

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Totonicapán
Departamento de Ejercicio Profesional Supervisado
Ingeniería Forestal



Informe final de tesis:

Rendimiento en la transformación de madera en rollo aserrado de la especie forestal de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill: Estudio realizado en el Aserradero Santa Elena, ubicado en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.

Por:

Luis Alfonso Aguilar Tax

Registro académico: 201240181

Asesor:

MSc. Armando Enrique Batz Batz

Totonicapán, Guatemala, noviembre de 2024

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Totonicapán
Ingeniería Forestal
Departamento de Ejercicio Profesional Supervisado



Informe final de tesis:

Rendimiento en la transformación de madera en rollo aserrado de la especie forestal de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill: Estudio realizado en el Aserradero Santa Elena, ubicado en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.

Por:

Luis Alfonso Aguilar Tax

Registro académico: 201240181

Asesor:

MSc. Armando Enrique Batz Batz

Totonicapán, Guatemala, noviembre de 2024



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO

UNIVERSITARIO DE TOTONICAPÁN:

Nombre	Representante de Facultad o Colegio
M.A. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval	Director
Ing. Mec. Ind. Hugo Humberto Rivera Pérez	Secretario del Consejo Directivo
Ing. Agr. Pedro Peláez Reyes	Representante Docente de la Facultad de Agronomía
Dr. Berner Alejandro García García	Representante Profesional del Colegio de Abogados y Notarios de Guatemala
Sr. Willy Rolando Barrientos Sancé	Representante Estudiantil de la Facultad de Odontología
Sr. Marvin Rodolfo Argueta Anzueto	Representante estudiantil de la Facultad de Ciencias Médicas

AUTORIDADES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE TOTONICAPÁN

DIRECTOR:

M.A. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval

PLANIFICADOR ACADÉMICO:

Ing. Erick Rocael de León Guzmán

COORDINADOR ACADÉMICO:

Lic. Arnoldo René Castañón Ramírez

COORDINADOR DE LA CARRERA:

Ing. Agr. Bidkar David Baten de León

COORDINADORA DEL DEPARTAMENTO DE EPS:

-MSc- Fabiana Camila Tzul de Alvarado



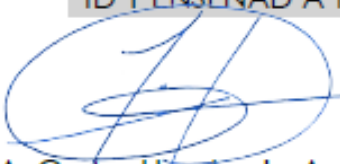


Totonicapán 14 de agosto de 2024

Ref. D-I.MA.-CHAS/CUNTOTO

Número 001-2024/LIC.

El Director del Centro Universitario de Totonicapán de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen de aprobación con referencia DICTAMEN INFORME FINAL DE EPS INGENIERIA FORESTAL/No.001-2024, COORDINACIÓN ACADÉMICA/ARCR/TESISFORESTAL001, emitido por el Coordinador Académico del Centro Universitario de Totonicapán, Licenciado Arnoldo René Castañón Ramírez, al **informe final de TESIS** presentado por el estudiante universitario **LUIS ALFONSO AGUILAR TAX**, con registro académico No. **201240181**, titulado **"Rendimiento en la transformación de madera en rollo aserrado de la especie forestal de ciprés común Cupressus lusitanica Mill: Estudio realizado en el Aserradero Santa Elena, ubicado en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango."**, de la Carrera de Ingeniería Forestal, por lo que esta Dirección **AUTORIZA** la impresión de cinco (5) ejemplares del mismo y una (1) copia en digital (CD) del trabajo anteriormente descrito, mismos que deben entregarse a donde corresponda.


M.A. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Director
Centro Universitario de Totonicapán



cc. archivo



DICTAMEN TESIS INGENIERIA FORESTAL /No. 001-2024
COORDINACIÓN ACADÉMICA/ARCR/TESISFORESTAL001

M.A. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
Director
Centro Universitario de Totonicapán

Respetable M.A. Ing. Aroche:

Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informar que se tuvo a la vista el dictamen de aprobación del INFORME FINAL DE TESIS del Estudiante **LUIS ALFONSO AGUILAR TAX**, registro académico No **201240181**, titulado "Rendimiento en la transformación de madera en rollo aserrado de la especie forestal de ciprés común Cupressus lusitanica Mill: Estudio realizado en el Aserradero Santa Elena, ubicado en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango." de la Carrera de Ingeniería Forestal. Dictamen emitido por la Licda. Fabiana Camila Tzul, Coordinadora del Departamento del Ejercicio Profesional Supervisado CUNTOTO, con referencia a Dictamen No. 10-2024 de fecha 22 de agosto de 2023, así mismo se presentó el dictamen de revisión de la jefatura de la Biblioteca, con referencia Oficio Ref. No. EPS-Tesis/36-2024 de fecha 07 de noviembre de 2024, donde se informa que se ha cumplido con "observaciones en redacción y estilo que deben estar acordes a un trabajo académico de grado exigidas por este Centro Universitario y la Universidad de San Carlos de Guatemala," por lo cual se emite **DICTAMEN FAVORABLE** al trabajo mencionado.

Por lo expuesto se solicita emisión de Dictamen para impresión del Informe final de Tesis del estudiante **LUIS ALFONSO AGUILAR TAX**.

Y para los usos que al interesado convenga, se extiende, firma y sella el presente dictamen a los ocho días del mes de noviembre de 2024.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS".

Lic. Arnoldo Castañón
Coordinador Académico
Centro Universitario de Totonicapán



cc.archivo





Oficio Ref. No. EPS-Tesis/36-2024

Totonicapán, 07 de noviembre de 2024

Lic. Arnoldo René Castañón Ramírez
Coordinador Académico
Centro Universitario de Totonicapán

Respetable Licenciado:

Por este medio me dirijo a usted con el propósito de informar que se presentó a la jefatura de esta Biblioteca la revisión del informe final de **Tesis** del (la) estudiante: **LUIS ALFONSO AGUILAR TAX**, con registro académico No. **201240181**, documento titulado: Rendimiento en la transformación de madera en rollo aserrado de la especie forestal de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill: Estudio realizado en el Aserradero Santa Elena, ubicado en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango. Contando con la asesoría, revisión y aprobación del (la) MSc. Armando Enrique Batz Batz.

Al mencionado informe se le efectuó observaciones en redacción y estilo que deben de estar acordes a un trabajo académico de grado exigidas por este Centro Universitario y la Universidad de San Carlos de Guatemala, las mismas fueron atendidas por el (la) estudiante, por lo que solicito a usted pueda emitir el **DICTAMEN FAVORABLE** para que éste (a) pueda continuar con las gestiones previas a su graduación.

Sin otro particular muy atentamente.

f)





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE TOTONICAPÁN

COORDINACIÓN

Departamento de Ejercicio Profesional Supervisado

Centro Universitario de Totonicapán
Universidad de San Carlos de Guatemala
Departamento del Ejercicio Profesional Supervisado

Dictamen No. 10-2024

Centro Universitario de Totonicapán, Universidad de San Carlos de Guatemala,
veintidós de agosto de 2024. -----

Por este medio se hace constar que, **Luis Alfonso Aguilar Tax**, con registro académico 201240181 de la carrera de **Ingeniería Forestal**, ha finalizado con el informe final de Tesis: **Rendimiento en la transformación de madera en rollo aserrado de la especie forestal de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill.** Estudio realizado en el Aserradero Santa Elena, ubicado en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.

Cumplió satisfactoriamente con los requerimientos establecidos en el reglamento de EPS, autorizado por los miembros del Consejo Directivo del Cuntoto. Con la asesoría, del MSc. Armando Enrique Batz Batz; además, revisiones de la terna asignada. Por lo tanto, se emite dictamen favorable, para que continúe con los procesos técnicos y administrativos que corresponde.

Atentamente;


-MSc. Fabiana Camila Tzul Tzul de Alvarado
Coordinadora del DEPS



7766-4773



Cuntoto USAC Oficial



<http://cuntoto.usac.edu.gt/>



eps cuntoto@usac.edu.gt

Dedicatoria a:

Dios

Por ser fuente de sabiduría, fortaleza y bastión fundamental durante el proceso de todas las metas académicas, familiares y personales que he logrado en mi vida.

Mis abuelos

Santos Felipe Tax Tax (+), Jesús Lucia Tacam Sapón, Luis Bernardino Aguilar Tzicap, y Catarina Felipa Tax Pacheco, por el cariño y amor brindado durante mi proceso de aprendizaje.

Mis padres

Ambrosio Domingo Aguilar Tax y Luisa Ramona Tax Tacam, que cada meta alcanzada sea satisfacción y triunfo de ellos.

Mis hermanos

Amanda Lucia, Julio Domingo, Elvis Lisandro, Ángel Gustavo, Elías Adolfo, Sandra Paola y Dulce María para que esta meta sea de ejemplo y motivación para el alcance de sus metas.

Mis hijos

Domy Luis Ángel y Cristina María Zazil, fuente de inspiración para alcanzar una meta más.

Agradecimientos a:

Dios

Fuente de vida y sabiduría brindándome bienestar, confianza y oportunidad de alcanzar una meta más.

Mis padres

Ambrosio Domingo y Luisa Ramona, por brindarme el apoyo incondicional durante todo mi proceso de formación académica.

Mi familia

A mi esposa Nicolasa Victoria y a mis hijos por brindarme el apoyo para la culminación de una meta más.

Mi asesor

MSc. Armando Enrique Batz Batz, su decidida vocación de apoyarme y guiarme en todo mi proceso de formación y durante la realización de la tesis.

CUNTOTO - USAC

Ser fuente de educación y forjadores profesionales que impulsan el desarrollo de nuestro departamento.

A mis compañeros y docentes

El apoyo y orientación brindada durante el proceso estudiantil y formación académica.

Resumen

El propósito de este estudio fue determinar el rendimiento en la transformación de la madera en rollo a madera procesada de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill en el aserradero Santa Elena ubicado en Tecpán Guatemala del departamento de Chimaltenango, industria forestal con desperdicios de la sierra principal y sierra secundaria. La transformación de las 50 piezas (trozas) se determinó el tipo de maquinaria maderera que transforma la madera, fuentes de abastecimiento y su vinculación con el rendimiento de la madera aserrada que fue de 5.2871 m³.

El rendimiento fue analizado cuantificando la madera en rollo que se aserraba y posteriormente cuantificado el volumen de manera obtenida de cada troza. Se hizo un análisis de rendimiento de acuerdo con la fórmula Smalian que utiliza la instancia rectora que es el Instituto Nacional de Bosques -INAB- y se establecieron dos tipos de rendimiento: comercial 50.04%, analizando las medidas nominales de las piezas obtenidas, y el real que fue de 63% analizando las medidas siendo longitud, ancho y grueso de cada una. Luego de estos análisis se hizo una clasificación de productos obtenidos siendo ellos: rollo 11.2254 m³, escuadrada 6.7979 m³, aserrada 5.2871 m³, a la vez se calculó el desperdicio de la sierra principal que fue de 4.4313 m³ y de la sierra secundaria 1.5120 m³ de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill.

Una de las conclusiones importantes es que entre más gruesa (robusto) sean las trozas del producto principal, mayor será el rendimiento total, por lo que se recomienda establecer variaciones de los precios de la madera aserrada según sus dimensiones. Se estableció también que no existen grandes diferencias entre el rendimiento total de las trozas; de manera que una troza grande rinde lo mismo que una pequeña. Debido a esto, el rendimiento depende principalmente de la calidad de la pieza, por lo que esta variable debiera ser de importancia en el momento de la compra.

Palabras clave: Tecpán Guatemala. Transformación de la madera. Ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill. Industria forestal.

Abstract

The purpose of this study was to determine the performance in the transformation of round wood into processed wood of the species of common cypress *Cupressus lusitanica* Mill in the Santa Elena sawmill located in Tecpán Guatemala in the department of Chimaltenango, forestry industry with waste from the mountains. main and saw secondary. The transformation of the 50 pieces (logs) determined the type of wood machinery that transforms the wood, sources of supply and its connection with the yield of the sawn wood, which was 5.2871 m³.

The yield was analyzed by quantifying the round wood that was sawn and subsequently quantifying the volume obtained from each log. A performance analysis was carried out according to the Smalian formula used by the governing body, the National Forest Institute -INAB- and two types of performance were established: commercial 50.04%, analyzing the nominal measurements of the pieces obtained, and the real which was 63% analyzing the measurements being length, width and thickness of each one. After these analyzes, a classification of the products obtained was made roll 11.2254 m³, squared 6.7979 m³, sawn 5.2871 m³, at the same time the waste of the main saw was calculated, which was 4.4313 m³ and of the secondary saw, 1.5120 m³ of the common cypress species *Cupressus lusitanica* Mill.

One of the important conclusions is that the thicker (robust) the logs of the main product, the greater the total yield, which is why it is recommended to establish variations in the prices of sawn wood according to its dimensions. It was also established that there are no major differences between the total yield of the logs; so that a large log yields the same as a small one. Because of this, performance depends mainly on the quality of the part, so this variable should be of importance at the time of purchase.

Keywords: Tecpán Guatemala. Transformation wood. common cypress *Cupressus lusitanica* Mill. Forestry industry.

K'utb'al pa ri ch'ab'al k'iche'

Ri xutarane'j we chak ri' are chomaxik ri uq'ijib'al are taq kk'extaj ri setem tz'alam ruk' ri moja'risam rech ri taq k'isis ri qas ub'i' eta'manik "Cupressus lusitanica Mill", rech ri jun ja moja'risab'al Santa Elena, k'o pa ri ojer tinimit Iximche', rech ri tinimit B'oko, ja jawi kqasax taq che' ruk' ri machu'l rech ri nab'e moja'r xuquje' ri ukab'. Xcha'ik 50 xchomax rij jas ta ne tz'alam ch'ich' koksex che usuk'umaxik le tz'alam, jawi chi' kpe wi' xuquje' ri q'ij kuq'i'o ri xilik chi are' 5.2871 m³.

Ri q'ij kuq'i'o xchomaxik xajilaxik ri setem tz'alam ri kamoja'risaxik k'ate' k'u ri' xajilaxik janik'pa tz'alam kuya' xi jujunal ri b'olaj. Xb'an jun chomanik ruk' ri jun chak rech ajilanik ub'inam Smalian ri kukoj ri Nim Q'atb'atzij rech K'iche'laj –INAB- xeta'maxik chi k'o keb' uq'ijol:

UK'ayixik 50.04%, xchomax ri unimal ri taq tz'alam ri kuya'o, e ri qas xuya'o 63% xchomax are taj xilik ri unimal, ri uchomal xuquje' ri upimal chi jujunal. K'ate' k'u ri xb'an chi jun chomanik jawi xecha'ik are taq wa' xelik: setesik 11.2254 m³ y rech ri ukab' ukojik 1.5120 m³ rech ri k'isis "Cupressus lusitanica Mill".

K'isb'a taq re xilik chi are taq sib'alaj chom ri che (jilijik) are chi je' ri taq b'olaj, are rumal k'i ri kuya'o, rumal la' jun oqxa are chi rajawaxik jalajoj taq ri urajil rumal chi man junam ta ri unimal. Xilik xuquje' chi man nim ta kk'extaj chi upam ri jalajoj taq unimal ri b'olaj; rumal chi jun nim b'olaj junam kuya'o ruk' jun nitz'. Rumal la', rajawaxik kchomax rij are taq kloq'ik.

Nojib'al tzij: Tecpán Guatemala. Setem tz'alam. Ri k'isis *Cupressus lusitanica* Mill. Ja jawi kqasax taq che'.

Índice general

Contenido	Pág.
Autoridades universitarias	3
Dictamen de dirección	4
Dictamen de coordinación académica.....	5
Dictamen de jefatura de biblioteca	6
Dictamen de coordinación DEPS	7
Dedicatoria	8
Agradecimientos.....	9
Resumen	10
Abstract	11
K'utb'al pa ri ch'ab'al k'iche'	12
Introducción.....	17
Capítulo I.....	19
1.2. Marco contextual.	19
1.1.1 <i>Historia de Tecpán Guatemala.</i>	19
1.1.1.1 Ubicación geográfica.	19
1.1.1.2 Colindancias.....	19
1.1.1.3 Acceso.....	19
1.1.1.4 Cabecera municipal.....	20
1.1.1.5 Hidrografía.....	20
1.1.1.6 Orografía.	20
1.1.1.7 Flora y fauna.	21
1.1.1.8 Topografía del municipio de Tecpán.	22
1.1.1.9 Vías de comunicación.	23
1.1.1.10 Características biofísicas.....	23
1.1.1.11 Uso actual de la tierra.....	23

1.1.2 Contexto de la investigación.....	24
1.1.2.1 Vegetación de la finca Santa Elena.....	24
1.1.2.2 Extensión superficial de la finca Santa Elena.....	24
1.1.2.3 Condiciones climáticas de la finca Santa Elena.	24
1.1.2.4 Topografía de la finca Santa Elena.	24
Capítulo II.....	25
2.1. Planteamiento del problema.....	25
2.2. Objetivos.	26
2.2.1. <i>Objetivo general.</i>	26
2.2.2. <i>Objetivos específicos.</i>	26
2.3. Hipótesis.....	27
2.3.1. <i>Hipótesis nula (Ho).</i>	27
2.3.2. <i>Hipótesis alternativa (Ha).</i>	27
2.4. Variables.	28
2.4.1. <i>Identificación de variables e indicadores.</i>	28
2.4.2. <i>Operacionalización de las variables.</i>	31
2.5. Metodología.....	33
2.5.1. <i>Enfoque de la investigación.</i>	33
2.5.2. <i>Tipo de investigación.</i>	33
2.5.3. <i>Método deductivo.</i>	34
2.5.4. <i>Técnicas.</i>	35
2.5.4.1. Observación cuantitativa.	35
2.5.5. <i>Instrumentos.</i>	35
2.5.5.1. Boletas de datos.....	35
2.5.5.2. Estadística descriptiva.....	36
2.5.5.3. Correlación y regresión lineal simple.....	36
2.5.6. <i>Población.</i>	36
2.5.7. <i>Muestreo.</i>	37
2.5.7.1. Tipo de muestreo.....	37
2.5.7.2 Cálculo del número de muestras.....	37
2.5.7.3. Criterio de aplicación.	38

2.6. Recursos.	38
2.6.1. <i>Talento humano.</i>	38
2.6.2. <i>Físicos.</i>	38
2.6.3. <i>Financieros.</i>	39
Capítulo III.....	40
3.1. Interpretación de resultados.	40
3.1.1. <i>Volumen de la madera en rollo de ciprés común Cupressus lusitanica Mill. ...</i>	40
3.1.2. <i>Cubicación de madera en rollo de ciprés común Cupressus lusitanica Mill agrupados de forma estadística.</i>	42
3.1.4. <i>Volumen de madera escuadrada y aserrada por clase.</i>	44
3.1.5. <i>Rendimiento de la madera aserrada.</i>	45
3.1.6. <i>Análisis de regresión y correlación simple.</i>	47
3.1.6.1 Ecuación matemática utilizando vol. madera en rollo.....	50
3.1.6.2 Ejemplo de uso de la ecuación $y = a + b \cdot x$;	50
3.2. Comprobación de las hipótesis.	51
3.2.1 <i>Regla de decisión.</i>	52
3.2.2 <i>Prueba de normalidad del rendimiento de las trozas de ciprés común.</i>	52
3.2.2.1 Hipótesis nula (H_0).	52
3.2.2.2 Hipótesis alterna (H_a).	52
3.2.2.3 Nivel de significancia.	52
3.2.2.4 Valor de prueba.	52
3.2.2.5 Comparación de p y α	52
3.2.2.6 Conclusión.....	52
3.3. Hallazgos de la investigación.	52
Conclusiones.....	54
Recomendaciones.....	55
Referencias.....	56
Glosario.....	59
Apéndices	61

