estudio se consideró una calidad única desde el aprovechamiento, logrando coincidir con (Meza 2010).

En el presente estudio, se evaluó el rendimiento en las distintas etapas del proceso de aserrío de trozas de madera. Específicamente, se consideraron dos etapas principales: la Etapa 1, que incluye el aserrío y canteado, y la Etapa 2, que comprende el despuntado y reaserrado. Los resultados revelaron que en la Etapa 1 se generó un desperdicio del 40.44% con respecto al volumen total de la troza, mientras que en la Etapa 2, el desperdicio ascendió al 50.42%. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones

previas en el campo del aserrío de maderas. Roberts (2017) realizó un estudio similar enfocado en el rendimiento por etapas del aserrío de *Cordia alliodora*, una especie de árbol común en la región. En dicho estudio, se consideraron tres etapas: Etapa de aserrío, Etapa de reaserrío y Etapa de despunte. Los resultados mostraron que en la Etapa de aserrío y reaserrío se generó un desperdicio del 39.7% en relación al volumen de la troza, mientras que, en la Etapa de despunte, el desperdicio alcanzó el 47.35%. Los valores de desperdicio reportados son muy similares a los obtenidos en el presente estudio, lo cual sugiere que el proceso de aserrío, independientemente de la especie de madera, tiende a generar niveles de desperdicio similares en cada etapa. Esta concordancia entre los resultados de ambos estudios refuerza la validez de los hallazgos y permite inferir que los porcentajes de desperdicio observados son representativos de los procesos de aserrío en general.

No obstante, según Keegan et. al (2004) nos dice que es importante tener en cuenta que los niveles de desperdicio pueden variar ligeramente dependiendo de factores como las características específicas de la madera, la maquinaria utilizada, la experiencia de los operarios, y las técnicas empleadas en cada planta de aserrío. Por lo tanto, aunque los resultados de este estudio y Roberts (2017), sería recomendable realizar investigaciones adicionales con otras especies de madera y en diferentes contextos para obtener una comprensión aún más completa de los patrones de desperdicio en el aserrío.

En este estudio se consideró el rendimiento en etapas: 1 (Aserrado y canteado) y 2 (Despunteado y re aserrado), en el cual en la etapa 1 y 2 se generó un desperdicio de 40.44% y 50.42% con respecto al volumen total de la troza. Roberts (2017) realizó un estudio de rendimiento por etapas de aserrío de laurel, en las que considero Etapa de aserrío, Etapa de Re aserrado y Etapa de despunte, donde se generaron desperdicios del 39.7 % en la etapa de aserrío y canteado y 47.35 % en la etapa de despunte con respecto al volumen de troza. Siendo estos valores de residuos muy similares, por lo cual esta no difiere mucho del resultado encontrado en este estudio.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El diseño de planta del aserradero Tarapoto S.A.C es organizado y funcional, lo que garantiza un flujo de producción eficiente y no se ve afectado.
- En la etapa 1 de aserrado de madera se obtuvo un rendimiento promedio de 59.56% con respecto al volumen en troza, con rangos de rendimiento entre 70.92 % y 43.06 % y en la etapa 2 se tuvo un rendimiento promedio de 49.58%, con rendimientos entre 57.42% y 28%, donde se observa una variabilidad significativa en los rendimientos individuales.
- Las líneas de producción de madera aserrada fueron tabloncillos con un volumen de 3.609 m³, que representa un 5.20% del total de madera aserrada, tablas con 21.169 m³ que representa 30.52 %, listones con 10.951 m³ que representa 15.79% y cuarterones 33.623 m³ que representa 48.48%, siendo este último el mayor producto comercializado por el aserradero Tarapoto S.A.C. en cuanto a volumen.
- El número de piezas aserradas de las 28 trozas de *Cedrelinga Catenaeformis*, fue de 2667 piezas, con un promedio de 111.125 piezas por troza, la troza 20 aportó el mayor número de piezas 183 y la troza 8 el menor número de piezas 33.
- La hipótesis de rendimiento promedio presentada se rechaza, ya que el rendimiento promedio para este estudio de *Cedrelinga catenaeformis*, fue de 49.58 % en promedio para las 28 trozas evaluadas, menor al valor hipotético planteado inicialmente.
- El coeficiente de regresión fue $b = 0.589$ y la constante $a = - 0.384$, mostrando un alto grado de asociación con pendiente positiva entre la variable regresora y dependiente, la regresión determinada fue $V_{Madera\ aserrada} = -0.384 + 0.598 * (V_{Troza})$ para la especie Tornillo (*Cedrelinga catenaeformis*). Obteniendo un coeficiente correlación de $R^2 = 0.974$.

