

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**“ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN ASERRÍO DE ANA CASPI
(*Apuleia leiocarpa*) DEL BOSQUE NATURAL DE TAHUAMANU,
MADRE DE DIOS - PERÚ”**

TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL

BELIDZA QUINTANILLA CASTILLO

LIMA-PERÚ

2023

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art.24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN ASERRÍO DE ANA CASPI (Apuleia leiocarpa) DEL BOSQUE NATURAL DE TAHUAMANU, MADRE DE DIOS - PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	orcid.org Fuente de Internet	3%
2	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	docplayer.es Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	www.serfor.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

**“ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN ASERRÍO DE ANA CASPI
(*Apuleia leiocarpa*) DEL BOSQUE NATURAL DE TAHUAMANU,
MADRE DE DIOS-PERÚ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL
BELIDZA QUINTANILLA CASTILLO**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Julio Cesar Canchucaya Rojas, Dr.
Presidente

.....
Ing. Milo Bozovich Granados, Mg. Sc
Guillen

Miembro

.....
Ing. Neptalí Rodolfo Bustamante

Miembro

.....
Ing. Miguel Ángel Meléndez Cárdenas, Dr.
Asesor

DEDICATORIA

A Dios quien me permitió culminar este trabajo, me dio fuerzas cada día para avanzar, además de salud, tener bien a mi padres e hijo, darme la posibilidad de realizar la parte experimental sin inconvenientes mayores y sobre todo conocer a fondo distintos ámbitos del aprovechamiento forestal en mi región, en el transcurso de la elaboración de la tesis.

Con todo mi cariño dedico este trabajo a mis padres que me han apoyado incondicionalmente. Nunca han dejado de creer en mí a pesar de las circunstancias, manteniéndose firme en sus convicciones y teniéndome mucha paciencia. Los amo mucho.

Con todo mi cariño también a mis compañeros de la universidad y amigos, que con sus palabras animaban mis días de redacción, muchas gracias.

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado el honor de ser tesista del profesor Dr. Miguel Ángel Meléndez Cárdenas.

A mí querido hijo Santiago que me acompañó en todo este proceso, gracias por tu paciencia y tu amor incondicional.

Al Dr. Miguel Ángel Meléndez Cárdenas por su apoyo, paciencia y sus enseñanzas. Siempre presente con sus rápidas observaciones. Muchísimas gracias.

Al aserradero Inversiones R&D E.I.R.L por abrirme las puertas y darme todas las facilidades en la ejecución de la parte experimental de la investigación.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.Especie	3
2.1.1.Clasificación taxonómica.....	3
2.1.2.Distribución y hábitat	3
2.1.3.Características del árbol.....	4
2.1.4.Características organolépticas de la madera	4
2.1.5.Propiedades físicas	4
2.1.6.Características tecnológicas.....	5
2.1.7.Usos	5
2.2.Rendimiento	5
2.3.Factores que influyen en el rendimiento en aserrío.....	6
2.4.Estudios sobre rendimiento en aserrío.....	6
2.5.Dificultades en el aserrío	7
2.6.Factores de conversión en el país	7
2.7.Características del lugar de estudio	8
2.8.Tamaño de muestra.....	9
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1.Lugar de ejecución.....	10
3.2.Materiales y equipos	10
3.3.Metodología.....	10
3.3.1.Caracterización de la Planta de Aserrío	10
3.3.2.Estimación del tamaño de muestra	14
3.3.3.Selección de materia prima.....	15
3.3.4.Registro de información	15
3.3.5.Cubicación de madera rolliza.....	17
3.3.6.Proceso de aserrío y trazabilidad de las piezas aserradas	18
3.3.7.Cubicación de madera aserrada.....	19
3.3.8.Cálculo del rendimiento.....	19
3.3.9.Análisis de las variables categóricas en los volúmenes de madera aserrada.....	21
3.3.10.Análisis estadístico	21

3.3.11.Elaboración de la tabla de rendimiento.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1.Tamaño de muestra.....	23
4.2.Caracterización de madera rolliza y aserrada.....	23
4.3.Caracterización de la madera aserrada.....	27
4.3.1.Clasificación de las piezas de madera aserrada en base a sus dimensiones comerciales.....	27
4.3.2.Análisis de los volúmenes totales y parciales.....	30
4.3.3.Análisis de las variables categóricas en los volúmenes de madera resultante.....	32
4.4.Análisis estadístico.....	39
4.4.1.Análisis de regresión.....	39
4.5.Elaboración de las Tablas de Rendimiento.....	40
4.5.1.Tabla de rendimiento del volumen aserrado a partir del diámetro y longitud.....	40
4.5.2.Tabla de rendimiento del volumen decking a partir del diámetro y longitud de la troza.....	41
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. RECOMENDACIONES.....	43
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	44
VIII.ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de las máquinas del aserradero inversiones R&D E.I.R.L	12
Tabla 2: Superficie de las áreas del aserradero inversiones R&D E.I.R.L.....	14
Tabla 3: Categorización de trozas	16
Tabla 4: Categorización de madera aserrada.....	17
Tabla 5: Categorización de madera aserrada en la planta de transformación	17
Tabla 7: Tabla de frecuencias de rendimientos por clases diamétricas	24
Tabla 8: Número de piezas por clase comercial y ancho.....	28
Tabla 9: Distribución del número de piezas por clase comercial y largo	30
Tabla 10: Distribución del rendimiento por tipo de producto	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución de las áreas del aserradero inversiones R&D E.I.R.L.	13
Figura 2: Diagrama de barras del rendimiento promedio por clase diamétrica.....	24
Figura 3: Diagrama de barras del rendimiento de productos por clase diamétrica	25
Figura 4: Distribución de trozas según largo.....	26
Figura 5: Distribución de anchos por clases diamétricas	27
Figura 6: Distribución del largo de piezas por clases comerciales.....	29
Figura 7: Análisis del volumen aserrado y las variables categóricas.	34
Figura 8: Análisis del volumen decking y las variables categóricas.	35
Figura 9: Análisis del volumen aserrado y las variables categóricas.	37
Figura 10: Análisis del volumen aserrado y las variables categóricas.	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registro de ingreso y cubicación de trozas.....	50
Anexo 2: Clasificación por calidades de trozas metodología INRENA-UNALM (2008)..	53
Anexo 4: Ficha de registro de productos procesada de madera aserrada	55
Anexo 5: Rendimiento total de madera aserrada, madera comercial, madera larga angosta y madera corta	61
Anexo 6: Registro de datos del pre-muestreo en 30 trozas	67
Anexo 7: Análisis de correlación entre variables	68
Anexo 8: Análisis de varianza del modelo de volumen total aserrado con todas las variables predictoras	69
Anexo 9: Análisis de varianza del modelo de volumen decking con todas las variables predictoras	70
Anexo 10: Modelos de ecuación en la estimación del volumen total aserrado y volumen decking	71
Anexo 11: Tabla de rendimiento del volumen aserrado con variables predictoras categóricas	72
Anexo 12: Tabla de rendimiento de volumen aserrado con variables predictoras diámetro y longitud.....	73
Anexo 13: Tabla de rendimiento del volumen decking con variables predictoras categóricas	74
Anexo 14: Tabla de rendimiento del volumen decking con variables predictoras diámetro y longitud.....	75

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en el aserradero Inversiones R&D E.I.R.L, ubicado en el departamento de Madre de Dios, provincia y distrito de Tahuamanu. La investigación tuvo como objetivo principal determinar el rendimiento en aserrío de la especie *Apuleia leiocarpa*, considerando las clases diámétricas, la calidad de las trozas y los productos obtenidos. Se tomó una muestra de 60 trozas, considerando el estudio de INRENA-UNALM (2008). El 37% de las trozas perteneció a la calidad 2 y el 63% a la calidad 3, no se encontró la calidad 1 debido a que todas las trozas evaluadas presentaron algún tipo de defecto. El volumen rollizo de la calidad 2 fue 18,535 m³ representando el 37% del volumen total y el volumen rollizo de la calidad 3 fue 45,442 m³ representando el 63% del volumen total. El volumen total rollizo fue 63,977 m³ y se obtuvo 21,343 m³ de volumen aserrado, encontrando un rendimiento total promedio de 31%. El rendimiento de volumen rollizo a volumen decking fue 17%, identificando que el 76% del volumen proviene de trozas de calidad 3. El rendimiento promedio de volumen rollizo a volumen de recuperación fue de 14%, y se encontró que el 71% del volumen proviene de las trozas de calidad 3. Los principales defectos de las trozas que afectaron el rendimiento fueron la sección ovalada, la rectitud semisinuosa y sinuosa, huecos, rajaduras y grietas. Los defectos de hueco, rajadura y pudrición se presentaron generalmente en clases diamétricas mayores. El análisis estadístico evaluó los modelos de ecuación considerando las variables categóricas (defectos de las trozas) y las variables predictoras (diámetro y longitud), sin encontrar diferencias estadísticas notables entre ambos, optando por la ecuación de variables predictoras, por ser práctico; posteriormente se elaboraron las tablas de rendimiento del volumen de madera aserrada y volumen decking.

Palabras claves: Rendimiento, clase diamétrica, clase comercial, defectos, modelo.

ABSTRACT

This study was conducted at the sawmill Inversiones R&D E.I.R.L., located in the department of Madre de Dios, in the province and district of Tahuamanu. The main objective of the research was to determine the sawmilling yield of the *Apuleia leiocarpa* species, considering the diameter classes, the quality of the logs adapted from INRENA-UNALM (2008) and the products obtained. A sample of 60 logs was taken, taking as a reference the INRENA-UNALM (2008) study which establishes a pre-sample to find the variability of the volume. Thirty-seven percent of the logs belonged to quality 2 and 63% to quality 3. Quality 1 was not found because all of the logs evaluated had some type of defect, especially in the shape of the log section. The log volume of quality 2 was 18,535 m³ representing 37% of the total volume and the log volume of quality 3 was 45,442 m³ representing 63% of the total volume. The total roundwood volume was 63,977 m³ and 21,343 m³ of sawn volume was obtained, giving an average total yield of 31%. Within the yield of the products, it was found that the yield of log volume to decking volume was 17%, identifying that 76% of the volume comes from quality 3 logs. The average yield of log volume to recovery volume was 14%, and 71% of the volume was found to come from quality 3 logs. The main log defects affecting yield were oval section, semi-sinuous and sinuous straightness, hollows, splits and cracks. Of these, hollow, splitting and rotting defects occurred mostly in larger diameter classes. The statistical analysis evaluated the equation models considering the categorical variables (log defects) and the predictor variables (diameter and length), finding that there were no notable statistical differences between the two models, opting for the predictor variable equation (diameter and length) because it was simple and practical. Afterwards, the yield tables for the volume of sawn timber and decking volume were prepared.

Key words: Performance, diameter class, commercial class, defects, model.

I. INTRODUCCIÓN

La industria forestal contempla distintos productos, siendo la madera aserrada uno de los principales productos forestales, de tal forma es necesario conocer el procesamiento de la madera desde que se encuentra en forma de troza y la calidad de los productos, para así poder conocer la rentabilidad de la operación (Chávez, 1997).

Dentro de la industria forestal, el área de producción de madera aserrada se encuentra directamente relacionada con la producción primaria, la cual convierte o transforma la madera rolliza en madera dimensionada, esto en función de las necesidades del mercado (Spichiger, 2004).

Al intentar aprovechar de forma comercial un recurso forestal es necesario conocer el rendimiento de cada una de las etapas vinculantes y finalmente determinar si es viable o no el aprovechamiento (Spichiger, 2004). Uno de los indicadores de gestión más importantes de determinar es el rendimiento de madera rolliza a madera aserrada y es en el proceso de aserrío que se puede determinar y analizar dicho valor; sin embargo en la transformación de la madera, influyen muchos factores tanto internos como externos que se interrelacionan, como son: el diámetro de las trozas, la longitud, curvatura, conicidad, calidad interna de la madera, la experiencia y capacitación del operario, mantenimiento y condición de los equipos, las dimensiones de los productos, método de aserrío y el ancho de corte (Steele, 1984).

El objetivo de la presente investigación fue analizar el rendimiento total de madera aserrada, así como el rendimiento de los productos, como son la madera aserrada comercial, madera aserrada larga angosta y madera aserrada de recuperación, de la misma forma también determinar la influencia que ejercen las variables dasométricas (diámetro y longitud) y categóricas (defectos de la troza) en el rendimiento del volumen rollizo. Finalmente se propuso dos tablas de rendimiento, una para el volumen de madera aserrada y otra para el volumen decking.

Dicha investigación se realiza en la especie *Apuleia leiocarpa* proveniente de bosque natural en la provincia de Tahuamanu, departamento de Madre de Dios.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Especie

2.1.1. Clasificación taxonómica

Clase: Equisetopsida

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Rosanae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Apuleia* Mart.

Especie: *Apuleia leiocarpa* (Vogel) JF Macbr

Nombres comunes: Ana caspi, ana (Perú), maní (Chácobo, Bolivia), amarelinha, garapa amarela, garapa branca, garapiapunha, grapeapunha, grapiá, guarapiapunha, ibira-peré, jataí, jataí amarelo, guaretá, mulata e mulateira (Brasil), yvyra pere (Paraguay) (Tropicos, 2021).

2.1.2. Distribución y hábitat

Coa y Aucahuasi (2014), señala que en Sudamérica la especie *Ana caspi*, se ubica en los bosques húmedos de Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador, Brasil, Paraguay, Argentina y Bolivia. La Confederación Peruana de la Madera (2008), indica que en Perú se distribuye en los departamentos de Madre de Dios, Ucayali, Loreto y San Martín. Dentro de estos, se encuentran en los bosques primarios no inundables, de suelos arcillosos con buen drenaje, de topografía ondulada y con colinas fuertemente disectadas. En la región andina se encuentra en áreas de montañas bajas. En general la especie contempla altitudes que van de 0 a 1000 m.s.n.m. Báez (2014), menciona en términos de sucesión ecológica, es común en los bosques amazónicos de tierra firme, especialmente en etapas de sucesión avanzada y se considera una especie tolerante a la sombra, así como asociada a la vegetación dominante.

2.1.3. Características del árbol

Magnanim citado por Coa y Aucahuasi (2014) describe al árbol como caducifolio, del estrato superior emergente, cuya altura máxima varía, dependiendo de la zona geográfica donde se encuentre. Cuenta con un tronco irregular a cilíndrico, recto en el bosque denso y un poco retorcido en lugares más o menos abiertos. Mostacedo *et al.* (2003), describen su base como ondulada con aletones basales y la copa larga ramificada con un dosel alrededor del 50% de cobertura.

Klein (1982), detalla la descripción de la corteza con escamas delgadas que se desprenden periódicamente en placas, dejando cicatrices características, parecidas a pequeños cráteres en árboles adultos y la presencia de lenticelas distribuidas irregularmente. También describe a las hojas como alternas, compuestas imparipinnadas, coriáceas reticuladas de ápice agudo acuminado y a las flores de color blanco, amarillo o beige que pueden ser masculinas o hermafroditas de pequeña de inflorescencia terminal tipo cimosa.

2.1.4. Características organolépticas de la madera

Color : Albura y duramen de color diferenciado. Duramen de color pardo amarillo.

Olor : No perceptible

Brillo : Medio

Grano : Entrecruzado

Veteado : Bandas paralelas

Textura : Fina

(Confederación Peruana de la Madera, 2008).

2.1.5. Propiedades físicas

Densidad básica : 0,70 g/cm³

Contracción radial : 4,20%

Contracción tangencial : 6,40%

Contracción volumétrica : 10,60%

Relación t/r : 1,52

(Confederación Peruana de la Madera 2008).

2.1.6. Características tecnológicas

La Confederación Peruana de la Madera (2008), caracteriza a la especie *Ana caspi*, como una madera abrasiva por la presencia de sílice, en consecuencia, con difícil trabajabilidad y recomienda procesarla en estado húmedo. Reyes (2015), indica que la condición de la madera es ser impermeable en operaciones de preservación, de buena durabilidad y de alta resistencia. En relación con el pre-secado se considera rápido con tendencias a rajaduras y torceduras, indicando que en un programa de secado artificial se recomendaría uno suave.

2.1.7. Usos

Quirino et al. citado por Coa y Aucahuasi (2014) mencionan que la madera está probada para construcción de estructuras externas, como son: durmientes, postes, estacas y horcones. En construcción civil es usada para vigas, cumbreras, escuadras y transversales para techos y marcos de puertas y ventanas. También es usado en machimbre, parquet, pisos, escaleras, piezas de resistencia, asas de herramientas e implementos agrícolas y en carpintería de interiores.

En la presente investigación uno de los productos a obtener es el producto denominado decking; sin embargo, esta no está perfilada. De acuerdo a la definición del producto decking se considera aquella madera perfilada para pisos de exteriores, siendo estos productos semielaborados como lo indica SERFOR et al., (2019) en la Guía explicativa de identificación de productos forestales.

2.2. Rendimiento

Valerio et al., citado por Najera, Adame, Mendez, Vargas, Cruz, Javier y Aguirre (2012) explican que el resultado de la relación de los volúmenes de madera aserrada y el de las trozas que tuvieron que ingresar para obtener el mismo, vendría a ser el rendimiento el cual suele ser expresado en porcentaje.

Según Schrewe (1980), dentro de los principios básicos del aserrío está el principio socioeconómico el cual busca obtener el máximo de utilidades económicas y/o beneficios sociales con el mínimo de capital; sin embargo, esta situación debe considerar un rendimiento sostenido, evidenciando la necesidad no solo económica sino también racional. Este mismo criterio es utilizado en la transformación de trozas a madera aserrada cuyo

proceso debe ser tanto económico como racional. Señalando que la utilización de la materia prima debe ser máxima considerando el aspecto cualitativo como cuantitativo, en el proceso de aserrío.

2.3. Factores que influyen en el rendimiento en aserrío

Valerio *et al.* citado por Najera *et al.* (2012) señalan que es importante conocer los factores que influyen en el rendimiento de la madera aserrada, pues al identificar estas variables se podrá aplicar ciertos mecanismos de acción y así lograr el máximo beneficio de la materia prima.

CIRIS (2002), menciona algunas variables que afectan el rendimiento como son: los parámetros que dependen de la materia prima, clases de aserrío, parámetros que dependen de los productos, tipos de aserraderos, los patrones de corte y el espesor del corte. A continuación se explican cada una de ellas: dentro de las variables de la materia prima se destaca la variabilidad del diámetro, la longitud, conicidad, curvaturas, entre otros; dentro de las clases de aserrío se menciona tres tipos: el que está en relación a la calidad de la materia prima, a la forma de la troza y a las piezas resultantes; al detallar las variables de los productos obtenidos, indica que el rendimiento dependerá de las características de las piezas que se quieran producir; cuando se menciona los tipos de aserraderos aclara que estos han sufrido un cambio tecnológico, pues las máquinas pueden analizar con mayor precisión y según la particularidad de la troza y su ubicación en la máquina de corte; los dos últimos factores o variables también hacen mención a las nuevas tecnologías adoptadas en la optimización del corte y en la medición del recurso en todo el proceso de transformación.

2.4. Estudios sobre rendimiento en aserrío

Existen muchos estudios relacionados al rendimiento en aserrío bajo distintas tecnologías, las cuales cuentan con sus propias ventajas y desventajas.

Ríos (2019), señala que el rendimiento en aserrío de la especie Capirona (*Calycophyllum spruceanum*), aserrada con motosierra en la obtención de cuartones, resultó en un coeficiente de rendimiento promedio de 0,506. Además de ello se analizaron los costos encontrando que el costo de aserrío fue de 162,54 soles por m³, resultado que considera una producción promedio diaria de 1,20 m³.

Najera *et al.* (2012), en un estudio de rendimiento de pino en dos aserraderos con las siguientes características de las máquinas de aserrío: sierras de cinta de volantes de 1,52 m y 1,38 m, con sierras de 18,4 cm. de ancho en calibre 16, ambos con un carro de 3 escuadras, obtuvieron un rendimiento de 61,64% por cada metro cúbico de rollizo. Además, indican que el rendimiento no aumentó con un incremento del diámetro de los rollizos, más sí la productividad, así mismo la velocidad de alimentación disminuye frente a trozas de diámetros mayores. También se halló que tanto la productividad, el rendimiento y la velocidad de alimentación disminuye conforme se incrementa la conicidad de las trozas; mientras que a mayores largos el rendimiento disminuye y la productividad crece.

Montenegro (2015), reporta un rendimiento promedio de 43,2% en la especie *Pinus patula*, producto del raleo de una plantación en el distrito y departamento de Cajamarca. En el aserrío se utilizó una sierra principal de cinta de ancho 8,89 cm con dientes simples, la misma que se usa en una volante de 81,20 cm. En el análisis del coeficiente de conversión encontró que este se muestra muy similar a la ecuación de regresión múltiple, la cual involucra las variables diámetro y longitud, ejerciendo la primera una influencia ligeramente mayor.

2.5. Dificultades en el aserrío

Riesco *et al.* (2003), mencionan que existe un obstáculo técnico que se refleja en un producto descalibrado. Además, indica que esta dificultad proviene de la ausencia de instrucción en las distintas técnicas de aserrío, el sostenimiento de las sierras y la diferenciación en las áreas de aserrío de especies duras, suaves e intermedias. También señala que el grado de dificultad en el aserrío es alto y el tiempo en el cambio de sierra cinta es de 20 min.

2.6. Factores de conversión en el país

Campos y Chuquicaja (1988), determinaron factores de conversión promedio de 0,58 y 0,61 para tornillo (*Cedrelinga catenaeformis* Ducke) y moena (*Aniba sp.*) respectivamente. Este estudio se realizó en el distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo- Junín y utilizó una sierra de cinta en la obtención de madera larga y corta.

