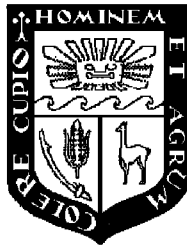


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

Facultad de Ciencias Forestales



**Analisis del rendimiento de la madera
de Copaiba (*Copaifera officinalis*) en las
operaciones de aserrío en la zona de
Pucallpa**

Tesis para optar el Título de
INGENIERO FORESTAL

Guillermo Humberto Riva Reyes

Lima – Perú
2007

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para calificar la sustentación del Trabajo de Tesis, presentado por el ex-alumno de la Facultad de Ciencias Forestales, Bach. GUILLERMO HUMBERTO RIVA REYES, intitulado “ANALISIS DEL RENDIMIENTO DE LA MADERA DE COPAIBA (COPAIFERA OFFICINALIS) EN LAS OPERACIONES DE ASERRÍO EN LA ZONA DE PUCALLPA”.

Oídas las respuestas a las observaciones formuladas, lo declaramos:

.....

con el calificativo de

En consecuencia queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de INGENIERO FORESTAL.

La Molina, 7 de Diciembre de 2007

.....
Ing. Milo Bozovich Granados
Presidente

.....
Ing. Carlos Chuquicaja Segura
Miembro

.....
Ing. Jose Carlos Cano Delgado
Miembro

.....
Ing. Miguel Melendez Cardenas
Patrocinador

.....

RESUMEN

Se determinó el rendimiento de la madera de Copaiba (*Copaifera officinalis*) con trozas provenientes de las zonas de Tournavista y Neshuya, ambas de fisiografía colinosa. El estudio se realizó en las instalaciones del Aserradero Pezo E.I.R.L, inicialmente con un pre-muestreo de 30 trozas para estimar la variabilidad del volumen rollizo de la muestra, el cual permitió evaluar finalmente 65 trozas. Se midieron en el Sistema Métrico Decimal diámetros, longitud, conicidad y defectos, así como se graficaron los defectos en la cara mas deteriorada. Se empleó la Regla de Sturges para contabilizar el número de piezas obtenidas por troza, los volúmenes de madera comercial y corta; clasificándose en 7 clases diamétricas, longitudinales y de intensidad de defectos respectivamente. Midiéndose análisis de: Correlación entre el rendimiento y los diferentes parámetros evaluados (diámetro, longitud, conicidad y numero de piezas aserradas de 4'' de espesor por clase diamétrica), regresión entre los parámetros estadísticamente significativos, Correspondencia para hallar una relación entre los defectos mas frecuentes de la especie (rajaduras y acebolladuras) y el rendimiento y la comparación entre el resultado real obtenido vs lo indicado por la tabla Doyle. Se obtuvieron rendimientos de 48.18% en madera comercial que resultan menores al rendimiento establecido de 52% y de 10.45% en madera corta, alcanzando un rendimiento global de 58.63%. el análisis estadístico revela una relación valida pero inconsistente entre el rendimiento y la conicidad, caso contrario con respecto al rendimiento en aserrío y el número de piezas aserradas de 4'' de espesor por clase diamétrica. En el análisis de correspondencia destacan las rajaduras y las acebolladuras como los defectos mas característicos de la Copaiba; los cuales cuando se manifiestan en mayores longitudes y anchos generan rendimientos mucho menores. En la comparación del volumen real con el de la regla Doyle, esta es valida para diámetros de 21 a 31 pulgadas.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN.....	V
ÍNDICE.....	VI
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	2
2.1.1 <i>localización</i>	2
2.1.2 <i>clima</i>	2
2.1.3 <i>FISIOGRAFIA</i>	3
2.1.4 <i>hidrografía</i>	4
2.1.5 <i>ECOLOGIA</i>	4
2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE COPAIBA.....	5
2.2.1 <i>NOMBRE Y FAMILIA</i>	5
2.2.2 <i>DISTRIBUCION GEOGRAFICA:</i>	5
2.2.3 <i>CARACTERÍSTICAS del Árbol:</i>	6
2.2.4 <i>CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA EN TROZA Y ASERRADA</i>	6
2.2.5 <i>CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS</i>	7
2.2.6 <i>RECOMENDACIONES TÉCNICAS</i>	7
2.2.7 <i>usos</i>	7
2.3 ESTUDIOS SOBRE TRANSFORMACION MECANICA DE LA COPAIBA.....	8
2.4 RENDIMIENTO.....	9
2.5 FORMULA DOYLE.....	9
2.6 FACTORES DE CONVERSION DETERMINADOS EN EL PAIS.....	11
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 LUGAR DE EJECUCION.....	13
3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	13
3.2.1 <i>Materiales</i>	13
3.2.2 <i>Equipos</i>	13
3.3 METODOLOGIA.....	15
3.3.1 <i>ESTIMACION DEL NUMERO MINIMO DE REPETICIONES</i>	15
3.3.2 <i>Selección de la Materia prima</i>	17
3.3.3 <i>REGISTRO DE INFORMACION PARA EL ESTUDIO DE RENDIMIENTO</i>	17
3.3.4 <i>CUBICACION de LA MADERA rolliza Y ASERRADA</i>	18
3.3.5 <i>DETERMINACION del rendimiento</i>	19
3.3.6 <i>EVALUACION DE DEFECTOS EN LAS TROZAS</i>	19
3.3.7 <i>ANALISIS ESTADÍSTICO DEL RENDIMIENTO</i>	20
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 CARACTERIZACION DE LAS TROZAS DE COPAIBA.....	23
4.1.1 <i>procedencia</i>	23
4.1.2 <i>parametros evaluados</i>	23
4.1.3 <i>AGRUPAMIENTO DIAMETRICO Y LONGITUDINAL</i>	24
4.1.4 <i>Defectos MAS FRECUENTES</i>	25
4.2 ESTUDIO DEL RENDIMIENTO DE LAS TROZAS DE COPAIBA.....	27

4.2.1	<i>RENDIMIENTO EN MADERA ASERRADA COMERCIAL</i>	27
4.2.2	<i>RENDIMIENTO EN MADERA ASERRADA CORTA</i>	28
4.2.3	<i>ANALISIS ESTADISTICO DEL RENDIMIENTO</i>	29
4.2.4	<i>COMPARACION DEL VOLUMEN ASERRADO OBTENIDO CON EL VOLUMEN ESTIMADO POR LA TABLA DOYLE</i>	39
4.2.5	<i>OBSERVACIONES SOBRE EL PERSONAL Y MAQUINARIA DELASERRADERO</i>	40
5.	CONCLUSIONES	41
6.	RECOMENDACIONES	43
	ANEXO 1	47
	F) DISTRIBUCION EN PLANTA DE LA LINEA DE ASERRIO	51
	G) DISTRIBUCION EN PLANTA DE LA LINEA DE PRODUCCION DE PISOS	52
	ANEXO 2	53
	EXPOSICION FOTOGRAFICA DE LOS DEFECTOS COMUNES EN LAS TROZAS DE COPAIBA	53
	ANEXO 3	56
	VARIABLES EVALUADAS EN EL ESTUDIO DE RENDIMIENTO EN ASERRIO CON 65 TROZAS DE COPAIBA	56

Lista de cuadros

	Página
CUADRO 1 . UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA REGIÓN UCAYALI	2
CUADRO 2 . REGISTRO DE VARIABLES PARA 30 TROZAS DE COPAIBA	16
CUADRO 3 . CLASES DIAMÉTRICAS PARA LAS TROZAS DE COPAIBA	17
CUADRO 4 . CLASES LONGITUDINALES PARA LAS TROZAS DE COPAIBA	17
CUADRO 5 . CLASE DIMENSIONAL PARA LAS RAJADURAS EN TROZAS DE COPAIBA	20
CUADRO 6 . CLASE DIMENSIONAL PARA LAS ACEBOLLADURAS EN TROZAS DE COPAIBA	20
CUADRO 8 . DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LAS TROZAS	24
CUADRO 9 . DISTRIBUCIÓN LONGITUDINAL DE LAS TROZAS	25
CUADRO 10 . FRECUENCIA DE RAJADURAS SEGÚN SU TAMAÑO EN TROZAS DE COPAIBA	26
CUADRO 11 . FRECUENCIA DE ACEBOLLADURAS SEGÚN LA LONGITUD	27
CUADRO 12 . PARÁMETROS ESTADÍSTICOS DEL RENDIMIENTO EN MADERA COMERCIAL Y CORTA PARA LAS TROZAS DE COPAIBA	28
CUADRO 13 . RANGOS DEL RENDIMIENTO EN ASERRÍO POR CLASE DIAMÉTRICA PARA LAS TROZAS DE COPAIBA	28
CUADRO 14 . CORRELACIONES ENTRE EL RENDIMIENTO EN ASERRÍO Y LAS VARIABLES EVALUADAS	30
CUADRO 15 . CORRELACIONES ENTRE EL RENDIMIENTO EN ASERRÍO Y EL N° DE PIEZAS ASERRADAS DE 4" DE ESPESOR POR CLASE DIAMÉTRICA	30
CUADRO 16 . ECUACIONES DE REGRESIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO EN ASERRÍO Y LAS VARIABLES EVALUADAS	31
CUADRO 17 . ECUACIONES DE REGRESIÓN DEL RENDIMIENTO EN ASERRÍO CON EL N° DE PIEZAS A ASERRADAS DE 4" DE ESPESOR POR CLASE DIAMÉTRICA	33
CUADRO 18 . RELACIÓN ENTRE LAS RAJADURAS Y EL RENDIMIENTO TOTAL	37
CUADRO 19 . RELACIÓN ENTRE LA CLASE DIAMÉTRICA Y LA LONGITUD DE RAJADURA	37
CUADRO 20 . RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO TOTAL Y LA ABERTURA DE RAJADURA	37
CUADRO 21 . RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO TOTAL Y LA LONGITUD DE RAJADURA	37
CUADRO 22 . RELACIÓN ENTRE LA CLASE DIAMÉTRICA Y LA ABERTURA DE RAJADURA	38
CUADRO 23 . RELACIÓN ENTRE LAS ACEBOLLADURAS Y EL RENDIMIENTO TOTAL	38
CUADRO 24 . RELACIÓN ENTRE LA CLASE DIAMÉTRICA Y LA ABERTURA DE ACEBOLLADURA	38
CUADRO 25 . RELACIÓN ENTRE LA CLASE DIAMÉTRICA Y LA LONGITUD DE ACEBOLLADURA	39
CUADRO 26 . COMPARACIÓN DEL VOLUMEN ASERRADO REAL Y ESTIMADO POR DOYLE	40

Lista de figuras

Página

FIGURA 1	. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO EN MADERA CORTA Y CONICIDAD	31
FIGURA 2	DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO TOTAL Y CONICIDAD.....	32
FIGURA 3	DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO TOTAL Y DIÁMETRO 32	32
FIGURA 4	. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN DEL RENDIMIENTO COMERCIAL CON N° DE PIEZAS DE 4'' DE ESPESOR PARA LA CLASE DIAMÉTRICA IV	34
FIGURA 5	. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN DEL RENDIMIENTO COMERCIAL CON EL NÚMERO DE PIEZAS DE 4'' DE ESPESOR PARA LA CLASE DIAMÉTRICA V	34
FIGURA 6	. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN DEL RENDIMIENTO COMERCIAL CON EL NÚMERO DE PIEZAS DE 4'' DE ESPESOR PARA LA CLASE DIAMÉTRICA VI	35
FIGURA 7	. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN DEL RENDIMIENTO TOTAL CON EL NÚMERO DE PIEZAS DE 4'' DE ESPESOR PARA LA CLASE DIAMÉTRICA III.....	35
FIGURA 8	. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN Y LÍNEA DE REGRESIÓN DEL RENDIMIENTO TOTAL CON EL NÚMERO DE PIEZAS DE 4'' DE ESPESOR PARA LA CLASE DIAMÉTRICA IV.....	36

1. INTRODUCCIÓN

Parte de un manejo adecuado del recurso forestal es la optimización de la materia prima requerida por la industria maderera en sus diferentes etapas, en base al estudio del rendimiento de la madera hasta producto final y del residuo generado en el proceso. En el Perú, los estudios de esta naturaleza se han realizado básicamente para las especies más comerciales como Cedro, Tornillo, Caoba, Cumala. Las otras especies se comercializan ante el uso de la regla Doyle en las transacciones de compra-venta, o bien aplicando volúmenes y porcentajes de conversión empíricos y a menudo erróneos; que junto a la carencia de personal capacitado, maquinaria y equipos de alta tecnología o buena calibración impiden el desarrollo de un producto homogéneo y de buena calidad.