5.2 Recomendaciones

- Al aserradero, tener un buen control de la ubicación de materia prima para evitar que la madera se dañe en el patio del aserradero.
- Realizar un programa de capacitación al personal del aserradero y realizar un mantenimiento trimestral de las máquinas principales de la línea de producción del aserradero.
- Compartir y socializar la información de este trabajo con los actores forestales de la región San Martín y del país, especialmente con las autoridades forestales con el propósito de tener un mayor control del aprovechamiento forestal.
- Se recomienda utilizar la ecuación lineal $V_{Madera\ aserrada} = -0.384 + 0.598 * (V_{Troza})$ para determinar el volumen de madera aserrada a partir del volumen de la troza de *Cedrelinga catenaeformis*. Ecuación validada estadísticamente con un nivel de significancia del 95%.
- A futuros investigadores, realizar estudios de rendimiento considerando otros factores relacionados a los equipos de aserrío y tiempos de operación en el proceso, considerando también la calidad de la troza y el tipo de sierra utilizada.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestra Santa Madre de Dios y a nuestro Padre eterno por darnos la vida de poder terminar nuestra investigación.

Agradezco también a mi Asesor de Tesis el M.Sc. Handry Martin Rodas Purizaga, por brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así también por su paciencia para guiarnos durante todo el desarrollo de la tesis.

Al señor Jhino Balarin Serrano por permitirnos realizar este estudio en el aserradero Tarapoto S.A.C y a su equipo técnico Adela y Wilmer.

Erland Smith Cubas Rojas y Pedro Pablo Toro Goicochea

DEDICATORIA

Dedico este informe final de tesis, a mi padre Absalón Cubas Villegas, a mi madre María Angelica Rojas Fernández, a mis hermanos, y amigos que siempre estuvieron en el proceso apoyándome con sus consejos guiándome siempre por el camino del bien para no darme por vencido hasta lograr mis sueños y metas.

Erland Smith Cubas Rojas

Le dedico a mis padres Artidoro Toro Carranza y María Magdalena Goicochea Fernández, a mis hermanos Alex, Jose, Edwar y Jhon; y amigos, ustedes han sido mi faro, guiándome con paciencia y alentándome con cada paso. A través de los desafíos y las victorias, su fe en mí ha sido mi mayor inspiración. A Anali, por su amor y apoyo incondicional, que me han dado la fuerza para seguir adelante.