Llavé (2008), obtuvo un rendimiento promedio de 48% en la especie *Tectona grandis*. Este se realizó en el fundo la Génova, Chanchamayo- Junín. Se utilizó una sierra principal de

cinta en la obtención de madera comercial, larga angosta corta, así como paquetería y se utilizó como materia prima trozas de raleo.

Arroyo (2010), determinó el factor de conversión promedio de 0,653 para la especie *Eucalyptus globulus* Labill de una plantación agroforestal en el Valle del Mantaro, utilizando una sierra principal de disco en la obtención de tablones, durmientes, parantes, listones, estiva tablas, cuarteros, mangos para pico y peldaños.

Huarcaya (2011), obtuvo rendimientos promedios de 22,75% y 37,12% en las especies *Myroxylon balsamum* Harms y *Dipteryx micrantha* Harms respectivamente, utilizando una sierra de cinta en la obtención de tablas.

Zapana (2018), estudió el rendimiento promedio de tres especies utilizando una sierra principal de cinta. Para la especie *Hymenaea oblongifolia* Huber (Azúcar huayo) obtuvo el valor de 22%, para la especie *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (Estoraque) encontró el valor de 23% y en la especie *Dipteryx odorata* (Aubl) Willd (Shihuahuaco) se obtuvo el valor de 33%.

Ramírez (2019), obtuvo un rendimiento promedio de 42,45% para la especie *Copaifera reticulata* Ducke y de 45,40% para la especie *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn en el distrito de Tahuamanu, Madre de Dios; así mismo en el proceso de aserrío, se utilizó una sierra principal de cinta horizontal en la obtención de madera comercial.

INRENA (2006) señala que el sector forestal utiliza un factor de conversión de 52% para madera aserrada y 28% para madera de recuperación de un metro cubico de madera en rollo. Esto se da teniendo como base un estudio universal del año 1978 ejecutado por FAO y reportes de libro de operaciones de plantas de transformación del Perú.

2.7. Características del lugar de estudio

Torres *et al.* (2016), describen a la región de Madre de Dios y se menciona que cuenta con una superficie 85 301 km², representando casi el 7 % del territorio nacional. Está ubicado en la parte sur oriental del territorio nacional, limitando por el norte con el departamento de Puno y Cusco, por el este con la República de Bolivia y al oeste con los departamentos de

Cusco y Ucayali. La región cuenta con tres provincias: Tambopata, Tahuamanu y Manu. La provincia de Tahuamanu cuenta con una superficie de 2 013 458 has, conformada por tres distritos: Iñapari, Iberia y Tahuamanu. Contempla tres tipos de climas principales: Per húmedo, Húmedo y Subhúmedo. La temperatura anual promedio es de 25°C con una variación de $\pm 1^\circ\text{C}$ y presenta una temporada de menor precipitación la cual corresponde a los meses de junio-agosto y otra de mayor precipitación correspondiendo a los meses de diciembre a marzo.

2.8. Tamaño de muestra

Zavala (1981), señala que existen ciertas condiciones al determinar el tamaño de la muestra como son la precisión deseada, las limitaciones de costos y los objetivos del estudio.

Según Casillas (1986), experiencias anteriores indican que una muestra de 100 trozas es suficiente para determinar el factor o coeficiente de conversión, así mismo, en tanto no se determine el tamaño de muestra por métodos estadísticos, el autor recomienda que se debería utilizar este número de trozas como mínimo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Lugar de ejecución.

El presente estudio se realizó en las instalaciones del aserradero “Inversiones R&D E.I.R.L”, ubicado en el Sector Alerta Km 530, carretera Puerto Maldonado-Iberia, en el distrito y provincia de Tahuamanu, departamento de Madre de Dios.

3.2. Materiales y equipos

Materiales

- 60 trozas de la especie *Apuleia leiocarpa*
- Formatos de registro
- Libreta de campo
- 6 paquetes de crayola
- Material de escritorio
- Lápiz y borrador

Equipos

- Cámara fotográfica digital
- Computadora con programas para análisis de datos
- 2 flexómetros de 5 metros
- Cinta métrica de 20 metros

3.3. Metodología

3.3.1. Caracterización de la Planta de Aserrío

El aserradero cuenta con una capacidad instalada de 11.8 m³ por turno de 8 horas y brinda servicio de aserrío, tanto para Inversiones R&D E.I.R.L, como para empresas particulares. Se aserran distintos tipos de especies como: *Couratari macrosperma* “Misa”, *Matisia cordata* “Sapote”, *Huberodendron swietenoides* “Achihua”, *Apuleia leiocarpa* “Ana caspi”,

Dipteryx micrantha “Shihuahuaco”, *Manilkara bidentata* “Quinilla”, *Hymenaea courbaril* “Azúcar huayo”, entre otros y el abastecimiento de trozas proviene de especies forestales maderables del bosque natural de concesiones ubicadas en el sector Alerta.

El aserradero Inversiones R&D E.I.R.L cuenta con el siguiente personal:

Personal administrativo

- 01 administrador, encargado del despacho de madera
- 01 técnico forestal, encargado de la planta de aserrío

Personal Producción:

- 10 operarios
- 1 afilador

El grado de capacitación de los operadores es bajo y el aprendizaje obtenido fue de manera empírica, solo los operadores de la sierra principal y máquina de afilado, manifiestan haber recibido instrucción técnica a través de capacitaciones. El personal de producción en ocasiones recibe charlas sobre seguridad en el empleo de máquinas y herramientas. Los trabajos de limpieza en cada área de transformación son realizados por el responsable del área.

En la Tabla 1 se detalla las máquinas que se emplean en el aserradero Inversiones R&D E.I.R.L y en la Tabla 2 la superficie de las áreas del aserradero. La Figura 1 muestra la ubicación y la distribución de las áreas del aserradero.

Tabla 1: Características de las máquinas del aserradero Inversiones R&D E.I.R.L

Máquinas del aserradero	Descripción
Sierra cinta principal	Marca: SCHIFFER Motor: Trifásico de 100 HP Diámetro de Volante: 150 cm (59") Ancho de cinta: 20 cm (8") Tipo de diente: Estelitado, perfil encía Longitud de la cinta: 9,90 m Ancho de corte: 3 mm Mantenimiento: Engrase cada 15 días y mantenimiento completo anual
Carro portatroza	Marca: SCHIFFER Número de escuadras: 4 Número de ruedas por escuadra: 2 Graduación de corte: 25 mm a 100 mm Sistema de puesta a medida de las escuadras: Automático con sensor Ancho del carro: 2,50 m Longitud del carro: 5,50 m Potencia del motor: Trifásico de 20 HP Separación entre rieles: 2 m Sistema para el movimiento del carro: Por cable y tambor Mantenimiento: Cada 15 días engrase y cambio de aceite y cada mes mantenimiento de engranajes
Huinche del carro	Marca: SCHIFFER Motor: Trifásico de 15 HP Cable del huinche (longitud y diámetro): 15 m y 1/2"
Sierra circular múltiple	Marca: SCHIFFER Potencia: Trifásico de 40 HP Diámetro de hoja de sierra: 14" Diámetro de eje: 4" Tipo de diente: Carburo de tungsteno, perfil pico de loro Ancho de corte: 5 mm Número de dientes: 28 Mantenimiento: Semanal Aserrín: Depósito a nivel del piso Transmisión: Rodillos muertos
Despuntadora	Marca: ASEA Potencia: Trifásico de 5 HP Diámetro de sierra: 14" Diámetro de eje: 2" Tipo de diente: Estelitado, perfil gancho Ancho de corte: 4 mm Número de dientes: 42 Mantenimiento: Engrase cada 15 días Tipo de despuntadora: Pendular Transmisión: Manual
Canteadora	Marca: LIMAX Potencia: Motor trifásico de 7,5 HP Transmisión: Manual Diámetro de hoja de sierra (cm): 12" Diámetro eje: 2" Tipo de diente: Estelitado, perfil gancho Ancho de corte: 3 mm Mantenimiento: Cada 15 días Aserrín: Depósito a nivel del piso Transmisión: Manual

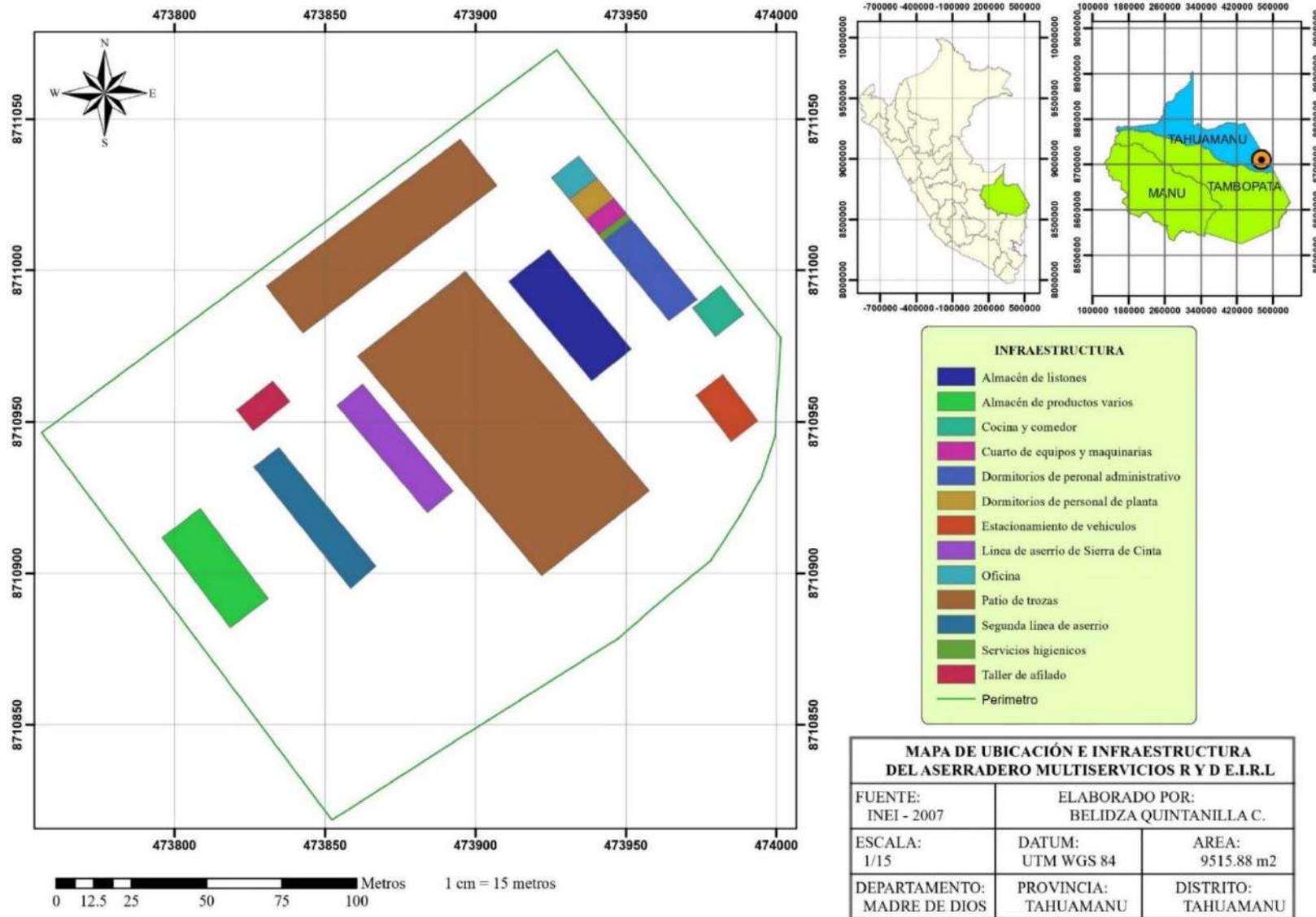


Figura 1: Distribución de las áreas del aserradero Inversiones R&D E.I.R.L.

Tabla 2: Superficie de las áreas del aserradero Inversiones R&D E.I.R.L

N°	Áreas del aserradero	Superficie (m ²)
1	Dormitorios de personal administrativo	399,21
2	Almacén de listones	717,18
3	Estacionamiento de vehículos	214,44
4	Almacén de productos varios	594,53
5	Taller de afilado	135,45
6	1ra Línea de aserrío sierra de cinta	512,47
7	2da línea de aserrío sierra circular	585,13
8	Patio de trozas	4310,65
9	Patio de trozas	1589,38
10	Oficina	108,93
11	Dormitorios de personal de planta	100,23
12	Cuarto de equipos y maquinarias	76,68
13	Servicios higiénicos	27,41
14	Cocina y comedor	144,21
	Total	9515,88

3.3.2. Estimación del tamaño de muestra

Para determinar el número de trozas en el presente estudio, se empleó la metodología propuesta por INRENA-UNALM (2008), la cual establece el tamaño de la muestra a partir de la variabilidad del volumen de las trozas. El cálculo del coeficiente de variabilidad se realizó a partir de un pre-muestreo de 30 trozas y se utilizó la siguiente expresión matemática:

$$S^2 = \frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n - 1}$$

Donde:

S²: Varianza.

x: Volumen rollizo.

n: Número de trozas.

A partir del Coeficiente de Variabilidad del volumen de madera rolliza, el error de muestreo y el valor tabular de la función t-student se determinó el tamaño de la muestra, valiéndose de la siguiente expresión matemática:

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra redondeado al inmediato superior a partir de 0,5.

t: valor de la tabla t-student para 95,0% de probabilidad (t=2).

CV: coeficiente de variabilidad en %.

E: Error de muestreo del 10,0% que refleja el grado de imprecisión al estimar el parámetro poblacional a partir de la muestra.

3.3.3. Selección de materia prima

Una vez obtenido el tamaño de la muestra, se seleccionaron de forma aleatoria las trozas que fueron utilizadas en el estudio. Además de ello, se consideraron las que se encontraban próximas a ser aserradas, tratándose de cubrir todas las clases diamétricas.

Durante el aserrío el aserradero también obtuvo bloques, producto de la transformación de trozas de mejores calidades. Las trozas restantes fueron utilizadas para la obtención de la madera comercial y recuperación.

3.3.4. Registro de información

Los defectos de las trozas fueron evaluados de acuerdo a la metodología de determinación del coeficiente de rendimiento de madera rolliza a madera aserrada planteada por INRENA (2008) y Montenegro (2015). La metodología planteada por INRENA (2008) indica que para pertenecer a una categoría se tiene que cumplir con al menos tres variables de las nueve variables de calificación; sin embargo, dicha metodología fue reformulada considerando que se requieren cumplir con las nueve variables para categorizar una troza las cuales son: forma de sección, conicidad, rectitud, hueco, rajadura, grieta, abultamiento, ataque de insectos, manchas y pudrición. Dichas variables se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3: Categorización de trozas

VARIABLE	CALIDAD POR CATEGORIAS		
	PRIMERA (I)	SEGUNDA (II)	TERCERA (III)
Forma de sección	Circular	Ovalada	Irregular
Conicidad	Cilíndrica Cuando el coeficiente de ahusamiento es: $\leq 2\text{cm/m}$	Semicilíndrica Cuando el coeficiente de ahusamiento es: $> 2\text{cm/m}$ y $\leq 5\text{cm/m}$	Ahusada Cuando el coeficiente de ahusamiento es: $\geq 5\text{cm/m}$
Rectitud	Derecha	Semisinuosa	Sinuosa o torcida
Acañonado Hueco	ó Ninguno	Hasta 25%	Más de 25%
Rajadura	No presenta	Solo una (01) ancho (abertura) $< 2,5\text{cm}$ profundidad $< 25\%$ del largo de la troza	Más de una(01) ancho (abertura) $< 5,0\text{cm}$ profundidad $< 50\%$ del largo de la troza
Grieta	Solo una (01) largo $\leq 5\%$ del largo de la troza profundidad $\leq 5\%$ del radio (r)	Hasta tres (03) largo $> 5\%$ y $< 10\%$ del largo de la troza profundidad $> 5\%$ y $\leq 50\%$ del radio (r)	Más de cuatro (04) largo $> 10\%$ del largo de la troza profundidad $> 50\%$ del radio (r)
Abultamiento	No presenta	Solo uno (01)	Más de uno (01)
Ataque de insectos	No presenta	Ligero	Si presenta
Mancha Pudrición	y/o No presenta	Solo mancha (Hongo cromógeno)	Manchas y/o pudriciones (Hongo xilófago)

Fuente: INRENA (2008)

La clasificación de madera aserrada, se obtuvo considerando la categorización propuesta por el INRENA (2008) y las medidas de los productos obtenidos en el aserradero, la cual se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4: Categorización de madera aserrada

CATEGORIA	TIPO	DIMENSIONES			Tolerancias
		Esesor (e)	Ancho (a)	Largo (l)	
Comercial	Comercial (C)	25.4mm o $\geq 1"$	$> 15.24\text{cm}$ o $> 6"$	$> 1.83\text{m}$ o $> 6'$	A = ± 2.54 cm A = $\pm 1'$, máximo
	Larga angosta (LA)	$\geq 25.4\text{mm}$ o $\geq 1"$	$\leq 12.70\text{cm}$ o $\leq 5"$	$\geq 1.83\text{m}$ $\geq 6'$	Incluye albura
Recuperación	Corta (CO)	$\geq 25.4\text{mm}$ o $\geq 1"$	$\geq 2.54\text{cm}$ o $\geq 1"$	$\leq 1.52\text{m}$ $\leq 5'$	Incluye albura
Especial (E)		$\geq 12\text{mm}$ o $\geq \frac{1}{2}"$	$\geq 25.4\text{mm}$ o $\geq 1"$	$\geq 150\text{mm}$ o $\geq 6"$	Medidas especiales

Fuente: INRENA (2008)

Tabla 5: Categorización de madera aserrada en la Planta de transformación

PRODUCTO	DIMENSIONES			
	Esesor (e)	Ancho (a)	Largo (l)	Tolerancias
Decking (Comercial)	= 25.4mm o = 1"	= 15.24cm o = 6"	$\geq 2.13\text{m}$ o $\geq 7'$	A = ± 2.54 cm A = $\pm 1'$, máximo
Madera larga angosta	= 25.4mm o = 1"	= 10.16cm o = 4"	$\geq 2.13\text{m}$ o $\geq 7'$	Incluye albura
Parrilla de cama	= 25.4mm o = 1"	= 7.62cm o = 3" y = 10.16cm o = 4"	$\leq 1.98\text{m}$ o $\leq 6.5'$	Incluye albura

Fuente: Elaboración propia (2022)

3.3.5. Cubicación de madera rolliza

En cada troza se midió el diámetro mayor y menor, así como la longitud, el cual se detalla a continuación.

- Diámetro mayor: se realizó en el extremo mayor de la troza, se tomó dos medidas perpendiculares, sin considerar la corteza y en centímetros.
- Diámetro menor: se realizó en el extremo menor de la troza, se tomó dos medidas perpendiculares, sin considerar la corteza y en centímetros.
- Longitud de la troza: se tomó del extremo mayor al extremo menor o viceversa en metros.

Para determinar el volumen de cada troza se empleó la fórmula de Smalian, que considera a la troza como un cilindro geométrico cuya base es promedio de los diámetros extremos y la altura es la longitud de la troza.

Formula:

$$V = \pi \times \frac{(D^2 + d^2)}{8} \times L$$

Donde:

V: volumen en m³.

D: diámetro promedio mayor sin corteza, en metros.

d: diámetro promedio menor sin corteza, en metros.

L: longitud de la troza con sobremedida, en metros.

3.3.6. Proceso de aserrío y trazabilidad de las piezas aserradas

El proceso inicia con el trozado de las trozas en el patio de acopio y luego son llevadas por el tractor forestal a una plataforma de espera. Las secciones son llevadas de la plataforma al carro porta-troza por un huinche para luego ser aserradas por la sierra de cinta. Producto del aserrío en la sierra principal de cinta se obtuvo tablones los cuales fueron codificados, asignándole un número de acuerdo con la troza de donde provino. Los tablones generalmente son apilados y cuando se llega al apilado máximo son llevados a la sierra circular múltiple obteniendo tablas de anchos fijos. Las tablas obtenidas nuevamente son apiladas y cuando se llega al apilado máximo son llevadas a la despuntadora. En el proceso de despunte se deciden los largos de acuerdo al criterio del operador y en función del producto a obtener. En el presente proyecto se obtuvo madera comercial y de recuperación, la primera fue ordenada por sus largos para su posterior venta y la segunda fue apilada sobre parihuelas para pasar por la canteadora y darle el ancho final, dicho proceso es decidido por el operador y el tipo de producto de recuperación a obtener.

La madera comercial codificada es anotada en la ficha de productos de acuerdo con su longitud, y la madera de recuperación es ingresada a la ficha de productos de recuperación de acuerdo con su ancho y largo. Posterior a ello los datos de las fichas fueron digitalizados para su procesamiento.

3.3.7. Cubicación de madera aserrada

Cada pieza de madera aserrada fue evaluada midiendo el espesor y ancho en pulgadas y largo en pies. Para calcular el volumen de madera aserrada se utiliza el siguiente procedimiento:

$$V = \frac{e * a * L}{12}$$

V= volumen en pies tablares

e= espesor en pulgadas

a= ancho en pulgadas

L= largo en pies

El volumen obtenido en pies tablares, seguidamente se convirtió a metros cúbicos aserrados, empleando la equivalencia de $1\text{m}^3 \text{ (s)} = 424 \text{ pt}$.