En consecuencia, muchos aserraderos arrastran estas deficiencias y basan sus actividades en el principio “ensayo – error”, pero aún no realizan las investigaciones necesarias para convertir esa experiencia en un conocimiento fundamentado, traducido en una mejora de técnicas, procesos y calidad del producto terminado. La cuantificación de la madera aserrada que se produce y la que se pierde en cada operación permitiría al empresario deducir y corregir posibles fallas técnicas o humanas en las distintas etapas de transformación mecánica.

Los estudios de rendimiento no sólo deben ser tomados en cuenta por los aserraderos que piensan en la exportación; sino por todos aquellos que busquen mejorar su industria, sus productos y sus ingresos. La meta en el Perú es procurar que la industria maderera uniformice procesos y reduzca los tiempos y costos de producción en sus diferentes etapas, para aumentar y mejorar la calidad del producto empleando la cantidad óptima del recurso.

La Copaiba es una especie emblemática de la zona de Pucallpa, no sólo por su abundancia, sino por su versatilidad en diferentes usos; tanto en el aserrío como en la industria del laminado y el contrachapado que, sin embargo, todavía es procesada en niveles básicos, dándole poco valor agregado.

El presente estudio tiene por objetivo analizar el rendimiento en aserrío de las trozas de Copaiba (*Copaifera officinalis*), desagregado en madera comercial y madera corta; así como

establecer la aplicabilidad de la fórmula DOYLE a las trozas evaluadas y relacionar los defectos medibles en las secciones transversales de ellas con los rendimientos obtenidos.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1.1 LOCALIZACION

Según el GOREU (2004) la Región Ucayali, fue creada por Ley N° 24945 del 25 de Noviembre de 1988. Se encuentra ubicada en la parte central oriental del territorio peruano entre las coordenadas señaladas en el Cuadro 1, abarcando la llanura inundable del Río Ucayali, al Este de la Cordillera de los Andes. Ucayali ocupa el quinto lugar a nivel nacional en función a su extensión, teniendo una superficie de 102,410.55 km², equivalente al 7.9% del territorio nacional y al 13.2 % de territorio Amazónico, siendo la segunda región Amazónica más extensa del Perú, después de Loreto. Está conformada por cuatro provincias: Coronel Portillo, Atalaya, Purús y Padre Abad.

Cuadro 1 . Ubicación Geográfica de la Región Ucayali

	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
PUNTO 1	07°20'23"	74°32'05"
PUNTO 2	09°25'09"	70°29'46"
PUNTO 3	11°27'35"	72°34'55"
PUNTO 4	08°40'19"	75°58'08"

Fuente: Vivanco et al. 2002.

2.1.2. CLIMA

Según el GOREU (2004) la Región Ucayali presenta climas variados, predominando el cálido húmedo. La temperatura máxima se presenta entre agosto y octubre, y la mínima en junio, en la que desciende de 31.9 a 20.5 °C en promedio respectivamente. Ucayali tiene una precipitación pluvial promedio anual de 2,344 mm, mientras que en el área de Pucallpa es de 1,752.8 mm, su distribución mensual se puede agrupar de la siguiente manera ciclo lluvioso (febrero – mayo), ciclo seco (junio – agosto), ciclo semi seco (septiembre – noviembre) y ciclo semi lluvioso (diciembre – enero). La humedad relativa es en promedio 82% de febrero a octubre, y 74%

entre junio a agosto; y la velocidad promedio de los vientos es de 1.4 m/seg. con dirección predominante de Norte a Sur.

2.1.3 FISIOGRAFIA

GOREU (2004) señala que en Ucayali se distinguen tres paisajes dominantes: el aluvial, el colinoso y el montañoso, correspondientes a los tipos de paisajes:

Ceja de Selva, cuenta con una superficie de 1,028 km² (1%) que se extiende sobre los 800 a 1,000 msnm. en las nacientes de los ríos Sepa, Unine y Castingari en Atalaya. El paisaje se caracteriza por ser montañosa, con estrechos y profundos valles de pendientes pronunciadas. Teniendo un clima templado con alta nubosidad y lluvias intensas, le confiere un carácter de extrema fragilidad frente a los procesos erosivos.

Selva Alta, ocupa una área de 12,948 km² (12.64%), ubicado entre los 400 y 800 msnm. Se caracteriza por valles de gran longitud, con terrazas escalonadas hasta en tres niveles, siendo las terrazas bajas las que ofrecen mejores condiciones para la actividad agropecuaria. Presenta un paisaje colinoso.

Selva Baja, se extiende por debajo de los 400 msnm, con una superficie de 88,434 km² (86.35%). El relieve predominantemente es plano, aunque se aprecia paisajes de colinas y terrenos disectados principalmente en la zona de transición hacia la selva alta (nacientes de los ríos Tabacoas, Iparia, Sipiria, Sempaya y Neshuya).

El valle del río Ucayali esta flanqueado por zonas colinosas, al oeste con relieves que alcanzan hasta 200 metros sobre la superficie adyacente, como los cerros de Paraíso y las elevaciones localizadas hacia el este con alturas de 35 a 40 metros sobre el nivel de base local, pendientes poco pronunciadas, restringidas al área entre los ríos Cumaria y Tamaya.

La llanura aluvial que abarca gran parte de la región Ucayali, conforma una penillanura extensa con terrazas aluviales altas disectadas y antiguas, atravesada por el cauce sinuoso, meandriforme del río Ucayali que discurre del sur hacia el norte.

En la zona también distinguimos depresiones que son lagunas como la “Tipishca” de Amaquiria y las “cochas” de Lagarto, Yarina, Sabana, Iburia y Chida.

2.1.4 HIDROGRAFIA

Según ALEGRE ET AL (2003) En Ucayali la red hidrográfica esta conformada por 502 ríos principales y afluentes, clasificados del primer al quinto orden. Se estima, que el volumen de agua escurrida a nivel de la región es alrededor de 43 000 000 m³, que conforman cinco cuencas importantes en toda su extensión, la del río Ucayali, río Aguaytía, río Yurúa, río Urubamba y río Purús La cuenca de mayor importancia es la del Río Ucayali, que tiene una extensión total de 1,771 km (734 Km dentro de la región), por constituir la vía principal de comunicación dentro de la región. El Ucayali es un río caudaloso y sinuoso, con 200 a 400 m de ancho, navegable durante todo el año; nace de la confluencia entre los ríos Tambo y Urubamba, y no cuenta con articulación con las cuencas de los ríos Alto Purús y alto Yurúa, también de importancia, los cuales tienen mayor facilidad de navegación hacia el Brasil. El Ucayali en su camino da formación al río Amazonas en la región de Loreto.

El Aguaytía tiene una longitud aproximada de 379 Km y un ancho que varía de 150 a 200 metros, es navegable.

En la red hidrográfica regional, también tienen importancia los ríos Tamaya, Abujao, Callería, Sheshea, Tahuania, Inuya, y Sepahua, entre otros. En esta red resalta también el Lago de Yarinacocha, ubicado en el distrito del mismo nombre, originado al producirse un cambio de curso del río Ucayali, y el Lago Imiría, en el Distrito de Masisea de 400 a 500 metros de ancho con una longitud de 16 Km.

2.1.5 ECOLOGIA

ONERN (1976) establece para la región Ucayali seis zonas de vida y cuatro transicionales correspondientes a tres provincias de humedad (zonas de vida húmedas a pluviales), distribuidas en tres pisos altitudinales: Bosque húmedo - Tropical (bh-T); bosque húmedo - tropical transicional a bosque húmedo - Premontano tropical (bh-T / bh-PT); bosque húmedo - Premontano Tropical (bh-PT); bosque húmedo - Premontano Tropical transicional a bosque húmedo- tropical (bh-PT/ bh-T); bosque muy húmedo - Tropical (bmh-T); bosque muy húmedo - Premontano Tropical transicional a bosque húmedo tropical (bmh- PT/ bh-T); bosque muy húmedo - Premontano Tropical (bmh-PT); bosque muy húmedo - Premontano

Tropical, a bosque pluvial Premontano Tropical (bmh-PT/bp-PT); bosque pluvial – Premontano Tropical (bmh PT); y bosque pluvial – Montano Bajo Tropical (bp – MBT).

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE COPAIBA

SIBILLE (2000) e INIA (1996), determinaron las siguientes características dendrológicas, anatómicas, físico-mecánicas y posibles usos para la Copaiba.

2.2.1 NOMBRE Y FAMILIA

ESPECIE : *Copaifera officinalis* L.

FAMILIA : Fabaceae - Caesalpinaceae

SINONIMIA : *Copaifera jacquini* Desf.; *Copaifera officinalis* Adams.;
Copaiba officinalis Jacq.

NOMBRES COMUNES : Perú: “copaiba” Bolivia: “copaibo”. Brasil: “copaiba”.

Colombia: “copaiba”. Ecuador: “copaiba”, “Gupay”

Venezuela: “aceite”, “aceite cabimo” “currucay”, “palo de aceitillo” “palo de aceite”.

NOMBRE COMERCIAL INTERNACIONAL: Copaiba

2.2.2 DISTRIBUCION GEOGRAFICA:

Se distribuye en Centro y Sudamérica, también en algunas islas del Caribe, como Martinica, Jamaica, Trinidad y Tobago. En Venezuela en los estados de Barinas y Bolívar. En base a la literatura y reportes de herbario, la especie se encuentra en los departamentos de Loreto y

Ucayali, entre 0 y 500 msnm. La especie existe en cantidades regulares en la amazonía del Perú.

2.2.3 CARACTERÍSTICAS DEL ÁRBOL:

Alcanza 30 m de alto y 60 cm de diámetro en promedio. Ausencia de aletones. Copa de color verde oscuro, brillante. La superficie del tronco de color amarillo oliva a castaño grisáceo, de apariencia lisa con aristas horizontales con desprendimiento paperoso. Corteza viva de color amarillo. Las hojas son compuestas y paripinnadas, alternas, de 7 a 18 cm de longitud, con estípulas; cada hoja tiene de 4 a 6 folíolos alternos, con puntos translucidos, de color verde oscuro brillante por la cara superior, y verde claro mate, por la cara inferior; sólo la nervadura central es pronunciada por la cara inferior. Ramitas jóvenes lampiñas, con lenticelas. Las flores son pequeñas, de color blanquecino, arregladas en manojos de 7 a 13 cm de longitud. El fruto es casi globoso, un poco alargado, de unos 2 cm de diámetro. Posee pulpa adherida a la semilla.

2.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA EN TROZA Y ASERRADA

Color : El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color beige y las capas internas (duramen) de color castaño rojizo con vetas oscuras, observándose entre ambas capas un gran contraste de color. En la madera seca al aire la albura se torna color blanco rosáceo HUE 8/2 7.5 YR y el duramen rojo amarillento HUE 5/6 5YR, con vetas oscuras aceitosas (Munsell Soil Color Charts).

Olor : Distintivo y agradable.
Lustre o brillo : Medio.
Grano : Recto.
Textura : Media a fina.
Veteado o figura : Arcos superpuestos y bandas longitudinales muy angostas y oscuras.

Forma : La CAMARA NACIONAL FORESTAL (1996) agrega que las trozas de Copaiba tienen buena constitución, son cilíndricas y presentan diámetros de 60 a 81 cm.

2.2.5 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS

Propiedades Físicas

Densidad básica	:	0.61	gr /cm ³
Contracción tangencial	:	7.00	%
Contracción radial	:	3.40	%
Contracción volumétrica	:	10.70	%
Relación T/R	:	2.30	

Propiedades Mecánicas

Módulo de elasticidad en flexión	:	112	t /cm ²
Módulo de rotura en flexión	:	736	Kg /cm ²
Compresión paralela (RM)	:	268	Kg /cm ²
Compresión perpendicular (ELP)	:	74	Kg /cm ²
Corte paralelo a las fibras	:	99	Kg /cm ²
Dureza en los lados	:	587	Kg /cm ²
Tenacidad (resistencia al choque)	:	3.40	Kg-m

2.2.6 RECOMENDACIONES TÉCNICAS

La Copaiba es una madera pesada, que presenta contracciones lineales bajas y la contracción volumétrica es moderadamente estable. La resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría media a alta.