Índice de tablas

Tabla 1. Fauna de la finca Santa Elena	21
Tabla 2. Flora de la finca Santa Elena	22
Tabla 3. Identificación de variables e indicadores de objetivo 1.....	28
Tabla 4. Identificación de variables e indicadores de objetivo 2.....	29
Tabla 5. Identificación de variables e indicadores de objetivo 3.....	30
Tabla 6. Operacionalización de las variables	31
Tabla 7. Presupuesto de la investigación	39
Tabla 8. Resumen del volumen y rendimiento	47
Tabla 9. Resultados de la correlación y regresión lineal	48
Tabla 10. Resultados de la prueba de hipótesis.....	51
Tabla 11. Datos de las trozas evaluadas	62
Tabla 12. Datos de las trozas escuadradas	64
Tabla 13. Datos de las piezas de madera aserrada	66
Tabla 14. Datos de la calidad de las trozas.....	77
Tabla 15. Cantidad de trozas por clases diamétricas	78
Tabla 16. Cantidad de volumen por clase diamétrica.....	79
Tabla 17. Volumen de desperdicios por sierra y clase diamétrica.....	79
Tabla 18. Resultados de correlación multivariable	80
Tabla 19. Resumen de volumen obtenido	81
Tabla 20. Rendimiento por sierra y clase diamétrica.....	82
Tabla 21. Rendimiento por cada troza	83
Tabla 22. Resultados de los modelos matemáticos	90

Índice de figuras

Figura 1. Volumen de las trozas de las cincuenta trozas de la especie de ciprés común.	40
Figura 2. Volumen de las trozas por clase diamétrica.	42
Figura 3. Resultado del volumen por clases diamétricas.	44
Figura 4. Rendimiento de cada nivel (clase diamétrica).	46
Figura 5. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal.	49
Figura 6. Mapa de la finca Santa Elena.	61
Figura 7. Fórmula para la prueba de hipótesis	82
Figura 8. Proceso de aserrado y comunitarios.	84
Figura 9. Trabajo con sierra circular.	84
Figura 10. Numeración de trozas.	85
Figura 11. Medición de las dimensionales de madera aserrada.	85

Introducción

La finca y aserradero Santa Elena se ubican a 11 kilómetros de la cabecera municipal de Tecpán, del departamento de Chimaltenango. Ambos pertenecen a la personería jurídica Bienes Familiares S.A. -BIFASA-, “La finca y sus anexos tienen una superficie aproximada de 1,300 ha y alrededor de 1,000 poseen cobertura forestal permanente en forma de plantaciones y bosque natural”. Se realiza la transformación primaria de la madera proveniente de las mismas tierras, la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill se encuentra naturalmente en los bosques de la misma empresa y es una de las más demandadas por las características específicas arbóreas que ofrece.

El procesamiento de la madera está regulado por el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, por medio del Acuerdo de Gerencia No. 42-2003, en el que se establecen los porcentajes de rendimiento, considerado los tipos de maquinaria y especies más comunes en la industria forestal, derivado a ello los aserraderos o empresas forestales sujetas a la normativa vigente para la regulación de la transformación y comercialización de productos maderables se ven obligados a establecer su coeficiente de aserrío, tal es el caso aserradero Santa Elena, que actualmente no cuenta con esa información.

En función de lo descrito anteriormente, la presente investigación está estructurada en tres capítulos: Capítulo I hace referencia al marco contextual, describiendo los aspectos relevantes, siendo estos históricos, geográficos, climáticos, entre otros de la finca y aserradero Santa Elena, y del municipio de Tecpán Guatemala.

El Capítulo II puntualiza el planteamiento del problema, describiendo la problemática, objetivos, hipótesis, variables relacionadas con la transformación de la madera de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill, además, se expone la metodología, enfoque, tipo de estudio, métodos, técnicas e instrumentos que se emplearon para la recolección y análisis de los datos.

En el Capítulo III se describe la interpretación de los resultados, comprobación de hipótesis, hallazgos, conclusiones y recomendaciones de acuerdo con el análisis cuantitativo del rendimiento en la transformación primaria de la madera en rollo a

aserrada de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill, en el Aserradero Santa Elena, finalmente se agrega las referencias, apéndices y anexos que sustentan las derivaciones del estudio.

Capítulo I

1.2. Marco contextual.

1.1.1 Historia de Tecpán Guatemala.

Tecpán Guatemala, es nombre tlascalteco impuesto al fundar en Iximché la primera capitanía general de Santiago de los Caballeros el 25 de julio en 1,524, donde se reconoce como primera capital del reino de Guatemala. No duró mucho porque fueron expulsados los invasores por la “Guerra de Guerrillas” que implementaron sus últimos gobernantes y Héroes: Kaji’ Imox y B’eleje’ K’at. Su residencia o capital maya Kaqchikel por su cercanía fue Iximché, después que esta fue quemada por Bernal Díaz del Castillo, quien vino en 1,526 procedentes de Honduras con Pedro de Alvarado y paso por Iximché, mencionándolo como "Guatemala la vieja", sin hacer referencia a Tecpán. (Municipalidad de Tecpán Guatemala, 2019, pág. 6)

1.1.1.1 Ubicación geográfica.

La elevación sobre el nivel del mar es de 2,286 m sobre el nivel del mar, y su ubicación geográfica, latitud 14°45’37’’, longitud 90°59’30’’. El clima es frío en la mayor parte del año, está situado a 88 kilómetros de distancia de la ciudad de Guatemala y tiene una extensión aproximada de 201 kilómetros cuadrados. (Municipalidad de Tecpán Guatemala, 2019, pág. 6)

1.1.1.2 Colindancias.

El municipio de Tecpán Guatemala pertenece al departamento de Chimaltenango. Colinda al norte con el municipio de Joyabaj (Quiché); al este con Santa Apolonia, San José Poaquil y Comalapa (Chimaltenango); al sur con Santa Cruz Balanyá y Patzún (Chimaltenango); al este con Chichicastenango (Quiché); San Andrés Semetabaj y San Antonio Palopó (Sololá). (Arriola Mairén, 2004, pág. 1)

1.1.1.3 Acceso.

“La distancia a la cabecera departamental es de 34 kilómetros, por la carretera interamericana.” (Municipalidad de Tecpán Guatemala, 2019, pág. 6)

1.1.1.4 Cabecera municipal.

El área urbana se subdivide en cuatro barrios que al mismo tiempo son cuatro zonas, siendo estos: Barrio Asunción es zona uno, Barrio Poromá es zona dos, Barrio Patacabaj es zona tres y Barrio San Antonio es zona cuatro. Existen dos colonias que se formaron después del terremoto de 1976, siendo estas: Iximché ubicada en el área de la zona dos y Las Flores en el área de la zona uno. Curiosamente, existen tres caseríos muy cercanos a la cabecera municipal que son considerados parte del área urbana, siendo los siguientes: Pamanzana, Asunción Manzanales y El Xayá. Los nombres de los barrios nos permiten pensar que es una forma de mantener un equilibrio de identidad entre los pobladores, ya que dos de ellos contienen nombres de la lengua cakchiquel y dos de la lengua castellana. Patacabaj significa lugar de piedras y Poromá lugar quemado, mientras los otros dos son nombres de santos católicos. (Arriola Mairén, 2004, pág. 1)

1.1.1.5 Hidrografía.

Dada la altura que se encuentra, el municipio no posee ríos caudalosos, sin embargo, los existentes son de vital importancia para la ecología del lugar y para la agricultura, además hay una regular cantidad de riachuelos algunos permanecen todo el tiempo, mientras otros desaparecen en el verano. El río Xayá bordea la cabecera municipal, que a cuarenta y cinco kilómetros más abajo recibe el nombre de Coyolate. El Río Grande o Motagua corre a dieciséis entre el municipio y el departamento del Quiché, siendo límite entre el mencionado departamento y el departamento de Chimaltenango. (Arriola Mairén, 2004, pág. 4)

1.1.1.6 Orografía.

En el municipio de Tecpán Guatemala, a las montañas que se generan de la Sierra Madre se les denomina con el nombre de Montañas de Tecpán. Estas montañas son consideradas por la legislación de Guatemala como Áreas Protegidas, ya que su flora es propulsora de la vida animal silvestre, así mismo, de los seres humanos del municipio de Tecpán y municipios aledaños. Son la

fuelle de nacimientos de agua que es canalizada hacia municipios bajos del lugar. En estas montañas existen variedad de riachuelos y la “Laguna Seca”. (Arriola Mairén, 2004, pág. 7)

1.1.1.7 Flora y fauna.

La flora del municipio está constituida por sus bosques, flores silvestres, entre otros. Los bosques del municipio se están reduciendo cada día debido al crecimiento de la población, que en su mayor parte es agrícola. En los últimos años, el astillero municipal se considera como área protegida debido a su importancia acuífera, sin embargo, debido a su explotación inmoderada sus bosques por ser madera muy cotizada, así mismo, los incendios forestales provocados (mecanismo utilizado por depredadores, para que las autoridades no se dieran cuenta de que cantidad de árboles de gran antigüedad habían sido robados) y no provocados (por falta de formación forestal a usuarios del natural lugar) han sido considerablemente reducidos a bosques muy pequeños y aislados entre sí. (Arriola Mairén, 2004, pág. 8)

Tabla 1. Fauna de la finca Santa Elena

Fauna		
No.	Nombre común	Nombre científico
1	Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>
2	Paloma torcaza	<i>Columba palumbus</i>
3	Taltuza	<i>Orthogeomys grandis</i>
4	Tortolita	<i>Columbina talpacoti</i>
5	Coyote	<i>Canis latrans</i>
6	Chocoyo	<i>Aratinga strenua</i>
7	Gato de monte	<i>Felis silvestris</i>
8	Venado de cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>
9	Comadreja	<i>Didelphimorphia virginiana</i>
10	Lechuza	<i>Ciccaba virgata</i>
11	Tecolote	<i>Bubo virginianus</i>
12	Zorrillo	<i>Mephitis macrura</i>
13	Gorrión o colibrí	<i>Agyria candida</i>
14	Tigrillo	<i>Leopardus pardalis</i>
15	Quetzal o quetzalillo	<i>Pharomachrus mocinno</i>
16	Pájaro carpintero	<i>Campephilus guatemalensis</i>
17	Xara	<i>Chondrohierax uncinatus</i>
18	Gorriónillo pecho amarillo	<i>Pitangus sulphuratus</i>
19	Guarda barranca	<i>Myadestes obscurus</i>

Descripción de la fauna en la Finca Santa Elena.

Fuente. Víctor Lacán, año 2016.

La escasez de madera para carpintería y para leña se ha observado en los últimos años, por lo que la mayoría de los habitantes del área urbana prefieren la utilización del gas propano, que ha proliferado pequeños negocios. Los habitantes del área rural son los que todavía dependen del uso de la leña para cocinar sus alimentos, por lo que son los más interesados en la sobrevivencia de los bosques que han sido parte de su fuente de vida. (Arriola Mairén, 2004, pág. 9)

Tabla 2. Flora de la finca Santa Elena

Fauna		
No.	Nombre común	Nombre científico
1	Pino ocote	<i>Pinus oocarpa</i>
2	Ciprés	<i>Cupressus lusitanica</i>
3	Aliso	<i>Alnus acuminata</i>
4	Hilamo	<i>Swetenia macrophyla</i>
5	Pino triste	<i>Pinus pseudostrobus</i>
6	Duraznillo	<i>Cersis canadensis</i>
7	Hierba mora	<i>Solanum nigrum</i>
8	Canac	<i>Chiranthodendron</i>
9	Campana	<i>Brugmansia arborea</i>
10	Pino de la cumbre	<i>Pinus maximinoii</i>
11	Chalí	<i>Glechoma hederacea</i>
12	Pino blanco	<i>Pinus ayacahuite</i>
13	Cerezo	<i>Prunus salicifolia</i>
14	Mano de león	<i>Sterculia opetala</i>
15	Pito	<i>Erythrina sp.</i>
16	Huele de noche	<i>Epiphillum crenatum</i>
17	Laurel	<i>Cordia alisadora</i>
18	Madrón	<i>Arbustus xalapensis</i>

Descripción de la flora en finca Santa Elena

Fuente. Lacán Lacán, 2016, pág. 15

1.1.1.8 Topografía del municipio de Tecpán.

El municipio de Tecpán Guatemala goza de variedad topográfica en su área geográfica, la cabecera prácticamente es una planicie con algunos desniveles y niveles altos (30%), el área rural es más variada, ya que hay aldeas, caseríos y parajes que se ubican entre pequeños valles en las faldas montañosas, otras en las cimas de las montañas o cerros y otras en los lugares más profundos de los barrancos (55-60%). Algunas quebradas conocidas son: Xecoxol, San José, Zaculeu, El Horno, Los Laureles y Xepanil. Las ventajas de esta variedad topográfica es el gozar de una producción variada que llena el mercado de la

cabecera y mercados de otros municipios y departamentos cercanos. Las desventajas más observables son en los lugares quebrados y muy empinadas que desfavorece la producción de maíz, frijol y hortalizas, además, son lugares muy propensos a desastres naturales, principalmente donde la tala de los bosques ha sido inmoderada. (Arriola Mairén, 2004, pág. 10)

1.1.1.9 Vías de comunicación.

La carretera Interamericana es la principal vía de comunicación con que cuenta el municipio. Esta, prácticamente atraviesa el municipio, pasando a un costado de la cabecera municipal por el noreste. La carretera comunica a Tecpán con los municipios de Santa Cruz Balanyá, Patzicía, Santa Apolonia, y Chichicastenango. Existen caminos de terracería que comunican al municipio de Tecpán con otros lugares son: Patzún, Santa Apolonia, Comalapa y Patzicía. La mayoría de las aldeas cuentan con caminos transitables para vehículos automotores, como muestra se puede observar la existencia de transporte colectivo proveniente de dichos lugares. Existen algunas aldeas y caseríos que no cuentan con caminos de tránsito vehicular, por lo que deben hacerlo únicamente a pie. (Arriola Mairén, 2004, pág. 11)

1.1.1.10 Características biofísicas.

“La precipitación varía de 700 a 1,400 mm, el promedio de lluvia anual reportado ha sido de 980 mm, siendo 1981 el año en que se registró la precipitación promedio más elevada con 1,216.50 mm.” (URL-IARNA, 2009, pág. 8)

La temperatura oscila entre los 15 °C a 20 °C, existiendo reportes de temperatura máxima anual de 22.6 °C; y mínima de 9.1 °C, con un promedio anual de 16.1 °C. De diciembre a febrero se experimentan descensos, existiendo reportes de hasta un promedio mínimo de 6.3 °C. (URL-IARNA, 2009, pág. 8)

1.1.1.11 Uso actual de la tierra.

El uso de la tierra se caracteriza por contener cultivos de ciclo anual (27%), realizados en su mayoría durante la estación lluviosa. Sus componentes principales son los granos básicos de maíz y frijol (19%) y hortalizas (8%). Los

arbustos o matorrales constituyen un 28% y los bosques naturales un 43% (32% de bosque mixto y 12% de bosque de coníferas). (URL-IARNA, 2009, pág. 17)

1.1.2 Contexto de la investigación.

“La finca Santa Elena se ubica en el municipio de Tecpán, departamento de Chimaltenango en el altiplano occidental de Guatemala.” (Méndez, 2016, pág. 3)

1.1.2.1 Vegetación de la finca Santa Elena.

La composición de los bosques nativos se distribuye entre rodales puros de coníferas de pino triste *Pinus pseudostrobus* Lindl. y ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill, así como de latifoliadas, dominadas por géneros *Quercus* (encinos) y *Alnus* (aliso). Hay un buen número de plantaciones, principales de las dos especies coníferas nativas. (Méndez, 2016, pág. 3)

1.1.2.2 Extensión superficial de la finca Santa Elena.

“La finca y sus anexos tiene una superficie aproximada de 1,300 hectáreas y alrededor de 1,000 poseen cobertura forestal permanente en forma de plantaciones y bosque natural”. (Méndez, 2016, pág. 3)

1.1.2.3 Condiciones climáticas de la finca Santa Elena.

“El clima es templado frío con heladas durante la mitad de los meses del año. Las condiciones de clima y orografía limitan el desarrollo de la agricultura, no así de la producción forestal”. (Méndez, 2016, pág. 3)

1.1.2.4 Topografía de la finca Santa Elena.

El área se localiza en una formación orográfica de la Sierra Madre. El paisaje es de tierras altas onduladas y escarpadas, con altitudes superiores a los 2200 msnm, alcanzando en el punto más alto, en el cerro Tecpán, una cota de 3075 m que marca la divisoria continental de aguas, formando la parte alta de varias cuencas hidrográficas que drenan tanto hacia el océano Pacífico como hacia el Atlántico. (Méndez, 2016, pág. 3)

Capítulo II

2.1. Planteamiento del problema.

En Guatemala, actualmente se cuenta con una masa de bosques naturales y plantaciones establecidas que se someten a manejo forestal, los cuales ofrecen materia prima para la industria, que, con la innovación tecnológica además de la madera en troza, utiliza productos que anteriormente eran considerados en el bosque como leña, la trozas es un claro ejemplo de este fenómeno, esto permite obtener nuevos resultados en la producción, y mayor rendimiento en el aprovechamiento de los árboles.

El Aserradero Santa Elena es uno de los aserraderos más antiguos del altiplano guatemalteco (aproximadamente cien años de fundación), por varias décadas se ha realizado la transformación de las trozas principalmente de coníferas nativas específicamente en las especies forestales: pino triste ***Pinus pseudostrobus*** Lindl y ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill. Actualmente, se transforma la madera de la segunda especie proveniente de los bosques secundarios administrada por la empresa Bienes Familiares S.A., el objeto de la producción es para la venta de piezas aserradas y elaboración de productos terminados como duelas, machimbre y paneles para módulos habitacionales. En el proceso productivo ya transformado obteniendo la materia prima, se realiza a través de la sierra principal circular y una secundaria múltiple.

La situación de la problemática actual es que por disposición del Instituto Nacional de Bosques -INAB- mediante el Acuerdo de Gerencia número 42-2003, el rendimiento estipulado es de 49% para todas las especies de coníferas, con la utilización únicamente de la sierra principal circular. Al no contar con el cálculo del rendimiento de transformación de la madera de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill con el uso de ambas sierras (circular y secundaria), ha ocasionado que se carezca de registro el coeficiente de aserrío del aserradero Santa Elena, repercutiendo en las fiscalizaciones anuales, debido a que la institución rectora, a través de la resolución J.D. No. 12-2002, durante el proceso de fiscalización el personal técnico debe tener la documentación e información disponible referente a la misma, tal es el caso de

productos como las trozas obtenidas y comercializadas, porcentaje de aserrío y volúmenes promedio.