Pedro Pablo Toro Goicochea

VI REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez González, V., Cohen I., M., González D., P. (2007). *Disponibilidad de residuos madereros. Residuos de la industria primaria de la madera. Disponibilidad para uso energetico*. Santiago, Chile: <https://doi.org/10.52904/20.500.12220/17192>
- Borz, S. A., M. Oghnoum, M. V. Marcu, A. Lorincz and A. R. Proto. (2021). *Performance of Small-Scale sawmilling operations: A case study on time consumption, productivity and main ergonomics for a manually driven bandsaw*. *Forests* 12(6):810. Doi: 10.3390/f12060810. DOI: <https://doi.org/10.3390/f12060810>
- CATIE.CR. 2005. *Árboles de Centroamérica: Swietenia macrophylla (en línea)*. Costa Rica. Consultado 15 mar 2024. Disponible en <http://www.arbolesdecentroamerica.info>.
- Casagrande Stragliotto, M., Melo Freitas, J., Costa Oliveira, A., & Corradi Pereira, B. (2019). *Rendimiento en madera aserrada y aprovechamiento de residuos de pato Qualea paraensis Y Erisma uncinatum caliente*. *FLORESTA*, 49(2), 257-266. Doi: <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v49i2.57284>
- Castillo C., E. D. (2023). *Estudio de Rendimiento de Transformación Primaria de Madera, en el Aserradero Americano S.A, Huehuetenango, Guatemala [Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana]*. Obtenido; <https://hdl.handle.net/11036/7584>
- Ccahuana, W. A. (2007). *Estudio de rendimiento y tiempos en el proceso de aserrío de trozas de swietenia macrophylla king con un aserradero de cinta vertical, en la provincia de tahuamanu*. Tesis de ingeniero. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Perú. DOI:10.13140/RG.2.1.4269.8729.
- Chávez, A; Guillen, A. (1997). *Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío. Documento técnico 62/1997. Proyecto Bolfor*. Santa Cruz, Bolivia. 32 p. Disponible en: <http://www.rmportal.net/library/I/A/2/a/documentos-tecnicos/dt62.pdf>.
- Cortez Vásquez, A. P., Cortez Vásquez, N. E., & García Conde, R. U. (2023). *Impacto del uso de las tecnologías de la información en la agricultura de precisión*. *Perfiles De Ingeniería*, 19(20), 201–219. <https://doi.org/10.31381/perfilesingenieria.v19i20.6308>

- Gonçalves Porto A., Negrão Macedo A., Silva Silva S. & Leite Cardoso E. (2018). *Análise dos resíduos gerados por indústrias de beneficiamento de madeira na região metropolitana de Belém*. In Anais eletrônico. São Carlos (Vol. 26). Doi:10.37885/201102083
- Gualpa, M., Suatunce, J., & Canchignia, H. (2019). *Tiempos y rendimiento en el proceso de aserrado de Eucalyptus globulus Labill, con sierra circular y de cinta en el cantón Riobamba*. Enfoque UTE, 10, 126-143. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n2.477>
- Guevara Salnicov, L., Reyes Inca, P., & Bocanegra Davila, L. (1993). *Evaluacion de residuos de aserrio*. *Folia Amazonica*, 5(1-2), 191-201.Scopus. Doi: <https://doi.org/10.24841/fa.v5i12.241>
- Huaycama Perez, W. (2019). *Rendimiento y costos de producción en la transformación de madera rolliza a madera aserrada de la especie yacushapana (Terminalia oblonga) en el aserradero Corporación Industrial Forestal SAC. Loreto-Perú*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de La amazonia peruana. Obtenido de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6191>
- IBM Corp (2017). *IBM SPSS Statistics para Windows, versión 25.0*. IBM Corp
- INDECI (Instituto Nacional de defensa civil). (2005). *Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Jaén. Proyecto INDECI-PNUD PER/02/51*. Ciudades Sostenibles. 259 http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/mariscal_caceres/juanjui.pdf
- Keegan, C. E., Fiedler, C. E., & Phillip, D. (2004). *Residual tree volumes and whole-tree biomass in unmanaged Douglas-fir stands in Western Oregon*. *Journal of Forestry*, 102(3), 38-45.
- Keil, G. D., Spavento, M. E., & Raffaelli, N. (2021). *Industrialización de la madera. Transformación mecánica y química: tecnologías y puesta en valor sustentable*. Universidad nacional de la plata. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/144103/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lauri, P., N. Forsell, F. Di Fulvio, T. Snäll and P. Havlik. (2021). *Material substitution between coniferous, non-coniferous and recycled biomass. Impacts on forest*

industry raw material use and regional competitiveness. Forest Policy and Economics 132:102588. Doi: 10.1016/j.forpol.2021.102588.