3.3.8. Cálculo del rendimiento

Para determinar el rendimiento se utilizó la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento}(\%) = \frac{\text{Volumen aserrado}}{\text{Volumen rollizo}} \times 100$$

En esta etapa también se determinaron los rendimientos según los productos de madera aserrada obtenidos. Para ello se utilizó la ficha de registro de producción citada en el Anexo 3, la cual fue procesada luego de su digitalización en hojas excel. El detalle del registro se describe a continuación:

De acuerdo con el proceso de trazabilidad de las piezas, a cada troza se le asignó un código (se utilizó números arábigos) el cual se mantiene hasta el final del proceso de aserrío, desde la troza hasta la madera comercial, larga angosta y de recuperación. La madera luego de pasar por la sierra circular múltiple que fija el ancho, se destina a la despuntadora la cual fija el largo, es en dicha operación donde termina el aserrío de la madera comercial y se registra las piezas de acuerdo con el código de la troza. Las piezas que tienen cierto porcentaje de albura, rajadura y/o cualquier otro defecto que el operador encuentre en piezas con largos mayor, igual o menor a 7 pies se destinan a la canteadora la cual fija el ancho. Al terminar el proceso de aserrío del ancho en la canteadora se separa las piezas por el largo y ancho y es en esa distribución donde se anotan las piezas en la ficha de registro de acuerdo

a la codificación de la troza de donde proviene. En este último proceso de anotación no se registra el tipo de producto por el poco tiempo que se tiene para el registro dado que están siendo automáticamente apiladas en parihuelas para su depósito o despacho.

Posteriormente en la fase de procesamiento de datos se consigna el tipo de producto en el caso de la madera de recuperación, de acuerdo con el tipo de largo y ancho de la pieza. Las piezas de 4 pulgadas de ancho y de 7 pies o de mayor largo se consideraron como madera larga angosta, mientras que las piezas de 4 y 3 pulgadas de ancho con largos de 6,5 pies o de menor largo se consideraron como madera corta, tal como se menciona en la Tabla 5.

Finalmente se procedió a determinar el volumen aserrado de madera comercial, madera larga angosta y madera corta de cada troza aplicando la fórmula de cubicación de madera aserrada y convirtiendo después a metros cúbicos mediante la equivalencia de $1\text{m}^3 (\text{s}) = 424 \text{ pt}$. Dichos resultados se consignan en el Anexo 5.

Las relaciones utilizadas para determinar los rendimientos de madera comercial, madera larga angosta y madera corta, de cada troza fueron los siguientes:

$$\text{Rendimiento madera comercial (\%)} = \frac{\text{Volumen madera comercial}}{\text{Volumen rollizo}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento madera larga comercial (\%)} \\ = \frac{\text{Volumen madera larga comercial}}{\text{Volumen rollizo}} \times 100 \end{aligned}$$

$$\text{Rendimiento madera corta (\%)} = \frac{\text{Volumen madera corta}}{\text{Volumen rollizo}} \times 100$$

Rendimiento por clases diamétricas.

Para realizar el análisis del rendimiento por producto y por clase diamétrica, se promedió el diámetro mayor y menor de las trozas y es así que se manejó un solo diámetro para cada troza. Ello fue insumo para elaborar las clases diamétricas de cada troza. La elaboración de la tabla de frecuencia por clases diamétricas y rendimiento se detalla a continuación:

- a) Los intervalos de clase diamétrica se determinaron mediante la regla de Sturges: sin embargo, se redujo las clases diamétricas a 4 dado el rango de datos (min=38cm, max=93cm).
- b) Posterior a ello se determinó la amplitud de las clases diamétricas. Y con ello se pudo elaborar las clases diamétricas.
- c) Se procedió a contar el número de trozas con la función contar si de excel, y la condicional del rango por cada clase diamétrica.
- d) Para determinar el rendimiento promedio ya se contaba con la tabla de rendimiento por tipo de producto (madera comercial, madera larga angosta y madera corta), para lo cual solo se procedió a determinar el promedio de los rendimientos por cada clase diamétrica.

3.3.9. Análisis de las variables categóricas en los volúmenes de madera aserrada

Se analizó la presencia o ausencia de las distintas variables categóricas en las trozas y sus efectos en el volumen aserrado total y volumen decking.

3.3.10. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se empleó el programa R 4.1.3 y RStudio Desktop 2022.02.1+461, con los paquetes GGally, ggplot2, patchwork y stats.

Análisis de correlación entre las distintas variables evaluadas

Primero se analiza la correlación que existe entre las distintas variables y en caso de estar correlacionadas se procedió a generar el modelo de regresión.

Para poder validar las distintas variables se verificó la significancia al 5,0 % de la correlación entre las mismas, en base a la siguiente hipótesis:

$H_0 : r = 0$ (no existe correlación significativa)

$H_A : r \neq 0$ (existe correlación significativa)

Análisis de regresión lineal

En las estimaciones de volúmenes generalmente se usan como predictores al diámetro y longitud, en la presente investigación se consideró además de ello a las variables

categorías. Posterior a ello se realizó el análisis de varianza del modelo de volumen aserrado con todas las variables predictoras para ver la significancia de cada uno en el modelo.

En la generación del modelo se utilizó el método Stepwise Selection, en el cual se emplean todos los datos y se eligen las variables predictoras. Esta es una técnica sistemática para determinar un modelo satisfactorio a partir de la examinación de subconjuntos del modelo inicial en donde se añaden, eliminan o se intercambian variables independientes (Hernández, 2019).

Finalmente se evalúa la capacidad predictiva del modelo generado mediante el coeficiente de determinación ajustado.

3.3.11. Elaboración de la tabla de rendimiento

Para obtener la tabla de rendimiento primero se verificó la significancia de la ecuación de regresión, posterior a ello se elaboró la tabla de rendimiento tanto para el volumen de recuperación como para el volumen decking. Está se determinó a partir de variables predictoras diámetro y longitud y las variables categóricas significativas.

El procedimiento para su elaboración fue el siguiente:

- Se consideró la frecuencia de longitud y la amplitud de la variable diámetro promedio de las trozas.
- Con la ecuación que estimó mejor el rendimiento se determinó el volumen para cada una de las combinaciones de diámetro y longitud.
- Los volúmenes resultantes se mostraron en una tabla de doble entrada. En la parte superior se colocó la longitud de las trozas en metros y en la vertical izquierda se colocaron los diámetros de las trozas en metros, sin corteza.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Tamaño de muestra

Se obtuvo un coeficiente de variabilidad (CV) volumétrico de 37.5% de las 30 trozas de la premuestra, para ello se consideró un Error de 10% y el valor t-student (30-1 grados de libertad) equivalente a 2, obteniéndose un tamaño de muestra de 56 trozas, las cuales fueron aproximadas a 60 trozas. En la Tabla 6 se muestran los resultados de los datos procesados y en el Anexo 4 se consignan los datos tomados de las 30 trozas del muestreo.

Tabla 6: Variables estadísticas

Variable	Volumen rollizo
Promedio (m³)	1.404
Desviación estándar (m³)	0.527
Coefficiente de variabilidad (%)	37.5

4.2. Caracterización de madera rolliza y aserrada

Distribución de diámetros de las trozas y sus rendimientos

La elaboración de la tabla de distribución de frecuencias se realizó en un inicio utilizando la regla de Sturges, donde se obtuvo 7 clases, sin embargo, para poder observar mejor la distribución de los diámetros se vio conveniente emplear solo 4 clases diamétricas. Los valores máximos y mínimos son 93 cm y 38 cm respectivamente. En la Tabla 7 se muestran los rendimientos por clases diamétricas para los diámetros promedio de las trozas. La clase diamétrica número dos es la más frecuente seguida de la primera. El 69% de las trozas se concentraron en la primera y segunda clase. Kahn (2014), encontró en la especie *Manilkara bidentata*, valores altos de frecuencia diamétrica en la clase de rango 51 -65 cm de diámetro y valores menores en la clase de rango 96-110 cm de diámetro, resultados similares a los encontrados en la presente investigación.

Tabla 7: Tabla de Frecuencias de Rendimientos por Clases Diamétricas

Nro.	Clase Diamétrica (cm)	Número Trozas	Frecuencia Diamétrica (%)	Rendimiento Total (%)	Rendimiento Comercial (%)	Rendimiento Recuperación (%)
I	38-53	19	32	25%	10%	16%
II	53-67	22	37	33%	18%	15%
III	67-81	15	25	34%	21%	12%
IV	81-94	4	7	42%	32%	10%

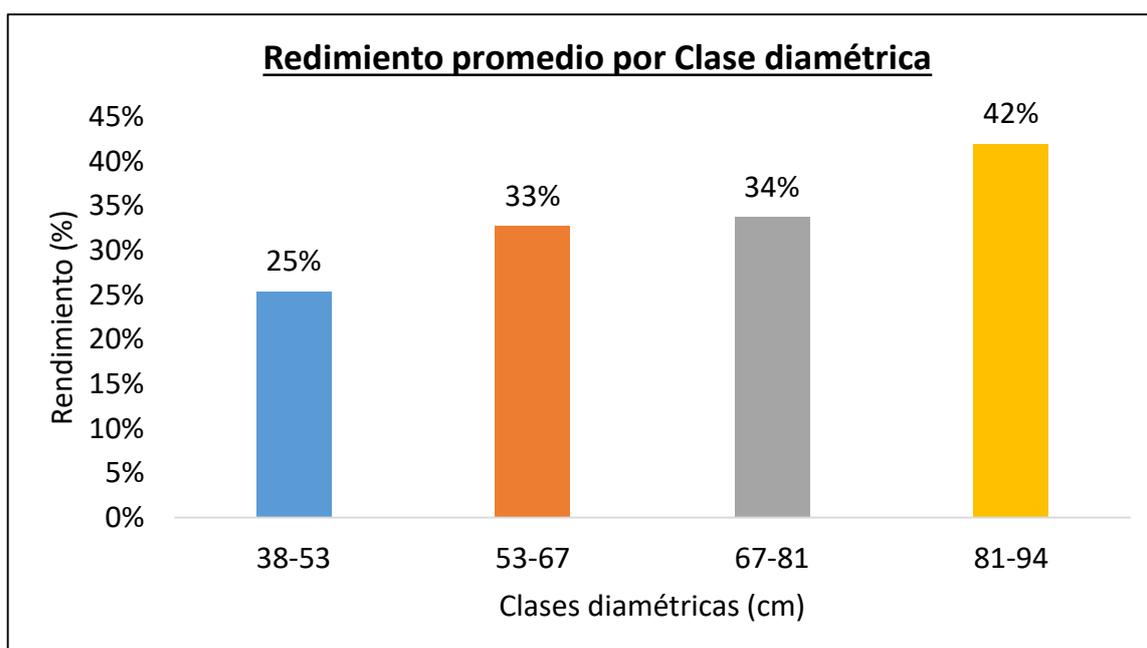


Figura 2: Diagrama de barras del rendimiento promedio por clase diamétrica

En la Figura 2 el rendimiento muestra una tendencia creciente, llegando a 42% en la cuarta clase diamétrica. Es decir, a mayor diámetro se incrementa el rendimiento; por lo tanto, el rendimiento aumentó de una clase diamétrica menor a una clase diamétrica mayor. Dicha mención coincide con Álvarez et al (2003), así como con Fahey y Sachet (1993), los cuales indican que al incrementarse el diámetro el rendimiento también aumenta. Campos y Chuquicaja (1998), de acuerdo a los estudios en *Cedrelinga cateniformis* y *Aniba sp.*, también indican que el diámetro muestra una relación directamente proporcional con el factor de conversión, coincidiendo con los resultados de la investigación. De igual forma, Montenegro (2015), concluye que una de las causas directas del aumento del rendimiento es el incremento del diámetro, ello en la especie *Pinus patula* de 22 años con trozas de raleo.

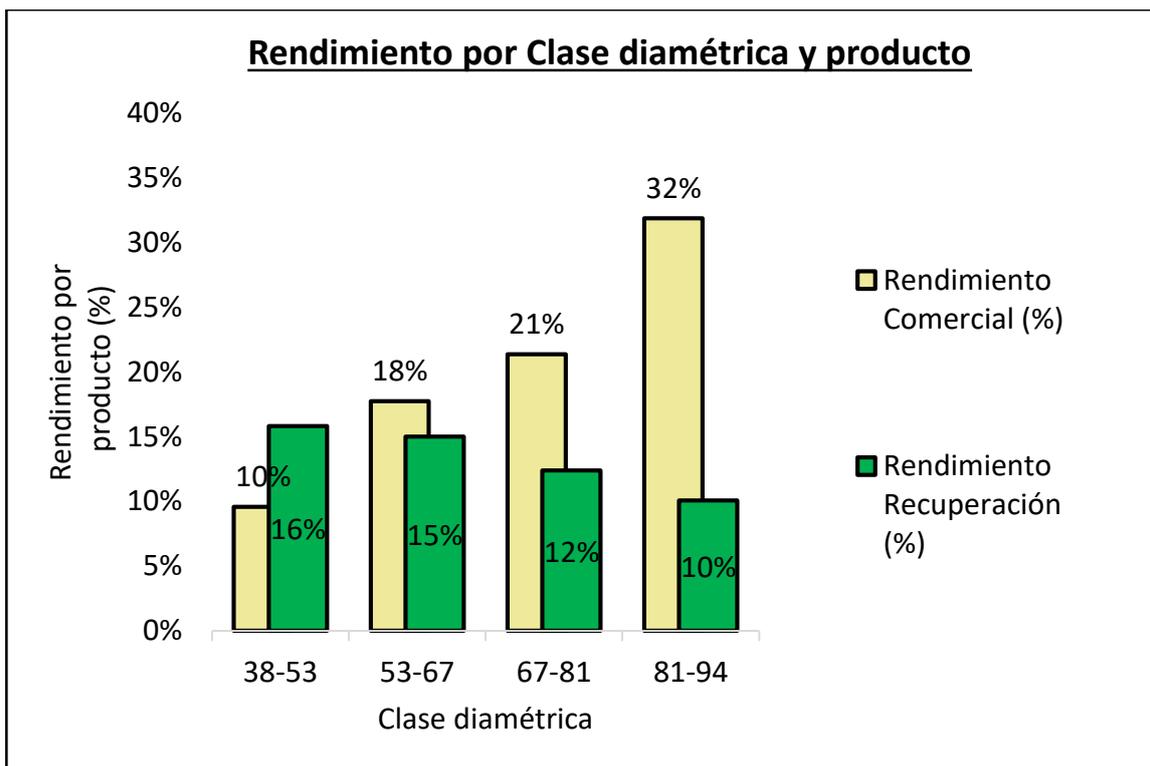


Figura 3: Diagrama de barras del rendimiento de productos por clase diamétrica

En la Figura 3 se aprecia que conforme aumenta la clase diamétrica el rendimiento de madera comercial crece, mientras que el rendimiento de madera de recuperación decrece. La cuarta clase diamétrica muestra una diferencia mucho mayor del rendimiento entre ambos productos en comparación con las demás clases estudiadas. Solo en la primera clase diamétrica el rendimiento de recuperación fue mayor al rendimiento de madera comercial. De acuerdo a Kahn (2014), los rendimientos están influenciados por las clases diamétricas en la obtención de decking y tablillas, indicando que los rendimientos de las clases diamétricas mayores son superiores puesto que las trozas de diámetros mayores contienen mayor porcentaje de duramen, mientras que las trozas de diámetros inferiores de las clases diamétricas menores presentan mayor porcentaje de albura generando así mayor desperdicio. Además de ello se menciona haber obtenido mayor porcentaje de tablillas en la menor clase diamétrica, resultado similar al obtenido en la presente investigación, puesto que al tener trozas de menores diámetros se tendrá menor porcentaje de productos de dimensiones grandes como decking y al incrementarse este disminuye el rendimiento de tablillas, tal y como resultó en la presente investigación. En un estudio hecho por Canchanya (2011) en la especie *Brosimum utile*, también se encontró que al aumentar el diámetro de las trozas el rendimiento se incrementaba.

Distribución de las longitudes de las trozas

La Figura 4 muestra la distribución de las longitudes de las trozas encontrando que el largo de 10' contiene el mayor número de trozas, seguido de los largos de 12 pies y 11 pies. Expresado en términos porcentuales el 33.3% de las trozas tuvieron un largo de 10 pies, seguido de un 20% y 18.3% en los largos de 12 pies y 13 pies. El trozado de las trozas se realiza en el patio de acopio; sin embargo, la longitud del trozado se vio afectada por los defectos presentes en los rollizos. Las trozas provienen del bosque natural por ende existe mucha variabilidad en la materia prima, con relación al largo de las trozas se observaron distintas medidas en el patio de acopio. Coa y Aucahuasi (2014), mencionan que existe muchos factores que afectan el establecimiento de la regeneración natural, así como el crecimiento y sobrevivencia de los latizales en el bosque, como son el tamaño y la disponibilidad de la luz, la competencia de la vegetación, entre otras condiciones. Tales condiciones finalmente afectan el desarrollo del fuste en el árbol.

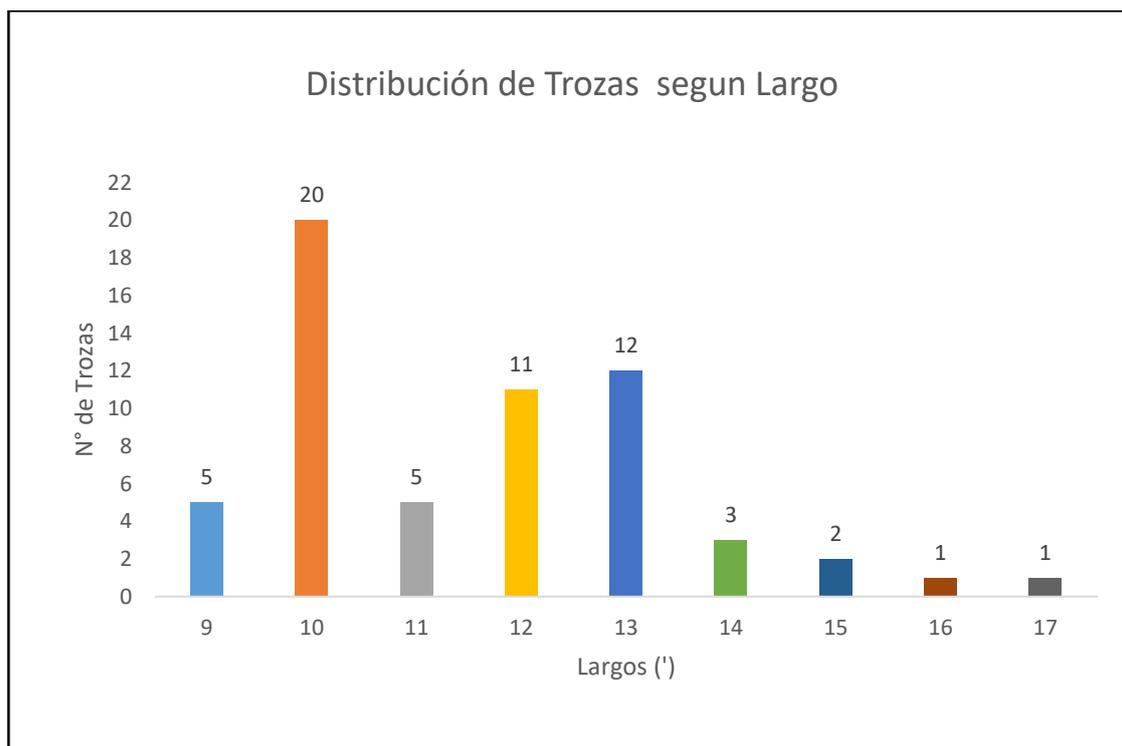


Figura 4: Distribución de trozas según largo

4.3. Caracterización de la madera aserrada

4.3.1. Clasificación de las piezas de madera aserrada en base a sus dimensiones comerciales

Producto de la transformación primaria de las trozas se obtuvo madera aserrada clasificada en comercial y recuperación (madera corta y larga angosta). Dicha clasificación en planta corresponde a los productos: decking (comercial), madera larga y parrilla de cama (larga y corta). El espesor en las piezas fue el mismo para todas. La distribución del ancho en las piezas, se detalla en la Figura 5, la cual muestra anchos de 6 pulgadas en la madera tipo comercial (decking), 3 y 4 pulgadas en la madera del tipo recuperación (madera corta) y 4 pulgadas en la madera del tipo recuperación (madera larga). En la madera de recuperación el número de piezas de ancho 3 pulgadas fue mayor al número de piezas del ancho 4 pulgadas, con 1327 (36%) y 1027 (28%) respectivamente. Guevara *et al.* (1993), evaluaron los residuos de 8 especies forestales, encontrando al canto como uno de los mayores y principales residuos, situación similar a la observada en el presente estudio, pues el mayor número de piezas se centró en las tablillas de menor ancho hecho que genera mayor residuo, en consecuencia, menor rendimiento. Ello se debe a distintos factores, considerando importantes a la forma de sección, la rectitud de las trozas, así como las condiciones de aserrío (variación en el corte, método de asierre, equipos de aserrío y criterio del operario) mencionados por Steele (1984), los cuales afectan directamente el rendimiento.