La madera es fácil de aserrar y de buena trabajabilidad al labrado, al corte presenta resistencia mecánica mediana. En el secado natural presenta un programa moderadamente lento.

La durabilidad natural de baja a media resistente al ataque biológico, la madera húmeda tiene resistencia al ataque biológico; en la preservación la albura tiene buena penetración a diferencia del duramen que no es fácil de preservar.

2.2.7 USOS

La madera se puede utilizar para vigas, columnas, machihembrados, muebles y objetos torneados. También se utiliza en carpintería, pisos, revestimientos interiores, parquet,

contrachapado, entarimado, elaboración de cajas, molduras, encofrados y laminados. Por sus cualidades podría sustituir al Pino Oregón. Preservada podría utilizarse para estantillos o postes para cercas. Es apta para tableros de partículas y tableros de madera – cemento.

Por otro lado, del tronco de este árbol se puede extraer un aceite de importancia terapéutica el cual está conformado por una oleorresina que se conoce con el nombre de aceite de palo, aceite de cabima y bálsamo de copaiba.

2.3 ESTUDIOS SOBRE TRANSFORMACION MECANICA DE LA COPAIBA

GAUTHIER (1986) evaluando dos de las 42 trozas de la especie Copaiba, que presentaron diámetros de 20 y 26 pulgadas con longitudes de 19 y 11 pies, obtuvo un rendimiento de 61.3% y 60.9% respectivamente. Atribuye la variación de rendimientos de una troza a otra a la especie estudiada, al diámetro, a los defectos de cada troza y a la metodología utilizada durante el aserrío. Agrega que las rajaduras tienen una mayor incidencia al detectarlas en 27 de las 42 trozas.

La CÁMARA NACIONAL FORESTAL (1996) al estudiar en la ciudad de Pucallpa el rendimiento y productividad de diferentes especies, que incluían a la Copaiba encontró que su proceso de laminado requiere de ablandamiento térmico por 48 horas a 60° C para laminarse bien, aunque también se lamina sin ablandar. Sus láminas son rosadas, con anillos de crecimientos bien definidos, lo que les da un dibujo característico. Por la densidad que posee es una especie buena para triplay de encofrados, pero para esto debe secar con cuidado a fin de no presentar rajaduras abiertas, pues tiene esa tendencia. Agrega que su secado en láminas es más rápido sin necesidad de temperaturas muy altas. En las pruebas se secó en 11 minutos a 130° C, obteniéndose rendimientos de 31.42 %.

El autor aludido (1996) también determinó en Pucallpa las siguientes respuestas de la Copaiba frente a otros procesos de transformación:

La especie es de fácil aserrío pero se recomienda un manipuleo cuidadoso de las trozas para evitar fallas estructurales en la madera, que por golpe generan acebolladuras. Asimismo el procesamiento debe ser con trozas recién cortadas.

La Copaiba frente al Secado acepta un programa moderado.

Con respecto al Preservado presenta impregnabilidad media. Inmersión en baño húmedo, baño caliente – frío en madera seca.

2.4 RENDIMIENTO

La CÁMARA NACIONAL FORESTAL (1996) define al rendimiento como el porcentaje del producto final obtenido de la materia prima (trozas).

NOACK (1995) y BRUCE y SCHUMACHER (1965) consideran como los principales factores que afectan el rendimiento y la productividad, relacionados directamente con las trozas, son el diámetro, la forma y el estado sanitario. También agregan que otros factores que intervienen en la variabilidad del rendimiento en madera aserrada de una troza de determinado diámetro y largo, sana y recta son: Grosor de la sierra, espesor de las piezas aserradas, ancho de las piezas aserradas, largo mínimo de las piezas aserradas y método de aserrío

Cabe mencionar que la eficiencia de las maquinas del aserradero (particularmente en el ancho), la competitividad del personal (aserrador, canteador, afilador), las condiciones del mercado – cuando existe una gran demanda se procura aprovechar las trozas de tamaño pequeño- las dimensiones del producto y las condiciones de mantenimiento del equipo son preponderantes en la determinación del rendimiento y a su vez, en las utilidades o pérdidas económicas de cada empresa, aun cuando sus capacidades de producción sean similares.

2.5 FORMULA DOYLE

Fue elaborada por Edward Doyle en el año 1925, basado en la siguiente formula matemática:

$$V = \frac{(D - 4)^2}{16} \times L$$

Donde:

V = volumen en pies tablares

D = diámetro menor de la troza en pulgadas (con corteza)

L = longitud de la troza en pies

BAZAN (1986) destaca la vigencia de la regla Doyle en las transacciones comerciales y su uso oficial durante muchos años para medir los troncos del Perú, debido a que en 1941 la mayor parte de los aserraderos en la selva funcionaron con capital y maquinaria norteamericana, por lo que se introdujo y generalizó el empleo de dicha tabla, considerando su uso común para la cubicación de maderas tropicales en el sur de Estados Unidos. Según BRUCE y SCHUMACHER (1965) esta regla es inexacta e inconsistente ya que considera una deducción de 4'' por escuadrado de la troza y 5/6'' por grosor de sierra, los cuales son valores muy altos, sobre todo para trozas de diámetros pequeños. Esta regla subestima el volumen real de una troza en diámetros menores de 26'' y lo sobreestima por encima de las 36'', por lo que se le considera la "Regla del comprador"

Chapman y Deremit citado por TOLMOS (2001) señalan que todas las tablas de troncos empleadas para estimar el volumen aserrado usan el diámetro menor de la troza, existiendo subestimación en determinadas especies debido a la conicidad del fuste.

CREDO Y BRAVO (1979) manifiesta que el Ex – Servicio Forestal de Caza y Tierras del Perú oficializó por Resolución Suprema N° 158 del 14 de Julio de 1941, el uso de la tabla Doyle para cubicar madera en trozas, expresando el resultado como volumen de madera aserrada en pies tablares y se le denominó, erróneamente, tabla Scribner – Doyle.

IZQUIERDO (1960) comparó los volúmenes estimados por la tabla Doyle con volúmenes reales obtenidos con trozas de Cedro y encontró que en más del 90% de los casos la tabla Doyle subestimaba el volumen real. La diferencia promedio entre el volumen que arrojó la tabla Doyle y el volumen real de madera aserrada fue de 70 pies tablares. El mismo autor acota que cuando se trata de trozas con diámetros entre 26 y 36'', la tabla tiene más precisión, encontrándose diferencias mínimas con el volumen real de madera aserrada.

CREDO Y BRAVO (1979) manifiesta que en el año 1979 se aprobó la Tabla Oficial de Cubicación de madera rolliza, mediante Resolución Ministerial N° 01048 – AG – DGFF, derogándose definitivamente el uso de la tabla Doyle. Esta nueva tabla utiliza unidades del Sistema Métrico Decimal y los volúmenes se indican directamente en metros cúbicos de madera rolliza. Sin embargo esta tabla no es aceptada en las transacciones comerciales de madera rolliza por ser poco práctica.

2.6 FACTORES DE CONVERSION DETERMINADOS EN EL PAIS

BAZAN y CHURATA (1978) estimaron los siguientes factores de conversión: Para trozas destinadas al aserrío, parquet y tableros compensados: 0.42; para postes y pilotes: 0.6 y para leña y carbón: 0.125.

SCHREWE (1980) indica que la Dirección General Forestal y de Fauna utiliza un factor de conversión de 0.52 (220 pies tablares por cada metro cúbico de madera rolliza), el cual representa un valor promedio a nivel mundial para cualquier tipo de sierra y suele emplearse con fines estadísticos. El mismo autor, con el propósito de establecer factores de conversión más realistas, en concordancia con los medios de conversión primaria, estima un factor de conversión de 0.45 para el promedio de aserraderos de sierra circular y 0.55 para los aserraderos de sierra de cinta.

GAVIRIA (1981) encontró para los aserraderos de la zona de Chanchamayo un factor de conversión de 0.554, en base a lo cual considero que en dicha zona se hace un uso eficiente de la materia prima.

TABOADA (1973) realizó un estudio en la zona de Tingo Maria, encontrando los siguientes factores de conversión: 0.455 para Tornillo y 0.68 para las especies corrientes.

BAZAN (1986), determinó en la zona de Pucallpa los siguientes factores de conversión en aserraderos de sierra de cinta: 0.4435 para el Tornillo y 0.426 para el Cedro: El Tornillo presenta un valor ligeramente mayor al del Cedro debido principalmente a que es una madera que no tiene una mayor exigencia en cuanto a la calidad a diferencia del Cedro, especialmente en el mercado internacional. Asimismo, indica que la relación entre madera comercial y madera corta es diferente, en el caso del Cedro el volumen de madera corta es mayor, debido

también al mayor nivel de exigencia del mercado. La misma autora encuentra que el diámetro de la troza tiene una relación directa con el factor de conversión, razón por la cual esta relación puede explicarse mediante una función lineal de regresión con pendiente positiva.

CHUQUICAJA (1987) determinó en la zona de Chanchamayo los siguientes factores de conversión para aserraderos de sierra de cinta: 0.5836 para Tornillo y 0.6109 para Moena. Los mencionados autores señalan una relación directa entre el factor de conversión y el diámetro de la troza. Por el contrario, la longitud de la troza no influye en forma significativa sobre el coeficiente de conversión.

TOLMOS (2001) determinó un coeficiente de conversión de 0.524 para la especie Shihuahuaco en la zona de Pucallpa empleando sierra de cinta. Asimismo, señala la subjetividad de los conceptos y de su aplicación al momento de encontrar defectos. También resalta la preponderancia que adquiere el Cubicador y el criterio para aplicar los conceptos en el descuento, y por lo tanto, en la estimación del rendimiento de madera aserrada de los lotes de trozas que forman parte del inventario de las empresas dedicadas al aserrío.

VALLES (1988) estableció para sierras de disco en la zona de San Martín rendimientos de 55.95% para 22 trozas de Cedro, 54.02% para 16 trozas de Tornillo, 41.76% para 23 trozas de Moena y 43.83% para 16 trozas de Cumala blanca. Asimismo comparó el rendimiento que arrojaron 3 formulas diferentes: la Tabla Oficial de Cubicación de Madera, la Scribner - Doyle y la Smalian, concluyendo que el resultado más confiable fue el empleo de la formula Smalian.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE EJECUCION

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa Aserradero Pezo EIRL, ubicada en el Km. 11.400 de la Carretera Federico Basadre, en la ciudad de Pucallpa. La empresa aludida se dedica principalmente al aserrío y reaserrío de madera propia y de terceros, compra-venta de madera rolliza y aserrada y producción de tablillas para pisos de exportación.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIALES

- Lote de 65 trozas de Copaiba
- Pintura esmalte de color rojo, verde y azul
- Tizas y marcadores
- Tabla Doyle
- Formatos de registro

3.2.2 EQUIPOS

- Cámara fotográfica
- Computadora personal
- Programa estadístico MINITAB y EXCEL
- Wincha

3.2.3 MAQUINARIA Y EQUIPOS DEL ASERRADERO PEZO E. I. R. L.

A) SIERRA PRINCIPAL (SP)

- Marca: MENDES
- Diámetro de volante: 1.5 m
- Ancho de volante: 18 cm.
- Potencia del motor: 100 HP
- Nº velocidades: 7 (6, 10, 20, 30, 40, 50 y 60 rev / s)
- RPM volante: 1800

- Mano de la Sierra: Derecha

B) CARRO PORTATROZAS

- N° escuadras: 4
- Sistema de puesta a medida: mecánico (“trinquete”)
- N° ruedas / escuadra: 4
- Tipo de riel guía: Triangular
- Posición del riel guía: Opuesto a la línea de corte

C) WINCHE CON PLUMA

- Potencia del motor: 15 HP
- Capacidad de arrastre (rodamiento): Hasta 4 Tn.