En el caso de no contar con el coeficiente de aserrío específico del aserradero se utiliza el porcentaje establecido por el INAB que es del 49%, teniendo problemas en la comercialización de madera aserrada por la subestimación de rendimiento, porque solo se podrá comercializar un 49% de las piezas en rollo existente en patio.

El no contar con parámetros de eficiencia en la transformación que reflejen la realidad actual del proceso, afecta significativamente a dicha empresa debido a que por tener rendimientos diferentes a lo establecido por la autoridad competente se corre el riesgo de no respaldar la procedencia lícita de los excedentes de dichos productos. Los cuales contribuye a resolver las interrogantes que surgen durante la selección del tema de investigación:

¿Cuánto volumen de madera en rollo y aserrada de la especie ***Cupressus lusitanica* Mill** disponible para la transformación primaria en el aserradero Santa Elena?

¿Cuál es el porcentaje de rendimiento del proceso de transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica* Mill**?

¿Qué modelo matemático se utilizaría para la estimación del volumen de madera aserrada, conociendo el volumen de madera en rollo?

2.2. Objetivos.

2.2.1. Objetivo general.

Determinar el rendimiento de madera en rollo de ciprés común ***Cupressus lusitanica* Mill** a madera aserrada en el Aserradero de Santa Elena ubicado en el municipio de Tecpán Guatemala, departamento de Chimaltenango.

2.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar el volumen de la madera en rollo, escuadrada, aserrada con su respectivo desperdicio de sierra principal y secundaria en patio, para la transformación en el aserradero, considerando la disponibilidad de materia prima.

- Calcular el porcentaje de rendimiento a través de la comparación de los volúmenes de la madera en rollo y madera aserrada de cada troza evaluada durante el proceso de transformación.
- Generar un modelo matemático para la estimación del volumen de madera aserrada, a través del análisis de correlación y regresión lineal simple.

2.3. Hipótesis.

2.3.1. Hipótesis nula (H_0).

- El porcentaje de rendimiento calculado en el Aserradero Santa Elena difiere con el 49% establecido por el Instituto Nacional de Bosque a un nivel de confiabilidad del 95%.

2.3.2. Hipótesis alternativa (H_a).

- El porcentaje de rendimiento calculado en el Aserradero Santa Elena no difiere con el 49% establecido por el Instituto Nacional de Bosque a un nivel de confiabilidad del 95%.

2.4. Variables.

Los datos de volumen tanto en rollo como aserrada de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill, se dan en la dimensional (m^3) que fueron analizados, procesados y comparados, evidenciando los indicadores de cada una de las variables con sus respectivos sub indicadores en el proceso, permitiendo que el Aserradero Santa Elena obtenga la materia prima de trozas y tablas como producto final.

2.4.1. Identificación de variables e indicadores.

Tabla 3. Identificación de variables e indicadores de objetivo 1

No.	Objetivo	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Instrumentos metodológicos	Instrumentos de campo
1	Determinar el volumen de la madera en rollo, escuadrada, aserrada con su respectivo desperdicio de sierra principal y secundaria en patio, para la transformación en el aserradero, considerando la disponibilidad de materia prima	Rendimiento en la transformación	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	Eficiencia y eficacia	Rendimiento de conversión	Vol. en rollo Vol. escuadrada Vol. aserrada (m^3)	Boletas de datos	Cinta métrica
				Calidad de dimensiones aserrada	Características de la madera (piezas o trozas)	Grosor Largo Ancho	Boletas de datos	Cinta métrica
		Desperdicio por sierra circular	Son aquellos que se producen en las sierras como: los costeros, tablas de descartes, recortes y retazos, estos son destinados a la venta como leña, o para carpinterías u olerías según sea el tipo de desperdicio	Metros cúbicos	Vol. desperdicio principal	Desperdicio por tipo de corte de troza	Boletas de datos	Cinta métrica
		Desperdicio por sierra secundaria	Se trata de pequeñas astillas o fragmentos de madera que se generan al trabajar con este material.	Metros cúbicos	Vol. desperdicio secundario	Desperdicio por producto final	Boletas de datos	Cinta métrica

Variables de comparación en estudio de objetivo 1.
Fuente. Luis Aguilar, enero 2024.

Tabla 4. Identificación de variables e indicadores de objetivo 2

No.		Objetivo	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Instrumentos metodológicos	Instrumentos de campo
2		Calcular el porcentaje de rendimiento a través de la comparación de los volúmenes de la madera en rollo y madera aserrada de cada troza evaluada durante el proceso de transformación	Volumen de madera aserrada	La madera en rollo es la materia prima principal utilizada en la industria maderera.	Metros cúbicos (m ³)	Vol. estimado de madera aserrada	Vol. procesado y porcentaje	Boletas de datos	Cinta métrica
			Características físicas de la madera	Es el producto más tradicional de la madera, obtenida a partir del corte de la madera en rollo, mediante sierras obteniendo un producto caracterizado por tener las caras planas y dominar una medida (en la dirección del eje del árbol) frente a las otras dos	Centímetros (cm) o metros (m)	Calidad de la madera aserrada	Conicidad Forma de la troza Defectos	Boletas de datos	Cinta métrica

Variables de comparación en estudio de objetivo 2
Fuente. Luis Aguilar, enero 2024.

Tabla 5. Identificación de variables e indicadores de objetivo 3

No.	Objetivo	Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Instrumentos metodológicos	Instrumentos de campo
3	Generar un modelo matemático para la estimación del volumen de madera aserrada, a través del análisis de correlación y regresión lineal simple	Rendimiento en la transformación	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	Metros cúbicos (m ³)	Vol. estimado de madera aserrada	Vol. calculado (modelo matemático)	Boletas de datos	Cinta métrica
		Desperdicio por sierra circular	Son aquellos que se producen en las sierras como: los costeros, tablas de descartes, recortes y retazos, estos son destinados a la venta como leña, o para carpinterías u olerías según sea el tipo de desperdicio	Centímetros (cm) o metros (m)	Diámetro medio Longitud media Altura media	Diámetro mayor Diámetro menor Longitud máxima Longitud mínima Altura máxima Altura mínima	Boletas de datos	Cinta métrica

Variables de comparación en estudio de objetivo 3

Fuente. Luis Aguilar, enero 2024.

2.4.2. Operacionalización de las variables.

Tabla 6. Operacionalización de las variables

Variables	Indicadores	Sub indicadores	Instrumentos metodológicos	Instrumentos de campo
Rendimiento en la transformación	Rendimiento de conversión	Vol. en rollo (m ³) Vol. Escuadrada (m ³) Vol. aserrada todo en (m ³)	Boletas de datos	Cinta métrica
	Características de la madera (piezas o trozas)	Calidad de la madera aserrada (grosor, largo y ancho)	Boletas de datos	Cinta métrica
Desperdicio por sierra circular	Vol. desperdicio principal	Desperdicio por tipo de corte de troza	Boletas de datos	Cinta métrica
Desperdicio por sierra secundaria	Vol. desperdicio secundario	Desperdicio por producto final	Boletas de datos	Cinta métrica
Volumen de madera aserrada	Vol. estimado de madera aserrada	Vol. calculado (modelo matemático)	Boletas de datos	Cinta métrica
Características físicas de la madera	Calidad de la madera aserrada	Conicidad Defectos	Boletas de datos	Cinta métrica

Operacionalización de variables de investigación.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Variables	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Instrumentos metodológicos	Instrumentos de campo
Volumen de madera aserrada	Metros cúbicos (m ³)	Vol. estimado de madera aserrada	Vol. calculado (modelo matemático)	Boletas de datos	Cinta métrica
Características físicas de la madera	metros (m)	Diámetro medio Longitud media Altura media	Diámetro mayor Diámetro menor Longitud máxima Longitud mínima Altura máxima Altura mínima	Boleta de datos	Boleta de campo

Operacionalización de variables de investigación.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

2.5. Metodología.

2.5.1. Enfoque de la investigación.

Este enfoque cuantitativo se utiliza en procesos que por su naturaleza son medibles o cuantificables, y también son valores de carácter numérico en el cual se obtienen resultados de frecuencia, medición y parámetros de las conclusiones que son sacadas de una población de interés, y de esa manera probar las ideas establecidas anticipadamente. Las características del enfoque cuantitativo son principalmente acertadas, por lo que deben ser objetivas y deductivas. Por lo que en la recolección de datos se analiza para que las preguntas de la investigación puedan ser respondidas, es por eso por lo que todo este desarrollo debe pasar por una revisión de literatura para saber la verdad de la investigación. (Cely Calixto, Palacios Alvarado, & Caicedo Rolón, 2023, pág. 20)

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, se realizó obteniendo el cálculo del coeficiente de aserrío de la especie de ciprés común, y los datos se recabaron de forma directa en el aserradero. Además, al ser colectados y procesados se utilizaron para la estimación de una ecuación matemática a través de la correlación y regresión lineal simple, la cual brinda información de la madera aserrada que se obtuvo en el proceso de transformación.

2.5.2. Tipo de investigación.

Según Cely Calixto, Palacios Alvarado, & Caicedo Rolón (2023), la investigación cuantitativa se define de la manera que sigue:

Esta investigación es utilizada para conocer los promedios, frecuencias, entre otros, y comprender el vínculo de causa y efecto, confirmar las suposiciones por medio del estudio estadístico, por lo que los resultados son expresados en gráficos o números. Este enfoque emplea los análisis estadísticos y para dar una respuesta a las preguntas que genera la investigación sobre situaciones específicas, usa la observación como medio de recolección de datos, los cuales son analizados. Se conoce como revisión de literatura, porque el problema

propuesto de la investigación es revisado con anterioridad. Por lo que el desarrollo de la investigación se enfoca en las mediciones numéricas. (pág. 43)

La presente investigación es de tipo cuantitativo, debido a que se realizó a través de un enfoque estadístico y matemático, en la cual se obtuvieron y evaluaron resultados, donde se usaron modelos matemáticos para la estimación del volumen de la madera aserrada. Además, se brindaron datos numéricos por medio de tablas y gráficas estadísticas para una mejor interpretación.

2.5.3. Método deductivo.

“La deducción hace relación al paso de un conocimiento general a otros particulares, se relacionan el enlace objetivo de lo singular y lo general en la realidad misma”. (Babativa Novoa, 2017, pág. 56)

El método de investigación utilizado en el presente estudio es el análisis deductivo, debido a que se analizaron los datos generales (madera en rollo) y procesados (productos aserrados), analizando valores cuantificables, además de tomar la muestra estadísticamente, y responder a cada uno de los objetivos a través del procesamiento obtenidos de las variables, se deduce que a mayor diámetro habrá demasiado volumen.

Seguidamente, se realizó cálculos estadísticos a través de un análisis de regresión y correlación simple la mejor fórmula para obtener el volumen de madera aserrada de las 50 piezas de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill, esto se auxilió con el uso de la prueba de T Mached Pairs, para ver la diferencia entre la volumetría de troza en rollo versus las trozas aserradas.

Se utilizó el software ScatterplotMatrix, que buscó la relación de la volumetría de trozas en rollo y luego las piezas aserradas que proporcionaron una gráfica de dispersión de las variables en este caso fue el rendimiento de transformación y volúmenes de madera aserrada.

Seguidamente, se utilizó la ecuación matemática utilizando vol. madera en rollo a través de la fórmula $Y=a+b*x$ para ver la correlación de las variables que fue el

rendimiento de transformación y volúmenes de madera aserrada para que se concluya que sí se acepta estimando las 50 trozas de ciprés común ***Cupressus lusitanica***.

Se utilizó para la comprobación de hipótesis auxiliándose de Shapiro-Wilk, porque la muestra obtenida fue de 50 trozas y como consecuencia se tomó entre una de sus características es que dice que se utiliza esta fórmula cuando la muestra es $\leq$ a 50. Y los cálculos permiten tener resultados con descriptivos estadísticos como: media, mediana, varianza, desviación, valores de medición máximos y mínimos y sus respectivos rangos.

Para resumir los valores calculados como lo fueron el volumen en rollo y aserrado relacionado con el rendimiento se utilizó el paquete estadístico de MB SPSS Statistics 25 donde se encontró la curva de normalidad para encontrar la conclusión de la regla de decisión y aceptar la hipótesis validada estadísticamente.

Finalmente cubicando la madera se utilizó la fórmula de Smalian, que permitió calcular el volumen que contiene una troza, sin efectuar deducciones, es decir que tomó en cuenta las 50 piezas de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill tomando los siguientes elementos: diámetro menor (m), diámetro mayor (m) y longitud (m) que multiplicados dieron metros cúbicos.

2.5.4. Técnicas.

2.5.4.1. Observación cuantitativa.

La observación cuantitativa se utilizó en la presente investigación, el cual permitió la colecta objetiva de datos numéricos del volumen de la madera siendo en: rollo ingresado, escuadrada medida, y el volumen de madera aserrada. Además, se obtuvo el desperdicio utilizando la sierra circular y la secundaria utilizando métodos de análisis estadísticos a través de un tamaño de muestra definida estadísticamente.

2.5.5. Instrumentos.

2.5.5.1. Boletas de datos.

Las boletas de datos que se utilizaron se elaboraron con la información necesaria de acuerdo a la variable a medir, por lo que se utilizó una boleta para la obtención de los datos numéricos de las trozas y otra para la madera aserrada, las cuales se procesaron

obteniendo el volumen de la madera ingresada y procesada, midiendo en cada una el diámetro menor y mayor, largo y ancho en metros.

2.5.5.2. Estadística descriptiva.

A través de la estadística descriptiva se analizaron los datos obtenidos de la cuantificación de la madera en rollo y madera aserrada, por lo que con el mismo se analizaron, y presentaron los resultados a través de gráficos y resumen estadístico, para una mejor comprensión.

Seguidamente, se obtuvo los desperdicios de madera de la manera siguiente:

Para conocer la cantidad de desperdicios que se genera en el proceso de producción de trozas de madera, se verificó el número de piezas a evaluar.

- Para llevar a cabo el análisis primeramente se realizó la identificación de los distintos tipos de residuos que se generaron en las 50 trozas. Para la cuantificación de los residuos se tomaron las medidas del rollo antes de ingresar al proceso y del producto resultante en cada sierra (circular, secundaria), para lo cual se calculó el porcentaje de los volúmenes obtenidos. Las dimensiones se tomaron utilizando cinta métrica específicamente.
- Con las dimensiones que se tomaron durante el muestreo se determinó el volumen de los productos y subproductos y se calculó la cantidad de desperdicios en volumen y porcentaje.

2.5.5.3. Correlación y regresión lineal simple.

Por medio de la correlación y regresión lineal simple se analizó la relación con las variables para la obtención de una ecuación matemática, para la estimación del volumen de la madera aserrada a través de la obtención del volumen total de la troza.

2.5.6. Población.

La población de la presente investigación es el total de 57 trozas ingresadas al aserradero, para la transformación de estas, por lo que con ellos se obtuvo una muestra aleatoria para garantizar que el muestreo pueda responder estadísticamente a los objetivos del estudio.

2.5.7. Muestreo.

2.5.7.1. Tipo de muestreo.

El muestreo utilizado fue el aleatorio simple al azar del total de trozas que se tuvo disponible en patio, tomando en cuenta la revisión de investigaciones similares realizadas.

El número máximo sugerido por especie es de 120 trozas y el mínimo sugerido son 10 trozas por especie, atendiendo las normas COPANT. Por efectos estadísticos la recomendación práctica es de 30 trozas por especie. Realizado el muestreo se pudo evaluar 10 trozas por clase diamétrica representativa, en caso de obtenerse menos de 3 clases se deberá trabajar con la media considerando que el número de muestras recomendables es de 30 trozas por especie. (Chávez, 1997, pág. 7)

La estimación del número total de muestras se realizó a través de la medición de trozas existentes en patio, seleccionando 50 trozas con las características homogéneas. De los resultados se obtuvo lo siguiente:

2.5.7.2 Cálculo del número de muestras.

Para determinar el tamaño de muestra se realiza un muestreo previo para poder determinar la varianza y la media de los datos recopilados para poder hacer uso de la fórmula del MSA (muestreo simple aleatorio) que se muestra a continuación:

$$n = \frac{PQ \cdot N}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + PQ} \quad (\text{López B., 2004, pág. 49})$$

En donde:

n= tamaño de la muestra

PQ= constante de la varianza de la población (0.25)

N= tamaño de la población = 57 trozas

E= error máximo admisible expresado como decimal (0.05)

K= coeficiente de corrección que es una constante 2.

Cálculo de muestra

$$n = \frac{0.25 \cdot 57}{(N-1) \frac{E^2}{K^2} + PQ} = \frac{14.25}{(57-1) \frac{0.05^2}{2^2} + 0.25} = \frac{14.25}{0.285} = 14.25 = 50 \text{ trozas}$$

2.5.7.3. Criterio de aplicación.

Considerando lo mencionado por Sánchez Turcios (2015), “t de Student, permite comparar muestras, $N \leq 30$, porque el análisis matemático y estadístico de la prueba con frecuencia se minimiza para $N > 30$ ” (pág. 59), en el caso del muestreo se realizó con 50 trozas por lo que hallar el número de muestras necesario resulta fácil, rápido y eficaz el utilizar la fórmula de distribución t de Student.

El resultado obtenido fue de 50.00 que equivale a 50 trozas necesarias para realizar el estudio a un 95% de confiabilidad respectivamente.

Se realizó la prueba de normalidad a la variable de rendimiento que en este caso fue en porcentaje y luego se comparó con las hipótesis para su respectivo análisis e indicar si se rechaza o se acepta la hipótesis nula o alterna.

2.6. Recursos.

2.6.1. Talento humano.

- Tesista de Ingeniería Forestal
- Asesor CUNTOTO

2.6.2. Físicos.

- Flexómetro
- Boletas
- Spray fluorescente
- Hojas de papel bond
- Tablero
- Lapiceros

- Cuaderno de apuntes y cámara fotográfica
- Celular inteligente
- Computadora e impresora
- Software estadístico
- Vehículo
- Combustible
- Energía eléctrica
- Internet

2.6.3. Financieros.

Tabla 7. Presupuesto de la investigación

Rubros	Materiales y herramientas	Cantidad	Costo unitario Q.	Días	Total Q.
Talento Humano	Tesista	1	12,000.00	-	12,000.00
	Personal de apoyo	1	6,000.00	-	6,000.00
Físicos	Computadora	1	7,500.00	-	7,500.00
	Paquete de Office 365	1	900.00	-	900.00
	Software ScatterplotMatrix	1	5,000.00	-	5,000.00
	Impresora	1	1,500.00	-	1,500.00
	Tinta de Impresión	1	350.00	-	350.00
	Resma de papel bond	6	270.00	-	1,620.00
	Tablero	1	35.00	-	35.00
	Receptor GPS	1	1,500.00	-	1,500.00
	Lapiceros y lápices	12	25.00	-	300.00
	Energía eléctrica	3	85.00	90	255.00
	vehículo (motocicleta)	1	8,000.00	-	8,000.00
	Combustible (Galones)	50	38.00	-	1,912.50
	Cámara fotográfica	1	2,000.00	-	2,000.00
	Celular inteligente	1	2,500.00	-	2,500.00
	Internet (mes)	3	225.00	90	675.00
Otros	Alimentación	3	1,000.00	90	3,000.00
	Imprevistos (5% gasto total)	1	2,752.38	-	2,752.38
Total					57,799.88

Presupuesto de gastos de investigación.
Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Capítulo III

Al finalizar el proceso de recolección y sistematización de datos según la boleta de campo realizado en la finca de Santa Elena, del municipio de Tecpán Guatemala del departamento de Chimaltenango, donde se obtuvo tanto para las variables de madera en rollo y aserrada el volumen midiendo el grosor, largo y ancho del tipo de pieza siendo troza y tabla se verificó la conicidad, forma del tronco y sus defectos respectivamente, además se calculó el rendimiento de la madera (porcentaje) utilizando la cierra circular y la secundaria sobre la investigación titulada: **“Rendimiento en la transformación de madera en rollo a aserrada de la especie forestal de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill”**, se obtuvieron los siguientes resultados.