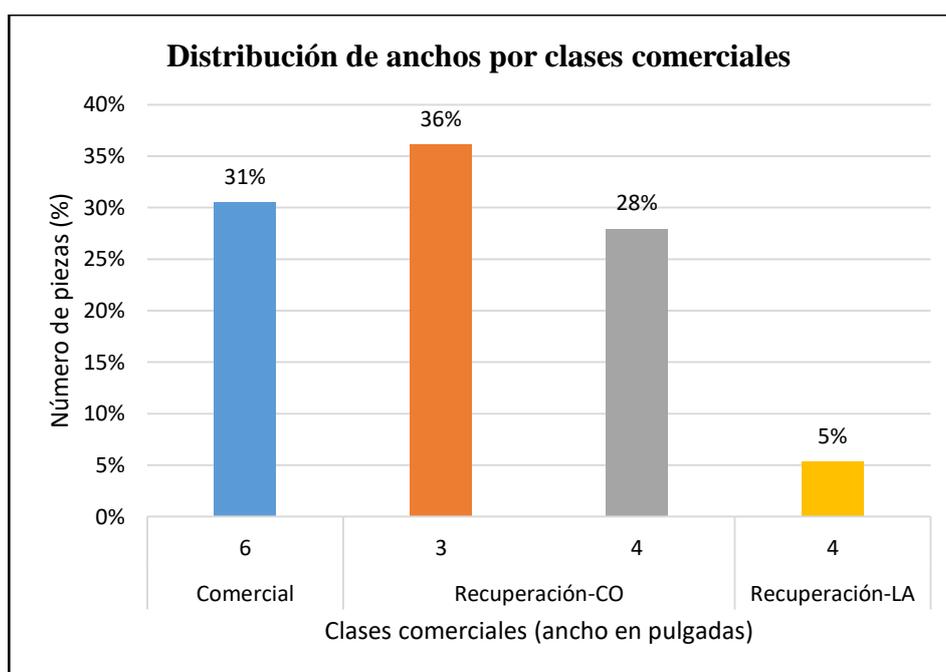


Figura 5: Distribución de anchos por clases diamétricas

Tabla 8: Número de piezas por clase comercial y ancho

Clase Comercial	Ancho (')	Número de piezas
Comercial	6	1121
Recuperación-CO	3	1327
	4	1027
Recuperación-LA	4	197
Total		3672

En la Figura 6 se observa la distribución de los largos en las piezas encontrando que la clase Comercial varía de 7 a 17 pies; sin embargo, el mayor número de piezas se concentra entre los 7 y 13 pies, con porcentajes que van del 6% al 3% respecto del total de piezas obtenidas. La distribución del largo de las piezas en la clase de recuperación- CO varía de 3,5 pies a 6,5 pies, concentrando el mayor número piezas en el largo de 3,5 pies representando el 22% del total de piezas. La distribución de largos de las piezas en la clase de recuperación- LA varía de 7 a 11 pies, representando el 3% (7'), 2% (8') y el 1% (9') respectivamente del total de piezas. Si bien el 33% de las trozas ingresadas a la línea de aserrío presentaban un largo de 10 pies seguido de 12 y 13 pies con el 20% y 18% respecto del total de trozas, ello no significó la obtención de tablillas con el mismo largo, ello se debió a varios factores en conjunto, como su sección ovalada e irregular, de rectitud semisinuosa y sinuosa, con grietas, hueco, ello sumado a la pericia del operario y las condiciones del aserrío, reflejándose en un menor rendimiento. A medida que la troza aumentaba en su longitud el rendimiento de esta disminuía, ello se debe como menciona Steele (1984) a la forma que toma la troza al incrementarse el largo, pues al suceder ello, la troza se encorva perdiendo rectitud, situación similar a la observada en la presente investigación, dificultando como indica Steele el diagrama de corte.

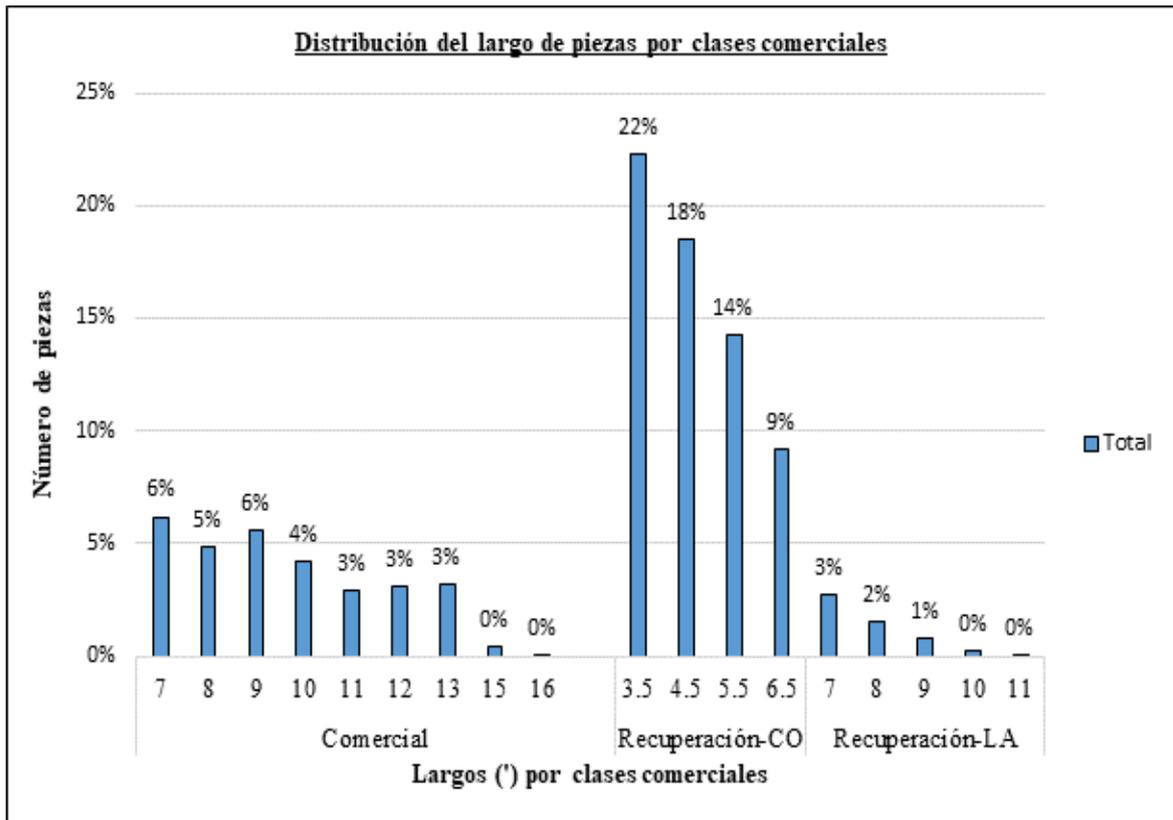


Figura 6: Distribución del largo de piezas por clases comerciales.

En la Tabla 9, se observa que la clase Recuperación- CO concentra la mayor cantidad de piezas con 2354 piezas, que representan el 60,11% del total de piezas, seguida de la clase Comercial con 1121 piezas que representa el 30,53% del total de piezas y en último lugar la clase Recuperación-LA con 197 piezas que representan el 5,36%. Al realizar el análisis en cada clase, dentro de la clase Comercial el mayor número de piezas corresponde al largo de 7 pies y representa el 20% respecto del total de dicha clase. Dentro de la clase de Recuperación- CO el mayor número de piezas corresponde al largo de 3,5 pies y representa el 22% respecto del total de dicha clase. Dentro de la clase de Recuperación- LA el mayor número de piezas corresponde al largo de 7 pies y representa el 51% respecto del total de dicha clase. Además de ello, se observó que en todas las clases el número de piezas disminuyó al aumentar el largo.

Tabla 9: Distribución del número de piezas por clase comercial y largo

Clase comercial	Largo (')	Número de piezas	Porcentaje del total de piezas	Porcentaje del total de cada clase
Comercial	7	227	6,18	20
	8	178	4,85	16
	9	206	5,61	18
	10	154	4,19	14
	11	108	2,94	10
	12	112	3,05	10
	13	117	3,19	10
	15	16	0,44	1
	16	2	0,05	0
Subtotal		1121	30,53	
Recuperación-CO	3.5	818	22,28	35
	4.5	678	18,46	29
	5.5	522	14,22	22
	6.5	336	9,15	14
Subtotal		2354	64,11	
Recuperación-LA	7	101	2,75	51
	8	57	1,55	29
	9	30	0,82	15
	10	8	0,22	4
	11	1	0,03	0
Subtotal		197	5,36	
Total		3672		

4.3.2. Análisis de los volúmenes totales y parciales

En la Tabla 10, se observa que el rendimiento promedio de aserrío de Volumen rollizo a Volumen aserrado fue del 31% y de Volumen rollizo a Volumen decking fue de 17%; sin embargo, el rendimiento de Volumen aserrado a Volumen decking fue de 51%, finalmente el rendimiento promedio de Volumen rollizo a Volumen de recuperación fue de 14%. Por otro lado, Castillo (2018) encontró un rendimiento promedio de aserrío de 75,94% en la especie *Calycophyllum spruceanum*, atribuyendo estos resultados a la buena calidad de las trozas en forma como en pocos defectos, caso contrario al presente estudio, dado que el rendimiento promedio resulto 31% y las trozas fueron de baja calidad, de sección ovalada e irregular, de rectitud semisinuosa y sinuosa y con malas condiciones de almacenamiento que originaron grietas.

Se obtuvieron las calidades de trozas 2 y 3, dichas calidades se explican en la Tabla 3. El 37% del volumen rollizo se encuentra en la calidad 2 mientras que el 63% en la calidad 3. El 26% del volumen total aserrado se encuentra en la calidad 2 mientras que el 74% en la calidad 3. El 24% del volumen total de decking proviene de las trozas de calidad 2 mientras que el 76% de la calidad 3; así mismo el 71% del volumen total de la madera de recuperación proviene de las trozas de calidad 3.

Al analizar el rendimiento total por el tipo de volumen se obtuvo que solo el 33% del volumen total rollizo se convirtió en volumen aserrado y de este el 59% se convirtió en volumen decking. De acuerdo a lo analizado por Kahn (2014), la especie *Manilkara bidentata* de densidad similar a la especie en estudio, muestra un rendimiento total del 29% respecto del volumen rollizo, valor cercano al obtenido en la investigación.

Al analizar la distribución del volumen decking y el volumen de recuperación partiendo del volumen aserrado Kahn (2014), encontró que el 41% del volumen aserrado correspondía al volumen decking y el 59% correspondía al volumen de tablillas, mientras que el resultado de la presente investigación encontró valores de 59% para decking y 41% para parrillas, observando valores mayores para decking y menores para parrilla.

Tabla 10: Distribución del rendimiento por tipo de producto

	Volumen Rollizo (m ³)	Volumen aserrado (m ³)	Volumen decking (m ³)
	63,9771	21,343	12,606
Rendimiento promedio	-	31%	51%
Rendimiento total por calidad de troza			
2	37% (18,535)	26% (5,598)	24% (3,063)
3	63% (45,442)	74% (15,745)	76% (9,543)
Rendimiento total por tipo de volumen	-	33%	59%

4.3.3. Análisis de las variables categóricas en los volúmenes de madera resultante

La Figura 7, muestra el histograma de frecuencia del volumen aserradero analizado con cada una de las variables categóricas.

La variable forma de sección muestra mayor frecuencia de volúmenes aserrados en la calidad 2 (ovalada) con un 51% respecto del total, representando el 62% de las trozas.

La variable conicidad no muestra la tercera calidad (ahusada) y los volúmenes aserrados se muestran más frecuentes en la calidad 1 (cilíndrica) con un 82% respecto del total, representando el 85% de las trozas.

La variable rectitud muestra las 3 calidades, la frecuencia del volumen aserrado en la calidad 1 (derecha) fue del 46% respecto del total, representando el 50% de las trozas, mientras que las calidades 2 (semisinuosa) y 3 (sinuosa) sumaron 54% del volumen total aserrado representando el 50% de las trozas.

La variable hueco muestra las 3 calidades, la frecuencia de volúmenes aserrados mostró ser igual en la calidad 1 (ninguno) con un 50% del volumen total aserrado, representando el 63% de las trozas y con un 50% en las calidades 2 (hasta 25%) y 3 (más del 25%) representando el 37% de las trozas.

La variable rajadura muestra las 3 calidades, pero mayor frecuencia de volúmenes aserrados en la calidad 1 (no presenta) con un 83% respecto del total, representando el 90% de las trozas, el 10% de las trozas restantes que presentaron rajadura mostraron diámetros mayores (53 cm a 89 cm).

La variable grieta muestra las 3 calidades, pero mayor frecuencia de volúmenes aserrados en la calidad 1 (solo una) con un 54% respecto del volumen total aserrado, representando el 53% de las trozas, el restante 46% se concentró en las calidades 2 (solo una) y 3 (más de una), representando el 47% de las trozas.

La variable abultamiento muestra solo 2 calidades, pero mayor frecuencia de volúmenes aserrados en la calidad 1 (no presenta) con un 91% respecto del total, representando el 92% de las trozas.

La variable ataque de insectos muestra solo 2 calidades, pero mayor frecuencia de volúmenes aserrados en la calidad 1 (no presenta) con un 93% respecto del total, representando 95% de las trozas.

La variable mancha y/o pudrición muestra dos calidades, pero mayor frecuencia de volúmenes aserrados en la calidad 1 (no presenta) con un 87% respecto del total, representando el 90% de las trozas, el restante mostro un volumen del 13% con el 10% de las trozas las cuales mostraron diámetros mayores.

La Figura 8, muestra el histograma de frecuencia del volumen de decking en las variables categóricas. El volumen de decking muestra un comportamiento similar al volumen aserrado frente al análisis de las variables categóricas.

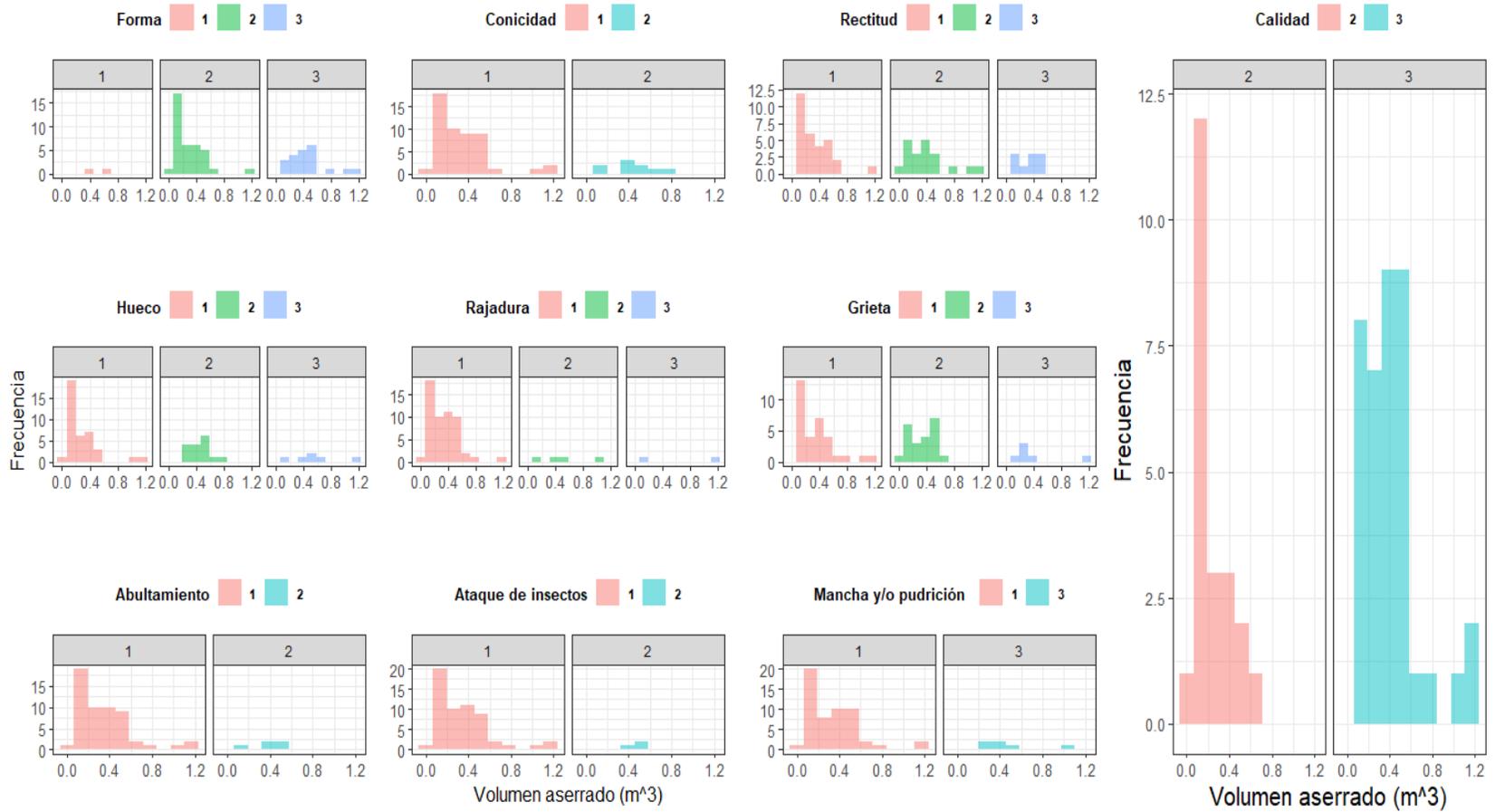


Figura 7: Análisis del volumen aserrado y las variables categóricas.

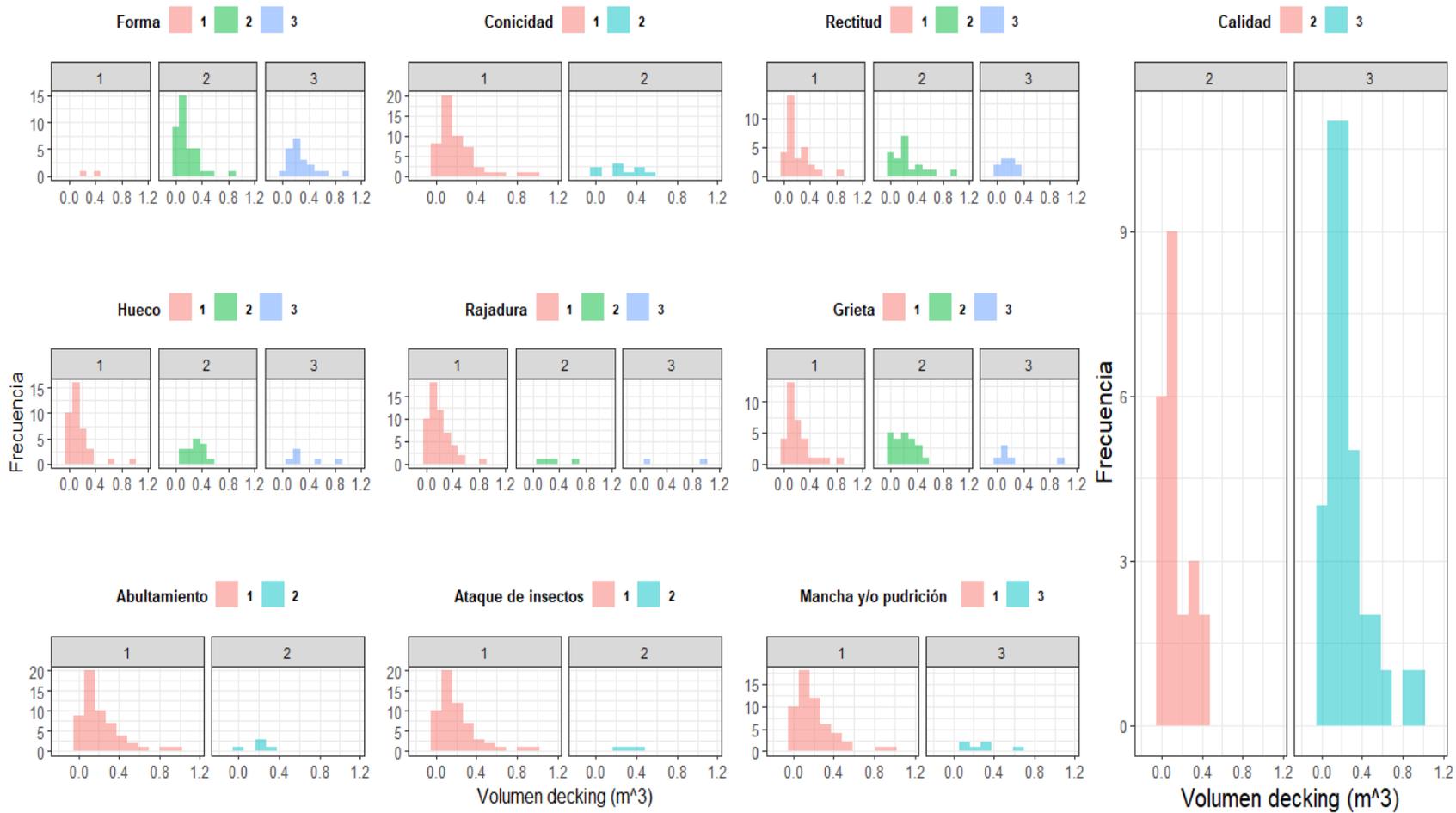


Figura 8: Análisis del volumen decking y las variables categóricas.

La Figura 9, muestra el diagrama de cajas entre el volumen aserrado (m^3) y las variables categóricas.

La forma de sección muestra tres calidades, donde la calidad 2 (ovalada) y 3 (irregular) muestran mayor variabilidad del volumen aserrado. La calidad 2 presenta sesgo positivo mientras que la calidad 3 presenta un ligero sesgo negativo y ambas calidades señalan menores valores de volumen aserrado comparadas con la calidad 1 (circular). Del Castillo (2018), menciona que uno de los factores que influyen directamente en un alto rendimiento es la forma cilíndrica de la troza, mientras que en el presente estudio la forma en la mayoría de las trozas fue ovalada e irregular ocasionando bajos rendimientos.

La variable rectitud y grieta muestran cierta similitud del volumen aserrado dentro del diagrama de cajas en las 3 calidades. Donoso y Caldentey (1995), indican que el rendimiento en una troza dependerá de tres factores siendo uno de ellos la rectitud, convirtiéndose en una característica importante de evaluar. Al evaluar la variabilidad del volumen aserrado con las distintas calidades de la variable rectitud y grieta, se observó una baja variabilidad del volumen aserrado en la calidad 3 pero presentaban una mediana inferior a la calidad 2, disminuyendo el rendimiento, es decir el volumen aserrado en trozas con rectitud sinuosa y con varias grietas. Quirós, Chinchilla y Gómez (2005), mencionan que las trozas con grano entrecruzado son más sensibles a sufrir grietas; así mismo si se suma a ello un incorrecto almacenamiento como sucede en el aserradero en estudio, se fomenta la presencia de este defecto en las tablas disminuyendo el largo por ende también el rendimiento.