D) CANTEADORA SIMPLE (C)

- Tipo de diente: Postizo
- Diámetro del disco: 20’’
- N° dientes: 20
- Potencia del motor: 15 HP
- Tipo de guía: Triangular
- Posición del riel guía: Opuesto a la línea de corte
- Sistema de alimentación: Carro manual

E) DESPUNTADORA DE PENDULO (D)

- Tipo de diente: Diamantado
- Diámetro del disco: 20’’
- N° dientes: 80
- Potencia del motor: 12 HP

F) RODILLOS TRANSPORTADORES

- Tipo de rodillos: Muertos
- Pista del rodillo: Lisa
- Diámetro del rodillo: 10 cm
- Longitud del rodillo: 50 cm
- Espaciamiento entre rodillos: 60 cm

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 ESTIMACION DEL NUMERO MINIMO DE REPETICIONES

Se realizó un muestreo preliminar de 30 trozas para recopilar la información sobre el diámetro promedio del extremo mayor y del menor (en m), la longitud (en m) y el volumen rollizo (en m³) que se aprecia en el Cuadro 2. Luego se consideró la variabilidad del volumen rollizo promedio expresada como coeficiente de variación, con el fin de estimar el número de trozas para el estudio de rendimiento aplicando la siguiente expresión:

$$N = (t^2 \times CV^2) / E^2, \text{ donde:}$$

N : N° de trozas a evaluar

t : t de Student para (30 – 1) grados de libertad

CV : Coeficiente de Variación (%)

E : Error muestral (%)

Los valores registrados para el volumen rollizo en el Cuadro 3 permitieron calcular los siguientes estimadores estadísticos:

- Promedio : 3,5463
- Varianza : 0,4685
- Desviación estándar : 0,6845
- Coeficiente de Variación (%) : 19,3018

Reemplazando el coeficiente de variación calculado en la fórmula antes propuesta se estimó que se requiere evaluar 43.01 trozas, considerando un error muestral de 5% y un valor de t de 1,699; sin embargo para tener una mayor confiabilidad en el estudio se optó por aumentar el tamaño de la muestra a 65 trozas.

Cuadro 2 . Registro de Variables para 30 trozas de Copaiba

N° TROZA	DIAM MAYOR (m)	DIAM MENOR (m)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m³)
1	0.68	0.575	8.31	2.60
2	0.89	0.795	6.73	3.64
3	0.74	0.65	8.38	3.23
4	0.97	0.82	6.93	4.07
5	0.94	0.79	6.73	3.77
6	0.79	0.77	7.72	3.67
7	0.75	0.67	8.56	3.51
8	0.74	0.64	6.71	2.44
9	0.74	0.61	8.23	2.97
10	0.89	0.84	6.81	4.14
11	0.92	0.73	6.83	3.79
12	0.89	0.74	8.46	4.33
13	0.84	0.67	7.39	3.38
14	0.74	0.67	8.97	3.65
15	0.87	0.73	7.32	3.63
16	0.85	0.78	6.78	3.58
17	0.71	0.57	8.43	2.63
18	0.78	0.705	7.42	3.30
19	0.82	0.61	7.44	3.01
20	0.64	0.51	8.28	2.08
21	0.98	0.895	6.93	4.88
22	0.99	0.77	6.22	3.82
23	0.84	0.72	6.83	3.31
24	0.87	0.71	6.73	3.45
25	0.95	0.83	6.78	4.08
26	1.01	0.86	6.22	4.14
27	0.94	0.75	6.35	3.76
28	1.00	0.86	6.20	4.21
29	0.65	0.55	8.48	2.42
30	1.12	0.86	6.68	4.94

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Se emplearon 65 trozas de la especie Copaiba, separadas en 7 clases diamétricas y longitudinales fijadas en los Cuadros 3 y 4. Las trozas se escogieron sin efectuar algún tipo de descarte por su mal estado y/o defectos y se evaluaron conforme eran colocadas en la plataforma de carga de la sierra principal, previa programación de corte en el aserradero. Cabe aclarar que las clases diamétricas se determinaron mediante una tabla de frecuencias; fijando el rango o amplitud, número de clases según la Regla de Sturges, ancho de clase e intervalo de las mismas.

Cuadro 3 . Clases diamétricas para las trozas de Copaiba

CLASE DIAMETRICA	VALOR MIN (m)	VALOR MAX (m)
I	0.51	0.581
II	0.581	0.651
III	0.651	0.722
IV	0.722	0.792
V	0.792	0.863
VI	0.863	0.933
VII	0.933	1.004

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4 . Clases longitudinales para las trozas de Copaiba

CLASE LONGITUDINAL	VALOR MIN (m)	VALOR MAX (m)
1	2.819	3.629
2	3.629	4.438
3	4.438	5.247
4	5.247	6.056
5	6.056	6.865
6	6.865	7.674
7	7.674	8.484

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 REGISTRO DE INFORMACION PARA EL ESTUDIO DE RENDIMIENTO

En la medición de las trozas de Copaiba se tomaron las siguientes dimensiones en base al Sistema Métrico Decimal:

- Longitud, diámetros mayor y menor de ambos extremos sin corteza.
- Longitud y ancho de los defectos observados en la sección transversal de la troza (rajaduras, grietas, acebolladuras, huecos, etc.),

Asimismo, se graficaron los defectos detectados en los extremos de las trozas para poder explicar alguna anomalía en relación a su rendimiento. De éstos se tomó una moda estadística para establecer los defectos mas frecuentes en las trozas de Copaiba procedentes de las zonas de Neshuya y Tournavista. Luego se calculó la conicidad de cada troza en cm/m empleando la siguiente expresión:

$$Cc = \frac{D-d}{L}, \text{ donde:}$$

Cc : Coeficiente de conicidad en cm/m
 D : Diámetro de la troza en el extremo mayor en cm
 d : Diámetro de la troza en el extremo menor en cm
 L : Longitud de la troza en m

Conforme se obtenían las piezas aserradas se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Conteo y marcado del N° de piezas y cubicado de las tablas obtenidas de cada troza después del despuntado sin defectos de forma, estructura y sanidad, o cuya evidencia pueda ser atenuada en las operaciones posteriores
- Registro de las dimensiones de cada tabla (e, a, l) en m y mm.
- Registro de los defectos que se puedan encontrar en las distintas etapas de la operación, como también las actividades realizadas por el personal que puedan corregirse (aserrador, canteador, despuntador, afilador) de manera directa e indirecta.

3.3.4 CUBICACION DE LA MADERA ROLLIZA Y ASERRADA

Con las mediciones efectuadas a cada troza se obtuvo su volumen rollizo, empleando la formula de Smalian:

$$V (m^3) = L * 3.1416 * (D^2+d^2) / 8; \text{ donde}$$

L: Longitud (m)

D: Diámetro en el extremo mayor (m)

d: Diámetro en el extremo menor (m)

Este volumen rollizo se utilizó como **Volumen inicial (Vi)** para relacionarlo con el **Volumen final (Vf)** obtenido de la sumatoria del volumen de las tablas aserradas de una determinada troza. El volumen aserrado de cada tabla se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$V (m^3) = e (m) \times a (m) \times l (m).$$

3.3.5 DETERMINACION DEL RENDIMIENTO

El **Volumen final (Vf)** determinado para las tablas sin defectos de estructura, forma o sanidad críticos o imposibles de atenuar en operaciones posteriores, obtenidas de cada troza se utilizó en la siguiente relación:

$$R_1 = \frac{Vf (m^3 (a))}{Vi (m^3 (r))} \times 100$$

Donde R_1 : Rendimiento de madera rolliza a madera aserrada comercial (%)

El mismo procedimiento se aplicó para el rendimiento de Madera Corta (M_c):

$$R_2 = \frac{M_c (m^3 (a))}{Vi (m^3 (r))} \times 100$$

Donde R_2 : Rendimiento de la madera rolliza a madera aserrada corta (%)

3.3.6 EVALUACION DE DEFECTOS EN LAS TROZAS

La evaluación de los defectos en la sección transversal de los extremos de las trozas de Copaiba se efectuó tomando en cuenta 2 parámetros de medición: longitud del defecto (en cm) y abertura del defecto (en mm). Para calificar la intensidad de los principales defectos, se

establecieron los rangos de dimensiones propuestos en los Cuadros 5 y 6, también empleando la Regla de Sturges. En base a las calificaciones de los defectos evaluados se trató de establecer relaciones entre ellos y el rendimiento de la madera, así como estandarizar la calidad de madera en trozas. Otros defectos como los huecos y el baleado se presentaron solo en 2 trozas de toda la muestra, por lo cual no se les considera representativos

Cuadro 5 . Clase dimensional para las rajaduras en trozas de Copaiba

ABERTURA DE RAJADURAS (mm)			LONGITUD DE RAJADURAS (cm)		
CLASE	MIN	MAX	CLASE	MIN	MAX
A	0.00	2.86	a	0	12
B	2.86	5.71	b	12	24
C	5.71	8.57	c	24	36
D	8.57	11.43	d	36	48
E	11.43	14.29	e	48	60
F	14.29	17.14	f	60	72
G	17.14	20.00	g	72	84

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6 . Clase dimensional para las acebolladuras en trozas de Copaiba

ABERTURA DE ACEBOLLADURAS (mm)			LONGITUD DE ACEBOLLADURAS (cm)		
CLASE	MIN	MAX	CLASE	MIN	MAX
a	0	1	A	0.0	11.6
b	1	2	B	11.6	23.1
c	2	3	C	23.1	34.7
d	3	4	D	34.7	46.3
e	4	5	E	46.3	57.9
f	5	6	F	57.9	69.4
g	6	7	G	69.4	81.0

Fuente: Elaboración propia

3.3.7 ANALISIS ESTADÍSTICO DEL RENDIMIENTO

Mediante el programa estadístico MINITAB 14 y el MS EXCEL se realizaron los siguientes procedimientos:

- Correlación entre las variables dependientes (Rendimiento en madera comercial, rendimiento en madera corta y rendimiento total) vs las variables independientes (Diámetro promedio, longitud y conicidad).
- Calificación de los coeficientes de correlación r obtenidos, considerando los valores tabulares de $r_{0,05}$ y $r_{0,01}$ para 63 grados de libertad propuestos por FREESE (1978); de tal forma que si r calculado supera a r tabular la correlación será significativa ó altamente significativa según corresponda.
- Regresión entre el rendimiento y las variables de la troza con sus respectivos diagramas de dispersión y significación estadística de las ecuaciones lineales o cuadráticas obtenidas.
- Correlación entre los rendimientos en madera comercial y total vs el N° de piezas aserradas de 4" de espesor por clase diamétrica.
- Calificación de los coeficientes de correlación r obtenidos, de acuerdo a los valores tabulares $r_{0,05}$ y $r_{0,01}$ para "n -2" grados de libertad propuestos por FREESE (1978) en función al número de trozas por clase diamétrica; de tal forma que si r calculado supera a r tabular la correlación será significativa ó altamente significativa según corresponda.
- Regresión entre el rendimiento de la troza y el N° de piezas aserradas de 4" de espesor por clase diamétrica con sus respectivos diagramas de dispersión y significación estadística de las ecuaciones lineales obtenidas.
- Análisis de correspondencia entre los defectos más frecuentes de las trozas, las variables de la troza y el rendimiento obtenido.
- Comparación mediante la Prueba t de Student del volumen aserrado obtenido con el volumen estimado por la formula Doyle.

Cada variable se codificó para su análisis estadístico como se indica a continuación:

- CR-COM : Rendimiento en madera comercial (%)
- CR-COR : Rendimiento en madera corta (%)

- CR-T : Rendimiento en madera comercial y corta (%)
- D : Diámetro promedio de la troza (m)
- L : Longitud de la troza (m)
- CON : Conicidad de la troza (cm/m)
- NPG : Número de Piezas de 4" de espesor por troza

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERIZACION DE LAS TROZAS DE COPAIBA

4.1.1 PROCEDENCIA

Las trozas de Copaiba fueron extraídas de las zonas de Neshuya y Tournavista, en los departamentos de Ucayali y Huanuco respectivamente. Ambas zonas presentan características climáticas y fisiográficas muy similares al ser colinosas, por lo que los resultados obtenidos reflejan de manera precisa las condiciones en las que se desarrolla la especie. Fenómenos como la tensión y compresión a la que la madera está sujeta durante su crecimiento en zonas colinosas y de laderas se hacen evidentes en defectos de tipo estructural (rajaduras y acebolladuras principalmente) como consecuencia de técnicas inadecuadas de tumbado y manipuleo de las trozas tanto en el transporte como en la industria, las que se manifiestan notoriamente durante el aserrío y demás operaciones de transformación restando valor a la madera aserrada. Muchos de estos defectos fueron tan manifiestos durante el proceso de aserrío que, ni bien la troza empezaba a ser aserrada, la pieza a obtener se abría debido a la tensión. Esto concuerda con los estudios realizados por la CAMARA NACIONAL FORESTAL (1996), que establece que un mal manipuleo de las trozas, contribuye a manifestar los defectos inherentes a esta especie.