3.1. Interpretación de resultados.

3.1.1. Volumen de la madera en rollo de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill.

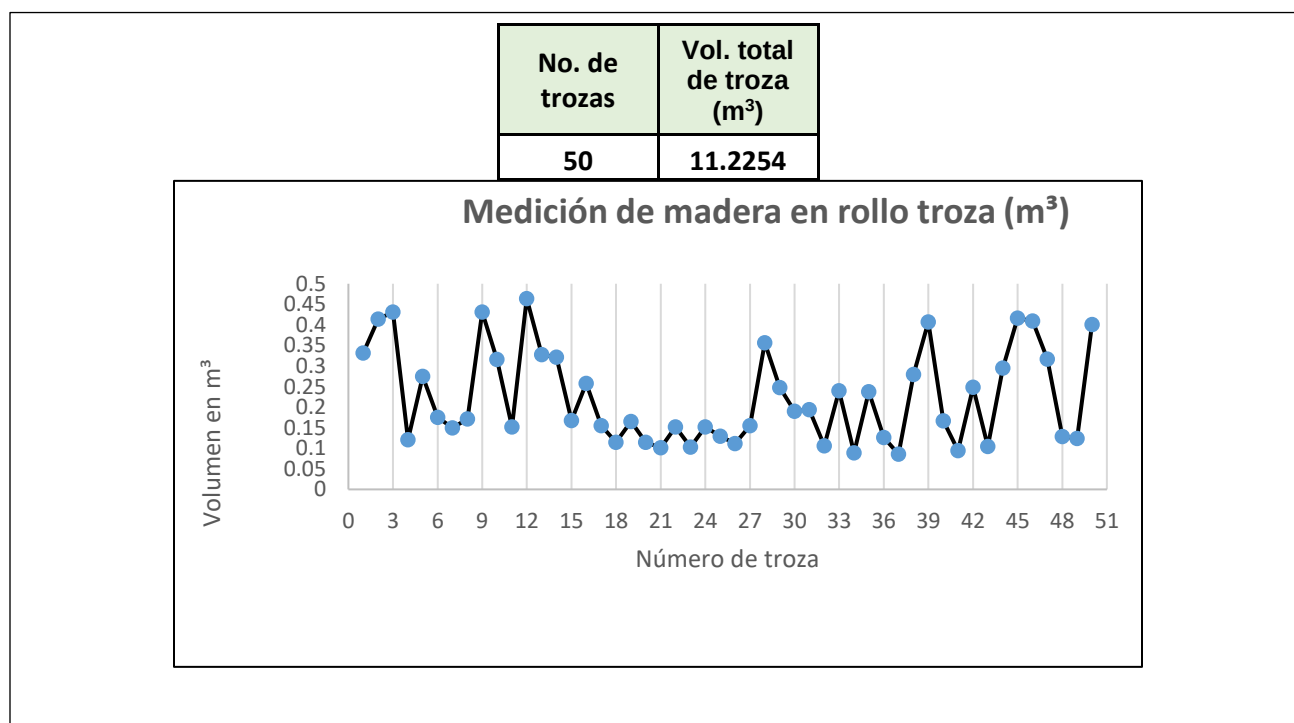


Figura 1. Volumen de las trozas de las cincuenta trozas de la especie de ciprés común.
 Resultado del volumen obtenido de trozas del aserradero Santa Elena.
 Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

El cuadro de la figura 1, se presenta la cuantificación volumétrica en el que se analizaron 50 trozas de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill que presentaron una amplia variedad de longitudes, oscilando entre un mínimo de 2.15 metros y un máximo de 4.15 metros. Los diámetros promedio se encontraron en un rango de 21.5 cm a 38.50 cm. Se determinó que la muestra de 50 piezas de madera se calculó un volumen mínimo de 0.0856 m³ y un máximo siendo 0.4642 m³. El volumen promedio obtenido de todas las unidades de muestreo fue de 0.2245 m³.

El volumen de madera en trozas individuales, para distinguirlas de madera apilada que también está en piezas se determina mediante fórmulas de aproximación. Para tal efecto se divide la troza o el fuste entero en un número suficientemente grande de aproximación muy grande a cilindros y el valor se obtiene en metros cúbicos. (Henning, 2021, pág. 85)

Las 50 trozas utilizadas en la investigación previamente cuantificadas siguieron el proceso de transformación estándar en el aserradero Santa Elena, llevando los siguientes lineamientos: marcaje de las trozas escuadrado, obtención de productos que fueron tablas que se tradujo como producto de primera clase y dando primeramente el resultado de un volumen total de 11.2254 m³ de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill.

En la misma figura se muestra el volumen de cada troza (ver apéndice B, la fórmula Smalian utilizada). Se realizó un análisis de varianza donde se demostró que no existe diferencia significativa ($p = 0.0128$) entre los volúmenes estimados la dispersión se visualiza la heterogeneidad al utilizar cualquiera de ellas proporcionará resultados cercanos.

En toda medición forestal es imprescindible obtener la varianza, esta medida mide la mayor o menor dispersión de los valores de la variable en este caso fue el volumen de ciprés común respecto a la media aritmética. Siempre es mayor o igual que cero y menor que infinito. Se define como la media de los cuadrados de las diferencias del valor de los datos menos la media aritmética de estos. (UNADM, 2019, pág. 16)

Como se observa gráficamente, la dispersión volumétrica que se calculó en las 50 trozas, analizando se verifica que la media del volumen fue de 0.2245 metros cúbicos, esto indica que 22 mediciones están por encima de la misma, mientras que 28 de ellas se posicionan por debajo, lo que se verifica la variabilidad de diámetros medidos de la especie de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill en el Aserradero Santa Elena.

3.1.2. Cubicación de madera en rollo de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill agrupados de forma estadística.

Se realizó la agrupación de las trozas en 6 clases volumétricas, obteniendo un volumen total de 11.2253 m³ concerniente a las 50 trozas evaluadas, en la figura 3 se muestra la distribución volumétrica, correspondiente a la especie forestal de ciprés común

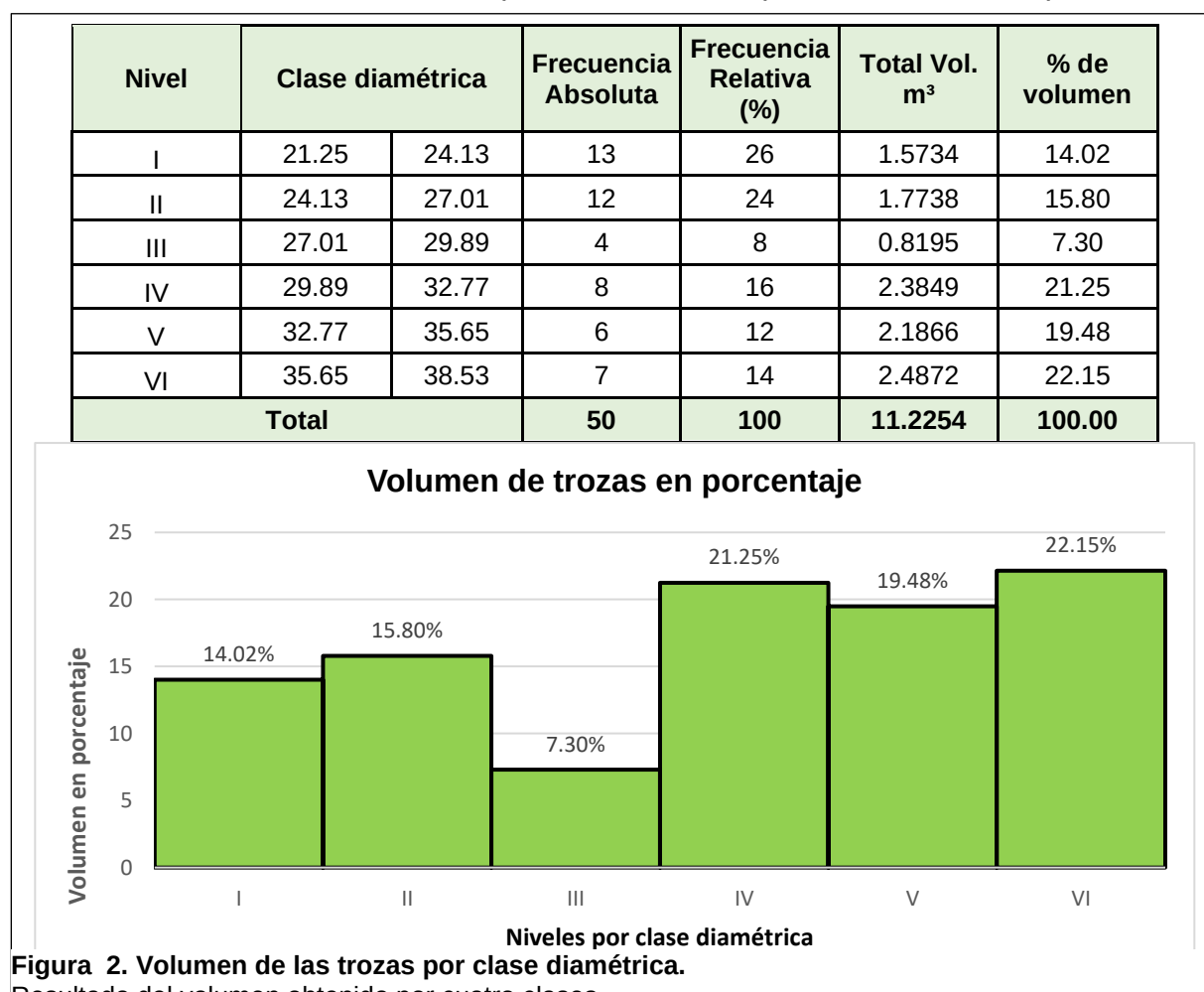


Figura 2. Volumen de las trozas por clase diamétrica.

Resultado del volumen obtenido por cuatro clases.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024

Cupressus lusitanica Mill..

Como se visualiza en el nivel IV y VI de las clases volumétricas representan las más altas siendo de 2.3849 y 2.4872 m³ sumando 15 piezas, y la baja corresponde a la tercera clase contando con 0.8195 m³ de madera correspondiente a 4 trozas y 1.5734 m³ identificada en la primera clase volumétrica hace un total de 11.2254 m³ de madera en rollo de la especie forestal de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill, analizando se encuentra que a mayor diámetro se obtendrá mayor volumen en rendimiento, es decir es creciente la volumetría, tal como lo indica Fahey en su estudio sobre el procedimiento de trozas.

Los diámetros de cada troza corresponden a 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 los aserraderos; por lo tanto, el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos. (Fahey & Ayer Sachet, 1993, pág. 7)

Se ha efectuado el cálculo de volumétrico de acuerdo al manual de cubicación de madera del Instituto Nacional de Bosques -INAB-, realizando estadísticamente como lo indica el autor Sturges donde se obtuvo 6 clases diamétricas para la agrupación de datos de las trozas obtenidas y con dicha información se verificó la eficiencia volumétrica que se clasificó en: conicidad (semicilíndrica 64%, cilíndrica 26%, irregular 8%, irregular 2%); forma del tronco (semi sinuoso 50%, derecho 34%, sinuoso 16%); defectos (sin defectos 26%, con nudos 26%, rajadura/con nudos 22%, rajadura 10%, rajadura/con nudos, manchas 6%, con nudos/manchas 6%) todas verificadas en las 50 trozas verificando sus dimensiones siendo ellos: grosor, largo y ancho de las piezas y tipos de productos que se obtienen de la transformación primaria en este caso fueron tablas.

3.1.4. Volumen de madera escuadrada y aserrada por clase.

Resumen de volumen de madera en rollo, escuadrada, desperdicios por sierra principal, aserrada, desperdicios por sierra secundaria y total por clase diamétrica

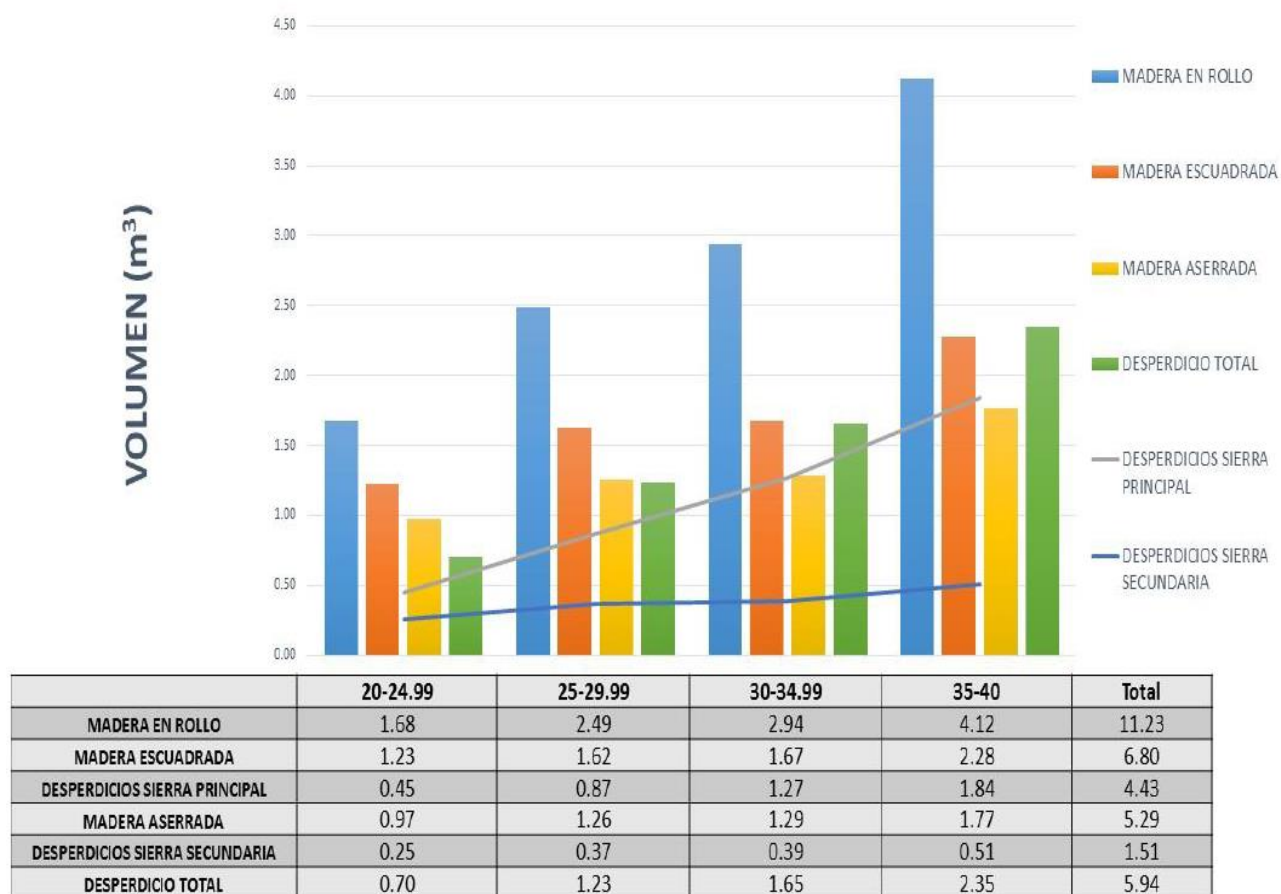


Figura 3. Resultado del volumen por clases diamétricas.

Resultados del cálculo de volumen durante todo el proceso.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

De las 50 trozas de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill evaluadas durante todo el proceso de transformación se obtuvieron volumen de madera en rollo (11.2254 m³), escuadrada (6.7979 m³), aserrada (5.2871 m³) y un total de desperdicios (5.9433 m³), en la gráfica que representa la figura 4 muestra el resumen de volúmenes por 6 niveles, distribución de 6 clases diamétricas, donde se visualiza que a mayor diámetro se obtuvo más volumen que fue de 2.4872 m³.

Es común en la práctica de comercialización de madera en rollo, destinadas a los aserraderos, los dueños de bosque e industrias forestales estiman el

volumen en pie maderero de madera aserrada empleando reglas madereras. Estas corresponden a representaciones gráficas de la relación entre dimensiones y características de las trozas y el volumen del producto aserrado que rendiría una troza bajo una serie de supuestos o experiencias prácticas, (González, 2022, pág. 77).

En la figura 3 se representa la dinámica obtenida con respecto al volumen de madera en rollo, aserrada y de desperdicios. Estas variables que se trabajaron en el aserradero fueron transformadas en piezas obtenidas como materia prima en este caso fueron las tablas con dimensiones y características volumétricas, tal como lo trabajó en su estudio González, que interesan puntualmente a los dueños de las industrias forestales del municipio de Tecpán Guatemala.

3.1.5. Rendimiento de la madera aserrada.

En la gráfica siguiente se observa los porcentajes de rendimiento y la línea de tendencia de la relación promedio obtenido que fue del 50 % del producto en la transformación de la madera aserrada de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill realizado en la finca Santa Elena del municipio de Tecpán.