La variable hueco y rajadura muestran una tendencia en el aumento del volumen aserrado al encontrarse en las calidades 2 y 3, cabe indicar que solo el 10% de las trozas presentaron la variable rajadura y pertenecen a clases diamétricas mayores, además de ello muestran una alta variabilidad del volumen aserrado, pues las trozas en algunos casos mostraron de forma muy pronunciada este defecto por dentro.

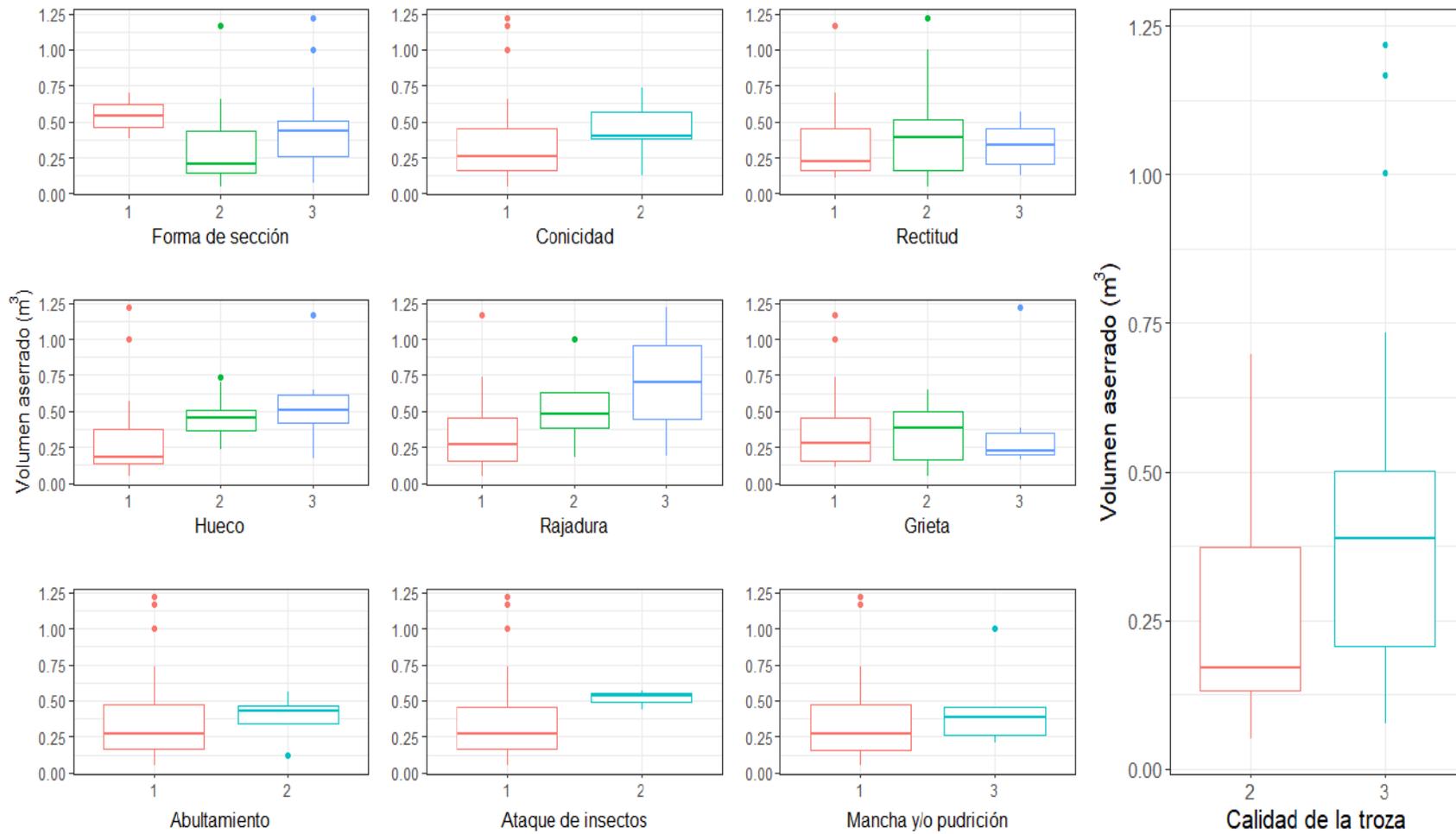


Figura 9: Análisis del volumen aserrado y las variables categóricas.

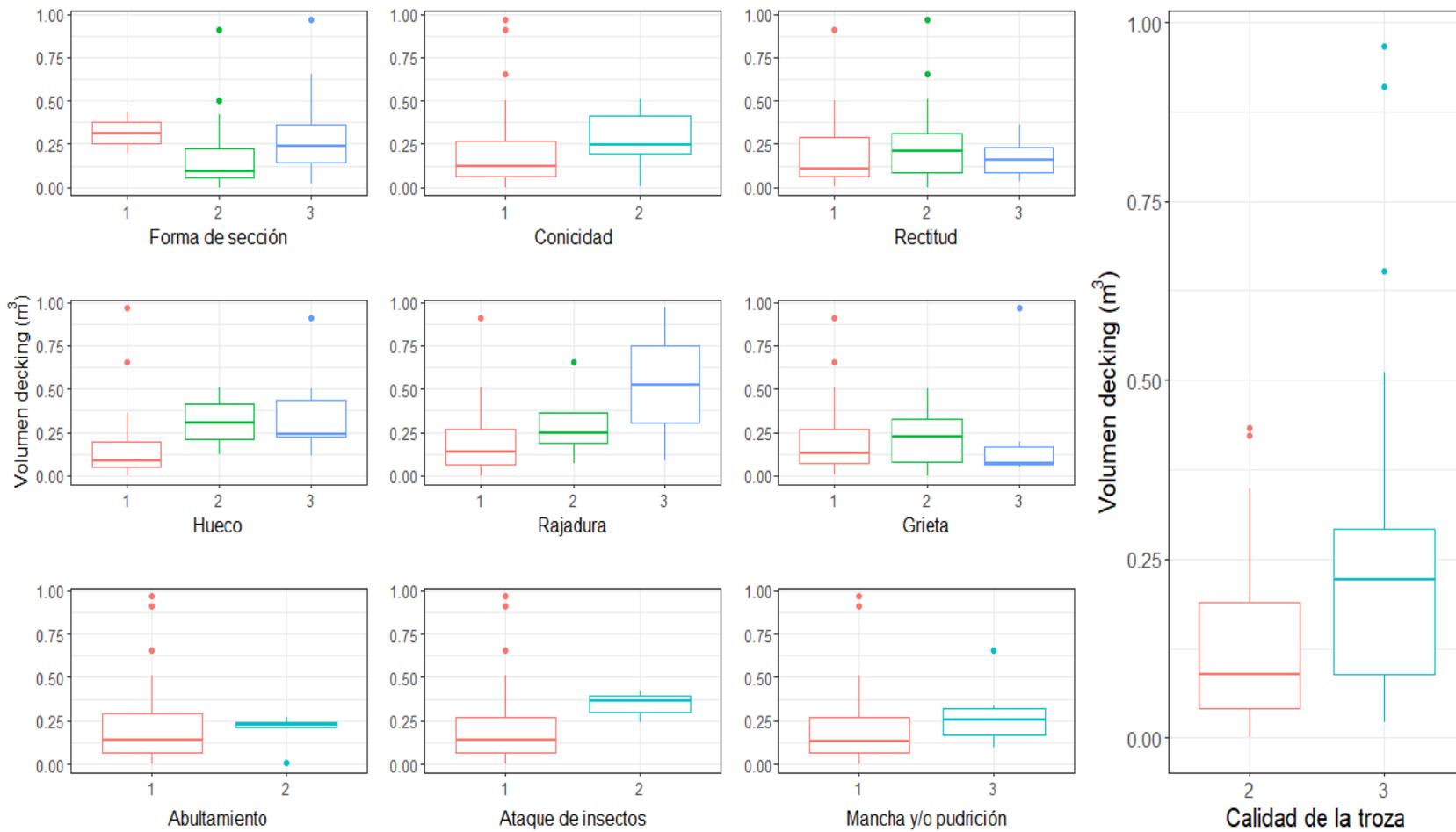


Figura 10: Análisis del volumen aserrado y las variables categóricas.

La Figura 10, muestra el diagrama de cajas entre el volumen de decking (m^3) y las variables categóricas. El volumen de decking muestra un comportamiento similar al volumen aserrado frente al análisis de las variables categóricas en el diagrama de cajas.

4.4. Análisis estadístico

Análisis de correlación entre las distintas variables evaluadas

En el Anexo 5, se observa que la relación entre el volumen aserrado y el diámetro es bastante fuerte, muy significativa y directa con un coeficiente de correlación de 0,813***. La relación entre el diámetro y el factor de conversión es de 0,452*** siendo de relación directa y moderada, al respecto Huarcaya (2011) encontró valores menores del coeficiente de correlación tanto para *Myroxylon balsamum* y *Dipteryx micrantha*. De todas las evaluaciones el mayor valor fue representado por la relación entre el volumen de recuperación y el volumen de parrilla con un valor de correlación de 0,975 *** seguida de la relación del volumen de decking y el volumen aserrado con un valor de correlación de 0,944***. Dichas relaciones se encuentran dentro del contexto de aserrío puesto que el objetivo del mismo es la obtención de decking, de igual modo, cabe señalar que las trozas en promedio son de tercera calidad por ende se entiende que la recuperación de parrilla es significativa en la transformación. La relación entre volumen aserrado y de recuperación también es directa alta y significativa con un valor de 0,785***.

4.4.1. Análisis de regresión

Como parte del trabajo de tesis se complementó el estudio con el análisis estadístico para determinar la ecuación que estime mejor el volumen aserrado total y el volumen decking con todas las variables predictoras categóricas. En la búsqueda de la ecuación que estime mejor el volumen aserrado total y volumen decking, se obtuvo dos modelos de ecuación para el volumen total aserrado y dos modelos de ecuación para el volumen decking. Después de seleccionar las variables predictoras categóricas con varianza significativa (anexo 8 y 9), se obtuvo una ecuación estimada y otra ecuación solo con las variables predictoras diámetro y longitud, tanto para volumen total aserrado y volumen decking.

Comparación de indicadores de la eficiencia del modelo:

Tabla 11: Indicadores de eficiencia de los modelos

Modelo	RMSE	MAE	R² ajustado
1	0,1116	0,0836	0,7759
2	0,1181	0,0864	0,7623
3	0,0965	0,0687	0,7313
4	0,1066	0,0774	0,7014

Estimación del modelo de ecuación de volumen total aserrado y volumen decking:

$$\text{Mod. 2: vol aserrado} = -1,1518 + 1,65909 * D + 0,15115 * L$$

$$\text{Mod. 4: vol decking} = -0,90488 + 1,31580 * D + 0,09774 * L$$

La Tabla 11, muestra que los coeficientes de determinación ajustado de los modelos 1 y 3 detallados en el Anexo 10, los cuales usan predictores categóricos y numéricos son ligeramente mejores que los modelos clásicos 2 y 4 que consideran solo al diámetro y longitud como variables predictoras, ya que explican mayor variabilidad de volumen aserrado y volumen decking, respectivamente. Sin embargo, como la mejora del rendimiento no es muy considerable, se opta por los modelos clásicos por ser simples y prácticos.

Finalmente, para poder determinar la ecuación más idónea se determinó el coeficiente de determinación ajustado y al encontrar ligeras diferencias se eligió la ecuación que solo considera el diámetro y la longitud, por ser parsimonioso.

4.5. Elaboración de las Tablas de Rendimiento

4.5.1. Tabla de rendimiento del volumen aserrado a partir del diámetro y longitud

En el Anexo 10 se pueden observar los modelos de ecuación, siendo el modelo de ecuación 1 y el modelo de ecuación 2 los modelos vinculados al rendimiento de volumen aserrado. Dentro de estos, el modelo de ecuación 1, considera todas variables categóricas significativas para el modelo de ecuación, siendo las variables significativas las siguientes: conicidad calidad 2, rajadura calidad 2 y rajadura calidad 3; sin embargo, se puede observar que el modelo de ecuación 2 solo considera las variables predictoras diámetro y longitud.

En el Anexo 12, la tabla está diseñada para estimar el volumen total aserrado a partir de diámetro y longitud de troza. En relación a ello, Montenegro (2015) señala que la ecuación del coeficiente de conversión de regresión múltiple, que incluye diámetro y longitud, muestra mayor coeficiente de determinación comparada con la regresión simple que considera solo el diámetro, en el presente estudio también se consideró el diámetro y longitud en la ecuación del volumen aserrado pues mostró un alto coeficiente de determinación. El cual muestra una ligera diferencia respecto al coeficiente de determinación hallado en el modelo de ecuación 1.

4.5.2. Tabla de rendimiento del volumen decking a partir del diámetro y longitud de la troza

En el Anexo 10 se pueden observar los modelos de ecuación, siendo el modelo de ecuación 3 y el modelo de ecuación 4 los modelos vinculados al rendimiento de volumen decking. Dentro de estos, el modelo de ecuación 3, considera todas variables categóricas significativas para el modelo de ecuación, siendo las variables significativas las siguientes: conicidad calidad 2, rectitud calidad 2, rectitud calidad 3, rajadura calidad 2 y rajadura calidad 3; sin embargo, se puede observar que el modelo de ecuación 4 solo considera las variables predictoras diámetro y la longitud.

En el Anexo 14, la tabla está diseñada para estimar el volumen decking a partir del diámetro y longitud de la troza. Como se había mencionado anteriormente Montenegro (2015), señalaba que la ecuación del coeficiente de conversión de regresión múltiple, que incluye diámetro y longitud, muestra mayor coeficiente de determinación comparada con la regresión simple que considera solo el diámetro, en el presente estudio también se consideró el diámetro y longitud en la ecuación del volumen decking pues mostró un alto coeficiente de determinación, detallado en la tabla 11. Cabe señalar que el Anexo 13, tabla diseñada para estimar el volumen decking considera además del diámetro y longitud variables categóricas como son: conicidad calidad 2, rectitud calidad 2, rectitud calidad 3, rajadura calidad 2, rajadura calidad 3. Se entiende que la ecuación contemple mas variables categóricas por que el producto a obtener requiere cumplir ciertas características para su producción y se ve afectado por los defectos presentes en las trozas; sin embargo, como la mejora del rendimiento no es apreciable se opta por los modelos que consideran solo el diámetro y longitud por ser simples y prácticos.

V. CONCLUSIONES

- El rendimiento de la madera comercial Ana caspi se incrementa conforme aumenta la clase diamétrica, mientras que el rendimiento de la madera de recuperación decrece con el aumento de la clase diamétrica.
- El rendimiento promedio de volumen rollizo a volumen total aserrado bajo las condiciones de aserrado y calidad de trozas fue bajo (31%) por la presencia de defectos en las trozas; mientras que de volumen rollizo a volumen decking y madera de recuperación fue mucho menor, debido a las exigencias en las características de la madera comercial y los defectos en las trozas.
- Los defectos de mayor frecuencia en las trozas, como son la forma de sección seguida de la conicidad y grietas, afectaron el rendimiento de la madera aserrada.
- Las rajaduras, huecos y pudriciones presentes en los diámetros mayores afectaron levemente el rendimiento de la madera aserrada.
- La calidad de trozas para el aserrío fue afectada de manera directa por los defectos presentes en las trozas.
- El modelo de regresión considerando diámetro y longitud resultó ser suficiente en la estimación del rendimiento de madera aserrada.

VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de las variables categóricas en función de las clases diámétricas.
- Evaluar algún tipo de manejo silvicultural en clases diamétricas inferiores, a fin de poder evitar ciertos defectos en las trozas de mayores diámetros.
- Considerar el sellado de los extremos de las trozas a fin de evitar mayores defectos en las trozas que incurran en un menor rendimiento.
- Considerar, de ser posible, el aserrío de trozas de diámetros mayores.
- Analizar el rendimiento en cada proceso productivo, con el fin aumentar la eficiencia de toda la línea de aserrío.
- Analizar la mejora en el diagrama de corte en la sierra principal con el fin de obtener más volumen aserrado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, D.; Andrade, F.; Andrade E.; Chávez, P.; Estévez, I. y García, J.M. (2003). Análisis matemático para elevar la eficiencia de los aserraderos con sierras de banda. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, vol. 9, núm. (1), pp. 89-94. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/629/62990109.pdf>
- Báez, S. M. (2014). Evaluación dendrológica de especies forestales en un bosque de tierra firme en la Concesión de Conservación Gallocunca, Sector Baltimore, Distrito Tambopata, Provincia Tambopata-Departamento Madre de Dios. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios). Recuperado de: <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/101>
- Campos, R.; Chuquicaja, C. (1988). Factor de conversión en aserrío para *Cedrelinga catenaeformis* y *Aniba sp.* en Chanchamayo. *Revista Forestal del Perú*, 15(1).
- Canchanya, J. J. (2011). Determinación del coeficiente de rendimiento en el aserrío de madera para la especie Leche caspi (*Brosimum utile* Ducke. C.C. Berg) Villa Rica, Perú. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva). Recuperado de: <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/949/T.FRS-117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Casillas, O. (1986). Determinación del coeficiente de aserrío para el aserradero “Las Cruces”, Municipio de Cintalapa, Chiapas. (Tesis de pregrado, Universidad de Guadalajara). Recuperado de http://biblioteca.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1145/Casillas_Ramirez_Oscar.pdf?sequence=1

- Chávez, A. (1997). Estudio de rendimiento, tiempos y movimientos en el aserrío. Manual práctico. Documento técnico 62/1997. Proyecto Bolfor. Recuperado de: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnacg715.pdf
- Del Castillo, J. E. (2018). Rendimiento y eficiencia en el aserrado de la madera de *Calycophyllum spruceanum* Benth. Hook Capirona en Industrias Madex E.I.R.L., Iquitos- Perú”. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana). Recuperado de: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/5438/Jose_Tesis_Titulo_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- CIRIS. (2002). Los Parámetros que Influyen sobre el Rendimiento de la Materia Prima. Francia. Recuperado de: <http://www.ciris.com/content/view/7/27/lang,es/>
- Coa, G.; Aucahuasi, A. S. (2014). Evaluación y determinación del proceso de regeneración natural de *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbride (*Ana caspi*) en bosque continuo protegido y un bosque bajo manejo forestal, en la provincia de Tambopata, región Madre de Dios-Perú. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios). Recuperado de: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/104/004-2-3-028.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Confederación Peruana de la Madera. (2008). Compendio de Información Técnica de 32 Especies Forestales). Recuperado de: <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/125.pdf>
- Donoso, S. y Caldentey, J. (1995). Rendimiento de Lengua (*Nothofagus pumilio*) en el aserradero y su relación con las características de los árboles. Revista Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Universidad de Chile. Recuperado de: http://revistacienciasforestales.uchile.cl/1996_voll1/n1-2a2.pdf
- Fahey, T. y Sachet, J. (1993). Lumber recovery of ponderosa pine in Arizona and New Mexico. USD Forest Service Paper PNW-RP-467. Pacific Northwest Research

Station. Portland Oregan. Recuperado de :
https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_rp467.pdf

Guevara, L.; Reyes, P. y Bocanegra, L. (1993). Evaluación de Residuos de Aserrío. Folia Amazónica, vol. 5(1-2): 205-216. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/PUBL1136.pdf>

Huarcaya, D. M. (2011). Rendimiento en aserrío de *Myroxylon balsamum* Harms y *Dipteryx micrantha* Harms Iñapari- Madre de Dios. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/2598/Huarcaya%20De%20La%20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INRENA, (2008). Resolución Jefatural N° 159-2008-INRENA. Metodología para determinar el Coeficiente de Rendimiento de Madera Rolliza (troza) a Madera Aserrada. Recuperado de:
https://www.serfor.gob.pe/pdf/normatividad/2008/resojefa/RJ_159-2008-INRENA.pdf

Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (2006). Resolución Jefatural N° 347-2006-INRENA, del 29 de diciembre de 2006. Recuperado de:
<https://spij.minjus.gob.pe/Normas/textos/160207T.pdf>

Kahn, H. G. (2014). Influencia de la clase diamétrica en el rendimiento de madera de la especie *Manilkara bidentata* (A.DC.) A. Chev. (Quinilla), para la obtención de Tablillas y Decking, en la empresa “Forestal Rio Piedras S.A.C.”. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios). Recuperado de:
<https://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14070/105/004-2-3-029.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Klein, R. M. (1982). Contribuição a identificação de arvores nativas nas florestas do sul do Brasil. Congresso. São Paulo: Instituto Florestal, Campos do Jordao.

LLavé, A.M. (2008). Factor de Conversión en Aserrío para Trozas de Raleo Provenientes de una Plantación de Teca (*Tectona grandis*) en Chanchamayo- Junín. (Tesis de

pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina). Recuperado de:
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/448>

Montenegro, R.A. (2015). Rendimiento en aserrío para trozas provenientes del raleo de una plantación de *Pinus Patula* de 22 años en Cajamarca. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina). Recuperado de:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2115>

Mostacedo, B. J.; Justiniano, M.; Toledo, S. T.; Fredericksen. (2003). Guia Dendrológica de Especies. Santa Cruz, Bolivia. BOLFOR.