4.1.2 PARAMETROS EVALUADOS

En el Cuadro 7 se aprecia en relación al diámetro y longitud, que la Copaiba se caracteriza por sus trozas de formas regulares con dimensiones medianamente variables entre ellas y volúmenes de mayor variabilidad debido al predominio de las trozas con longitudes superiores a los 6 m.

En cambio, la conicidad mostró una gran variabilidad, que puede explicarse con el hecho de que, al aprovechar el fuste casi en su totalidad, el diámetro mayor de muchas trozas correspondían a las bases del árbol y otras protuberancias, más anchas que el extremo superior. El espesor de corteza presentó un valor promedio de 1 cm que prácticamente permaneció constante en las 65 trozas.

Cuadro 7 . Parámetros estadísticos de las características evaluadas en las trozas de Copaiba.

PARAMETROS ESTADISTICOS	DIMENSIONES				CONICIDAD (cm/m)
	DIAMETRO MAYOR (m)	DIAMETRO MENOR (m)	LONGITUD (m)	VOL ROLLIZO (m3)	
PROMEDIO	0.808	0.658	7.005	3.031	0.011
VARIANCIA	0.017	0.015	2.075	1.356	0.00000351
DESV EST	0.132	0.120	1.440	1.164	0.006
COEFICIENTE DE VARIACION (%)	16.321	18.313	20.562	38.416	54.302

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 AGRUPAMIENTO DIAMETRICO Y LONGITUDINAL

En el Cuadro 8 los rangos de diámetro correspondientes a las clases diamétricas II, III y IV, agrupan a más del 64% de las trozas comprendidas entre 58 y 79 cm,. Las trozas con diámetros menores a 51 cm son poco frecuentes, debido a que el diámetro mínimo de corta establecido para la especie es de 56 cm; en cambio, las trozas con diámetros comprendidos entre 80 y 100 cm se presentaron en un 29%.

Cuadro 8 . Distribución diamétrica de las trozas

CLASE DIAMETRICA	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
I	4	6.2
II	18	27.7
III	16	24.6
IV	8	12.3
V	5	7.7
VI	8	12.3
VII	6	9.2
TOTAL	65	100

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 9 muestra que la longitud de las trozas evaluadas está determinada en función a la madera comercial extra larga que constituye el principal producto obtenido. De allí que el 84% de las trozas en estudio presentaron longitudes superiores a los 6 m, encontrándose en casi el 50% de las trozas longitudes variables de 7.6 a 8.4 m.

Cuadro 9 . Distribución longitudinal de las trozas

CLASE LONGITUDINAL	FRECUENCIA ABSOLUTA	FRECUENCIA RELATIVA (%)
1	4	6.2
2	0	0.0
3	4	6.2
4	2	3.1
5	15	23.1
6	8	12.2
7	32	49.2
TOTAL	65	100

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 DEFECTOS MAS FRECUENTES

Entre los defectos más representativos en las trozas de Copaiba objeto del estudio destacan los siguientes:

TORCEDURAS:

Cuando la troza presenta desviaciones longitudinales sobre su eje en mayor o menor grado. Este defecto ocasiona mermas en el rendimiento de madera aserrada y genera madera tensionada y comprimida, la cual manifiesta sus problemas cuando se la somete a los procesos de aserrío y secado. Este defecto se presentó en el 11% de las trozas.

ACEBOLLADURAS:

Son rajaduras a lo largo de todo o parte de un anillo de crecimiento. Puede presentarse más de una acebolladura parcial o total dando lugar a lo que se conoce como acebolladura múltiple, la cual sólo permite obtener madera de poco espesor y ancho. Se les asocia a épocas prolongadas y/o intensas de lluvias y sequías. Si bien se trata de un defecto de regular frecuencia en la evaluación, las mermas que generaban fueron de consideración. Este defecto se encontró en el 23% de las trozas.

RAJADURA SIMPLE Y EN ESTRELLA:

Son rajaduras radiales que parten generalmente del centro a la periferia. Cuando es pronunciada en la sección transversal y se observa en ambos extremos de la troza produce grandes mermas en el rendimiento. Este defecto se presentó en el 83% de las trozas.

HUECO:

Es la ausencia parcial o total de madera en la zona medular por actividad biológica. Puede ser leve y en este caso no produce mucha merma, pero a veces se presenta combinado con otros defectos repercutiendo en el rendimiento de la zona central de la troza. Es un defecto escaso en la Copaiba, pues sólo se encontró en el 5% de las trozas.

En el Cuadro 10 se aprecia que el 44% de las rajaduras frecuentes en las trozas de Copaiba alcanzaron aberturas de 2.9 a 5.7 mm y longitudes de 24 a 72 cm, así mismo en el 13% de las rajaduras se las encontraron de 5.8 a 8.5 mm y longitudes de 24 a 48 cm. De manera similar, en el Cuadro 11 se puede observar que el 53% de las acebolladuras presentaron aberturas de 1 mm y longitudes de 35 a 58 cm, con lo cual le siguen en importancia a las rajaduras caracterizadas. La diferencia en las dimensiones de las acebolladuras encontradas oscilaba de valores pequeños a muy grandes.

De los defectos encontrados en las trozas evaluadas, las acebolladuras y rajaduras constituyen los defectos más críticos en la Copaiba, sobretodo cuando están asociadas debido a que generan grandes mermas en la troza.

Cuadro 10. Frecuencia de rajaduras según su tamaño en trozas de Copaiba

ABERTURA RAJAD	LONGITUD DE LA RAJADURA						
	A	b	c	d	e	f	g
A	0	1	2	0	0	0	0
B	0	2	9	6	5	4	2
C	0	0	3	4	1	2	1
D	0	0	2	2	1	1	0
E	0	0	0	0	1	0	1
F	0	0	1	0	1	1	0
G	0	0	0	0	0	1	0

Cuadro 11. Frecuencia de acebolladuras según la longitud

ABERTURA DE ACEB	LONGITUD DE LA ACEBOLLADURA						
	A	B	C	D	E	F	G
a	1	0	1	6	2	0	1
b	0	0	0	1	1	0	0
c	0	0	0	0	0	0	1
d	0	0	0	0	0	0	0
e	0	0	0	0	0	0	0
f	0	0	0	0	0	0	0
g	0	0	0	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

4.2 ESTUDIO DEL RENDIMIENTO DE LAS TROZAS DE COPAIBA

4.2.1 RENDIMIENTO EN MADERA ASERRADA COMERCIAL

El rendimiento en madera comercial de 48.18% que se muestra en el Cuadro 12, se encuentra por debajo del promedio establecido a nivel nacional de 52%, lo cual significa que de 1 m³ de madera rolliza en promedio sólo se obtienen 211 pt en lugar de 220 pt. Así mismo, el coeficiente de variación moderado de 24.55% se explica con el anexo 3, en donde se puede notar que 35 trozas presentaron rendimientos menores al porcentaje establecido y las 30 restantes superaron dicho porcentaje desagregadas de la siguiente manera: 17 tuvieron rendimientos de 52 a 58%; 10 de 59 a 65% y sólo 3 trozas alcanzaron rendimientos relativamente altos, comprendidos entre 67 y 71%. Estos porcentajes están referidos solo a madera comercial.

Según el Cuadro 13 la variación del rendimiento en madera comercial se incrementa conforme aumentan las clases diamétricas hacia la clase IV que agrupa los diámetros de 72 a 79 cm, en donde se encuentran los rendimientos más altos con un promedio mínimo de 40.59% y un promedio máximo de 62.37%. A partir de la clase V, el rendimiento disminuye a medida que aumentan los diámetros. Esto se debe a que mientras mayores sean las dimensiones del árbol a aprovechar, mayores son las evidencias de tensiones, rajaduras y acebolladuras manifestadas en el aprovechamiento y el aserrío. Las trozas de la clase diamétrica VII muestran rendimientos en aserrío similares a la clase diamétrica I; por lo que se sugiere no considerar en el aprovechamiento trozas de Copaiba de diámetros superiores a 93 cm.

4.2.2 RENDIMIENTO EN MADERA ASERRADA CORTA

En el Cuadro 12 se reporta un rendimiento promedio en madera corta de 10.45% con un coeficiente de variación de 61.39%, que implica una variabilidad bastante elevada, explicable al observar en el anexo 3 que a 14 trozas corresponden rendimientos en madera corta de 15 a 25%, mientras que en 51 trozas se registraron rendimientos comprendidos entre 0 y 14% con respecto al volumen total.

De modo similar a lo ocurrido en la madera comercial, el Cuadro 13 muestra para las 4 primeras clases diamétricas que los rendimientos más bajos en madera corta varían de 0 a 1.5 %, llegando hasta niveles del 25%, debido a la mayor presencia de rajaduras y acebolladuras en trozas de estas dimensiones, las cuales contribuyen a elevar dicho porcentaje.

Cuadro 12. Parámetros Estadísticos del rendimiento en madera comercial y corta para las trozas de Copaiba

PARAMETRO ESTADISTICO	RENDIMIENTO %		
	COMERCIAL	CORTA	TOTAL
PROMEDIO	48.18	10.45	58.63
VARIANCIA	139.91	41.15	121.53
DESV EST	11.83	6.42	11.02
COEF VAR	24.55	61.39	18.80

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13. Rangos del rendimiento en aserrío por clase diamétrica para las trozas de Copaiba

CLASE DIAM	RANGOS DE RENDIMIENTO (%)								
	MADERA COMERCIAL			MADERA CORTA			TOTAL		
	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM	MIN	MAX	PROM
I	26.128	57.239	41.684	6.291	21.169	13.73	42.987	63.53	53.259
II	24.169	71.708	47.939	0	25.346	12.673	31.213	78.144	54.679
III	29.125	67.896	48.511	2.407	24.222	13.315	35.838	72.956	54.397
IV	40.595	62.372	51.484	1.577	24.746	13.162	47.671	83.836	65.754
V	29.715	56.121	42.918	6.889	18.305	12.597	37.915	68.098	53.007
VI	32.279	62.188	47.234	6.683	22.315	14.499	53.691	69.934	61.813
VII	29.263	53.279	41.271	4.049	14.438	9.2435	40.506	66.086	53.296

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 ANALISIS ESTADISTICO DEL RENDIMIENTO

A) CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES ESTUDIADAS

En el Cuadro 14 se aprecia que destacan 4 correlaciones de las 9 establecidas para las variables consideradas en el estudio de rendimiento, las cuales sólo sugieren la existencia de una asociación lineal poco definida y constante entre el rendimiento en aserrío y las variables evaluadas en las 65 trozas de Copaiba; por lo que se justifica tratar de encontrar algún modelo de regresión que se ajuste al comportamiento de las variables confrontadas. TOLMOS (2001) menciona que cuando se agrupan los datos en clases diamétricas tiene el mismo problema de no encontrar una relación significativa entre el rendimiento y el diámetro de la troza. Sin embargo, esto cambia cuando evaluó el total de datos, donde sí encontró la relación, dado el gran número de repeticiones y la variabilidad del diámetro.

Esto es contrario a lo que autores como BRUCE y SCHUMACHER (1965), BAZAN (1986) y SCHREWE (1980) establecen, al encontrar relación entre el coeficiente de conversión y el diámetro de la troza. Autores como BAZAN (1986) y CHUQUICAJA (1987) si encuentran un vínculo entre dichos parámetros en las especies Cedro y Tornillo en Pucallpa y para el Tornillo y la Moena en Chanchamayo respectivamente.

La variable longitud en el caso de las trozas de Copaiba no responde a algún tipo de asociación definida y estrecha con el rendimiento en aserrío, motivo por el cual no es posible expresarla mediante una ecuación de regresión lineal o polinomial que describa el comportamiento de las variables confrontadas. Esto concuerda con lo determinado por TOLMOS (2001), BAZAN (1985) y CHUQUICAJA (1987) en sus respectivos estudios.

El Cuadro 15 corrobora la asociación lineal definida y constante del rendimiento comercial y total con el N° de piezas aserradas de 4'' de espesor para las clases diamétricas II, III, IV, V y VI y las clases II, III y IV respectivamente; entre las que destaca el caso de la clase diamétrica III para el rendimiento total. Esta apreciación resulta interesante de analizar teniendo en cuenta que la clase diamétrica III es la segunda con mayor número de trozas dentro de la muestra, al incluir 16 de las 65 trozas evaluadas.