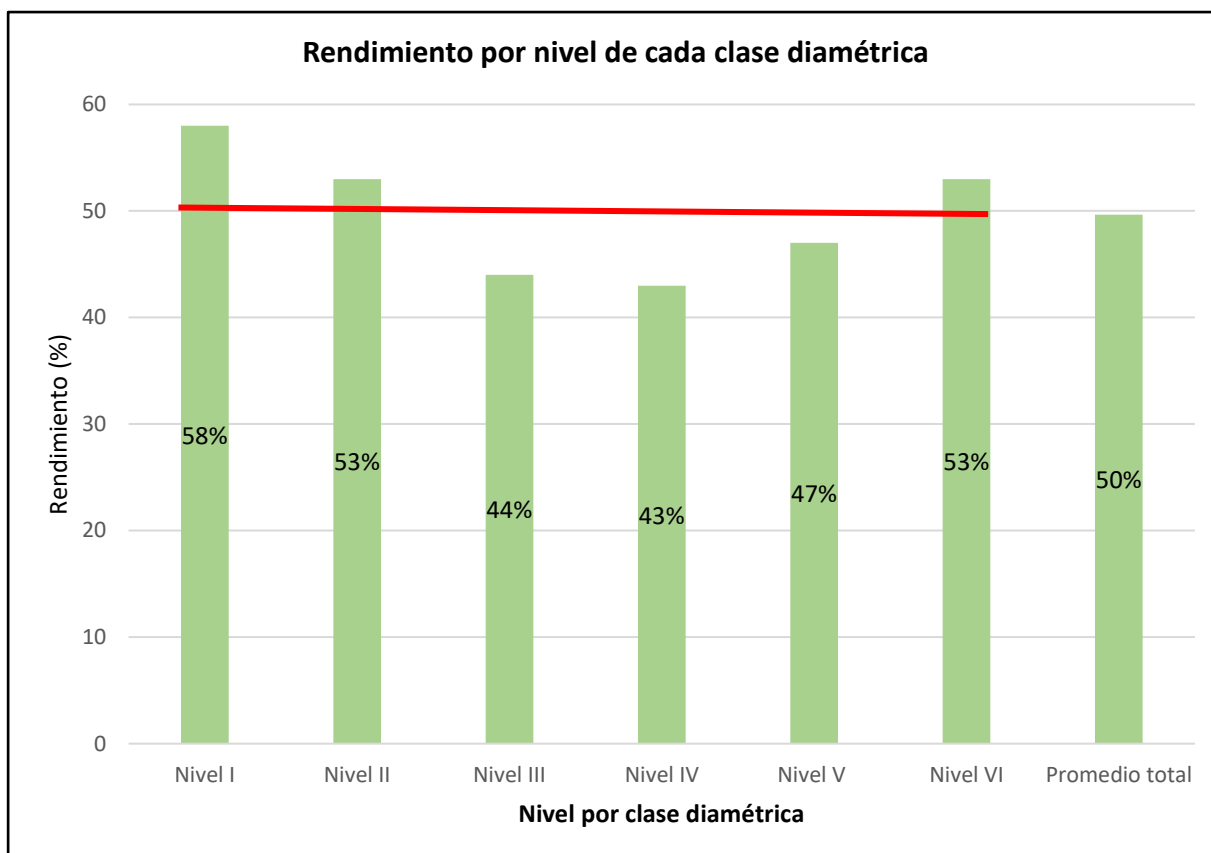


Figura 4. Rendimiento de cada nivel (clase diamétrica).

Resultado del rendimiento por clases diamétricas.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Los resultados obtenidos diamétricamente han brindado información para hallar el porcentaje de rendimiento por nivel (clase y promedio total). Con el fin de obtener un resultado confiable se ha estimado el tanto por ciento de la medida métrica que se realizó a cada pieza, luego agrupándolas por nivel (clase diamétrica), de lo anterior se tiene lo siguiente; para el nivel I se obtuvo un rendimiento del 58%, nivel II: 53%, nivel III: 44%, nivel IV: 43%, nivel V: 47% y nivel VI: se calculó el 53%, estas muestran una tendencia que 3 de ellas sobrepasan el 50%, mientras las otras están por debajo de ella en lo que concierne al rendimiento, luego se realizó un promedio total dando el 50%. Todo lo presentado indica que mientras se aumenta el número de trozas y diámetros mayores sobrepasa el rendimiento sobre el porcentaje promedio.

Un estudio de rendimiento de transformación primaria es la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada. 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. (INAB, 2016, pág. 18)

De la cuantificación del volumen total de madera en rollo 11.2254 m³ y aserrada 5.2871 m³, se realizó la estimación del porcentaje de rendimiento a través de datos agrupados obteniendo un promedio de 50% de coeficiente de aserrío, tomando en cuenta lo que dice la instancia rectora forestal del INAB, que relaciona el volumen de piezas en rollo puestas en el aserradero de Tecpán con el volumen que fue aserrado respectivamente.

Durante el proceso sólo se utilizó la sierra principal y secundaria, por lo que los largos de las trozas fueron el mismo largo de las piezas obtenidas, sin embargo, en algunas de ellas que en su generalidad fueron semi-escuadradas 5 trozas (10%) se obtuvieron longitudes diferentes.

Tabla 8. Resumen del volumen y rendimiento

Vol. en rollo (m ³)	Vol. de madera escuadrada (m ³)	Vol. de madera aserrada (m ³)	Vol. desperdicios sierra principal (m ³)	Vol. desperdicios sierra secundaria (m ³)	Vol. desperdicios total (m ³)	Rendimiento promedio %
11.2254	6.7979	5.2871	4.4275	1.5108	5.9383	50.00

Resumen del volumen y rendimiento de la transformación de la madera

Fuente. Luis Aguilar, 2024

Los desperdicios obtenidos en la primera fase de la sierra principal son de 4.4275 m³, y en la sierra secundaria se obtuvo 1.5108 m³ haciendo un total de 5.9383 m³ de desperdicios, tales como lepa y aserrín. Asimismo, dentro de los residuos más comunes que se obtuvieron en el aserradero Santa Elena del municipio de Tecpán fue el aserrín que fueron los fragmentos que se generaron al transformar las 50 trozas

3.1.6. Análisis de regresión y correlación simple.

De los resultados obtenidos de cada troza se ha realizado una correlación lineal entre las variables X (volumen de madera en rollo); Y (volumen de madera aserrada). Se realizó el respectivo análisis que se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 9. Resultados de la correlación y regresión lineal

Prueba de T Mached Pairs

Diferencia: Vol. m³ troza en rollo-Vol. m³ aserrada				
Promedio Vol. troza m³	0.22		t-Ratio	11.51201
Promedio Vol. madera aserrada m³	0.11		DF	49
Diferencia significativa (m³)	0.12		Prob > t	<.0001
Error estándar	0.01		Prob > t	<.0001
Superior 95 %	0.14		Prob < t	1
Inferior 95 %	0.1			
Número de muestras	50			
Correlación	0.97			

Resumen de resultados de la correlación y regresión lineal

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Significativa = ($P < 0.05$)

No significativa = ($P > 0.05$)

De los resultados es evidente que existe diferencia significativa del cálculo de volúmenes de madera inicial-final, porque se obtuvo un valor de $P < 0.0001$. También se observa la correlación lineal que corresponde a 0.97, el cual indica que sí coexiste una estrecha relación entre los pares de producto volumétrico evaluado.

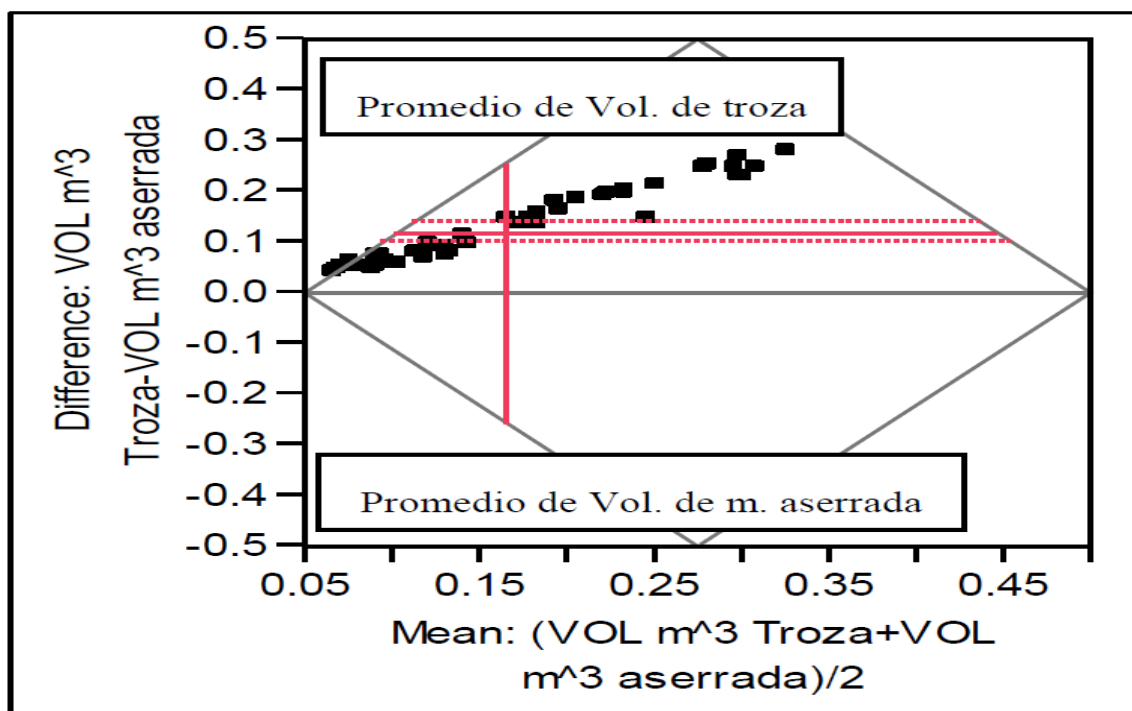


Figura 5. Resultados del análisis de correlación y regresión lineal.

Gráfica de dispersión de los valores obtenidos por troza.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

En la figura 5, muestra la comparación de la diferencia del volumen de troza en rollo en m^3 asimismo a madera aserrada con la media de las 50 trozas para ambas transformaciones, la intersección de las líneas rojas indica la concentración de los puntos, esta gráfica respalda el resultado de correlación que es de 0.97.

De todas las variables como lo fue el rendimiento en la transformación y el volumen de madera aserrada que se obtuvieron en el estudio se auxilió del software scatterplotMatrix, esto permitió realizar un análisis netamente correlativo multivariable, con el objeto de comparar el coeficiente de correlación entre lo descrito, que se amplía en el apéndice I.

Se utilizaron los volúmenes que fueron los datos que permitieron realizar la correlación multivariable, esto permitió evidenciar que existe mayor relación entre el diámetro promedio versus volumen de madera aserrada y en la magnitud en rollo versus volumen de madera en rollo, teniendo como resultado 0.80 y 0.97 de coeficiente de correlación respectivamente, desarrollado en él en el apéndice I.

3.1.6.1 Ecuación matemática utilizando vol. madera en rollo.

- $Y = a + b \cdot x$ (Wabo, 2020, pág. 1)

Donde:

Y = Vol. madera aserrada (m^3)

X = Vol. madera en rollo (m^3)

3.1.6.2 Ejemplo de uso de la ecuación $y = a + b \cdot x$;

Vol. madera aserrada = $0.023739734 + 0.365297875 \cdot (0.3157)$

Vol. madera aserrada = 0.1390

Nota: El valor de x fue extraído de los datos de la troza 10

El volumen de madera aserrada de la troza número 10 es de $0.1300 m^3$, en el ejemplo anterior, la ecuación muestra un resultado más próximo al valor real de la pieza mencionada. Por lo que de esta forma se sustenta que la correlación derivada de la regresión es completamente aceptable para la estimación de piezas aserradas obtenida por troza.

Hay que considerar que en un análisis de regresión existe una asimetría en el trato a las variables dependientes e independientes. También se supone que la variable dependiente tiene una distribución de probabilidad, es decir es estocástica, y se asume que las variables independientes tienen valores fijos o conocidos en muestreos repetitivos las variables independientes pueden intrínsecamente ser estocásticas, pero para fines del análisis de regresión, se considera como supuesto que sus valores son fijos en el muestreo repetitivo, es decir que la variable explicativa toma los mismos valores en diferentes muestras. (Ramírez Morales & Mazón Olivo, 2017, pág. 222)

De acuerdo, a los resultados y determinación de los valores obtenidos en el proceso del análisis de regresión y correlación lineal se determinó que existe una estrecha relación entre la variable rendimiento en la transformación de las piezas y el volumen de madera aserrada, por lo que es factible utilizar y beneficiarse de la ecuación

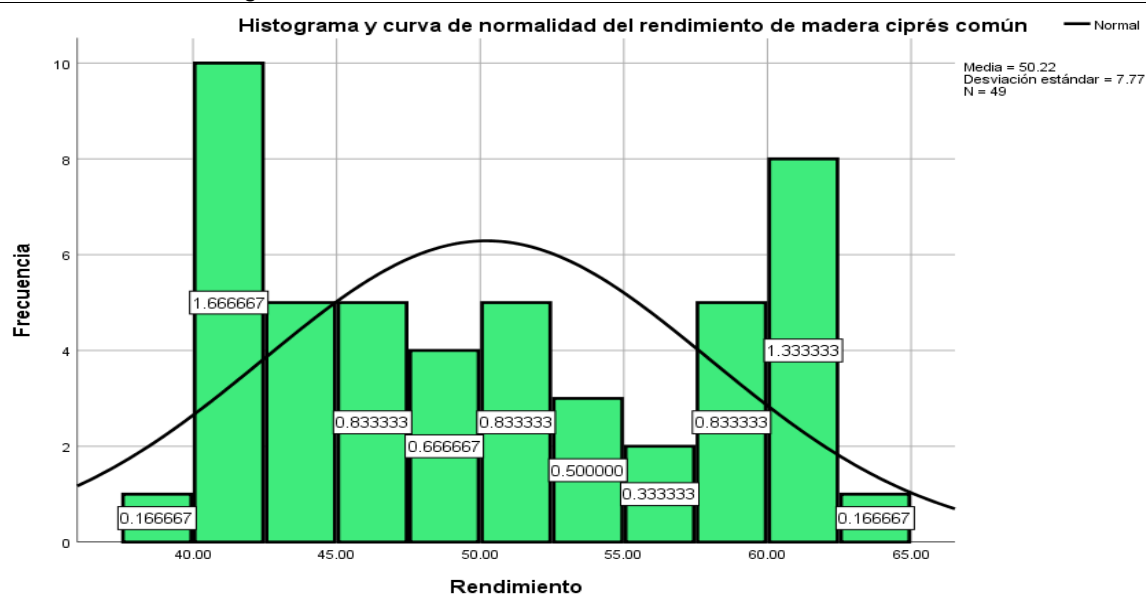
obtenida en los datos derivados de las 50 trozas de la especie de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill.

3.2. Comprobación de las hipótesis.

Se obtuvieron los parámetros estadísticos con los resultados del volumen de madera en rendimiento, teniendo los siguientes datos:

Tabla 10. Resultados de la prueba de hipótesis

Descriptivos						
				Estadístico		Desv. Error
Rendimiento de la madera ciprés común <i>Cupressus lusitanica</i> Mill	Media			50.2182		1.11006
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	47.9862		
			Límite superior	52.4501		
	Media recortada al 5%			50.1111		
	Mediana			49.4900		
	Varianza			60.380		
	Desv. Desviación			7.77044		
	Mínimo			39.22		
	Máximo			63.76		
Rango			24.54			
Pruebas de normalidad						
Rendimiento de ciprés común	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	.121	49	.070	.913	49	.002
2 Corrección de significación de Lilliefors						



Resumen de resultados estadísticos obtenidos por IBM SPSS Statistics 25.
Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

3.2.1 Regla de decisión.

Por tener un muestreo ≤ 50 piezas de madera de ciprés común, se tomó la fórmula de Shapiro-Wilk, para tomar el criterio siguiente:

Se rechaza la hipótesis nula si $\text{Sig.} < 0.05$, caso contrario aceptar H_0 .

Luego, dado que $\text{Sig.} = 0.002$ que se encuentra resaltado, se concluye en lo siguiente:

3.2.2 Prueba de normalidad del rendimiento de las trozas de ciprés común.

3.2.2.1 Hipótesis nula (H_0).

El porcentaje de rendimiento calculado en el Aserradero Santa Elena difiere con el 49% establecido por el Instituto Nacional de Bosque a un nivel confiabilidad del 95%. (distribución de los datos de rendimiento es normal)

3.2.2.2 Hipótesis alterna (H_a).

El porcentaje de rendimiento calculado en el Aserradero Santa Elena no difiere con el 49% establecido por el Instituto Nacional de Bosque a un nivel confiabilidad del 95%. (distribución de los datos de rendimiento no es normal)

3.2.2.3 Nivel de significancia.

$\alpha = 5\% (0.05)$

3.2.2.4 Valor de prueba.

Shapiro-Wilk = 0.913

3.2.2.5 Comparación de p y α .

$p \text{ valor} = 0.002 < \alpha = 0.05$

3.2.2.6 Conclusión.

Los rendimientos de la transformación de la madera de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill difieren de la distribución normal. Por tal razón se acepta la hipótesis alternativa, ya que los valores no se acercan a los valores críticos, sino que están con una relación mínima de dispersión.

3.3. Hallazgos de la investigación.

Según los resultados obtenidos, la transformación de la madera en rollo a aserrada en el aserradero Santa Elena tiene un coeficiente de aserrío del 50% para las 50 trozas

de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica* Mill** la materia prima (piezas) utilizadas en el estudio fue cosechada en el sector denominado El Puente, jurisdicción de la finca del mismo nombre, dicha área cuenta con un bosque secundario remanente sin manejo, por lo que indica que los árboles se han desarrollado de forma natural sin tratamiento silvicultural (podas y raleos).

Se encontró que las 50 piezas evaluadas, la mayor parte de las trozas tienen un aspecto semicilíndrico, semisinuoso y con varios defectos, el haber utilizado trozas con esas mediciones dasométricas ha repercutido ampliamente en el coeficiente de aserrío obtenido en la transformación. Porque las piezas con características heterogéneas mencionadas anteriormente mostraron un menor coeficiente de 0.002.

Por otro lado, las sierras utilizadas en el estudio han sido fabricadas e instaladas hace más de 80 años, es importante mencionar que cuenta con nivel tecnológico bajo, porque los aserraderos actuales cuentan con mayor tecnología para su aprovechamiento en la transformación de la madera. En lo concerniente al mantenimiento del aserradero no es periódico, de igual forma las piezas y repuestos ya no se encuentran en existencia, por los que algunas de ellas se han deteriorado y solamente se ha adaptado según la necesidad. Asimismo, al afilado de las sierras las realizan dos veces al año, antes de realizar el proceso de transformación de las trozas se verificó el filo y funcionalidad de ambas manejadas (circular y secundaria).

Según el Acuerdo Gerencial 42-2003 del Instituto Nacional de Bosques, se establece que para los aserraderos que utilizan sierra principal circular en especies coníferas, refieren un rendimiento del 49%, sin embargo, en dicho convenio no menciona el rendimiento de aquellas industrias que cuentan con sierra principal circular y sierra secundaria múltiple, ambos usados para el proceso de transformación de madera. Por los que se ha usado el parámetro de 49% como rendimiento comparativo.

El aserradero Santa Elena pese a las condiciones de materia prima y sierras utilizadas en el estudio, ha logrado establecer una unidad más de lo que indica el Acuerdo Gerencial 42-2003. También ha analizado la diferencia significativa entre el coeficiente establecido por el INAB y el hallado en la industria maderera local, los resultados de dicho análisis muestran que no existe diferencia significativa. Sin embargo, las

derivaciones obtenidas deben de compararse a otros estudios realizados en el futuro utilizando otras especies coníferas como el aliso, pino blanco y pino colorado en las mismas condiciones y/o cambiando la calidad de la materia prima, porque el coeficiente de aserrío brindara otro resultado utilizando trozas provenientes de plantaciones forestales.

Con los resultados obtenidos de las 50 trozas se ha efectuado un análisis de correlación y regresión lineal con el objeto de hallar un modelo matemático para estimar el volumen de madera aserrada obtenida del volumen de madera en rollo. El modelo matemático que mostró una mayor confiabilidad es $\text{Vol. madera aserrada} = 0.023739734 + 0.365297875 * \text{Vol. madera en rollo}$, cabe mencionar que el mismo brindará una estimación de volumen de madera aserrada en condiciones similares al estudio realizado, porque, si las condiciones del aserradero y de la materia prima cambian, no ofrecerá un resultado verídico.