Quirós, R.; Chinchilla, O.; Gómez, M. (2005). Rendimiento en aserrío y procesamiento primario de madera proveniente de plantaciones forestales. *Revista Agronomía Costarricense* 29(2): 7-15. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/436/43629201.pdf>

Riesco, A.; Quevedo, M.; Sánchez, J. (2003). Análisis económico de alternativas para optimizar la cadena de valor forestal en la región Ucayali. Pucallpa. CODESU. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Sanchez-Choy/publication/334413463_INFORME_FINAL_Analisis_Economico_de_Alternativas_para_Optimizar_la_Cadena_de_Valor_Forestal_en_la_Region_Ucayali/links/5d27e53892851cf4407a7b33/INFORME-FINAL-Analisis-Economico-de-Alternativas-para-Optimizar-la-Cadena-de-Valor-Forestal-en-la-Region-Ucayali.pdf

Ramírez, D.I. (2019). Rendimiento de aserrío de Copaiba (*Copaifera reticulata* Ducke) y Lupuna (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn) en Tahuamanu- Madre de Dios. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina). Recuperado de:
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3184>

Reyes, L.E. (2015). Valores de algunas propiedades Mecánicas de la madera de *Apuleia molaris* (Ana caspi) y su variación en el fuste del árbol, procedente de bosques secundarios del distrito de Irazola-Provincia de Padre Abad-Departamento de Ucayali. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali). Recuperado de :

<http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3358/000001514T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ríos, H. (2019). Costos de aserrío y transporte de madera aserrada de *Calycophyllum spruceanum* (Benth) Hook f. ex Schumann en el bosque de Padre Marquez – Loreto. Recuperado de: https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1625/TS_HRP_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Schrewe, H. (1980). Aspectos Fundamentales del proceso de aserrío para lograr mayor productividad, calidad y beneficio económico. Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003. Documento de trabajo N° 7. Recuperado de: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/356>

SERFOR, FOREST, programa USAID y el Servicio Forestal de los EE.UU. Productos Forestales Maderables: Guía Explicativa para su Identificación. Recuperado de: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/65074>

Spichiger, O.A. (2004). Aprovechamiento en el aserrado de Sequoia (*Sequoia sempervirens* (D.DON.) Endl.) y clasificación de la madera obtenida. (Tesis de pregrado, Universidad de Chile). Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105038>

Steele, H. (1984). Factores que determinan la recuperación de la madera aserrada. Gen. Tech. Representante FPL-39. Madison, WI: Departamento de Agricultura de EE.UU. Servicio Forestal, Laboratorio de Productos Forestales. Recuperado de: <https://www.fpl.fs.usda.gov/documnts/fplgtr/fplgtr39.pdf>

Torres, G.M.; Palacios, J.J.; Rodriguez, E. (2016). Potencial del territorio para cultivos agroindustriales en la provincia Tahuamanu, Madre de Dios. Repositorio Institucional IIAP. Recuperado de: <http://repositorio.iiap.gob.pe/handle/IIAP/364>

Tropicos. (2021). *Ana caspi* (*Apuleia leiocarpa*). Recuperado de: <https://www.tropicos.org/name/13015804>

Zapana, C. (2018). Rendimiento en aserrío de tres especies maderables para la obtención de tablillas y decking en Tahuamanu – Madre de Dios. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperado de: <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5425>

Zavala, D. (1981). Analysis of the sawmilling practices in the state of Durango, México. (Tesis de maestría, University of British Columbia). Recuperado de <https://open.library.ubc.ca/cIRcle/collections/ubctheses/831/items/1.0095111>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Registro de ingreso y cubicación de trozas

Código de troza	Diámetro mayor (D) (cm)		Diámetro menor (d) (cm)		Longitud (m)	Calidad	Defecto Hueco/Grieta/ Rajadura/Curvatura/ Grieta superficial/ Acebolladura	Diámetro Hueco (dh) (cm)	Profundidad (p) (cm)	Abertura (a) (cm)	Flecha (f) (cm)	Longitud (l) (cm)	Enfermedad
	D1	D2	d1	d2									
0	65	80	69	71	3.18	3	-	-	-	-	-	-	Chancro
1	63	67	65	62	3.4	3	Hueco alargado/ Grieta	7	8	-	-	16	Chancro
2	76	72	75	69	3.91	2	Hueco/ Grieta	9	15	-	-	18	-
3	68	74	67	69	3.14	3	Hueco estrellado	11	-	-	-	-	-
4	94	92	88	89	4.2	3	Grieta/ Rajadura	-	47/50	5	-	50	-
5	87	90	76	85	3.05	3	Hueco/ Grieta superficial/ Acebolladura	13	-	-	-	-	-
7	69	69	62	67	2.84	3	Rajadura	-	31	2	-	-	-
8	68	65	46	57	4.09	3	Grieta superficial/ Acebolladura	-	-	-	-	-	-
9	76	69	65	71	4.35	3	Acebolladura	-	-	-	-	-	-
10	57	64	51	58	4.07	3	Grieta superficial/ Acebolladura	-	-	-	-	-	-
11	50	56	55	51	4.02	3	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-
12	68	84	75	72	3.82	3	Hueco/Grieta superficial	17	-	-	-	-	-

Código de troza	Diámetro mayor (D) (cm)		Diámetro menor (d) (cm)		Longitud (m)	Calidad	Defecto Hueco/Grieta/ Rajadura/Curvatura/ Grieta superficial/ Acebolladura	Diámetro Hueco (dh) (cm)	Profundidad (p) (cm)	Abertura (a) (cm)	Flecha (f) (cm)	Longitud (l) (cm)	Enfermedad
	D1	D2	d1	d2									
13	75	78	70	72	4.43	2	Hueco/Grieta superficial	19	-	-	-	-	-
14	71	67	63	67	3.28	3	Hueco Podrido/Grieta superficial	15	-	-	-	-	-
15	73	84	63	72	3.04	3	Hueco Podrido/Grieta superficial	16	-	-	-	-	-
16	75	83	68	65	3.18	3	Hueco/Grieta superficial	21	-	-	-	-	-
17	82	91	74	84	4.03	3	Hueco/Grieta superficial	32	-	-	-	-	-
18	77	62	60	69	3.69	3	Hueco/Grieta superficial	21	-	-	-	-	-
19	53	61	44	46	4.14	2	-	-	-	-	-	-	-
20	51	59	44	49	5.01	3	-	-	-	-	-	-	-
21	52	61	45	51	4.7	3	-	-	-	-	-	-	-
22	80	79	72	71	4.01	3	-	-	-	-	-	-	-
23	82	81	68	75	5.24	3	Rajadura/Grieta superficial	-	73	1.5	-	-	Chancro
24	57	56	55	58	2.76	3	Grieta	-	11	-	-	20	Chancro
25	60	65	58	61	4.35	3	Curvatura	-	-	-	15	-	Chancro
26	90	82	79	83	4.17	3	Hueco/Grieta superficial	22	-	-	-	-	-
27	60	53	54	51	3.19	2	Hueco	13	-	-	-	-	-
28	57	53	48	44	2.83	3	-	-	-	-	-	-	-
29	47	47	50	40	3.18	2	-	-	-	-	-	-	-
30	56	71	64	59	3.06	2	Hueco	14	-	-	-	-	-
31	58	64	58	64	3.73	2	Hueco	14	-	-	-	-	-
32	58	70	64	57	3.71	2	Hueco	11	-	-	-	-	-
33	80	82	77	69	3.4	2	Hueco	11	-	-	-	-	-
34	60	55	57	58	3.72	3	Hueco/Grieta	10	10	-	-	30	-
35	60	62	59	58	3.75	3	Hueco/Grieta	12	15	-	-	35	-

Código de troza	Diámetro mayor (D) (cm)		Diámetro menor (d) (cm)		Longitud (m)	Calidad	Defecto Hueco/Grieta/ Rajadura/Curvatura/ Grieta superficial/ Acebolladura	Diámetro Hueco (dh) (cm)	Profundidad (p) (cm)	Abertura (a) (cm)	Flecha (f) (cm)	Longitud (l) (cm)	Enfermedad
	D1	D2	d1	d2									
36	62	60	62	59	3.53	3	Hueco/Rajadura	-	35	1.5	-	-	-
37	70	73	66	63	3.1	3	Grieta	-	33	-	-	150	-
38	52	50	49	50	3.2	3	-	-	-	-	-	-	-
39	60	63	60	61	3.21	3	Grieta	-	31	290	-	-	-
40	43	45	44	42	4.07	2	-	-	-	-	-	-	-
41	43	47	45	40	3.8	2	-	-	-	-	-	-	-
42	70	64	62	63	2.93	3	Grieta	-	33.5	-	-	280	-
43	51	56	50	55	3.47	3	Rajadura	-	101	3	-	-	-
44	42	46	44	40	3.2	2	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-
45	44	41	38	39	4.68	2	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-
46	38	40	37	35	3.71	2	Grieta	-	14	-	-	18	-
47	51	46	43	47	3.16	2	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-
48	42	46	42	43	4.06	2	-	-	-	-	-	-	-
49	63	71	47	49	3.72	2	-	-	-	-	-	-	-
50	47	47	46	47	3.15	3	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-
51	52	53	56	49	3.19	3	Grieta	-	25	-	-	100	-
52	53	54	53	54	3.26	2	Rajadura	-	150	1.5	-	-	-
53	58	56	54	56	3.53	2	Hueco alargado	11	-	-	-	-	-
54	54	56	56	49	3.25	3	Hueco	24	-	-	-	-	-
55	37	42	43	34	4.03	2	-	-	-	-	-	-	-
56	46	47	42	40	3.88	2	-	-	-	-	-	-	-
57	47	49	46	46	4.19	3	Grieta	-	20	-	-	100	-
58	51	46	48	48	3.14	3	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-
59	46	47	41	47	3.24	3	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-
60	47	49	45	47	3.16	2	Grieta superficial	-	-	-	-	-	-

Anexo 2: Clasificación por calidades de trozas metodología INRENA- UNALM (2008)

Código de troza	Forma de sección	Conicidad	Rectitud	Hueco	Rajadura	Grieta	Abultamiento	Ataque de insectos	Mancha y/o pudrición	CALIDAD DE TROZA
0	2	1	3	1	1	1	2	1	3	3
1	2	1	1	2	1	2	1	1	3	3
2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2
3	3	1	2	2	1	1	1	1	1	3
4	3	1	2	1	3	3	1	1	1	3
5	3	2	2	2	1	1	1	1	1	3
7	3	1	1	1	2	1	1	1	1	3
8	3	2	3	1	1	2	1	2	1	3
9	2	1	3	1	1	1	1	2	1	3
10	3	1	2	1	1	2	2	1	3	3
11	3	1	2	1	1	2	1	1	1	3
12	3	1	2	2	1	2	1	1	3	3
13	2	1	2	2	1	2	1	1	1	2
14	3	1	2	2	1	2	1	1	1	3
15	3	2	1	2	1	2	1	1	1	3
16	3	2	2	3	1	2	1	1	1	3
17	2	1	1	3	1	2	1	1	1	3
18	3	1	2	3	1	2	1	1	1	3
19	2	2	2	1	1	1	1	1	1	2
20	2	1	3	1	1	1	1	1	1	3
21	3	1	3	1	1	1	1	1	1	3
22	2	1	3	1	1	1	2	1	1	3
23	3	1	2	1	2	1	1	1	3	3
24	2	1	1	1	1	2	1	1	3	3
25	2	1	3	1	1	1	2	1	1	3
26	2	1	1	3	1	1	1	1	1	3
27	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2
28	2	2	3	1	1	1	1	1	1	3
29	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
30	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2
31	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2
32	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2
33	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2
34	3	1	1	2	1	2	1	1	1	3
35	3	1	1	2	1	2	1	1	1	3
36	3	1	1	3	2	1	1	1	1	3
37	1	2	1	1	1	3	1	1	1	3
38	3	1	1	1	1	1	1	1	1	3
39	2	1	1	1	1	3	1	1	1	3
40	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
41	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
42	2	1	1	1	1	3	1	1	1	3
43	2	1	3	1	3	1	1	1	1	3
44	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2
45	2	1	2	1	1	2	2	1	1	2
46	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2
47	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
48	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
49	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2
50	3	1	1	1	1	2	1	1	1	3
51	2	1	2	1	1	3	1	1	1	3

Código de troza	Forma de sección	Conicidad	Rectitud	Hueco	Rajadura	Grieta	Abultamiento	Ataque de insectos	Mancha y/o pudrición	CALIDAD DE TROZA
52	2	1	1	1	2	1	1	1	1	2
53	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2
54	2	1	1	3	1	1	1	1	1	3
55	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2
56	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2
57	3	1	1	1	1	3	1	1	1	3
58	2	1	3	1	1	2	1	1	1	3
59	3	1	2	1	1	2	1	1	1	3
60	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2

Anexo 3: Ficha de registro de madera comercial, madera larga angosta y de recuperación

Código de troza	Ancho (pulgadas)	Largo (pies)	Tipo (larga=L, cama=c)	Código de troza	Ancho (pulgadas)	Largo (pies)	Tipo (larga=L, cama=c)

Anexo 4: Ficha de registro de productos procesada de madera aserrada

Código de troza	Clasificación comercial	Número de piezas	Suma de Volumen (pt)	Suma de Volumen (m ³)
	Subtotal	47	145,6	0,344
0	Comercial	28	115	0,272
	Recuperación- CO	16	23,27	0,056
	Recuperación- LA	3	7,33	0,016
	Subtotal	60	191,5	0,458
1	Comercial	28	141	0,335
	Recuperación- CO	29	41,84	0,103
	Recuperación- LA	3	8,66	0,02
	Subtotal	67	228,35	0,537
2	Comercial	34	180,5	0,422
	Recuperación- CO	31	42,85	0,104
	Recuperación- LA	2	5	0,011
	Subtotal	75	180,87	0,434
3	Comercial	26	111,5	0,267
	Recuperación- CO	44	55,71	0,136
	Recuperación- LA	5	13,66	0,031
	Subtotal	154	525,7	1,219
4	Comercial	76	417,5	0,967
	Recuperación- CO	71	91,21	0,215
	Recuperación- LA	7	16,99	0,037
	Subtotal	114	314,58	0,734
5	Comercial	55	219	0,511
	Recuperación- CO	48	66,26	0,157
	Recuperación- LA	11	29,32	0,066

Código de troza	Clasificación comercial	Número de piezas	Suma de Volumen (pt)	Suma de Volumen (m³)
	Subtotal	83	193,38	0,453
	Comercial	29	115,5	0,27
	Recuperación- CO	47	60,21	0,144
7	Recuperación- LA	7	17,67	0,039
	Subtotal	94	244	0,569
	Comercial	31	158	0,365
	Recuperación- CO	57	70,67	0,17
8	Recuperación- LA	6	15,33	0,034
	Subtotal	80	188,78	0,438
	Comercial	23	101,5	0,238
	Recuperación- CO	50	70,63	0,164
9	Recuperación- LA	7	16,65	0,036
	Subtotal	75	182,89	0,431
	Comercial	19	103,5	0,241
	Recuperación- CO	53	71,05	0,171
10	Recuperación- LA	3	8,34	0,019
	Subtotal	44	117,54	0,28
	Comercial	14	78,5	0,184
11	Recuperación- CO	30	39,04	0,096
	Subtotal	44	98,1	0,237
	Comercial	13	60	0,141
12	Recuperación- CO	31	38,1	0,096
	Subtotal	77	188,99	0,444
	Comercial	26	119,5	0,278
	Recuperación- CO	48	60,16	0,144
13	Recuperación- LA	3	9,33	0,022
	Subtotal	71	227,49	0,546
	Comercial	38	181	0,432
	Recuperación- CO	31	40,83	0,101
14	Recuperación- LA	2	5,66	0,013
	Subtotal	63	206,42	0,501
	Comercial	38	169,5	0,411
	Recuperación- CO	23	31,25	0,077
15	Recuperación- LA	2	5,67	0,013
	Subtotal	64	161,53	0,388
	Comercial	23	103	0,245
	Recuperación- CO	38	50,2	0,124
16	Recuperación- LA	3	8,33	0,019
	Subtotal	87	276,78	0,652
	Comercial	43	214	0,499
	Recuperación- CO	42	56,78	0,139
17	Recuperación- LA	2	6	0,014

Código de troza	Clasificación comercial	Número de piezas	Suma de Volumen (pt)	Suma de Volumen (m³)
	Subtotal	105	214,64	0,502
	Comercial	22	97	0,225
	Recuperación- CO	77	102,65	0,244
18	Recuperación- LA	6	14,99	0,033
	Subtotal	76	170,91	0,399
	Comercial	18	83,5	0,193
	Recuperación- CO	55	80,42	0,191
19	Recuperación- LA	3	6,99	0,015
	Subtotal	79	139,23	0,327
	Comercial	8	40	0,093
	Recuperación- CO	67	89,23	0,212
20	Recuperación- LA	4	10	0,022
	Subtotal	60	108,93	0,255
	Comercial	11	47	0,11
	Recuperación- CO	47	57,27	0,135
21	Recuperación- LA	2	4,66	0,01
	Subtotal	134	241,14	0,563
	Comercial	22	93	0,214
	Recuperación- CO	108	138,15	0,327
22	Recuperación- LA	4	9,99	0,022
	Subtotal	149	424,2	1,003
	Comercial	50	275,5	0,653
	Recuperación- CO	84	111,72	0,269
23	Recuperación- LA	15	36,98	0,081
	Subtotal	47	89,42	0,208
	Comercial	11	43	0,097
	Recuperación- CO	32	36,08	0,088
24	Recuperación- LA	4	10,34	0,023
	Subtotal	101	193,53	0,462
	Comercial	20	94,5	0,225
	Recuperación- CO	78	92,04	0,22
25	Recuperación- LA	3	6,99	0,015
	Subtotal	141	502,33	1,167
	Comercial	66	392,5	0,91
	Recuperación- CO	65	85,51	0,204
26	Recuperación- LA	10	24,32	0,053
	Subtotal	48	122,57	0,292
	Comercial	15	75,5	0,18
	Recuperación- CO	30	39,07	0,094
27	Recuperación- LA	3	8	0,018
	Subtotal	36	56,55	0,13
28	Comercial	3	14,5	0,033

Código de troza	Clasificación comercial	Número de piezas	Suma de Volumen (pt)	Suma de Volumen (m³)
	Recuperación- CO	32	39,38	0,091
	Recuperación- LA	1	2,67	0,006
	Subtotal	34	58,45	0,135
	Comercial	4	14,5	0,033
	Recuperación- CO	28	38,95	0,091
29	Recuperación- LA	2	5	0,011
	Subtotal	55	114,46	0,267
	Comercial	13	53,5	0,125
	Recuperación- CO	36	45,63	0,108
30	Recuperación- LA	6	15,33	0,034
	Subtotal	71	193,78	0,454
	Comercial	25	132,5	0,307
	Recuperación- CO	44	56,62	0,137
31	Recuperación- LA	2	4,66	0,01
	Subtotal	72	215,75	0,503
	Comercial	28	149	0,348
	Recuperación- CO	38	52,09	0,123
32	Recuperación- LA	6	14,66	0,032
	Subtotal	120	293,25	0,698
	Comercial	38	182,5	0,433
	Recuperación- CO	79	103,42	0,249
33	Recuperación- LA	3	7,33	0,016
	Subtotal	71	163,91	0,388
	Comercial	20	93	0,218
	Recuperación- CO	46	58,92	0,144
34	Recuperación- LA	5	11,99	0,026
	Subtotal	78	203,83	0,48
	Comercial	26	127	0,298
	Recuperación- CO	48	67,17	0,161
35	Recuperación- LA	4	9,66	0,021
	Subtotal	102	213,13	0,504
	Comercial	22	97,5	0,228
	Recuperación- CO	74	101,31	0,245
36	Recuperación- LA	6	14,32	0,031
	Subtotal	82	162,06	0,384
	Comercial	19	82	0,196
37	Recuperación- CO	63	80,06	0,188
	Subtotal	26	53,4	0,121
	Comercial	6	24	0,055
38	Recuperación- CO	20	29,4	0,066
	Subtotal	53	104,78	0,25
39	Comercial	9	37	0,086

Código de troza	Clasificación comercial	Número de piezas	Suma de Volumen (pt)	Suma de Volumen (m³)
	Recuperación- CO	43	64,78	0,157
	Recuperación- LA	1	3	0,007
	Subtotal	27	68,14	0,161
	Comercial	9	40	0,095
40	Recuperación- CO	18	28,14	0,066
	Subtotal	29	61,35	0,148
	Comercial	5	26	0,062
	Recuperación- CO	22	30,35	0,075
41	Recuperación- LA	2	5	0,011
	Subtotal	47	85,75	0,206
	Comercial	7	26,5	0,061
	Recuperación- CO	37	51,58	0,128
42	Recuperación- LA	3	7,67	0,017
	Subtotal	36	78,74	0,186
	Comercial	9	38	0,088
	Recuperación- CO	26	38,41	0,093
43	Recuperación- LA	1	2,33	0,005
	Subtotal	34	58,81	0,144
	Comercial	4	15,5	0,036
44	Recuperación- CO	30	43,31	0,108
	Subtotal	31	49,94	0,119
	Comercial	1	4,5	0,011
45	Recuperación- CO	30	45,44	0,108
	Subtotal	13	21,29	0,05
	Recuperación- CO	12	18,96	0,045
46	Recuperación- LA	1	2,33	0,005
	Subtotal	29	44,73	0,109
	Comercial	2	7	0,016
47	Recuperación- CO	27	37,73	0,093
	Subtotal	37	76,69	0,18
	Comercial	5	25	0,058
	Recuperación- CO	29	44,36	0,106
48	Recuperación- LA	3	7,33	0,016
	Subtotal	36	53,39	0,13
	Comercial	1	3,5	0,008
49	Recuperación- CO	35	49,89	0,122
	Subtotal	31	68,11	0,166
	Comercial	7	30,5	0,073
	Recuperación- CO	21	28,61	0,072
50	Recuperación- LA	3	9	0,021
	Subtotal	36	69,17	0,165
51	Comercial	5	21,5	0,051