Cuadro 14. Correlaciones entre el rendimiento en aserrío y las variables evaluadas

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	r CALCULADO	r TABULAR 0.05	r TABULAR 0.01	CALIFICACION CORRELACION
CR-COM	D (m)	0.058	0.245	0.318	No significativa
CR-COM	L (m)	0.051	0.245	0.318	No significativa
CR-COM	CON (cm / m)	-0.159	0.245	0.318	No significativa
CR-COR	D (m)	0.096	0.245	0.318	No significativa
CR-COR	L (m)	0.141	0.245	0.318	No significativa
CR-COR	CON (cm / m)	-0.255	0.245	0.318	Significativa
CR-T	D (m)	0.118	0.245	0.318	No significativa
CR-T	L (m)	0.136	0.245	0.318	No significativa
CR-T	CON (cm / m)	-0.319	0.245	0.318	Altamente significativa

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15. Correlaciones entre el rendimiento en aserrío y el N° de piezas aserradas de 4'' de espesor por clase diamétrica

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	C.D.	r CALCULADO	r TABULAR 0.05	r TABULAR 0.01	CALIFICACION CORRELACION
CR-COM	NPG	II	0.53	0.468	0.59	Significativa
CR-COM	NPG	III	0.576	0.427	0.623	Significativa
CR-COM	NPG	IV	0.715	0.707	0.834	Significativa
CR-COM	NPG	V	0.955	0.878	0.959	Significativa
CR-COM	NPG	VI	0.728	0.707	0.834	Significativa
CR-T	NPG	II	0.481	0.468	0.59	Significativa
CR-T	NPG	III	0.738	0.427	0.623	Altamente significativa
CR-T	NPG	IV	0.749	0.707	0.834	Significativa

C. D: Clase diamétrica

Fuente: Elaboración propia

B) ANÁLISIS DE REGRESIÓN ENTRE LAS VARIABLES CORRELACIONADAS

El Cuadro 16 muestra las ecuaciones de regresión encontradas para explicar la relación entre el rendimiento en aserrío y las variables evaluadas, las cuales no se ajustan bien a la dispersión de puntos observada en las Figuras 1 al 3. De allí que el rendimiento en madera comercial, corta y

total no pueda predecirse de manera concluyente, en función a las variables analizadas de diámetro promedio, longitud y conicidad.

Asimismo se sugiere una relación directa entre el rendimiento total en aserrío y el diámetro promedio que se ajusta a una ecuación de regresión polinomial que solo explica la variabilidad del rendimiento total en un 7.9%, sin embargo, dicha correlación no es significativa.

En el cuadro aludido también se aprecia que las relaciones del rendimiento en madera corta y total con la conicidad son inversas y sus expresiones lineales, aunque sólo explican el 6.5% de la variabilidad del rendimiento en madera corta y el 10.1% del rendimiento total en función de la conicidad.

Cuadro 16 . Ecuaciones de regresión entre el rendimiento en aserrío y las variables evaluadas

<i>ECUACION</i>	<i>COEF DE DETERMINACION (%)</i>
CR-COR = 13.46 – 275.7 CON	6.5
CR-T = 65.09 - 591.7 CON	10.1
CR-T = - 56.22 + 296.4 D - 185.1 D ²	7.9

Fuente: Elaboración propia

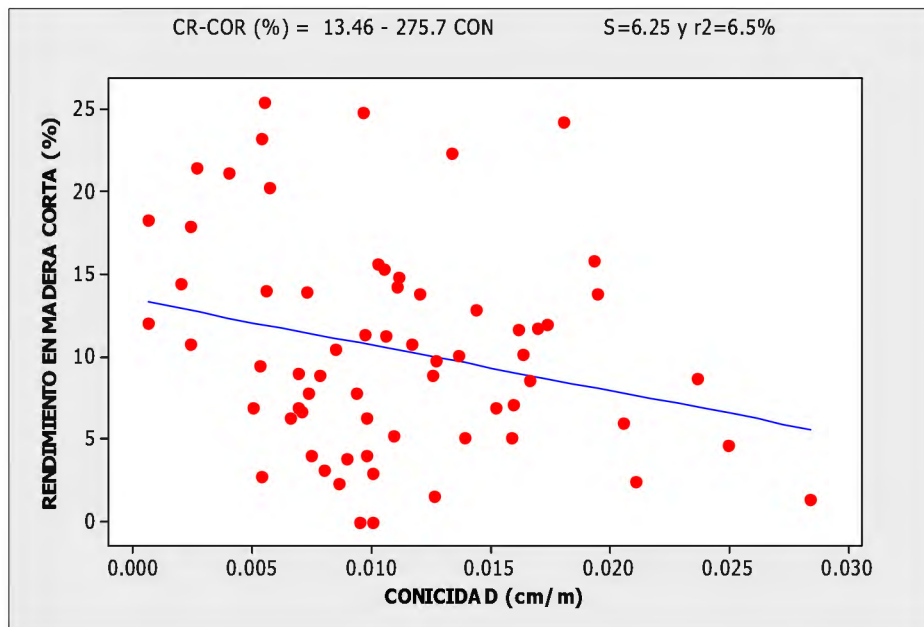


Figura 1 . Diagrama de dispersión y línea de regresión entre el rendimiento en madera corta y conicidad

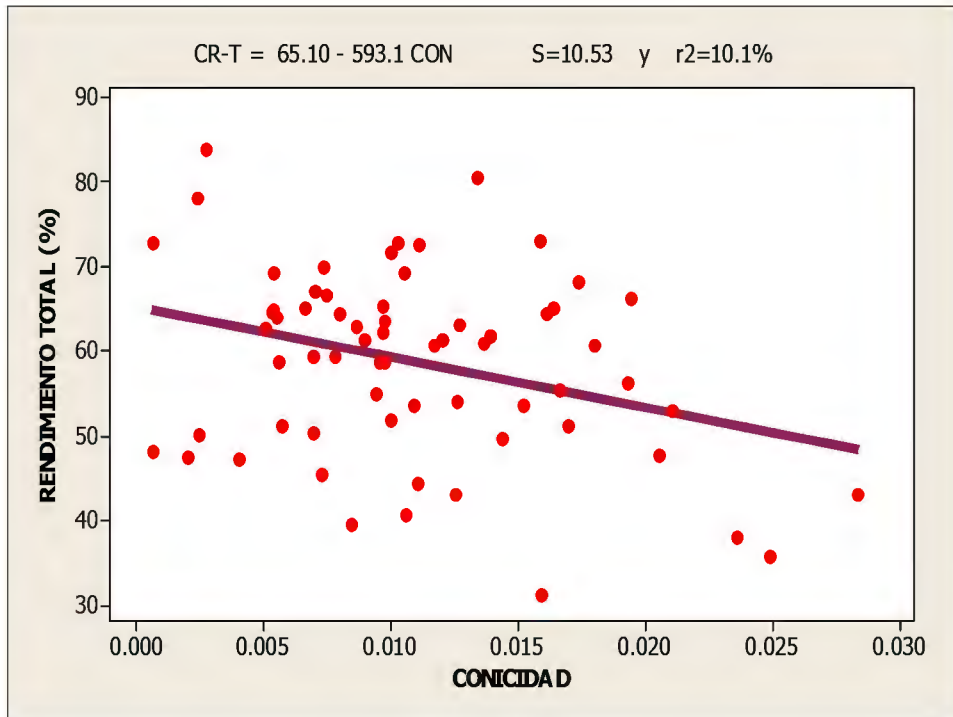


Figura 2 Diagrama de dispersión y línea de regresión entre el rendimiento total y conicidad

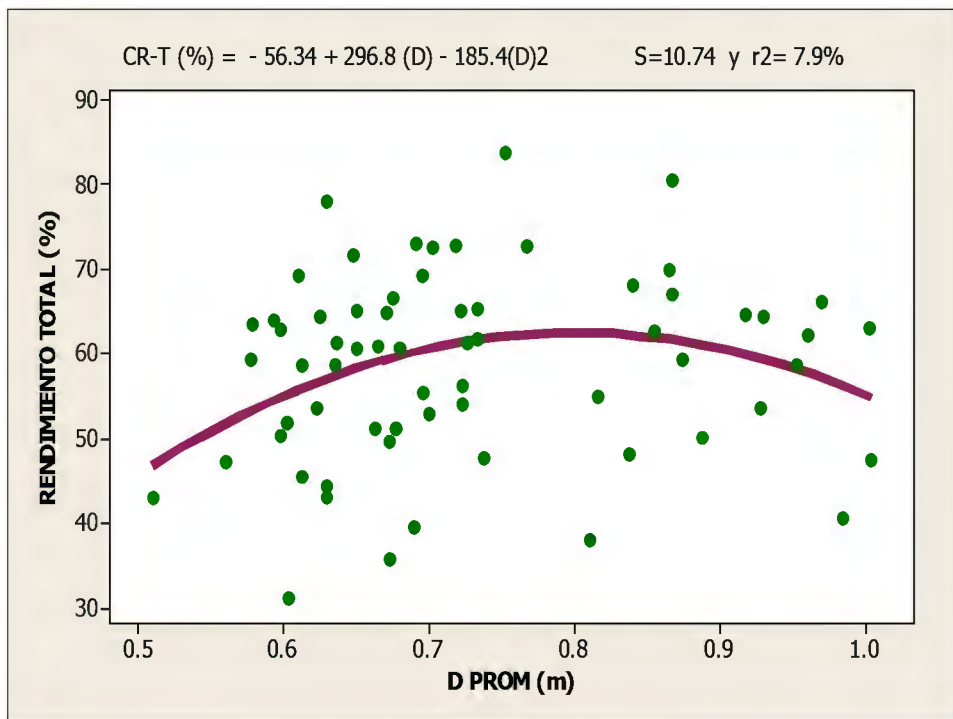


Figura 3 Diagrama de dispersión y línea de regresión entre el rendimiento total y diámetro

En el cuadro 17 se presentan las ecuaciones de regresión del rendimiento en aserrío con el N° de piezas aserradas de 4'' de espesor por clase diamétrica; las cuales se ajustan regularmente a la dispersión de puntos observada en las figuras 4 a la 8. Estas ecuaciones representan de una manera más precisa la variabilidad del rendimiento en madera comercial y total en función al número de piezas aserradas de 4'' de espesor. Este mejor comportamiento se consigue reduciendo la variabilidad del diámetro de las trozas al agruparlas por clases diamétricas.

El cuadro aludido permite apreciar la relación directa del rendimiento en madera comercial y total con el número de piezas aserradas de 4'' de espesor, las cual se representa por ecuaciones de regresión lineal que explican la variabilidad del rendimiento en más del 50% en los casos estudiados. Es oportuno destacar la ecuación del rendimiento comercial correspondiente a la clase diamétrica V porque explica el 91.3% de su variabilidad.