Conclusiones.

- El volumen total de madera en rollo utilizada de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill fue de 11.2254 m³, la cantidad de trozas evaluadas fueron 50 distribuidos en 6 clases volumétricas, con intervalos de 6 cm. El volumen de madera aserrada obtenido de la transformación es de 5.2871 m³ de madera aserrada, el volumen total de residuos (aserrín) es de 5.9433 m³.
- Se obtuvo un porcentaje de rendimiento del 50.04% en la transformación de la madera en rollo a madera aserrada de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill, utilizando sierra principal circular y sierra secundaria múltiple, por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, porque el rendimiento calculado en el aserradero Santa Elena no es significativamente diferente al rendimiento establecido por el Instituto Nacional de Bosques -INAB-, que es de 49%, según en su Acuerdo Gerencial 42-2003.
- Las 50 trozas utilizadas fueron extraídas de bosque natural remanente sin manejo, por lo que los factores cualitativos que sobresalieron fueron conicidad y forma de las trozas que influyeron en el rendimiento de la transformación de la madera en rollo a madera aserrada, porque las trozas que presentaron una

conicidad irregular y/o una representación irregular obtuvieron un porcentaje de rendimiento menor, concentradas principalmente en las clases volumétricas mayores a 30 centímetros de diámetro.

- El modelo matemático $y=a+b*x$, mostró ser el más próximo a los datos reales a calcular, en este modelo se utilizaron las variables de volumen de madera en rollo (y) versus volumen de madera aserrada (x), dando origen a la ecuación matemática $\text{Vol. madera aserrada} = 0.023739734 + 0.365297875 * \text{Vol. madera en rollo}$.

Recomendaciones.

- Revisar de una manera inmediata el futuro de la producción del aserradero a un mediano plazo, con el objetivo de identificar si es factible la compra de una máquina de mayor capacidad y obtener mejores volúmenes en las trozas transformadas. De la misma manera solicitar al Instituto Nacional de Bosque con sede en la Subregión V-II, la aprobación del estudio de rendimiento específico de la especie de ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill en condiciones establecidas del Aserradero Santa Elena.
- Evaluar el rendimiento de la transformación de la madera de otras especies utilizadas en la Finca Santa Elena con el uso de la sierra principal circular y sierra secundaria múltiple. Comparar el rendimiento de la transformación de la madera de la especie de Ciprés común ***Cupressus lusitanica*** Mill en otros aserraderos a través de nuevos estudios realizados o a realizar en un futuro, con el objeto de mejorar el rendimiento en el Aserradero Santa Elena.
- Mejorar el manejo silvicultural de los bosques secundarios de la finca Santa Elena con el fin de brindar abastecimiento de trozas con mejores condiciones de conicidad, forma, fustes rectos y con menos defectos para mejorar el porcentaje de rendimiento en la especie de ciprés común en el Aserradero Santa Elena.
- Se recomienda el uso de la ecuación matemática; $\text{Vol. madera aserrada} = 0.023739734 + 0.365297875 * \text{Vol. madera en rollo}$, obtenido en el análisis de regresión y correlación lineal de los datos, porque es un método para la

estimación del volumen de madera aserrada, por ende, el rendimiento aproximado por troza.

Referencias

- Aldás Ledesma, G. F. (2014). *Rendimiento en el proceso de transformación de Madera Rolliza a madera escuadrada de Pino (***Pinus radiata*** D. Don) con dos tipos de Aserradero, en la ciudad de Riobamba*. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Arriaga Morales, J. G. (2007). *Rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de caoba ***Swietenia macrophylla***, en dos aserrados del municipio de Flores*. Guatemala: USAC.
- Arriola Mairén, C. M. (2004). *Historia y actualidad de Tecpán Guatemala*. Guatemala: USAC.
- CATIE. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en Centro América*. Costa Rica: Lorena Orozco, Cecilia Brumér.
- Chávez, A. (1997). *Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío manual práctico*. Bolivia: BOLFOR-USAID.
- Egas, A. F. (1998). *Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda*. Cuba: Universidad de Pilar del Río.
- Fahey, T. D., & Ayer Sachet, J. K. (1993). *Product recovery of ponderosa pine in Arizona and New México*. Estados Unidos: Forest Service.
- FAO. (1980). *Estimación de volumen forestal y predicción de rendimiento*. Italia: Ibmm.
- INAB. (26 de marzo de 2003). Acuerdo de gerencia No. 42.2003. Guatemala, Guatemala, Guatemala: INAB.
- Jarquín Cáceres, J. R. (2012). *Trabajo de Graduación realizado en el Parque Regional Municipal Astillero de Tecpán*. Guatemala: USAC.

- Lacán, V. A. (2016). *Determinación de índices de espaciamiento relativo para **Cupressus lusitanica** Mill en una plantación de la Finca Santa Elena, Tecpán, Chimaltenango*. Guatemala: USAC.
- Leiva Sosa, M. R. (2016). *Evaluación del rendimiento de especies coníferas y latifoliadas*. Guatemala: URL.
- López Bautista, E. A. (2004). *Introducción a la estadística general*. Guatemala: USAC, FAUSAC.
- López Bautista, E. A., & González Ramírez, B. H. (2015). *Fundamentos y aplicaciones de la estadística en agronomía y ciencias afines*. (276, Ed.) Guatemala: USAC.
- MAIREN, C. M. (2004). *Historia y actualidad de Tecpán Guatemala*. Guatemala: USAC.
- Manzanero, M. A. (2003). *Estudio de rendimiento del aserrío de madera de la especie de caoba (**Swietenia macrophylla**) en la concesión forestal unidad de manejo de San Andrés Petén*. Guatemala: USAC.
- Méndez, B. (9 de junio de 2016). *Mecanismos de compensación relacionando bosques con agua en Centroamérica y el Caribe de habla hispana*. Obtenido de www.fao.org.com: <http://www.fao.org/forestry/19363-0303de85d5fccbc5a10796e122d3a28f5.pdf>
- Mendoza Puac, C. A. (2016). *Estudio de Rendimiento de aserrío de la especie de Santa María (**Calophyllum brasiliense**), en la comunidad de Uaxactún, municipio de Flores, departamento de Petén*. Totonicapán, Guatemala.: Usac.
- OIMT. (2013). *Manual de transformación de la madera*. México: AIDER.
- Quirios, R., Chinchilla, O., & Gómez, M. (2005). *Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales*. Costa Rica: INISEFOR.

- Rodas González, A. M. (2001). *Evaluación del rendimiento y costo de operación del aprovechamiento forestal año 2001, en la concesión comunitaria de San Andrés, Petén*. Guatemala: USAC.
- Todoroki, C. L. (1995). *Importance of maintaining defect cores*. New Zeland: Forest Research Institute.
- Zapeta Tzul, M. A. (2014). *Determinación y comparación de rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie ciprés común (Cupressus lusitanica Mill), utilizando la tecnología de sierra circular y sierra de cinta*. Guatemala: USAC.
- Zavala, D. (1991). *Manual para el establecimiento de un sistema de control de variación de refuerzos en madera aserrada*. México: Universidad Autónoma de Chapingo.

Glosario

Calidad de la troza: el elemento principal a considerar en los trabajos en sierra múltiple para aumentar el volumen es la calidad de una troza. Las dimensiones y el volumen de la madera aserrada bajo las prácticas corrientes del procesamiento tienen una relación directa con las diferentes clases de calidad de trozas.

Cubicación: es la estimación del volumen de un cuerpo a partir de sus dimensiones.

Diámetro de la troza: el factor diámetro de una troza de madera tiene la mayor influencia en el aserrío, comprobándose que a mayor sea la dimensión del diámetro, igualmente se afirma que el rendimiento es mayor de una troza en el aserrío.

Flexómetro: un instrumento de medida formado por una cinta metálica flexible con un sistema de freno o bloqueo para ayudar a mantener fija una medición concreta.

Longitud, conicidad y troceado: en el proceso del aserrado de una madera en rollo, influyen las variables de longitud, conicidad y troceado en el rendimiento, lo cual se puede mencionar es que, si aumentan ambos parámetros mencionados, también se incrementa la diferencia de diámetro a diámetro en los extremos de la troza.

Madera aserrada: producto forestal semielaborado que ha sufrido transformación por aserrío. Ejemplos: Tablas, reglas, tablones, vigas.

Madera en troza: sección de un árbol con dimensiones mayores a 10 centímetros de diámetro, con o sin corteza.

Rendimiento de aserrío: es el cálculo volumétrico de la madera al aserrarla, la cual se consigue de cada troza procesada, en otras palabras, relación que existe entre el volumen obtenido de la madera aserrada y el volumen calculado de la madera rolliza. También se precisa como el valor del volumen de productos generados en aserrío versus el volumen obtenido de troza.

Sierra circular: es una máquina para aserrar longitudinal o transversalmente madera, metal, plástico u otros materiales. Está dotada de un motor eléctrico que hace girar a gran velocidad una hoja circular.

Sierra múltiple de banda: es una sierra que tiene varias tiras metálicas dentadas, largas, estrechas y flexibles, ajustables para la medida de madera que se desea. La tira se desplaza sobre dos ruedas que se encuentran en el mismo plano vertical con un espacio entre ellas.

Sistema métrico decimal: es un sistema de medida que tiene por unidades básicas el metro y el kilogramo, en el cual los múltiplos o submúltiplos de las unidades de una misma naturaleza siguen una escala decimal. Este sistema, ampliado y reformado, ha dado lugar al Sistema Internacional de Unidades.

Transformación primaria de la madera: es el procesamiento de madera al estado natural con la finalidad de obtener productos que servirán como insumo en la transformación secundaria (Ej. madera aserrada, láminas, chapas, etc.) o productos de uso directo (Ej. Durmientes, madera para encofrados, etc.) Asimismo, se considera transformación primaria al reproceso de madera aserrada o escuadrada en dimensiones menores a la inicial y que aún conserven las 04 aristas completas en su perfil.

Tipo de sierra: el ancho de corte influye sobre el rendimiento de madera aserrada porque una vía de corte ancha se traduce en más pérdida de fibras de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria.

Apéndices

Apéndice A. Mapa de ubicación del Aserradero Santa Elena

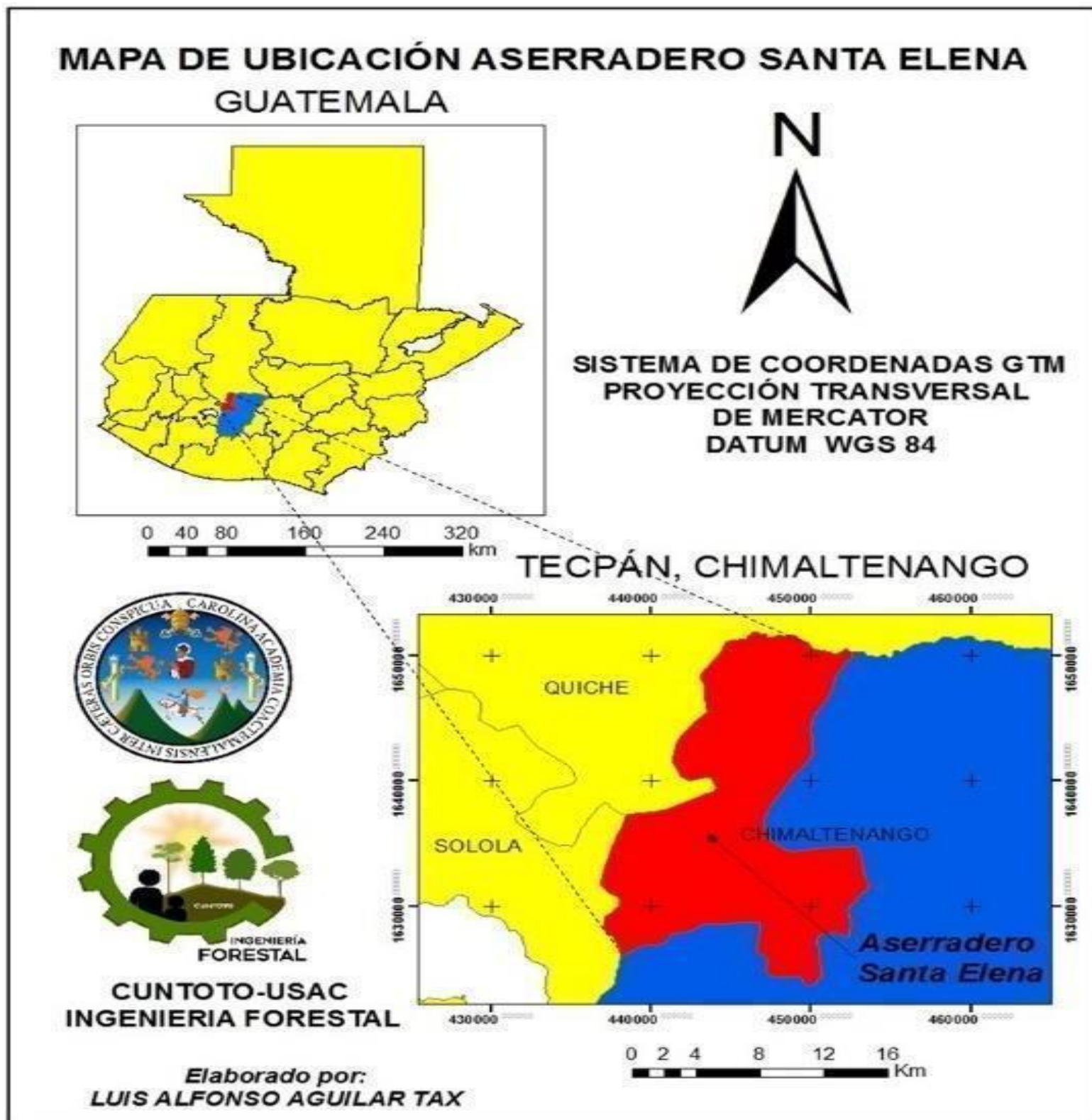


Figura 6. Mapa de la finca Santa Elena.
Mapa de la comunidad diagnosticada.
Fuente. Google Maps, año 2022. año 2022.

Apéndice B. Datos de las trozas evaluadas

Tabla 11. Datos de las trozas evaluadas

No. Troza	Diámetro mayor (cm)	Dímetro menor (cm)	Diámetro promedio (cm)	Clase diamétrica	Largo (m)	Vol. Troza (m³)	Vol. madera escuadrada (m³)	Vol. madera aserrada (m³)
1	39.5	23.5	31.5	30-34.99	4.00	0.3318	0.1944	0.1357
2	40.5	30.5	35.5	35-40	4.10	0.4139	0.264	0.1899
3	42	30.25	36.125	35-40	4.10	0.4313	0.2288	0.1727
4	25.25	17.25	21.25	20-24.99	3.29	0.1208	0.0923	0.0691
5	38.25	29.5	33.875	30-34.99	3.00	0.2749	0.1479	0.1154
6	30.5	25.5	28	25-29.99	2.83	0.1756	0.1155	0.0892
7	27	24.5	25.75	25-29.99	2.87	0.1498	0.1171	0.0832
8	25.5	20.25	22.875	20-24.99	4.12	0.1716	0.1298	0.1042
9	42	30.25	36.125	35-40	4.10	0.4313	0.2296	0.1872
10	37.5	23.75	30.625	30-34.99	4.08	0.3157	0.1607	0.13
11	25	18.5	21.75	20-24.99	4.00	0.1519	0.1122	0.0928
12	45	30.5	37.75	35-40	4.00	0.4642	0.238	0.1947
13	36.5	26.5	31.5	30-34.99	4.10	0.3276	0.1845	0.1418
14	37	26	31.5	30-34.99	4.00	0.3212	0.1735	0.1293
15	33.5	28.5	31	30-34.99	2.20	0.1671	0.1001	0.0801
16	35.5	41.5	38.5	35-40	2.20	0.2577	0.133	0.1115
17	28.5	24.5	26.5	25-29.99	2.80	0.1553	0.1119	0.076
18	24.5	21	22.75	20-24.99	2.80	0.1145	0.0833	0.073
19	29	25	27	25-29.99	2.87	0.1652	0.1073	0.0832
20	24.25	20.5	22.375	20-24.99	2.89	0.1144	0.0786	0.0691
21	25.5	22	23.75	20-24.99	2.28	0.1016	0.0747	0.063
22	28	23.5	25.75	25-29.99	2.89	0.1517	0.1023	0.077
23	24.5	24	24.25	20-24.99	2.23	0.103	0.0702	0.0507
24	25.3	26.5	25.9	25-29.99	2.89	0.1523	0.1074	0.0895
25	25.5	22	23.75	20-24.99	2.91	0.1296	0.0915	0.0772
26	27	23	25	25-29.99	2.25	0.1112	0.0765	0.0668
27	31.75	28	29.875	25-29.99	2.20	0.1548	0.099	0.0824
28	37.5	28	32.75	30-34.99	4.15	0.3569	0.1975	0.1478
29	37	28.5	32.75	30-34.99	2.89	0.2476	0.1301	0.112
30	26	22.25	24.125	20-24.99	4.13	0.1899	0.1334	0.0988
31	34	23.5	28.75	25-29.99	2.89	0.1939	0.1123	0.0911
32	23.5	19.5	21.5	20-24.99	2.89	0.1058	0.0786	0.0639
33	30.5	23.25	26.875	25-29.99	4.15	0.2397	0.1457	0.1088
34	25.5	20	22.75	20-24.99	2.15	0.0887	0.0658	0.0546

No. Troza	Diámetro mayor (cm)	Dímetro menor (cm)	Diámetro promedio (cm)	Clase diamétrica	Largo (m)	Vol. Troza (m³)	Vol. madera escuadrada (m³)	Vol. madera aserrada (m³)
35	41.5	32	36.75	35-40	2.20	0.2373	0.1109	0.0973
36	28.5	25.5	27	25-29.99	2.20	0.1264	0.0804	0.0557
37	23.5	20	21.75	20-24.99	2.29	0.0856	0.0641	0.0521
38	39.5	29.5	34.5	30-34.99	2.93	0.2797	0.1398	0.1097
39	40	30.5	35.25	35-40	4.10	0.4074	0.214	0.1643
40	29.5	24.5	27	25-29.99	2.89	0.1669	0.1196	0.0989
41	25.5	20.5	23	20-24.99	2.25	0.0946	0.0727	0.0497
42	41.5	34	37.75	35-40	2.20	0.2487	0.1901	0.1231
43	24	19.5	21.75	20-24.99	2.78	0.1044	0.078	0.0562
44	35.5	23.75	29.625	25-29.99	4.12	0.2952	0.1611	0.1194
45	41.5	30.5	36	35-40	4.00	0.4167	0.2448	0.1774
46	42	28.5	35.25	35-40	4.05	0.4097	0.2151	0.1895
47	36.5	26	31.25	30-34.99	4.02	0.317	0.243	0.1834
48	28.5	24.75	26.625	25-29.99	2.30	0.1287	0.0782	0.065
49	27.25	25.5	26.375	25-29.99	2.26	0.1236	0.0895	0.0719
50	39.5	30.5	35	35-40	4.10	0.401	0.2091	0.1622
Vol. total						11.2254	6.7979	5.2871