Leyva Miguel, I., Rojas Romero, A., & Segurado Gil, Y. (2017). *Determinación del rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada en aserríos en la Provincia de Guantánamo*. Revista Cubana De Ciencias Forestales, 5(3), 340–351. Recuperado a partir de <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/212>

Leyva, I., Álvarez, D., La O Mundis, Y., Céspedes, G., & Segurado, Y. (2020). *Rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada de Samanea saman Jacq. En el Aserradero de la Empresa Agroforestal Guantánamo*. Revista Cubana de Ciencias Forestales. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000300507&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Little, T. M., & Hills, F. J. (1990). *Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura* (2^{ed.}). Trillas.

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, I. L., Romero, A. R., & Gil, Y. S. (2017). *Determinación del rendimiento y calidad dimensional de la madera aserrada en aserríos en la Provincia de Guantánamo*. Revista Cubana de Ciencias Forestales, 5(3), Article 3.

Nájera, J. A., Adame, G. H., Méndez, J., Vargas, B., Cruz, F., Hernández, F. J., & Aguirre, C. G. (2012). *Rendimiento de la madera aserrada en dos aserraderos privados de El Salto, Durango, México*. Investigación y Ciencia, 20(55), 11-23. <https://www.redalyc.org/pdf/674/67424409002>

Ortiz B, R., Martínez, S., Vázquez R, D. & Juárez, W. (2016). *Determinación del coeficiente y calidad de aserrío del género Pinus en la región Sierra Sur, Oaxaca, México*. Colombia Forestal, 19(1), 79-93.

Ramírez Correa, D. I. (2019). *Rendimiento de aserrío de copaiba (Copaifera reticulata Ducke) y lupuna (Ceiba pentandra (L.) Gaertn) en Tahuamanu—Madre de Dios*. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3184>

- Ríos, C. (2024). *Optimización del proceso de control y gestión de stock de una empresa avícola para la toma estratégica de decisiones*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/551803>
- Ríos Panduro, H. (2019). Costos de aserrío y transporte de madera aserrada de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann en el bosque de Padre Marquez-Loreto [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva] Obtenido https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS_HRP_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Roberts, K. (2017). *Análisis del rendimiento y eficiencia actual en la producción de madera aserrada, en el aserradero El Almendro SA, Cartago, Costa Rica*. Tesis de doctorado, Instituto Tecnológico De Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/9399>.
- Samayoa Tercero, A. y Guoron López, A. (2016). *Guía para estudios de rendimiento de transformación primaria en la industria forestal de Guatemala* [Serie Técnica GT-011]. Instituto Nacional de Bosques y Organización Internacional de las Maderas Tropicales. https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3090/Technical/Guia%20rendimientos.pdf?v=1526457646
- Silva Garay, C. Z. (2023). *Rendimiento de la madera rolliza de *Pinus radiata* D. Don, en la manufactura de parihuela para la agroexportación*. [Tesis de pregrado, Universidad nacional agraria la molina]. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5743>
- Smajić, S., Ištvančić, J., Obućina, M., & Jovanović, J. (2021). *Determination of success sawmill processing of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) logs by live sawing method*. 363-368. Scopus. Doi: <https://doi.org/20.34641/fa.v8i1-7.943>
- Ushñahua Sanchez, J. M. (2016). *Rendimiento de la madera rolliza de cuatro especies forestales de Pucallpa, en la conversión a madera aserrada comercial y madera de recuperación*. Universidad Nacional de Ucayali. <https://renati.sunehdu.gob.pe/handle/sunedu/3135815>

Zavala, D. Z., & Cortés, R. H. (2000). *Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino*. *Madera y bosques*, 6(2), 41-55. Doi: 10.21829/myb.2000.621374

VII ANEXOS

Anexo 1

Formato de cubicación de troza

FORMATO N° 1: CUBICACIÓN DE MADERA ROLLIZA

Nombre del Aserradero:

Especie:

No. Troza	Código de troza	Diámetro menor (cm)	Diámetro mayor (cm)	Largo (m)	Volumen (m ³)
1	T-1C				
2	T-2C				
3	T-3C				
4	T-4C				
5	T-5C				
6	T-6C				
7	T-7C				
8	T-8C				
9	T-9C				
10	T-10				
11	T-11C				
12	T-12C				
13	T-13C				
14	T-14C				
15	T-15C				
16	T-16C				
17	T-17C				
18	T-18C				
19	T-19C				
20	T-20C				
21	T-21C				
22	T-22C				
23	T-23C				
24	T-24C				
25	T-25C				
26	T-26C				
27	T-27C				
28	T-28C				

Anexo 2

Formato de cubicación de madera

FORMATO DE REGISTRO N° 2: INFORMACIÓN DE MADERA ASERRADA

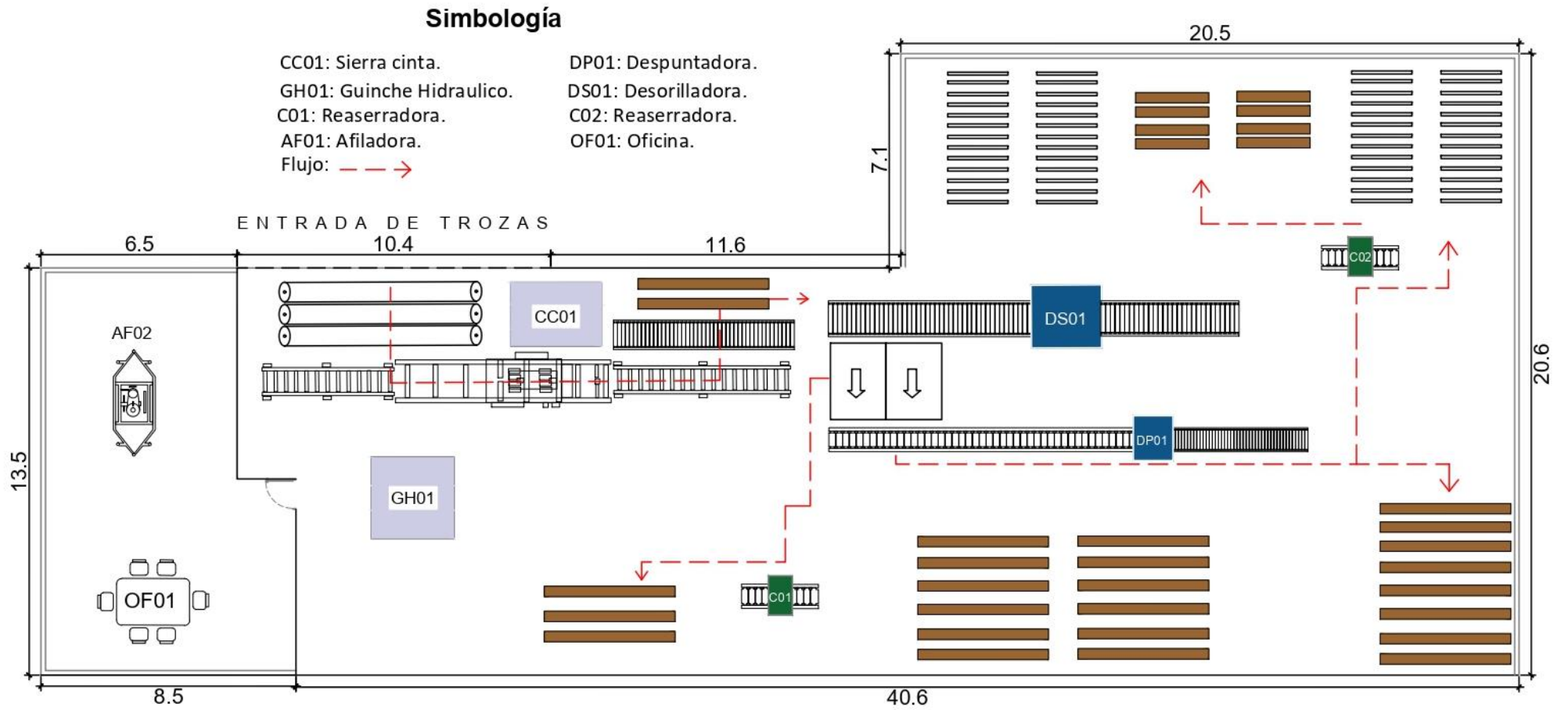
Nombre de la especie:

Código de Troza:

No. Pieza	Dimensiones Etapa 1			Dimensiones Etapa 2		
	Largo (m)	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Largo (m)	Ancho(cm)	Grosor (cm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
...						

Anexo 3

Plano de distribución del aserradero Tarapoto S.A.C



FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Anexo 4

Equipos y material de campo



Anexo 5

Patio de trozas



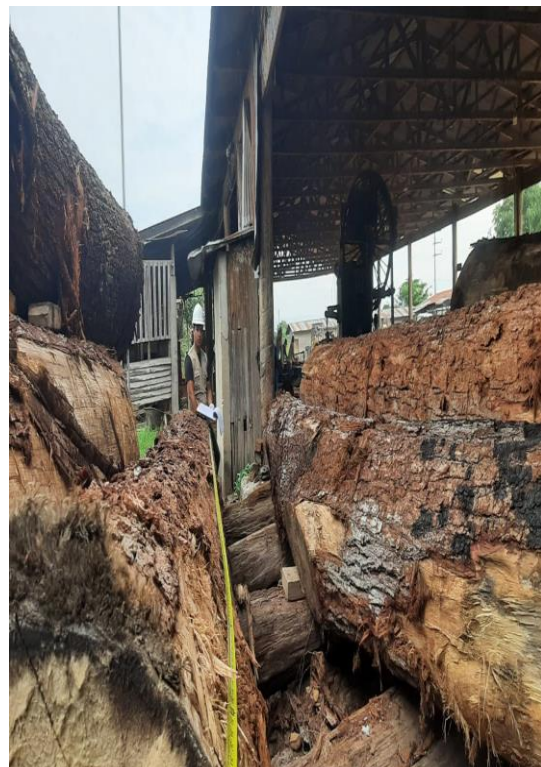
Anexo 6

Medición del diámetro mayor y diámetro menor de las trosas



Anexo 7

Medición de longitud de las trosas



Anexo 8

Aserrado de trosas en sierra principal al inicio y final de la troza



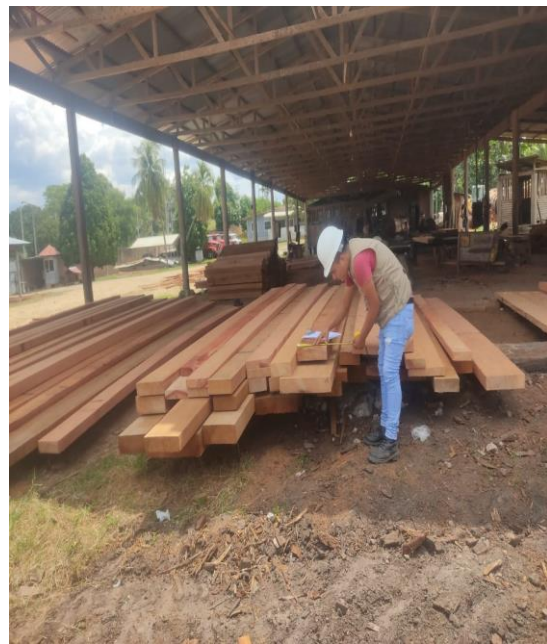
Anexo 9

Recolección de datos



Anexo 10.

Madera de primera transformación



Anexo 11

Madera de segunda transformación



Anexo 12

Residuos



Anexo 13

Proceso de despuntado y re aserrado