Cuadro 17. Ecuaciones de regresión del rendimiento en aserrío con el N° de piezas a aserradas de 4'' de espesor por clase diamétrica

<i>ECUACION</i>	<i>C.D.</i>	<i>COEF DETERMINACION (%)</i>
CR-COM = 35.3 + 3.34 NPG	IV	51.1
CR-COM = 9.43 + 5.90 NPG	V	91.3
CR-COM = 23.39 + 3.553 NPG	VI	53.0
CR-T = 50.14 + 3,231 NPG	III	54.5
CR-T = 43.08 + 4.399 NPG	IV	56.0

C. D: Clase diamétrica

Fuente: Elaboración propia

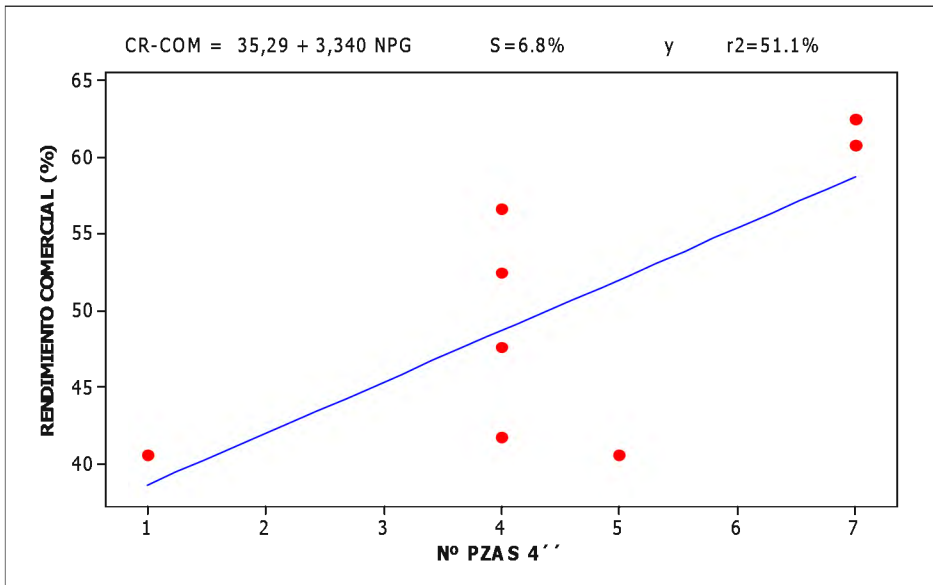


Figura 4 . Diagrama de dispersión y línea de regresión del rendimiento comercial con N° de piezas de 4'' de espesor para la clase diamétrica IV

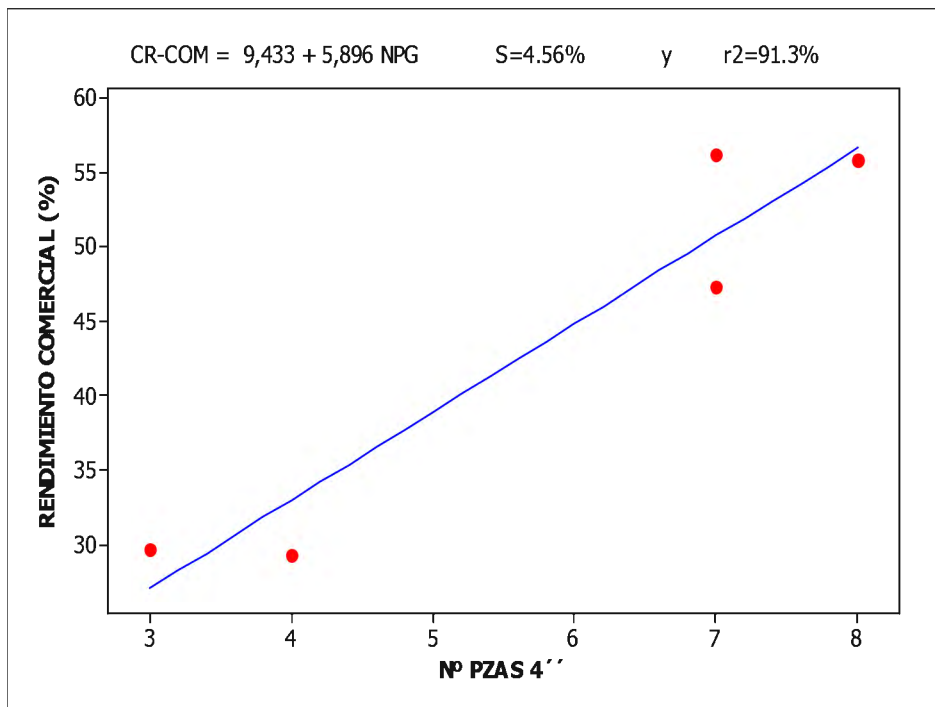


Figura 5 . Diagrama de dispersión y línea de regresión del rendimiento comercial con el número de piezas de 4'' de espesor para la clase diamétrica V

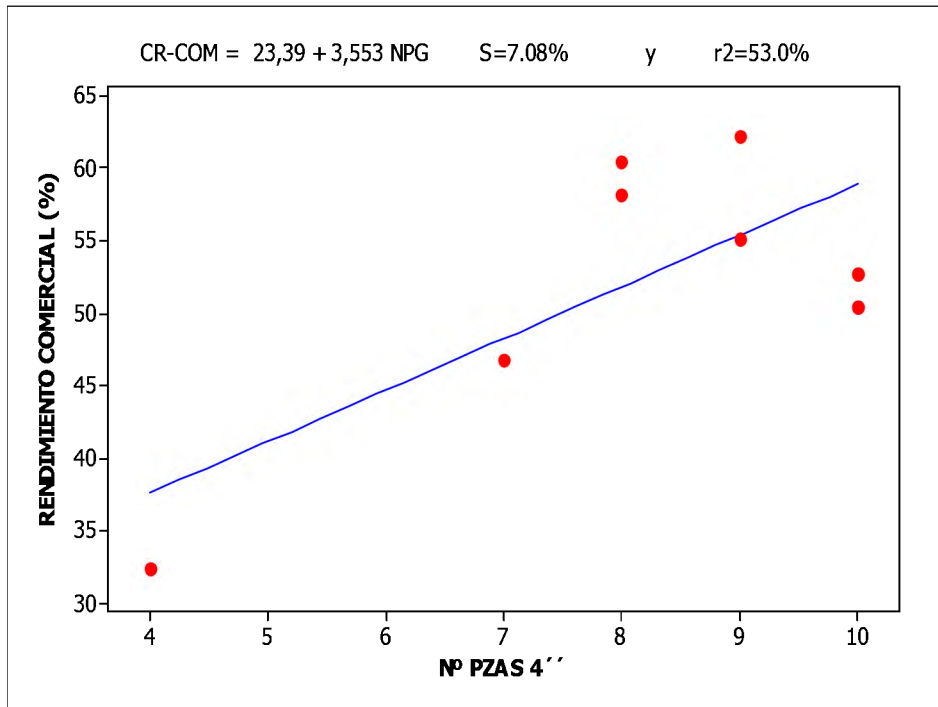


Figura 6 . Diagrama de dispersión y línea de regresión del rendimiento comercial con el número de piezas de 4'' de espesor para la clase diamétrica VI

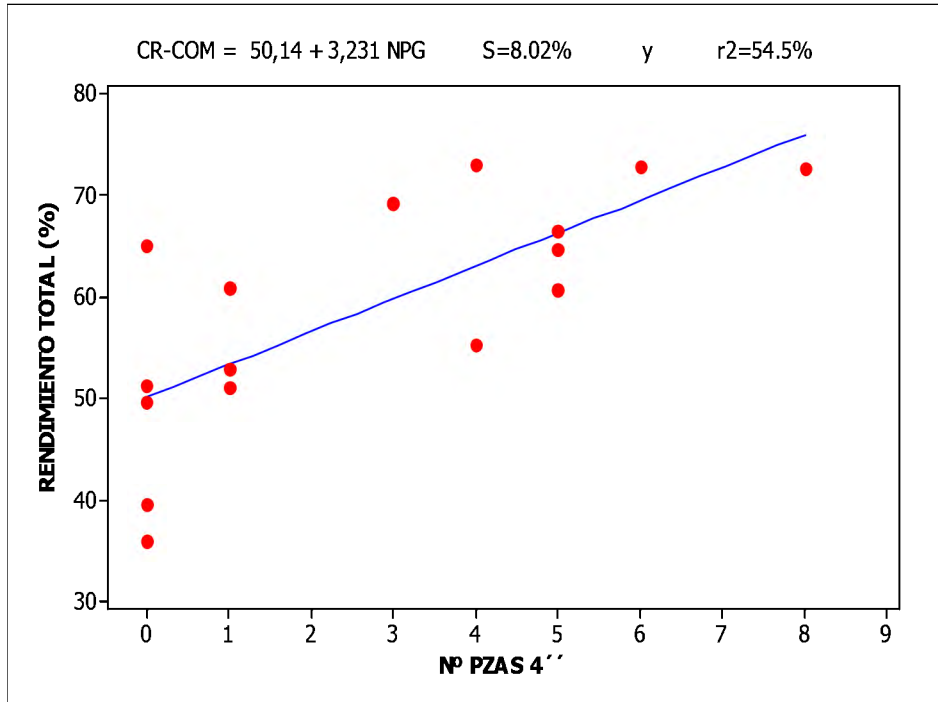


Figura 7 . Diagrama de dispersión y línea de regresión del rendimiento total con el número de piezas de 4'' de espesor para la clase diamétrica III

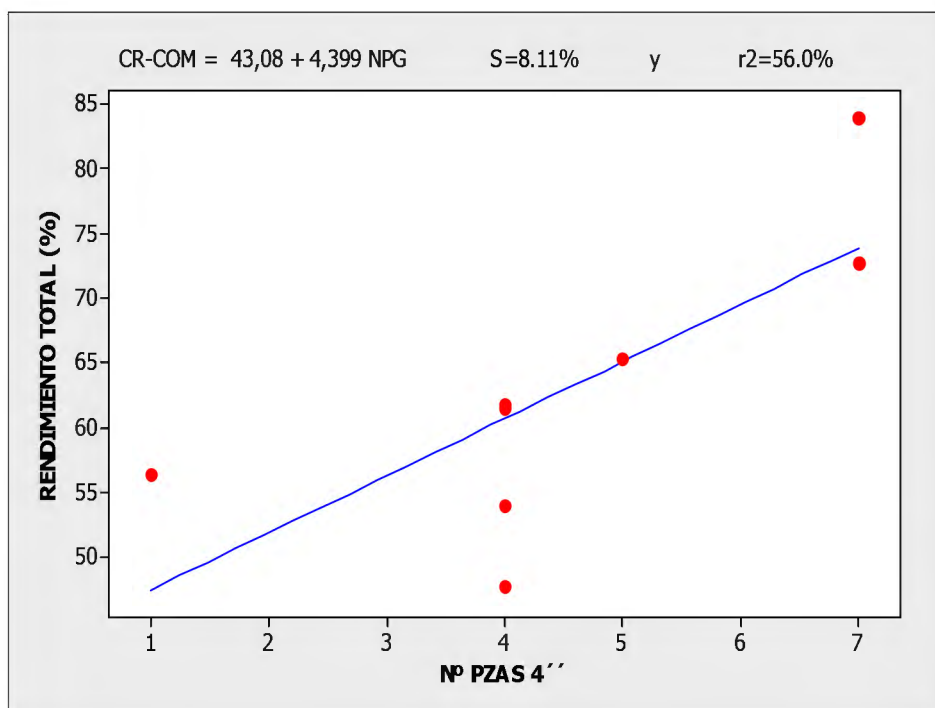


Figura 8 .Diagrama de dispersión y línea de regresión del rendimiento total con el número de piezas de 4'' de espesor para la clase diamétrica IV

C) ANALISIS DE CORRESPONDENCIA DEL RENDIMIENTO CON LOS DEFECTOS Y VARIABLES EVALUADAS

En el Cuadro 18 el análisis de correspondencia establece relaciones directas entre la longitud y la abertura de las rajaduras conforme aumenta la primera variable. En el Cuadro 19 se manifiesta una correspondencia de las clases diamétricas IV (72 a 79 cm) y V (79 a 86 cm) con las longitudes de rajadura comprendidas entre 12 y 48 cm, lo que señala que a mayores diámetros, mayores son las longitudes del defecto. El Cuadro 20 destaca la asociación de las aberturas de rajadura de 8.5 a 12 mm con rendimientos totales de 53 a 61%; mientras que el Cuadro 21 muestra una relación inversa entre el rendimiento total y la longitud de rajadura, que cuando está comprendida entre 60 y 72 cm genera bajos rendimientos (31 a 38% del volumen en madera aserrada) y para menores longitudes de rajadura, rendimientos medios a mayores (53 a 60%). Las categorías de rendimiento total consideradas se detallan en el Anexo 4.

En el Cuadro 22 se aprecia que las trozas con diámetros de 58 a 65 cm presentan anchos de rajadura de 0 a 2.8 mm y en otros casos, de 12 a 14 mm.