Datos de las trozas evaluadas.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Apéndice C. Datos de las trozas escuadradas

Tabla 12. Datos de las trozas escuadradas

No. Troza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grueso (cm)	Vol. (cm ³)	Vol. (m ³)
1	400	18	27	194400	0.1944
2	410	35	18.4	264040	0.264
3	410	31	18	228780	0.2288
4	329	17	16.5	92284.5	0.0923
5	300	17	29	147900	0.1479
6	283	17	24	115464	0.1155
7	287	17	24	117096	0.1171
8	412	17.5	18	129780	0.1298
9	410	28	20	229600	0.2296
10	408	17.5	22.5	160650	0.1607
11	400	17	16.5	112200	0.1122
12	400	17.5	34	238000	0.238
13	410	25	18	184500	0.1845
14	400	24.5	17.7	173460	0.1735
15	220	17.5	26	100100	0.1001
16	220	19.5	31	132990	0.133
17	280	23.5	17	111860	0.1119
18	280	17.5	17	83300	0.0833
19	287	22	17	107338	0.1073
20	289	17	16	78608	0.0786
21	228	18.5	17.7	74658.6	0.0747
22	289	20	17.7	102306	0.1023
23	223	18	17.5	70245	0.0702
24	289	21	17.7	107421.3	0.1074
25	291	18.5	17	91519.5	0.0915
26	225	20	17	76500	0.0765
27	220	25	18	99000	0.099
28	415	28	17	197540	0.1975
29	289	18	25	130050	0.1301
30	413	19	17	133399	0.1334
31	289	21	18.5	112276.5	0.1123
32	289	16	17	78608	0.0786
33	415	18	19.5	145665	0.1457
34	215	18	17	65790	0.0658

No. Troza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grueso (cm)	Vol. (cm ³)	Vol. (m ³)
35	220	28	18	110880	0.1109
36	220	21.5	17	80410	0.0804
37	229	16	17.5	64120	0.0641
38	293	26.5	18	139761	0.1398
39	410	18	29	214020	0.214
40	289	23	18	119646	0.1196
41	225	19	17	72675	0.0727
42	220	32	27	190080	0.1901
43	278	17	16.5	77979	0.078
44	412	23	17	161092	0.1611
45	400	18	34	244800	0.2448
46	405	29.5	18	215055	0.2151
47	402	19.5	31	243009	0.243
48	230	20	17	78200	0.0782
49	226	22	18	89496	0.0895
50	410	30	17	209100	0.2091
Vol. total				6797652.4	6.7977

Resultado de volumen de madera escuadrada.
Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Apéndice D. Datos piezas de madera aserrada

Tabla 13. Datos de las piezas de madera aserrada

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
1	1	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
1	2	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
1	3	400	18	3	Primera	18720	0.0187		Duela
1	4	400	18	3	Primera	18720	0.0187		Duela
1	5	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
1	6	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
1	7	250	18	3	Primera	11700	0.0117		Duela
1	8	250	18	3	Primera	11700	0.0117	0.1357	Duela
2	1	410	18	3	Primera	19614.4	0.0196		Duela
2	2	410	18	3	Primera	19614.4	0.0196		Duela
2	3	410	18	3	Primera	19614.4	0.0196		Duela
2	4	410	18	3	Segunda	19614.4	0.0196		Duela
2	5	410	18	3	Segunda	19614.4	0.0196		Duela
2	6	410	18	3	Segunda	19614.4	0.0196		Duela
2	7	410	18	3	Segunda	19614.4	0.0196		Duela
2	8	410	18	3	Segunda	19614.4	0.0196		Duela
2	9	250	18	3	Primera	11960	0.0120		Duela
2	10	120	18	3	Primera	5740.8	0.0057		Duela
2	11	160	18	3	Primera	7654.4	0.0077		Duela
2	12	160	18	3	Primera	7654.4	0.0077	0.1899	Duela
3	1	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
3	2	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
3	3	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
3	4	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
3	5	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
3	6	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
3	7	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
3	8	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
3	9	250	18	3	Primera	11700	0.0117		Duela
3	10	160	18	3	Primera	7488	0.0075	0.1727	Duela
4	1	329	18	3	Segunda	15397.2	0.0154		Duela
4	2	329	18	3	Segunda	15397.2	0.0154		Duela
4	3	329	18	3	Primera	15397.2	0.0154		Duela
4	4	329	18	3	Segunda	15397.2	0.0154		Duela
4	5	160	18	3	Segunda	7488	0.0075	0.069077	Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
5	1	300	17	3	Primera	13260	0.0133		Duela
5	2	300	17	3	Primera	13260	0.0133		Duela
5	3	300	17	3	Primera	13260	0.0133		Duela
5	4	300	17	3	Segunda	13260	0.0133		Duela
5	5	300	17	3	Primera	13260	0.0133		Duela
5	6	300	17	3	Segunda	13260	0.0133		Duela
5	7	300	17	3	Segunda	13260	0.0133		Duela
5	8	300	17	3	Segunda	13260	0.0133		Duela
5	9	210	17	3	Primera	9282	0.0093	0.1154	Duela
6	1	283	17	3	Primera	12508.6	0.0125		Duela
6	2	283	17	3	Primera	12508.6	0.0125		Duela
6	3	283	17	3	Primera	12508.6	0.0125		Duela
6	4	283	17	3	Segunda	12508.6	0.0125		Duela
6	5	283	17	3	Segunda	12508.6	0.0125		Duela
6	6	283	17	3	Segunda	12508.6	0.0125		Duela
6	7	160	17	3	Primera	7072	0.0071		Duela
6	8	160	17	3	Segunda	7072	0.0071	0.0892	Duela
7	1	287	17	3	Segunda	12685.4	0.0127		Duela
7	2	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
7	3	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
7	4	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
7	5	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
7	6	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
7	7	160	17	3	Segunda	7072	0.0071	0.0832	Duela
8	1	412	18	3	Segunda	18746	0.0187		Duela
8	2	412	18	3	Primera	18746	0.0187		Duela
8	3	412	18	3	Segunda	18746	0.0187		Duela
8	4	412	18	3	Primera	18746	0.0187		Duela
8	5	412	18	3	Segunda	18746	0.0187		Duela
8	6	230	18	3	Segunda	10465	0.0105	0.1042	Duela
9	1	410	20	3	Primera	21320	0.0213		Duela
9	2	410	20	3	Primera	21320	0.0213		Duela
9	3	410	20	3	Primera	21320	0.0213		Duela
9	4	410	20	3	Primera	21320	0.0213		Duela
9	5	410	20	3	Segunda	21320	0.0213		Duela
9	6	410	20	3	Segunda	21320	0.0213		Duela
9	7	410	20	3	Segunda	21320	0.0213		Duela
9	8	410	20	3	Segunda	21320	0.0213		Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
9	9	160	20	3	Segunda	8320	0.0083		Duela
9	10	160	20	3	Primera	8320	0.0083	0.1872	Duela
10	1	408	18	3	Segunda	18564	0.0186		Duela
10	2	408	18	3	Primera	18564	0.0186		Duela
10	3	408	18	3	Primera	18564	0.0186		Duela
10	4	408	18	3	Primera	18564	0.0186		Duela
10	5	408	18	3	Primera	18564	0.0186		Duela
10	6	408	18	3	Primera	18564	0.0186		Duela
10	7	250	18	3	Segunda	11375	0.0114		Duela
10	8	160	18	3	Segunda	7280	0.0073	0.1300	Duela
11	1	400	17	3	Segunda	17680	0.0177		Duela
11	2	400	17	3	Primera	17680	0.0177		Duela
11	3	400	17	3	Segunda	17680	0.0177		Duela
11	4	400	17	3	Primera	17680	0.0177		Duela
11	5	250	17	3	Segunda	11050	0.0111		Duela
11	6	250	17	3	Primera	11050	0.0111	0.0928	Duela
12	1	400	18	3	Primera	18200	0.0182		Duela
12	2	400	18	3	Primera	18200	0.0182		Duela
12	3	400	18	3	Primera	18200	0.0182		Duela
12	4	400	18	3	Primera	18200	0.0182		Duela
12	5	400	18	3	Primera	18200	0.0182		Duela
12	6	400	18	3	Segunda	18200	0.0182		Duela
12	7	400	18	3	Segunda	18200	0.0182		Duela
12	8	250	18	3	Segunda	11375	0.0114		Duela
12	9	250	18	3	Segunda	11375	0.0114		Duela
12	10	250	18	3	Primera	11375	0.0114		Duela
12	11	250	18	3	Primera	11375	0.0114		Duela
12	12	160	18	3	Primera	7280	0.0073		Duela
12	13	160	18	3	Primera	7280	0.0073		Duela
12	14	160	18	3	Primera	7280	0.0073	0.1947	Duela
13	1	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
13	2	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
13	3	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
13	4	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
13	5	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
13	6	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
13	7	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
13	8	160	18	3	Segunda	7488	0.0075	0.1418	Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
14	1	400	18	3	Primera	18408	0.0184		Duela
14	2	400	18	3	Primera	18408	0.0184		Duela
14	3	400	18	3	Primera	18408	0.0184		Duela
14	4	400	18	3	Primera	18408	0.0184		Duela
14	5	400	18	3	Primera	18408	0.0184		Duela
14	6	400	18	3	Segunda	18408	0.0184		Duela
14	7	250	18	3	Segunda	11505	0.0115		Duela
14	8	160	18	3	Primera	7363.2	0.0074	0.1293	Duela
15	1	220	18	3	Segunda	10010	0.0100		Duela
15	2	220	18	3	Segunda	10010	0.0100		Duela
15	3	220	18	3	Primera	10010	0.0100		Duela
15	4	220	18	3	Segunda	10010	0.0100		Duela
15	5	220	18	3	Segunda	10010	0.0100		Duela
15	6	220	18	3	Primera	10010	0.0100		Duela
15	7	220	18	3	Primera	10010	0.0100		Duela
15	8	220	18	3	Primera	10010	0.0100	0.0801	Duela
16	1	220	20	3	Primera	11154	0.0112		Duela
16	2	220	20	3	Primera	11154	0.0112		Duela
16	3	220	20	3	Segunda	11154	0.0112		Duela
16	4	220	20	3	Segunda	11154	0.0112		Duela
16	5	220	20	3	Primera	11154	0.0112		Duela
16	6	220	20	3	Segunda	11154	0.0112		Duela
16	7	220	20	3	Segunda	11154	0.0112		Duela
16	8	220	20	3	Primera	11154	0.0112		Duela
16	9	220	20	3	Segunda	11154	0.0112		Duela
16	10	220	20	3	Segunda	11154	0.0112	0.1115	Duela
17	1	280	17	3	Primera	12376	0.0124		Duela
17	2	280	17	3	Segunda	12376	0.0124		Duela
17	3	280	17	3	Primera	12376	0.0124		Duela
17	4	280	17	3	Segunda	12376	0.0124		Duela
17	5	280	17	3	Segunda	12376	0.0124		Duela
17	6	160	17	3	Segunda	7072	0.0071		Duela
17	7	160	17	3	Primera	7072	0.0071	0.0760	Duela
18	1	280	18	3	Primera	13104	0.0131		Duela
18	2	280	18	3	Primera	13104	0.0131		Duela
18	3	280	18	3	Primera	13104	0.0131		Duela
18	4	280	18	3	Primera	13104	0.0131		Duela
18	5	280	18	3	Primera	13104	0.0131		Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
18	6	160	18	3	Segunda	7488	0.0075	0.0730	Duela
19	1	287	17	3	Segunda	12685.4	0.0127		Duela
19	2	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
19	3	287	17	3	Segunda	12685.4	0.0127		Duela
19	4	287	17	3	Segunda	12685.4	0.0127		Duela
19	5	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
19	6	287	17	3	Primera	12685.4	0.0127		Duela
19	7	160	17	3	Segunda	7072	0.0071	0.0832	Duela
20	1	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
20	2	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
20	3	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
20	4	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
20	5	160	18	3	Primera	7488	0.0075		Duela
20	6	160	18	3	Primera	7488	0.0075	0.0691	Duela
21	1	228	18	3	Segunda	10492.56	0.0105		Duela
21	2	228	18	3	Segunda	10492.56	0.0105		Duela
21	3	228	18	3	Segunda	10492.56	0.0105		Duela
21	4	228	18	3	Segunda	10492.56	0.0105		Duela
21	5	228	18	3	Primera	10492.56	0.0105		Duela
21	6	228	18	3	Segunda	10492.56	0.0105	0.0630	Duela
22	1	228	18	3	Segunda	10492.56	0.0105		Duela
22	2	289	18	3	Primera	13299.78	0.0133		Duela
22	3	289	18	3	Segunda	13299.78	0.0133		Duela
22	4	289	18	3	Segunda	13299.78	0.0133		Duela
22	5	289	18	3	Primera	13299.78	0.0133		Duela
22	6	289	18	3	Segunda	13299.78	0.0133	0.0770	Duela
23	1	223	18	3	Primera	10146.5	0.0101		Duela
23	2	223	18	3	Segunda	10146.5	0.0101		Duela
23	3	223	18	3	Segunda	10146.5	0.0101		Duela
23	4	223	18	3	Primera	10146.5	0.0101		Duela
23	5	223	18	3	Primera	10146.5	0.0101	0.0507	Duela
24	1	289	18	3	Primera	13299.78	0.0133		Duela
24	2	289	18	3	Primera	13299.78	0.0133		Duela
24	3	289	18	3	Segunda	13299.78	0.0133		Duela
24	4	289	18	3	Segunda	13299.78	0.0133		Duela
24	5	289	18	3	Segunda	13299.78	0.0133		Duela
24	6	289	18	3	Segunda	13299.78	0.0133		Duela
24	7	210	18	3	Primera	9664.2	0.0097	0.0895	Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
25	1	291	17	3	Segunda	12862.2	0.0129		Duela
25	2	291	17	3	Primera	12862.2	0.0129		Duela
25	3	291	17	3	Segunda	12862.2	0.0129		Duela
25	4	291	17	3	Segunda	12862.2	0.0129		Duela
25	5	291	17	3	Primera	12862.2	0.0129	0.0772	Duela
26	1	291	17	3	Segunda	12862.2	0.0129		Duela
26	2	225	17	3	Primera	9945	0.0099		Duela
26	3	225	17	3	Segunda	9945	0.0099		Duela
26	4	225	17	3	Segunda	9945	0.0099		Duela
26	5	225	17	3	Primera	9945	0.0099		Duela
26	6	160	17	3	Segunda	7072	0.0071		Duela
26	7	160	17	3	Primera	7072	0.0071	0.0668	Duela
27	1	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
27	2	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
27	3	220	18	3	Primera	10296	0.0103		Duela
27	4	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
27	5	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
27	6	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
27	7	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
27	8	220	18	3	Primera	10296	0.0103	0.0824	Duela
28	1	415	17	3	Primera	18343	0.0183		Duela
28	2	415	17	3	Primera	18343	0.0183		Duela
28	3	415	17	3	Primera	18343	0.0183		Duela
28	4	415	17	3	Segunda	18343	0.0183		Duela
28	5	415	17	3	Segunda	18343	0.0183		Duela
28	6	415	17	3	Segunda	18343	0.0183		Duela
28	7	415	17	3	Primera	18343	0.0183		Duela
28	8	220	17	3	Segunda	9724	0.0097		Duela
28	9	220	17	3	Primera	9724	0.0097	0.1478	Duela
29	1	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
29	2	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
29	3	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
29	4	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
29	5	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
29	6	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
29	7	250	18	3	Segunda	11700	0.0117		Duela
29	8	250	18	3	Segunda	11700	0.0117		Duela
29	9	160	18	3	Primera	7488	0.0075	0.1120	Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
30	1	160	18	3	Segunda	7488	0.0075		Duela
30	2	413	17	3	Segunda	18254.6	0.0183		Duela
30	3	413	17	3	Segunda	18254.6	0.0183		Duela
30	4	413	17	3	Primera	18254.6	0.0183		Duela
30	5	413	17	3	Primera	18254.6	0.0183		Duela
30	6	413	17	3	Primera	18254.6	0.0183	0.0988	Duela
31	1	289	19	3	Primera	13900.9	0.0139		Duela
31	2	289	19	3	Segunda	13900.9	0.0139		Duela
31	3	289	19	3	Segunda	13900.9	0.0139		Duela
31	4	289	19	3	Primera	13900.9	0.0139		Duela
31	5	289	19	3	Segunda	13900.9	0.0139		Duela
31	6	289	19	3	Primera	13900.9	0.0139		Duela
31	7	160	19	3	Segunda	7696	0.0077	0.0911	Duela
32	1	289	17	3	Segunda	12773.8	0.0128		Duela
32	2	289	17	3	Segunda	12773.8	0.0128		Duela
32	3	289	17	3	Segunda	12773.8	0.0128		Duela
32	4	289	17	3	Primera	12773.8	0.0128		Duela
32	5	289	17	3	Primera	12773.8	0.0128	0.0639	Duela
33	1	415	18	3	Segunda	19422	0.0194		Duela
33	2	415	18	3	Segunda	19422	0.0194		Duela
33	3	415	18	3	Segunda	19422	0.0194		Duela
33	4	415	18	3	Primera	19422	0.0194		Duela
33	5	415	18	3	Primera	19422	0.0194		Duela
33	6	250	18	3	Segunda	11700	0.0117	0.1088	Duela
34	1	215	17	3	Segunda	9503	0.0095		Duela
34	2	215	17	3	Primera	9503	0.0095		Duela
34	3	215	17	3	Segunda	9503	0.0095		Duela
34	4	215	17	3	Segunda	9503	0.0095		Duela
34	5	215	17	3	Primera	9503	0.0095		Duela
34	6	160	17	3	Segunda	7072	0.0071	0.0546	Duela
35	1	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
35	2	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
35	3	220	18	3	Primera	10296	0.0103		Duela
35	4	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
35	5	220	18	3	Primera	10296	0.0103		Duela
35	6	220	18	3	Primera	10296	0.0103		Duela
35	7	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
35	8	220	18	3	Primera	10296	0.0103		Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
35	9	160	18	3	Segunda	7488	0.0075		Duela
35	10	160	18	3	Segunda	7488	0.0075	0.0973	Duela
36	1	160	17	3	Primera	7072	0.0071		Duela
36	2	220	17	3	Segunda	9724	0.0097		Duela
36	3	220	17	3	Primera	9724	0.0097		Duela
36	4	220	17	3	Primera	9724	0.0097		Duela
36	5	220	17	3	Primera	9724	0.0097		Duela
36	6	220	17	3	Primera	9724	0.0097	0.0557	Duela
37	1	229	18	3	Primera	10419.5	0.0104		Duela
37	2	229	18	3	Segunda	10419.5	0.0104		Duela
37	3	229	18	3	Segunda	10419.5	0.0104		Duela
37	4	229	18	3	Primera	10419.5	0.0104		Duela
37	5	229	18	3	Segunda	10419.5	0.0104	0.0521	Duela
38	1	293	18	3	Segunda	13712.4	0.0137		Duela
38	2	293	18	3	Segunda	13712.4	0.0137		Duela
38	3	293	18	3	Primera	13712.4	0.0137		Duela
38	4	293	18	3	Primera	13712.4	0.0137		Duela
38	5	293	18	3	Segunda	13712.4	0.0137		Duela
38	6	293	18	3	Segunda	13712.4	0.0137		Duela
38	7	293	18	3	Segunda	13712.4	0.0137		Duela
38	8	293	18	3	Primera	13712.4	0.0137	0.1097	Duela
39	1	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
39	2	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
39	3	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
39	4	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
39	5	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
39	6	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
39	7	410	18	3	Segunda	19188	0.0192		Duela
39	8	410	18	3	Primera	19188	0.0192		Duela
39	9	230	18	3	Segunda	10764	0.0108	0.1643	Duela
40	1	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
40	2	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
40	3	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
40	4	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
40	5	289	18	3	Segunda	13525.2	0.0135		Duela
40	6	289	18	3	Primera	13525.2	0.0135		Duela
40	7	220	18	3	Segunda	10296	0.0103		Duela
40	8	160	18	3	Segunda	7488	0.0075	0.0989	Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
41	1	225	17	3	Segunda	9945	0.0099		Duela
41	2	225	17	3	Primera	9945	0.0099		Duela
41	3	225	17	3	Segunda	9945	0.0099		Duela
41	4	225	17	3	Primera	9945	0.0099		Duela
41	5	225	17	3	Segunda	9945	0.0099	0.0497	Duela
42	1	220	27	3	Segunda	15444	0.0154		Duela
42	2	230	27	3	Primera	16146	0.0161		Duela
42	3	230	27	3	Primera	16146	0.0161		Duela
42	4	230	27	3	Primera	16146	0.0161		Duela
42	5	230	27	3	Primera	16146	0.0161		Duela
42	6	230	27	3	Primera	16146	0.0161		Duela
42	7	230	27	3	Segunda	16146	0.0161		Duela
42	8	230	18	3	Segunda	10764	0.0108	0.1231	Duela
43	1	278	17	3	Primera	12287.6	0.0123		Duela
43	2	278	17	3	Segunda	12287.6	0.0123		Duela
43	3	278	17	3	Primera	12287.6	0.0123		Duela
43	4	278	17	3	Segunda	12287.6	0.0123		Duela
43	5	160	17	3	Segunda	7072	0.0071	0.0562	Duela
44	1	412	17	3	Segunda	18210.4	0.0182		Duela
44	2	412	17	3	Primera	18210.4	0.0182		Duela
44	3	412	17	3	Segunda	18210.4	0.0182		Duela
44	4	412	17	3	Segunda	18210.4	0.0182		Duela
44	5	412	17	3	Segunda	18210.4	0.0182		Duela
44	6	412	17	3	Segunda	18210.4	0.0182		Duela
44	7	230	17	3	Primera	10166	0.0102	0.1194	Duela
45	1	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
45	2	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
45	3	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
45	4	400	18	3	Primera	18720	0.0187		Duela
45	5	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
45	6	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
45	7	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
45	8	400	18	3	Segunda	18720	0.0187		Duela
45	9	180	18	3	Primera	8424	0.0084		Duela
45	10	180	18	3	Segunda	8424	0.0084		Duela
45	11	230	18	3	Segunda	10764	0.0108	0.1774	Duela
46	1	405	18	3	Primera	18954	0.0190		Duela
46	2	405	18	3	Segunda	18954	0.0190		Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
46	3	405	18	3	Segunda	18954	0.0190		Duela
46	4	405	18	3	Primera	18954	0.0190		Duela
46	5	405	18	3	Segunda	18954	0.0190		Duela
46	6	405	18	3	Segunda	18954	0.0190		Duela
46	7	405	18	3	Segunda	18954	0.0190		Duela
46	8	405	18	3	Primera	18954	0.0190		Duela
46	9	405	18	3	Segunda	18954	0.0190		Duela
46	10	405	18	3	Segunda	18954	0.0190	0.1895	Duela
47	1	402	20	3	Segunda	20381.4	0.0204		Duela
47	2	402	20	3	Segunda	20381.4	0.0204		Duela
47	3	402	20	3	Segunda	20381.4	0.0204		Duela
47	4	402	20	3	Segunda	20381.4	0.0204		Duela
47	5	402	20	3	Primera	20381.4	0.0204		Duela
47	6	402	20	3	Primera	20381.4	0.0204		Duela
47	7	402	20	3	Primera	20381.4	0.0204		Duela
47	8	402	20	3	Primera	20381.4	0.0204		Duela
47	9	402	20	3	Primera	20381.4	0.0204	0.1834	Duela
48	1	230	17	3	Primera	10166	0.0102		Duela
48	2	230	17	3	Primera	10166	0.0102		Duela
48	3	230	17	3	Segunda	10166	0.0102		Duela
48	4	230	17	3	Primera	10166	0.0102		Duela
48	5	230	17	3	Segunda	10166	0.0102		Duela
48	6	160	17	3	Segunda	7072	0.0071		Duela
48	7	160	17	3	Primera	7072	0.0071	0.0650	Duela
49	1	226	18	3	Segunda	10576.8	0.0106		Duela
49	2	226	18	3	Segunda	10576.8	0.0106		Duela
49	3	226	18	3	Segunda	10576.8	0.0106		Duela
49	4	226	18	3	Segunda	10576.8	0.0106		Duela
49	5	226	18	3	Primera	10576.8	0.0106		Duela
49	6	226	18	3	Segunda	10576.8	0.0106		Duela
49	7	180	17	3	Segunda	7956	0.0080	0.0714	Duela
50	1	410	17	3	Primera	18122	0.0181		Duela
50	2	410	17	3	Segunda	18122	0.0181		Duela
50	3	410	17	3	Segunda	18122	0.0181		Duela
50	4	410	17	3	Primera	18122	0.0181		Duela
50	5	410	17	3	Segunda	18122	0.0181		Duela
50	6	410	17	3	Primera	18122	0.0181		Duela
50	7	410	17	3	Segunda	18122	0.0181		Duela