Código de troza	Clasificación comercial	Número de piezas	Suma de Volumen (pt)	Suma de Volumen (m³)
	Recuperación- CO	29	42,34	0,102
	Recuperación- LA	2	5,33	0,012
	Subtotal	34	76,95	0,181
	Comercial	8	32	0,074
	Recuperación- CO	21	30,61	0,074
52	Recuperación- LA	5	14,34	0,033
	Subtotal	36	99,66	0,235
	Comercial	12	57,5	0,136
	Recuperación- CO	21	32,83	0,077
53	Recuperación- LA	3	9,33	0,022
	Subtotal	24	72,94	0,172
	Comercial	11	48	0,115
	Recuperación- CO	9	14,26	0,033
54	Recuperación- LA	4	10,68	0,024
	Subtotal	22	53,95	0,128
	Comercial	6	29	0,068
	Recuperación- CO	14	20,29	0,05
55	Recuperación- LA	2	4,66	0,01
	Subtotal	19	53,32	0,127
	Comercial	7	35,5	0,084
	Recuperación- CO	11	15,15	0,037
56	Recuperación- LA	1	2,67	0,006
	Subtotal	42	83,04	0,196
	Comercial	6	28	0,065
57	Recuperación- CO	36	55,04	0,131
	Subtotal	29	61,19	0,149
	Comercial	5	21	0,05
	Recuperación- CO	18	22,86	0,059
58	Recuperación- LA	6	17,33	0,04
	Subtotal	18	31,43	0,077
	Comercial	2	9	0,021
	Recuperación- CO	15	19,76	0,05
59	Recuperación- LA	1	2,67	0,006
	Subtotal	23	66,01	0,157
	Comercial	9	40	0,096
	Recuperación- CO	10	14,67	0,035
60	Recuperación- LA	4	11,34	0,026
	Totales	3672	9047,35	21,343

Anexo 5: Rendimiento total de madera aserrada, madera comercial, madera larga angosta y madera corta

Código troza	Diámetro						Longitud (m)	Volumen (m³) total-rollizo	Volumen total aserrado (pt)	Volumen total aserrado (m3)	Rendimiento pt/m3	Rendimiento total (%)	Factor de rendimiento total
	d1	d2	Promedio	d1	d2	Promedio							
0	69	71	0,7	65	80	0,73	3,18	1,277	145,6	0,344	113,983	27%	0,27
1	65	62	0,64	63	67	0,65	3,4	1,111	191,5	0,458	172,367	41%	0,41
2	75	69	0,72	76	72	0,74	3,91	1,637	228,35	0,537	139,511	33%	0,33
3	67	69	0,68	68	74	0,71	3,14	1,192	180,87	0,434	151,766	36%	0,36
4	88	89	0,89	94	92	0,93	4,2	2,733	525,7	1,219	192,356	45%	0,45
5	76	85	0,81	87	90	0,89	3,05	1,735	314,58	0,734	181,361	42%	0,42
7	69	69	0,69	62	67	0,65	2,84	1,002	193,38	0,453	192,960	45%	0,45
8	46	57	0,52	68	65	0,67	4,09	1,155	244	0,569	211,201	49%	0,49
9	65	71	0,68	76	69	0,73	4,35	1,700	188,78	0,438	111,033	26%	0,26
10	51	58	0,55	57	64	0,61	4,07	1,078	182,89	0,431	169,625	40%	0,40
11	55	51	0,53	50	56	0,53	4,02	0,887	117,54	0,28	132,531	32%	0,32
12	75	72	0,74	68	84	0,76	3,82	1,688	98,1	0,237	58,119	14%	0,14
13	70	72	0,71	75	78	0,77	4,43	1,908	188,99	0,444	99,030	23%	0,23
14	63	67	0,65	71	67	0,69	3,28	1,157	227,49	0,546	196,545	47%	0,47
15	63	72	0,68	73	84	0,79	3,04	1,297	206,42	0,501	159,143	39%	0,39
16	68	65	0,67	75	83	0,79	3,18	1,340	161,53	0,388	120,550	29%	0,29
17	74	84	0,79	82	91	0,87	4,03	2,186	276,78	0,652	126,642	30%	0,30
18	60	69	0,65	77	62	0,7	3,69	1,322	214,64	0,502	162,327	38%	0,38
19	44	46	0,45	53	61	0,57	4,14	0,857	170,91	0,399	199,327	47%	0,47
20	44	49	0,47	51	59	0,55	5,01	1,030	139,23	0,327	135,208	32%	0,32
21	45	51	0,48	52	61	0,57	4,7	1,025	108,93	0,255	106,283	25%	0,25
22	72	71	0,72	80	79	0,8	4,01	1,824	241,14	0,563	132,192	31%	0,31
23	68	75	0,72	82	81	0,82	5,24	2,450	424,2	1,003	173,117	41%	0,41
24	55	58	0,57	57	56	0,57	2,76	0,704	89,42	0,208	126,966	30%	0,30

Código troza	Diámetro						Longitud (m)	Volumen (m³) total-rollizo	Volumen total aserrado (pt)	Volumen total aserrado (m3)	Rendimiento pt/m3	Rendimiento total (%)	Factor de rendimiento total
	d1	d2	Promedio	d1	d2	Promedio							
25	58	61	0,6	60	65	0,63	4,35	1,293	193,53	0,462	149,679	36%	0,36
26	79	83	0,81	90	82	0,86	4,17	2,286	502,33	1,167	219,787	51%	0,51
27	54	51	0,53	60	53	0,57	3,19	0,759	122,57	0,292	161,512	38%	0,38
28	57	53	0,55	48	44	0,46	2,83	0,571	56,55	0,13	98,978	23%	0,23
29	50	40	0,45	47	47	0,47	3,18	0,529	58,45	0,135	110,547	26%	0,26
30	56	71	0,64	64	59	0,62	3,06	0,954	114,46	0,267	119,964	28%	0,28
31	58	64	0,61	58	64	0,61	3,73	1,090	193,78	0,454	177,767	42%	0,42
32	64	57	0,61	58	70	0,64	3,71	1,139	215,75	0,503	189,442	44%	0,44
33	77	69	0,73	80	82	0,81	3,4	1,588	293,25	0,698	184,721	44%	0,44
34	57	58	0,58	60	55	0,58	3,72	0,983	163,91	0,388	166,770	39%	0,39
35	59	58	0,59	60	62	0,61	3,75	1,061	203,83	0,48	192,187	45%	0,45
36	62	59	0,61	62	60	0,61	3,53	1,032	213,13	0,504	206,595	49%	0,49
37	66	63	0,65	70	73	0,72	3,1	1,145	162,06	0,384	141,485	34%	0,34
38	49	50	0,5	52	50	0,51	3,2	0,641	53,4	0,121	83,306	19%	0,19
39	60	61	0,61	60	63	0,62	3,21	0,954	104,78	0,25	109,876	26%	0,26
40	44	42	0,43	43	45	0,44	4,07	0,605	68,14	0,161	112,637	27%	0,27
41	43	47	0,45	45	40	0,43	3,8	0,578	61,35	0,148	106,123	26%	0,26
42	62	63	0,63	70	64	0,67	2,93	0,973	85,75	0,206	88,113	21%	0,21
43	50	55	0,53	51	56	0,54	3,47	0,780	78,74	0,186	100,932	24%	0,24
44	44	40	0,42	42	46	0,44	3,2	0,465	58,81	0,144	126,485	31%	0,31
45	38	39	0,39	44	41	0,43	4,68	0,619	49,94	0,119	80,633	19%	0,19
46	37	35	0,36	38	40	0,39	3,71	0,410	21,29	0,05	51,875	12%	0,12
47	43	47	0,45	51	46	0,49	3,16	0,549	44,73	0,109	81,441	20%	0,20
48	42	43	0,43	42	46	0,44	4,06	0,603	76,69	0,18	127,083	30%	0,30
49	47	49	0,48	63	71	0,67	3,72	0,992	53,39	0,13	53,802	13%	0,13

Código troza	Diámetro						Longitud (m)	Volumen (m ³) total-rollizo	Volumen total aserrado (pt)	Volumen total aserrado (m3)	Rendimiento pt/m3	Rendimiento total (%)	Factor de rendimiento total
	d1	d2	Promedio	d1	d2	Promedio							
50	46	47	0,47	47	47	0,47	3,15	0,547	68,11	0,166	124,628	30%	0,30
51	56	49	0,53	52	53	0,53	3,19	0,704	69,17	0,165	98,285	23%	0,23
52	53	54	0,54	53	54	0,54	3,26	0,747	76,95	0,181	103,066	24%	0,24
53	54	56	0,55	58	56	0,57	3,53	0,870	99,66	0,235	114,589	27%	0,27
54	56	49	0,53	54	56	0,55	3,25	0,745	72,94	0,172	97,962	23%	0,23
55	43	34	0,39	37	42	0,4	4,03	0,494	53,95	0,128	109,228	26%	0,26
56	42	40	0,41	46	47	0,47	3,88	0,593	53,32	0,127	89,960	21%	0,21
57	46	46	0,46	47	49	0,48	4,19	0,727	83,04	0,196	114,180	27%	0,27
58	48	48	0,48	51	46	0,49	3,14	0,580	61,19	0,149	105,471	26%	0,26
59	41	47	0,44	46	47	0,47	3,24	0,527	31,43	0,077	59,596	15%	0,15
60	45	47	0,46	47	49	0,48	3,16	0,548	66,01	0,157	120,348	29%	0,29

Código troza	Diámetro						Longitud (m)	Volumen (m³) decking o comercial	Rendimiento decking o comercial (%)	Volumen (m³) larga angosta	Rendimiento larga angosta (%)	Volumen (m³) parrilla de cama o madera corta	Rendimiento parrilla de cama o madera corta (%)	Volumen (m³) recuperación (larga angosta y parrilla de cama o madera corta)	Rendimiento recuperación (%)
	d1	d2	Promedio	d1	d2	Promedio									
0	69	71	0,7	65	80	0,73	3,18	0,272	21%	0,016	1%	0,056	4%	0,072	6%
1	65	62	0,64	63	67	0,65	3,4	0,335	30%	0,02	2%	0,103	9%	0,123	11%
2	75	69	0,72	76	72	0,74	3,91	0,422	26%	0,011	1%	0,104	6%	0,115	7%
3	67	69	0,68	68	74	0,71	3,14	0,267	22%	0,031	3%	0,136	11%	0,167	14%
4	88	89	0,89	94	92	0,93	4,2	0,967	35%	0,037	1%	0,215	8%	0,252	9%
5	76	85	0,81	87	90	0,89	3,05	0,511	29%	0,066	4%	0,157	9%	0,223	13%
7	69	69	0,69	62	67	0,65	2,84	0,27	27%	0,039	4%	0,144	14%	0,183	18%
8	46	57	0,52	68	65	0,67	4,09	0,365	32%	0,034	3%	0,17	15%	0,204	18%
9	65	71	0,68	76	69	0,73	4,35	0,238	14%	0,036	2%	0,164	10%	0,2	12%
10	51	58	0,55	57	64	0,61	4,07	0,241	22%	0,019	2%	0,171	16%	0,19	18%
11	55	51	0,53	50	56	0,53	4,02	0,184	21%	0	0%	0,096	11%	0,096	11%
12	75	72	0,74	68	84	0,76	3,82	0,141	8%	0	0%	0,096	6%	0,096	6%
13	70	72	0,71	75	78	0,77	4,43	0,278	15%	0,022	1%	0,144	8%	0,166	9%
14	63	67	0,65	71	67	0,69	3,28	0,432	37%	0,013	1%	0,101	9%	0,114	10%
15	63	72	0,68	73	84	0,79	3,04	0,411	32%	0,013	1%	0,077	6%	0,09	7%
16	68	65	0,67	75	83	0,79	3,18	0,245	18%	0,019	1%	0,124	9%	0,143	11%
17	74	84	0,79	82	91	0,87	4,03	0,499	23%	0,014	1%	0,139	6%	0,153	7%
18	60	69	0,65	77	62	0,7	3,69	0,225	17%	0,033	2%	0,244	18%	0,277	21%
19	44	46	0,45	53	61	0,57	4,14	0,193	23%	0,015	2%	0,191	22%	0,206	24%
20	44	49	0,47	51	59	0,55	5,01	0,093	9%	0,022	2%	0,212	21%	0,234	23%
21	45	51	0,48	52	61	0,57	4,7	0,11	11%	0,01	1%	0,135	13%	0,145	14%
22	72	71	0,72	80	79	0,8	4,01	0,214	12%	0,022	1%	0,327	18%	0,349	19%

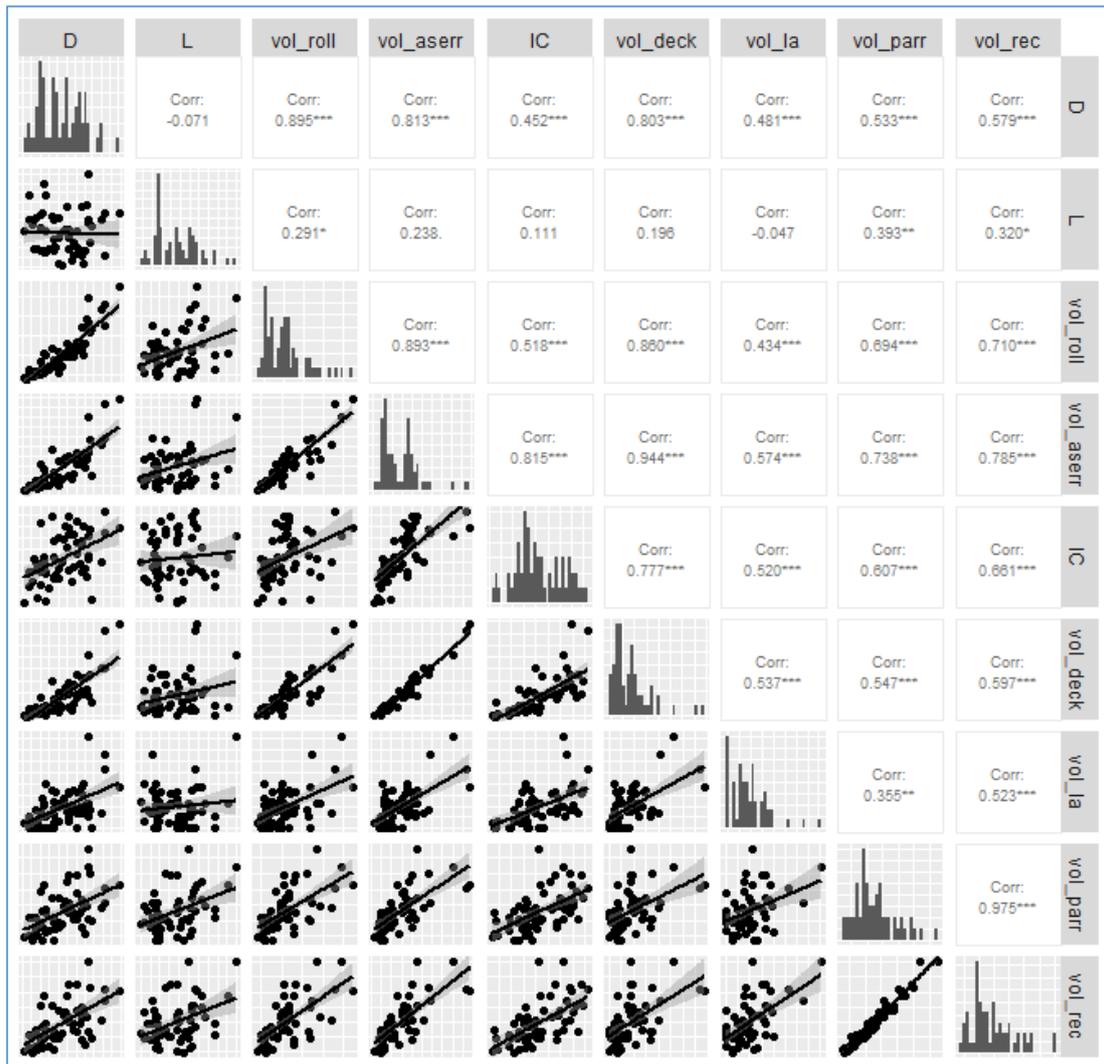
Código troza	Diámetro						Longitud (m)	Volumen (m ³) decking o comercial	Rendimiento decking o comercial (%)	Volumen (m ³) larga angosta	Rendimiento larga angosta (%)	Volumen (m ³) parrilla de cama o madera corta	Rendimiento parrilla de cama o madera corta (%)	Volumen (m ³) recuperación (larga angosta y parrilla de cama o madera corta)	Rendimiento recuperación (%)
	d1	d2	Promedio	d1	d2	Promedio									
23	68	75	0,72	82	81	0,82	5,24	0,653	27%	0,081	3%	0,269	11%	0,35	14%
24	55	58	0,57	57	56	0,57	2,76	0,097	14%	0,023	3%	0,088	12%	0,111	16%
25	58	61	0,6	60	65	0,63	4,35	0,225	17%	0,015	1%	0,222	17%	0,237	18%
26	79	83	0,81	90	82	0,86	4,17	0,91	40%	0,053	2%	0,204	9%	0,257	11%
27	54	51	0,53	60	53	0,57	3,19	0,18	24%	0,018	2%	0,094	12%	0,112	15%
28	57	53	0,55	48	44	0,46	2,83	0,033	6%	0,006	1%	0,091	16%	0,097	17%
29	50	40	0,45	47	47	0,47	3,18	0,033	6%	0,011	2%	0,091	17%	0,102	19%
30	56	71	0,64	64	59	0,62	3,06	0,125	13%	0,034	4%	0,108	11%	0,142	15%
31	58	64	0,61	58	64	0,61	3,73	0,307	28%	0,01	1%	0,137	13%	0,147	13%
32	64	57	0,61	58	70	0,64	3,71	0,348	31%	0,032	3%	0,123	11%	0,155	14%
33	77	69	0,73	80	82	0,81	3,4	0,433	27%	0,016	1%	0,249	16%	0,265	17%
34	57	58	0,58	60	55	0,58	3,72	0,218	22%	0,026	3%	0,144	15%	0,17	17%
35	59	58	0,59	60	62	0,61	3,75	0,298	28%	0,021	2%	0,161	15%	0,182	17%
36	62	59	0,61	62	60	0,61	3,53	0,228	22%	0,031	3%	0,245	24%	0,276	27%
37	66	63	0,65	70	73	0,72	3,1	0,196	17%		0%	0,188	16%	0,188	16%
38	49	50	0,5	52	50	0,51	3,2	0,055	9%		0%	0,066	10%	0,066	10%
39	60	61	0,61	60	63	0,62	3,21	0,086	9%	0,007	1%	0,157	16%	0,164	17%
40	44	42	0,43	43	45	0,44	4,07	0,095	16%		0%	0,066	11%	0,066	11%
41	43	47	0,45	45	40	0,43	3,8	0,062	11%	0,011	2%	0,075	13%	0,086	15%
42	62	63	0,63	70	64	0,67	2,93	0,061	6%	0,017	2%	0,128	13%	0,145	15%
43	50	55	0,53	51	56	0,54	3,47	0,088	11%	0,005	1%	0,093	12%	0,098	13%
44	44	40	0,42	42	46	0,44	3,2	0,036	8%		0%	0,108	23%	0,108	23%
45	38	39	0,39	44	41	0,43	4,68	0,011	2%		0%	0,108	17%	0,108	17%

Código troza	Diámetro						Longitud (m)	Volumen (m ³) decking o comercial	Rendimiento decking o comercial (%)	Volumen (m ³) larga angosta	Rendimiento larga angosta (%)	Volumen (m ³) parrilla de cama o madera corta	Rendimiento parrilla de cama o madera corta (%)	Volumen (m ³) recuperación (larga angosta y parrilla de cama o madera corta)	
	d1	d2	Promedio	d1	d2	Promedio								Volumen (m ³) recuperación (larga angosta y parrilla de cama o madera corta)	Rendimiento recuperación (%)
46	37	35	0,36	38	40	0,39	3,71	0	0%	0,005	1%	0,045	11%	0,05	12%
47	43	47	0,45	51	46	0,49	3,16	0,016	3%		0%	0,093	17%	0,093	17%
48	42	43	0,43	42	46	0,44	4,06	0,058	10%	0,016	3%	0,106	18%	0,122	20%
49	47	49	0,48	63	71	0,67	3,72	0,008	1%		0%	0,122	12%	0,122	12%
50	46	47	0,47	47	47	0,47	3,15	0,073	13%	0,021	4%	0,072	13%	0,093	17%
51	56	49	0,53	52	53	0,53	3,19	0,051	7%	0,012	2%	0,102	14%	0,114	16%
52	53	54	0,54	53	54	0,54	3,26	0,074	10%	0,033	4%	0,074	10%	0,107	14%
53	54	56	0,55	58	56	0,57	3,53	0,136	16%	0,022	3%	0,077	9%	0,099	11%
54	56	49	0,53	54	56	0,55	3,25	0,115	15%	0,024	3%	0,033	4%	0,057	8%
55	43	34	0,39	37	42	0,4	4,03	0,068	14%	0,01	2%	0,05	10%	0,06	12%
56	42	40	0,41	46	47	0,47	3,88	0,084	14%	0,006	1%	0,037	6%	0,043	7%
57	46	46	0,46	47	49	0,48	4,19	0,065	9%		0%	0,131	18%	0,131	18%
58	48	48	0,48	51	46	0,49	3,14	0,05	9%	0,04	7%	0,059	10%	0,099	17%
59	41	47	0,44	46	47	0,47	3,24	0,021	4%	0,006	1%	0,05	9%	0,056	11%
60	45	47	0,46	47	49	0,48	3,16	0,096	18%	0,026	5%	0,035	6%	0,061	11%