No. Troza	No. Pieza	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad	Vol. cm ³	Vol. m ³	Vol. Total m ³	Producto
50	8	410	17	3	Segunda	18122	0.0181		Duela
50	9	230	17	3	Primera	10166	0.0102		Duela
50	10	160	17	3	Segunda	7072	0.0071	0.1622	Duela
Vol. Total de madera aserrada								5.2871	

Valores obtenidos del procesamiento de cada troza.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Apéndice E. Datos de calidad de las trozas

Tabla 14. Datos de la calidad de las trozas

No. troza	Conicidad	Forma del tronco	Defectos
1	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos
2	Irregular	Derecho	Sin defectos
3	Semicilíndrica	Derecho	Manchas/ rajaduras
4	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos
5	Irregular	Semi Sinuoso	Sin defectos
6	Semicilíndrica	Derecho	Sin defectos
7	Cilíndrica	Derecho	Rajadura/con nudos
8	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura
9	Semicilíndrica	Derecho	Sin defectos
10	Semicilíndrica	Sinuoso	Manchas
11	Cilíndrica	Derecho	Sin defectos
12	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos/ manchas
13	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos/ manchas
14	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos
15	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura
16	Irregular	Sinuoso	Manchas
17	Cilíndrica	Derecho	Sin defectos
18	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos
19	Semicilíndrica	Sinuoso	Con nudos
20	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos
21	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Sin defectos
22	Semicilíndrica	Derecho	Con nudos
23	Cilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos
24	Semicilíndrica	Sinuoso	Rajadura/con nudos
25	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos
26	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos
27	Semicilíndrica	Derecho	Con nudos
28	Semicilíndrica	Derecho	Sin defectos
29	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Manchas
30	Cilíndrica	Derecho	Rajadura
31	Cilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura
32	Semicilíndrica	Derecho	Rajadura/con nudos
33	Semicilíndrica	Sinuoso	Con nudos
34	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos
35	Semicilíndrica	Derecho	Con nudos
36	Cilíndrica	Derecho	Con nudos

No. troza	Conicidad	Forma del tronco	Defectos
37	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Sin defectos
38	Semicilíndrica	Sinuoso	Rajadura
39	Cilíndrica	Derecho	Con nudos
40	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos
41	Semicilíndrica	Derecho	Sin defectos
42	Cilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos
43	Cilíndrica	Derecho	Sin defectos
44	Semicilíndrica	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos
45	Irregular	Semi Sinuoso	Con nudos/ manchas
46	Semicilíndrica	Sinuoso	Sin defectos
47	Cilíndrica	Semi Sinuoso	Con nudos
48	Cilíndrica	Sinuoso	Manchas/ rajaduras
49	Cilíndrica	Semi Sinuoso	Sin defectos
50	Irregular	Semi Sinuoso	Rajadura/con nudos

Datos de calidad de trozas evaluadas

Fuente. Luis Aguilar, 2024

Apéndice F. Cantidad de trozas por clase diamétrica

Tabla 15. Cantidad de trozas por clases diamétricas

Clase diamétrica (cm)	No. de trozas	Suma de Volumen Troza (m ³)
21.25-24.13	13	1.5734
24.13-27.01	12	1.7738
27.01-29.89	4	0.8195
29.89-32.77	8	2.3849
32.77-35.65	6	2.1866
35.65-38.53	7	2.4872
Total	50	11.2254

Cantidad de trozas evaluadas por clases diamétricas.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Apéndice G. Cantidad de volumen por clase diamétrica

Tabla 16. Cantidad de volumen por clase diamétrica

Clase diamétrica (cm)	Vol. madera escuadrada (m³)	Vol. madera aserrada (m³)
21.25-24.13	1.1550	0.9236
24.13-27.01	1.2061	0.9262
27.01-29.89	0.4879	0.3821
29.89-32.77	1.3838	1.0603
32.77-35.65	1.1899	0.9310
35.65-38.53	1.3752	1.0640
Total	6.7979	5.2871

Cantidad de volumen por clases diamétricas
Fuente. Luis Aguilar, 2024.

Apéndice H. Volumen de desperdicios por sierra y clase diamétrica

Tabla 17. Volumen de desperdicios por sierra y clase diamétrica

Clase diamétrica (cm)	Vol. desperdicios sierra principal (m³)	Vol. desperdicios sierra secundaria (m³)	Vol. desperdicios total (m³)
21.25-24.13	0.4520	0.2515	0.7035
24.13-27.01	0.2722	0.0768	0.3490
27.01-29.89	0.7540	0.2625	1.0165
29.89-32.77	0.2625	0.3740	0.6365
32.77-35.65	1.1253	0.2352	1.3605
35.65-38.53	1.5653	0.3120	1.8773
Total	4.4313	1.5120	5.9433

Cantidad de desperdicios por clases diamétricas.
Fuente. Luis Aguilar, 2024.

Apéndice I. Resultados de correlación multivariable

Tabla 18. Resultados de correlación multivariable

Correlación Multivariable				
Variable	Rendimiento %	Vol. Madera aserrada (m³)	Vol. madera en rollo (m³)	Diámetro promedio
Rendimiento %		-0.6161	-0.7552	-0.7966
Vol. madera aserrada (m³)	-0.6161		0.9726	0.799
Vol. madera en rollo (m³)	-0.7552	0.9726		0.8536
Diámetro promedio	-0.7966	0.799	0.8536	
Valoración				
Muy débil 0-0.19	Débil 0.20-0.39	Moderada 0.40-0.69	Fuerte 0.70-0.89	Muy Fuerte 0.90-1.00

Resultados de la correlación multivariable.
Fuente. Luis Aguilar, 2024.

Apéndice J. Resumen de volumen obtenido

Tabla 19. Resumen de volumen obtenido

Fases de transformación de la madera en el aserradero Santa Elena			
Madera en rollo	Madera escuadrada (Sierra Circular)	Madera Aserrada (Sierra Múltiple)	
			
	Volumen de madera utilizable al final de cada fase		
	Vol. Total (m³)	Vol. Total (m³)	
	6.7979	5.2871	
Vol. Total (m³)			
11.2254	Rendimiento Promedio*	Rendimiento Promedio*	
100%	63 %	50 %	
	Volumen de residuos por fase		Total
	4.4313 m³	1.5120 m³	5.9433
	Residuos promedio sin utilizar por fase		Total
	74.56 %	25.44%	50%

Resumen de rendimiento durante el proceso de transformación

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

* = Corresponde al promedio de rendimiento de datos agrupados de las 50 trozas (Ver: apéndice F)

Apéndice K. Rendimiento por sierra y clase diamétrica

Tabla 20. Rendimiento por sierra y clase diamétrica

Clase diamétrica (cm)		No. de trozas	Rendimiento madera escuadrada %	Rendimiento madera aserrada %	Ecuación para hallar el rendimiento de datos agrupados
21.25	24.13	13	73	58	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot f_i}{n}$ X= promedio de rendimiento x_i = rendimiento por clase f_i = número de árboles por clase n = número total de la muestra
24.13	27.01	12	66	52	
27.01	29.89	4	57	44	
29.89	32.77	8	48	41	
32.77	35.65	6	58	40	
35.65	38.53	7	56	43	
Total		50	63	50	

Rendimiento por sierras y clases diamétricas.

Fuente. Luis Aguilar, 2024.

Apéndice L. Ecuación para la prueba de hipótesis

$$z = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

En donde:

- z = es el estadístico de contraste hallado.
- $\bar{x}$ = media aritmética de la muestra.
- μ = valor de la hipótesis nula.
- σ = desviación estándar de la muestra.
- n = tamaño de la muestra

Figura 7. Fórmula para la prueba de hipótesis

Fórmula utilizada para la prueba de hipótesis

Fuente. López Bautista & González Ramírez, 2015, pág. 98

Apéndice M. Rendimiento por cada troza

Tabla 21. Rendimiento por cada troza

No. Troza	Rendimiento sierra circular (%)	Rendimient o final (%)	No. troza	Rendimiento sierra circular (%)	Rendimient o final (%)
1	58.58	40.90	26	68.82	60.08
2	63.80	45.89	27	63.94	53.20
3	53.04	40.04	28	55.34	41.42
4	76.38	57.17	29	52.53	45.26
5	53.80	41.97	30	70.24	52.00
6	65.74	50.78	31	57.91	46.99
7	78.16	55.53	32	74.28	60.35
8	75.65	60.74	33	60.77	45.39
9	53.23	43.40	34	74.19	61.56
10	50.89	41.19	35	46.73	41.03
11	73.85	61.09	36	63.64	44.08
12	51.27	41.95	37	74.88	60.84
13	56.32	43.29	38	49.98	39.23
14	54.00	40.26	39	52.53	40.32
15	59.89	47.92	40	71.69	59.28
16	51.61	43.29	41	76.83	52.57
17	72.02	48.95	42	76.44	49.50
18	72.76	63.77	43	74.70	53.86
19	64.96	50.35	44	54.58	40.46
20	68.69	60.36	45	58.75	42.57
21	73.51	61.99	46	52.49	46.26
22	67.46	50.77	47	76.65	57.86
23	68.19	49.25	48	60.77	50.49
24	70.51	58.72	49	72.40	58.15
25	70.61	59.54	50	52.15	40.45
Rendimiento promedio total por fase				63.96	50.04

Resumen de rendimiento obtenido por cada troza.

Fuente. Luis Aguilar, 2024.

Apéndice N. Fotografías de los procesos de aserrado de la madera de ciprés común *Cupressus lusitanica* Mill.



Figura 8. Proceso de aserrado y comunitarios.
Proceso de aserrado en la finca Santa Elena.
Fuente. Luis Aguilar, año 2024.



Figura 9. Trabajo con sierra circular.
Piezas aserradas de ciprés común.
Fuente. Luis Aguilar, año 2024



Figura 10. Numeración de trozas.

Medición de diámetros y alturas de piezas de ciprés común.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.



Figura 11. Medición de las dimensionales de madera aserrada.

Piezas de ciprés común obtenidas en el aserradero Santa Elena.

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Apéndice Ñ. Boleta de calidad de la madera en rollo



Universidad de San Carlos de Guatemala Centro
Universitario de Totonicapán Ingeniería Forestal



Aserradero Santa Elena

Determinación de rendimiento de la madera de ciprés común en la transformación primaria

Lugar y fecha: _____

Nombre del Evaluador: _____

No. troza	Conicidad	Forma de la troza	Defectos	Observaciones

- **Conicidad:** 1) Cilíndrica 2) Semicilíndrica 3) Irregular
- **Forma de la troza:** 1) Derecho 2) Semi Sinuoso 3) Sinuoso 4) Torcido
- **Defectos:** 1) Con nudos 2) Rajadura

Apéndice O. Boleta de recolección de volumen de madera aserrada

Universidad de San Carlos de Guatemala



**Centro Universitario de Totonicapán Ingeniería
Forestal**



Aserradero Santa Elena

Boleta de recolección de datos para el cálculo de volumen de madera aserrada

No. troza	No. pieza	Largo (m)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Calidad		Volumen (m³)	Observaciones
					1°	2°		

Madera de primera: madera limpia

Madera de segunda: 1) con nudos 2) rajaduras

Apéndice P. Boleta de recolección de volumen de troza



Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Totonicapán

Ingeniería Forestal

Aserradero Santa Elena



Determinación de rendimiento de la madera de ciprés en la transformación primaria

Lugar y fecha: _____

Nombre del Anotador: _____

No. troza	Diámetro mayor			Diámetro menor			Largo (m)	Volumen (m³)
	Primera medición (cm)	Segunda medición (cm)	Promedio (cm)	Primera medición (cm)	Segunda medición (cm)	Promedio (cm)		

Observaciones:

Apéndice Q. Boleta de recolección de madera escuadrada



Universidad de San Carlos de Guatemala

Centro Universitario de Totonicapán

Ingeniería Forestal

Aserradero Santa Elena

Boleta para medición de madera escuadrada



Lugar y fecha: _____

Nombre del Anotador: _____

No.	L (m)	A (cm)	G (cm)	Vol.	No.	L (m)	A (cm)	G (cm)	Vol.

Observaciones: _____

Apéndice R. Resultados de los Modelos matemáticos en la regresión lineal

Tabla 22. Resultados de los modelos matemáticos

Variables	Modelo	Ecuación Matemática	Indicadores						
			R ²	R ² ajustada	Cuadrado medio del error	Media	Factor	Muestra	Correlación
Vol. madera aserrada / vol. madera en rollo	$Y=a+b*x$	Vol. madera aserrada = $0.023739734 + 0.365297875 * \text{Vol. madera en rollo}$	0.97	0.94	0.01	0.09	0.5	50	Muy fuerte
Rendimiento / Diámetro promedio	$Y=a-b*x$	Rendimiento % = $83.919515 - 1.1721681 * \text{Diámetro promedio}$	0.63	0.63	4.77	50.05			Moderada
Vol. madera en rollo / Diámetro promedio	$Y=-a+b*x$	Vol. madera rollo = $-0.30735 + 0.0184072 * \text{Diámetro promedio}$	0.73	0.72	0.06	0.22			Moderada
Vol. madera aserrada/ diámetro promedio	$Y=-a+b*x$	Vol. madera aserrada = $-0.081887 + 0.006481 * \text{Diámetro promedio}$	0.64	0.63	0.03	0.11			Fuerte

Fuente. Luis Aguilar, año 2024.

Correlación: 0-0.19 Muy débil; de 0.20-0.39 Débil; de 0.40-0.69 Moderada; de 0.70-0.89 fuerte y 0.90-1.00 Muy fuerte.