Anexo 6: Registro de datos del pre-muestreo en 30 trozas

N°	Diámetro						Longitud (m)	Volumen (m ³)
	Diámetro menor (cm)		Diámetro promedio menor (cm)	Diámetro mayor (cm)		Diámetro promedio mayor (cm)		
	d1	d2		d1	d2			
1	55	58	56,5	57	58	57,5	4,27	1,090
2	49	57	53,0	51	60	55,5	3,38	0,782
3	88	75	81,5	82	81	81,5	3,15	1,643
4	78	80	79,0	82	83	82,5	3,49	1,788
5	45	47	46,0	44	49	46,5	3,74	0,628
6	45	49	47,0	54	58	56,0	3,43	0,720
7	47	49	48,0	53	54	53,5	4,35	0,883
8	69	71	70,0	65	80	72,5	3,18	1,268
9	64	68	66,0	76	76	76,0	3,03	1,206
10	60	55	57,5	59	68	63,5	3,03	0,873
11	52	52	52,0	53	58	55,5	4,08	0,927
12	51	59	55,0	55	56	55,5	4,22	1,012
13	75	68	71,5	76	71	73,5	3,91	1,614
14	65	62	63,5	63	68	65,5	3,4	1,111
15	67	69	68,0	68	74	71,0	3,14	1,192
16	67	68	67,5	65	75	70,0	4,01	1,489
17	65	77	71,0	77	82	79,5	4,43	1,976
18	80	67	73,5	80	75	77,5	4,35	1,949
19	88	70	79,0	75	86	80,5	4,35	2,173
20	88	89	88,5	94	92	93,0	4,2	2,718
21	76	85	80,5	87	90	88,5	3,05	1,714
22	63	72	67,5	73	81	77,0	3,11	1,281
23	62	67	64,5	69	69	69,0	2,84	0,995
24	84	86	85,0	85	96	90,5	3,71	2,246
25	69	58	63,5	67	68	67,5	2,56	0,863
26	53	78	65,5	60	74	67,0	2,64	0,910
27	68	64	66,0	73	75	74,0	3,81	1,471
28	74	72	73,0	76	77	76,5	4,45	1,954
29	68	81	74,5	84	80	82,0	3,7	1,783
30	64	71	67,5	80	77	78,5	4,39	1,848

Anexo 7: Análisis de correlación entre variables



Anexo 8: Análisis de varianza del modelo de volumen total aserrado con todas las variables predictoras

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	sig
(Intercept)	-1.126822	0.208294	-5.41	2.7897E-06	***
D	1.584866	0.244909	6.471	8.33E-08	***
L	0.16798	0.034709	4.84	1.7889E-05	***
Forma2	-0.037341	0.11127	-0.336	0.739	
Forma3	-0.015464	0.121303	-0.127	0.899	
Conicidad2	0.074398	0.057314	1.298	0.201	
Rectitud2	-0.01989	0.04275	-0.465	0.644	
Rectitud3	-0.128444	0.089023	-1.443	0.156	
Hueco2	-0.032512	0.061746	-0.527	0.601	
Hueco3	-0.002656	0.081014	-0.033	0.974	
Rajadura2	0.040005	0.082199	0.487	0.629	
Rajadura3	0.174727	0.108487	1.611	0.115	
Grieta2	-0.015162	0.045182	-0.336	0.739	
Grieta3	-0.090663	0.086721	-1.045	0.302	
Abultamiento2	0.011416	0.074642	0.153	0.879	
`Ataque de insectos`2	0.033419	0.091244	0.366	0.716	
`Mancha y/o pudrición`3	-0.053686	0.070166	-0.765	0.448	
Calidad3	0.031038	0.084246	0.368	0.714	

Anexo 9: Análisis de varianza del modelo de volumen decking con todas las variables predictoras

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	sig
(Intercept)	-0.944821	0.183602	-5.146	6.618E-06	***
D	1.298328	0.215876	6.014	3.79E-07	***
L	0.113397	0.030595	3.706	0.000609	***
Forma2	0.017869	0.098079	0.182	0.856307	
Forma3	0.029975	0.106923	0.28	0.78059	
Conicidad2	0.052322	0.050519	1.036	0.306275	
Rectitud2	-0.018484	0.037683	-0.491	0.626329	
Rectitud3	-0.145558	0.07847	-1.855	0.070632	.
Hueco2	-0.032272	0.054426	-0.593	0.556398	
Hueco3	-0.015502	0.07141	-0.217	0.829197	
Rajadura2	-0.028511	0.072455	-0.394	0.695938	
Rajadura3	0.205418	0.095627	2.148	0.037518	*
Grieta2	-0.003379	0.039826	-0.085	0.932784	
Grieta3	-0.101631	0.076441	-1.33	0.190845	
Abultamiento2	-0.021749	0.065794	-0.331	0.742619	
`Ataque de insectos`2	0.052853	0.080427	0.657	0.51467	
`Mancha y/o pudrición`3	-0.022795	0.061848	-0.369	0.714309	
Calidad3	0.019126	0.074259	0.258	0.798004	

Anexo 10: Modelos de ecuación en la estimación del volumen total aserrado y volumen decking

Mod. 1: volumen total aserrado

$$= -1.1372 + 1.5605 * D + 0.15646 * L + 0.08252 * Conicidad2 + 0.09208 * Rajadura2 + 0.13171 * Rajadura3$$

Mod. 2: volumen total aserrado

$$= -1.1518 + 1.65909 * D + 0.15115 * L$$

Mod. 3: volumen decking

$$= -0.924099 + 1.236774 * D + 0.116950 * L + 0.057988 * Conicidad2 - 0.009433 * Rectitud2 - 0.103120 * Rectitud3 - 0.006412 * Rajadura2 + 0.181264 * Rajadura3$$

Mod. 4: vol decking

$$= -0.90488 + 1.31580 * D + 0.09774 * L$$

Anexo 11: Tabla de rendimiento del volumen aserrado con variables predictoras categóricas

Diámetro (m)	Longitud (m)																			
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
0.460	0.066	0.081	0.097	0.113	0.128	0.144	0.160	0.175	0.191	0.206	0.222	0.238	0.253	0.269	0.285	0.300	0.316	0.332	0.347	0.363
0.485	0.105	0.120	0.136	0.152	0.167	0.183	0.199	0.214	0.230	0.245	0.261	0.277	0.292	0.308	0.324	0.339	0.355	0.371	0.386	0.402
0.510	0.144	0.159	0.175	0.191	0.206	0.222	0.238	0.253	0.269	0.284	0.300	0.316	0.331	0.347	0.363	0.378	0.394	0.410	0.425	0.441
0.535	0.183	0.198	0.214	0.230	0.245	0.261	0.277	0.292	0.308	0.324	0.339	0.355	0.370	0.386	0.402	0.417	0.433	0.449	0.464	0.480
0.560	0.222	0.237	0.253	0.269	0.284	0.300	0.316	0.331	0.347	0.363	0.378	0.394	0.409	0.425	0.441	0.456	0.472	0.488	0.503	0.519
0.585	0.261	0.276	0.292	0.308	0.323	0.339	0.355	0.370	0.386	0.402	0.417	0.433	0.448	0.464	0.480	0.495	0.511	0.527	0.542	0.558
0.610	0.300	0.315	0.331	0.347	0.362	0.378	0.394	0.409	0.425	0.441	0.456	0.472	0.487	0.503	0.519	0.534	0.550	0.566	0.581	0.597
0.635	0.339	0.354	0.370	0.386	0.401	0.417	0.433	0.448	0.464	0.480	0.495	0.511	0.526	0.542	0.558	0.573	0.589	0.605	0.620	0.636
0.660	0.378	0.393	0.409	0.425	0.440	0.456	0.472	0.487	0.503	0.519	0.534	0.550	0.566	0.581	0.597	0.612	0.628	0.644	0.659	0.675
0.685	0.417	0.432	0.448	0.464	0.479	0.495	0.511	0.526	0.542	0.558	0.573	0.589	0.605	0.620	0.636	0.651	0.667	0.683	0.698	0.714
0.710	0.456	0.471	0.487	0.503	0.518	0.534	0.550	0.565	0.581	0.597	0.612	0.628	0.644	0.659	0.675	0.690	0.706	0.722	0.737	0.753
0.735	0.495	0.510	0.526	0.542	0.557	0.573	0.589	0.604	0.620	0.636	0.651	0.667	0.683	0.698	0.714	0.729	0.745	0.761	0.776	0.792
0.760	0.534	0.549	0.565	0.581	0.596	0.612	0.628	0.643	0.659	0.675	0.690	0.706	0.722	0.737	0.753	0.768	0.784	0.800	0.815	0.831
0.785	0.573	0.588	0.604	0.620	0.635	0.651	0.667	0.682	0.698	0.714	0.729	0.745	0.761	0.776	0.792	0.808	0.823	0.839	0.854	0.870
0.810	0.612	0.627	0.643	0.659	0.674	0.690	0.706	0.721	0.737	0.753	0.768	0.784	0.800	0.815	0.831	0.847	0.862	0.878	0.893	0.909
0.835	0.651	0.666	0.682	0.698	0.713	0.729	0.745	0.760	0.776	0.792	0.807	0.823	0.839	0.854	0.870	0.886	0.901	0.917	0.932	0.948
0.860	0.690	0.706	0.721	0.737	0.752	0.768	0.784	0.799	0.815	0.831	0.846	0.862	0.878	0.893	0.909	0.925	0.940	0.956	0.971	0.987

Esta tabla está diseñada para estimar el volumen aserrado a partir de diámetro, longitud de troza, conicidad tipo 1 y rajadura tipo 1. En caso la troza tenga conicidad tipo 2 se deberá sumar 0.08252 m^3 , en caso tenga rajadura tipo 2 o 3, se deberá sumar 0.09208 o 0.13171 m^3 , respectivamente.

Al interpretar la tabla, si el resto de variables no varía: Por cada 1 cm que aumenta el diámetro el volumen aserrado aumenta en 0.0156 m^3 . Por cada 1 m que aumenta la longitud el volumen aserrado aumenta en 0.15646 m^3 . Las trozas con conicidad 2 tienen en promedio 0.08252 m^3 más que los de conicidad 1. Las trozas con rajadura 2 tienen en promedio 0.09208 m^3 más que los de rajadura 1. Las trozas con rajadura 3 tienen en promedio 0.13171 m^3 más que los de rajadura 1.

Anexo 12: Tabla de rendimiento de volumen aserrado con variables predictoras diámetro y longitud

Diámetro (m) \ Longitud (m)	Longitud (m)																			
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
0.460	0.080	0.095	0.110	0.125	0.140	0.156	0.171	0.186	0.201	0.216	0.231	0.246	0.261	0.276	0.292	0.307	0.322	0.337	0.352	0.367
0.485	0.121	0.137	0.152	0.167	0.182	0.197	0.212	0.227	0.242	0.257	0.273	0.288	0.303	0.318	0.333	0.348	0.363	0.378	0.393	0.409
0.510	0.163	0.178	0.193	0.208	0.223	0.238	0.254	0.269	0.284	0.299	0.314	0.329	0.344	0.359	0.375	0.390	0.405	0.420	0.435	0.450
0.535	0.204	0.219	0.235	0.250	0.265	0.280	0.295	0.310	0.325	0.340	0.356	0.371	0.386	0.401	0.416	0.431	0.446	0.461	0.476	0.492
0.560	0.246	0.261	0.276	0.291	0.306	0.321	0.337	0.352	0.367	0.382	0.397	0.412	0.427	0.442	0.457	0.473	0.488	0.503	0.518	0.533
0.585	0.287	0.302	0.318	0.333	0.348	0.363	0.378	0.393	0.408	0.423	0.438	0.454	0.469	0.484	0.499	0.514	0.529	0.544	0.559	0.575
0.610	0.329	0.344	0.359	0.374	0.389	0.404	0.419	0.435	0.450	0.465	0.480	0.495	0.510	0.525	0.540	0.556	0.571	0.586	0.601	0.616
0.635	0.370	0.385	0.401	0.416	0.431	0.446	0.461	0.476	0.491	0.506	0.521	0.537	0.552	0.567	0.582	0.597	0.612	0.627	0.642	0.657
0.660	0.412	0.427	0.442	0.457	0.472	0.487	0.502	0.518	0.533	0.548	0.563	0.578	0.593	0.608	0.623	0.638	0.654	0.669	0.684	0.699
0.685	0.453	0.468	0.483	0.499	0.514	0.529	0.544	0.559	0.574	0.589	0.604	0.620	0.635	0.650	0.665	0.680	0.695	0.710	0.725	0.740
0.710	0.495	0.510	0.525	0.540	0.555	0.570	0.585	0.601	0.616	0.631	0.646	0.661	0.676	0.691	0.706	0.721	0.737	0.752	0.767	0.782
0.735	0.536	0.551	0.566	0.582	0.597	0.612	0.627	0.642	0.657	0.672	0.687	0.702	0.718	0.733	0.748	0.763	0.778	0.793	0.808	0.823
0.760	0.578	0.593	0.608	0.623	0.638	0.653	0.668	0.683	0.699	0.714	0.729	0.744	0.759	0.774	0.789	0.804	0.820	0.835	0.850	0.865
0.785	0.619	0.634	0.649	0.664	0.680	0.695	0.710	0.725	0.740	0.755	0.770	0.785	0.801	0.816	0.831	0.846	0.861	0.876	0.891	0.906
0.810	0.661	0.676	0.691	0.706	0.721	0.736	0.751	0.766	0.782	0.797	0.812	0.827	0.842	0.857	0.872	0.887	0.902	0.918	0.933	0.948
0.835	0.702	0.717	0.732	0.747	0.763	0.778	0.793	0.808	0.823	0.838	0.853	0.868	0.883	0.899	0.914	0.929	0.944	0.959	0.974	0.989
0.860	0.744	0.759	0.774	0.789	0.804	0.819	0.834	0.849	0.865	0.880	0.895	0.910	0.925	0.940	0.955	0.970	0.985	1.001	1.016	1.031

Esta tabla está diseñada para estimar el volumen aserrado a partir de diámetro y longitud de troza

Anexo 13: Tabla de rendimiento del volumen decking con variables predictoras categóricas

Longitud (m) Diámetro (m)																				
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
0.460	0.007	0.019	0.031	0.042	0.054	0.066	0.078	0.089	0.101	0.113	0.124	0.136	0.148	0.159	0.171	0.183	0.194	0.206	0.218	0.230
0.485	0.038	0.050	0.062	0.073	0.085	0.097	0.108	0.120	0.132	0.144	0.155	0.167	0.179	0.190	0.202	0.214	0.225	0.237	0.249	0.260
0.510	0.069	0.081	0.093	0.104	0.116	0.128	0.139	0.151	0.163	0.174	0.186	0.198	0.210	0.221	0.233	0.245	0.256	0.268	0.280	0.291
0.535	0.100	0.112	0.124	0.135	0.147	0.159	0.170	0.182	0.194	0.205	0.217	0.229	0.240	0.252	0.264	0.276	0.287	0.299	0.311	0.322
0.560	0.131	0.143	0.154	0.166	0.178	0.190	0.201	0.213	0.225	0.236	0.248	0.260	0.271	0.283	0.295	0.306	0.318	0.330	0.342	0.353
0.585	0.162	0.174	0.185	0.197	0.209	0.220	0.232	0.244	0.256	0.267	0.279	0.291	0.302	0.314	0.326	0.337	0.349	0.361	0.372	0.384
0.610	0.193	0.205	0.216	0.228	0.240	0.251	0.263	0.275	0.286	0.298	0.310	0.322	0.333	0.345	0.357	0.368	0.380	0.392	0.403	0.415
0.635	0.224	0.235	0.247	0.259	0.271	0.282	0.294	0.306	0.317	0.329	0.341	0.352	0.364	0.376	0.388	0.399	0.411	0.423	0.434	0.446
0.660	0.255	0.266	0.278	0.290	0.301	0.313	0.325	0.337	0.348	0.360	0.372	0.383	0.395	0.407	0.418	0.430	0.442	0.454	0.465	0.477
0.685	0.286	0.297	0.309	0.321	0.332	0.344	0.356	0.368	0.379	0.391	0.403	0.414	0.426	0.438	0.449	0.461	0.473	0.484	0.496	0.508
0.710	0.317	0.328	0.340	0.352	0.363	0.375	0.387	0.398	0.410	0.422	0.434	0.445	0.457	0.469	0.480	0.492	0.504	0.515	0.527	0.539
0.735	0.347	0.359	0.371	0.383	0.394	0.406	0.418	0.429	0.441	0.453	0.464	0.476	0.488	0.500	0.511	0.523	0.535	0.546	0.558	0.570
0.760	0.378	0.390	0.402	0.413	0.425	0.437	0.449	0.460	0.472	0.484	0.495	0.507	0.519	0.530	0.542	0.554	0.566	0.577	0.589	0.601
0.785	0.409	0.421	0.433	0.444	0.456	0.468	0.479	0.491	0.503	0.515	0.526	0.538	0.550	0.561	0.573	0.585	0.596	0.608	0.620	0.632
0.810	0.440	0.452	0.464	0.475	0.487	0.499	0.510	0.522	0.534	0.545	0.557	0.569	0.581	0.592	0.604	0.616	0.627	0.639	0.651	0.662
0.835	0.471	0.483	0.495	0.506	0.518	0.530	0.541	0.553	0.565	0.576	0.588	0.600	0.611	0.623	0.635	0.647	0.658	0.670	0.682	0.693
0.860	0.502	0.514	0.525	0.537	0.549	0.561	0.572	0.584	0.596	0.607	0.619	0.631	0.642	0.654	0.666	0.677	0.689	0.701	0.713	0.724

Esta tabla está diseñada para estimar el volumen decking a partir de diámetro, longitud de troza, conicidad tipo 1 y rajadura tipo 1. En caso la troza tenga conicidad tipo 2 se deberá sumar 0.057988 m^3 , en caso tenga rectitud tipo 2 o 3, se deberá restar 0.009433 o 0.10312 m^3 , respectivamente; mientras que si tiene rajadura tipo 2 o 3 se deberá sumar 0.006412 o 0.181264 m^3 respectivamente.

Anexo 14: Tabla de rendimiento del volumen decking con variables predictoras diámetro y longitud

Longitud (m) Diámetro (m)	Longitud (m)																			
	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	5.0
0.460	0.003	0.013	0.023	0.033	0.042	0.052	0.062	0.072	0.082	0.091	0.101	0.111	0.121	0.130	0.140	0.150	0.160	0.170	0.179	0.189
0.485	0.036	0.046	0.056	0.066	0.075	0.085	0.095	0.105	0.114	0.124	0.134	0.144	0.154	0.163	0.173	0.183	0.193	0.202	0.212	0.222
0.510	0.069	0.079	0.089	0.098	0.108	0.118	0.128	0.138	0.147	0.157	0.167	0.177	0.186	0.196	0.206	0.216	0.226	0.235	0.245	0.255
0.535	0.102	0.112	0.122	0.131	0.141	0.151	0.161	0.170	0.180	0.190	0.200	0.210	0.219	0.229	0.239	0.249	0.258	0.268	0.278	0.288
0.560	0.135	0.145	0.155	0.164	0.174	0.184	0.194	0.203	0.213	0.223	0.233	0.242	0.252	0.262	0.272	0.282	0.291	0.301	0.311	0.321
0.585	0.168	0.178	0.187	0.197	0.207	0.217	0.227	0.236	0.246	0.256	0.266	0.275	0.285	0.295	0.305	0.314	0.324	0.334	0.344	0.354
0.610	0.201	0.211	0.220	0.230	0.240	0.250	0.259	0.269	0.279	0.289	0.298	0.308	0.318	0.328	0.338	0.347	0.357	0.367	0.377	0.386
0.635	0.234	0.243	0.253	0.263	0.273	0.283	0.292	0.302	0.312	0.322	0.331	0.341	0.351	0.361	0.370	0.380	0.390	0.400	0.410	0.419
0.660	0.267	0.276	0.286	0.296	0.306	0.315	0.325	0.335	0.345	0.355	0.364	0.374	0.384	0.394	0.403	0.413	0.423	0.433	0.442	0.452
0.685	0.299	0.309	0.319	0.329	0.339	0.348	0.358	0.368	0.378	0.387	0.397	0.407	0.417	0.426	0.436	0.446	0.456	0.466	0.475	0.485
0.710	0.332	0.342	0.352	0.362	0.371	0.381	0.391	0.401	0.411	0.420	0.430	0.440	0.450	0.459	0.469	0.479	0.489	0.498	0.508	0.518
0.735	0.365	0.375	0.385	0.395	0.404	0.414	0.424	0.434	0.443	0.453	0.463	0.473	0.483	0.492	0.502	0.512	0.522	0.531	0.541	0.551
0.760	0.398	0.408	0.418	0.427	0.437	0.447	0.457	0.467	0.476	0.486	0.496	0.506	0.515	0.525	0.535	0.545	0.555	0.564	0.574	0.584
0.785	0.431	0.441	0.451	0.460	0.470	0.480	0.490	0.499	0.509	0.519	0.529	0.539	0.548	0.558	0.568	0.578	0.587	0.597	0.607	0.617
0.810	0.464	0.474	0.483	0.493	0.503	0.513	0.523	0.532	0.542	0.552	0.562	0.571	0.581	0.591	0.601	0.611	0.620	0.630	0.640	0.650
0.835	0.497	0.507	0.516	0.526	0.536	0.546	0.555	0.565	0.575	0.585	0.595	0.604	0.614	0.624	0.634	0.643	0.653	0.663	0.673	0.683
0.860	0.530	0.539	0.549	0.559	0.569	0.579	0.588	0.598	0.608	0.618	0.627	0.637	0.647	0.657	0.667	0.676	0.686	0.696	0.706	0.715

Esta tabla está diseñada para estimar el volumen decking a partir de diámetro y longitud de troza