Cuadro 18 . Relación entre las rajaduras y el rendimiento total

CATEGORIA. ABERTURA DE RAJADURA	CATEGORIA LONGITUD DE RAJADURA	RELACION	INTERPRETACION
A	A	Aa	La abertura de rajadura en este rango de hasta 2.8 mm está acorde con su longitud de hasta 12 cm
B	E	Be	Para rajaduras de 48 a 60 cm de longitud le corresponden aberturas de 2.8 a 5.7 mm
E	G	Eg	Para rajaduras de 72 a 84 cm de longitud le corresponden aberturas de 11 a 14 mm

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19 . Relación entre la clase diamétrica y la longitud de rajadura

CLASE DIAMETRICA	CATEGORIA LONGITUD DE RAJADURA	RELACION	INTERPRETACION
IV	b, c, d	IVb, IVc, IVd	Diámetros entre 72 y 79 cm muestran mayormente longitudes de rajadura de 12 a 48 cm
V	b, c, d	Vb, Vc, Vd	Diámetros entre 79 y 86 cm manifiestan longitudes de rajadura de 12 a 48 cm

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 20 . Relación entre el rendimiento total y la abertura de rajadura

RDTO EN MAD. ASERRADA	CAT ABERTURA DE RAJADURA	RELACION	INTERPRETACION
IV	D	IVD	Rendimientos de 53 a 61% se asocian con aberturas de rajadura de 8.5 a 12 mm

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro 21 . Relación entre el rendimiento total y la longitud de rajadura

RDTO EN MAD. ASERRADA	CAT. LONGITUD DE RAJADURA	RELACION	INTERPRETACION
I	f	If	Rajaduras de 60 a 72 cm generan rendimientos de 31 a 38%
IV	c	IVc	Rendimientos de 53 a 60% se asocian a menores longitudes de rajadura

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22. Relación entre la clase diamétrica y la abertura de rajadura

CLASE DIAMETRICA	CAT ABERTURA DE RAJADURA	RELACION	INTERPRETACION
II	A y E	IIA y IIE	Diámetros de 58 a 65 cm presentan mayormente aberturas de rajadura de 0 a 2.8 mm y de 12 a 14 mm

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 23 muestra que no existe una relación fuerte y/o concluyente entre las dimensiones de la acebolladura y el rendimiento total, determinándose solo que a longitudes de acebolladura entre 34 y 46 cm le corresponden aberturas de 1 a 2 mm. En los Cuadros 24 y 25 se establece una correspondencia parcial entre algunos rangos de longitud y ancho de acebolladura en determinadas clases diamétricas; apreciándose que a las clases diamétricas II y III le corresponden anchos de acebolladuras de hasta 2 mm, así mismo para las clases III, VI y VII le corresponden longitudes de 23 a 43 cm. Sin embargo, dimensiones tan pequeñas de aberturas de acebolladura como las mencionadas, sirven para generar pérdidas medianas a considerables en la troza, según la dimensión de la acebolladura y el diámetro de la troza.

Cuadro 23. Relación entre las acebolladuras y el rendimiento total

CAT. ABERTURA DE ACEBOLLADURA	CAT. LONGITUD DE ACEBOLLADURA	RELACION	INTERPRETACION
B	D	bD	Longitudes de acebolladura de 34 a 46 cm se asocian con aberturas de 1 a 2 mm

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24. Relación entre la clase diamétrica y la abertura de acebolladura

CLASE DIAMETRICA	CAT. ABERTURA DE ACEBOLLADURA	RELACION	INTERPRETACION
II	a y b	IIa y IIb	Diámetros de 58 a 65 cm muestran aberturas de acebolladura de hasta 2 mm
III	a y b	IIIa y IIIb	Diámetros de 65 a 72 cm manifiestan aberturas de acebolladura de hasta 2 mm

IV	A	IVa	Diámetros de 72 a 79 cm no presentan aberturas considerables de acebolladura
----	---	-----	--

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 25 . Relación entre la clase diamétrica y la longitud de acebolladura

CLASE DIAMETRICA	CAT. LARGO ACEBOLLADURA	RELACION	INTERPRETACION
III, VI Y VII	C	IIIc, VIC Y VIIC	Diámetros de 65 a 72 y de 86 a 100 cm muestran longitudes de acebolladura de 23 a 43 cm

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 COMPARACION DEL VOLUMEN ASERRADO OBTENIDO CON EL VOLUMEN ESTIMADO POR LA TABLA DOYLE

De acuerdo al Cuadro 26 las pequeñas diferencias entre el volumen aserrado real y el volumen estimado por Doyle que se manifiestan en las 4 primeras clases diamétricas con rangos variables de -8 a 22 pt, evidencian la validez de la fórmula Doyle para trozas de Copaiba con diámetros comprendidos entre 20 y 31 pulgadas y refutan en parte la afirmación de que la fórmula estima con precisión para diámetros de 26 a 36 pulgadas, de allí su aplicabilidad. Sin embargo para las clases diamétricas mayores (V, VI y VII) esta fórmula sobreestima el volumen aserrado en forma exagerada, en cantidades que varían de 86 a 255 pt, lo cual permite afirmar que para trozas con diámetros superiores a 31 pulgadas es muy imprecisa en el caso de la Copaiba.

Los volúmenes se refieren exclusivamente a la madera aserrada comercial, teniendo en cuenta que la Fórmula Doyle estima el volumen para este tipo de madera sin considerar a la madera corta. De hacer una comparación en la que se incluya ambos volúmenes, descartaríamos por completo esta fórmula obsoleta, ya que presentaría sesgos demasiado grandes al estimar el volumen maderable de cada troza.

Cuadro 26 . Comparación del volumen aserrado real y estimado por Doyle

CLASE DIAMETRICA	VOL REAL PROMEDIO (pt)	VOL DOYLE PROMEDIO (pt)	PRUEBA T	INTERPRETACION
I	251	273	0.7697	DOYLE ES APLICABLE
II	424	416	0.8856	DOYLE ES APLICABLE
III	580	587	0.9025	DOYLE ES APLICABLE
IV	704	684	0.7801	DOYLE ES APLICABLE
V	724	898	0.3356	DOYLE NO ES APLICABLE
VI	939	1025	0.3496	DOYLE NO ES APLICABLE
VII	964	1219	0.1124	DOYLE NO ES APLICABLE

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 OBSERVACIONES SOBRE EL PERSONAL Y MAQUINARIA DEL ASERRADERO

En relación al trabajo del personal de planta y responsabilidad del aserrador, cabe destacar que debido a que se comercializan especies maderables de mediano o bajo valor comercial (desde S/. 0.90 en el caso de la Catahua amarilla hasta S/. 3.50 para frisas de Shihuahuaco) la empresa tiene como política priorizar la productividad antes que la calidad del producto a excepción de algún pedido especial, por lo que se asierra sin ningún tipo de corte especial para subsanar de alguna manera los defectos de la troza. De manera similar, el operador del cargador frontal derriba las trozas del camión acentuando aun más los defectos de tensión propios de la especie.

En el caso de la sierra principal se utiliza una misma velocidad de corte, para aserrar indiferentemente maderas duras y semi-duras, incrementándose los esfuerzos de corte y el desgaste en las herramientas cortantes.

En el taller de afilado se observaron deficientes condiciones de los equipos, algunos tales como la tensionadora y la recaladora, que generaban surcos pronunciados y paralelos en la superficie aserrada, además del acelerado destensionado de la cinta, ocasionando pérdidas de tiempo en el cambio de cinta y cortes descalibrados de la pieza en forma constante durante todo el estudio.

5. CONCLUSIONES

- La Copaiba es una especie de buena constitución morfológica, debido a su tronco cilíndrico de baja conicidad (1.2 cm / m) y corteza de poco espesor (1 cm en promedio).
- El rendimiento de la Copaiba en madera aserrada comercial no alcanza al promedio utilizado a nivel nacional de 52 %, el cual es superado en 6,1% cuando se considera un rendimiento total de 58.1% que incluye a la madera aserrada comercial y corta.
- Las variables diámetro y conicidad demostraron cierto grado de asociación con el rendimiento, aunque no de manera concluyente.
- Las ecuaciones de regresión presentadas a continuación no predicen adecuadamente el rendimiento en aserrío de las trozas de Copaiba en función a las variables conicidad y diámetro, a pesar de su significancia.

$$CR-COR = 13.46 - 275.7 CON$$

$$CR-T = 65.09 - 591.7 CON$$

$$CR-T = - 56.22 + 296.4 D - 185.1 D^2$$

- Las ecuaciones de regresión presentadas a continuación predicen de modo aceptable el rendimiento en aserrío en base al número de piezas aserradas de 4'' de espesor por clase diamétrica.

$$\text{Para la clase diamétrica IV: } CR-COM = 35.3 + 3.34 NPG$$

$$\text{Para la clase diamétrica V: } CR-COM = 9.43 + 5.90 NPG$$

$$\text{Para la clase diamétrica VI: } CR-COM = 23.39 + 3.553 NPG$$

$$\text{Para la clase diamétrica III: } CR-T = 50.14 + 3,231 NPG$$

$$\text{Para la clase diamétrica IV: } CR-T = 43.08 + 4.399 NPG$$

- Los rangos óptimos para el aserrío de las trozas de Copaiba varían de 65 a 79 cm.

- Las trozas de Copaiba con diámetros superiores a 93 cm por los defectos que acumulan no son aptas para el aserrío.
- Las rajaduras según su longitud y ancho son las principales causas de un bajo rendimiento de las trozas, aunque también influyen notablemente las acebolladuras.
- Las grandes dimensiones de las trozas y de la madera denominada “extra larga” permiten la acumulación de una mayor cantidad de defectos que se manifiestan en menores rendimientos en los diferentes procesos de aserrío.
- La formula Doyle es aplicable para trozas de Copaiba con diámetros de 51 a 79 cm (20 a 31 pulgadas).
- La longitud y ancho de rajaduras están en relación directa con un bajo rendimiento de las trozas de Copaiba.
- El rendimiento en madera aserrada aumenta con el diámetro de la troza hasta la clase diamétrica IV; a partir de la cual disminuye por sus dimensiones, al hacerse más evidentes los defectos de estructura.

6. RECOMENDACIONES

- Aminorar los defectos de tensión propios de la especie aplicando hasta donde las condiciones de la zona y la extracción lo permitan, técnicas de Extracción de Impacto Reducido (EIR).
- Capacitar constantemente al personal en lo concerniente al manejo adecuado de la maquinaria de aserrío y afilado.
- Promover estudios de rendimiento para las diferentes especies maderables de la región Ucayali.
- Los árboles de Copaiba pertenecientes a la clase diamétrica VII deben ser utilizados sólo como semilleros en las concesiones forestales.
- Agrupar las trozas en clases diamétricas de rangos reducidos para permitir análisis más confiables y precisos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALEGRE ET AL. 2003. Atlas Departamental del Perú: Madre de Dios/Ucayali. Lima. PE. Diario La Republica en coedición con PEISA SAC, Quebecord World PERU SAC. Tomo 7. 162 p.
2. BAZAN, C. 1986. Factor de conversión en Aserrío para las especies Cedro y Tornillo en Pucallpa; Tesis Ing. Forestal. Lima, UNALM. 99 p.
3. BAZAN, F. y CHURATA, E. 1978. Estudio de Mercado de productos Forestales del Bosque Nacional "Alexander Von Humboldt". Lima, PE. Proyecto PNUD/FAO/PER/71/511 49 p. (Documento de trabajo N° 19)
4. BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. 1965. Medición Forestal. 2° Edición. MX, Editorial Herrera S. A. 474 p.
5. CAMARA NACIONAL FORESTAL 1996. Utilización de Nuevas Especies Forestales del Perú. Lima, PE. Proyecto OIMT. PD 37/88 (I). 98 p.
6. CHUQUICAJA, C. 1987. Factor de Conversión en Aserrío para las Especies de Tornillo y Moena de la zona de Chanchamayo. Tesis Ing. Forestal. Lima, UNALM. 121 p.
7. CREDO, C. y BRAVO, H. 1979. Estudio para la Elaboración de la Tabla Oficial de Cubicación de Madera Rolliza. Ministerio de Agricultura y Alimentación DGFF. Lima – Perú. 184 p.
8. FREESE, F. 1978. Métodos estadísticos elementales para técnicos forestales. Servicio Forestal Departamento de Agricultura de los EE. UU. de A. Manual de Agricultura N° 317 Madison – EE. UU. 102 p.
9. GAUTHIER, R 1986. Diagnóstico de los aserraderos de la Región del Ucayali Provincia Coronel Portillo. Programa de Desarrollo Forestal Perú-Canadá. Informe. Lima, Perú. 143 p.
10. GAVIRIA, E 1981. Estudio Económico Comparativo de la Industria del Aserrío en Chanchamayo. Tesis Ing. Forestal. Lima, UNALM. 85 p.
11. GOREU. 2004. Perfil Ambiental de la Región Ucayali. Gerencia Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente GRNGMA. Pucallpa, Perú. GRNGMA. 38 p.

12. INIA 1996. Manual de Identificación de Especies Forestales de la Sub-Región Andina.
Proyecto PD 150/91 Rev. 1 (I) 490 p.
13. IZQUIERDO, J. 1960. Estudio Comparativo de Volúmenes de Cedro (*Cedrela* sp.) entre la Tabla Doyle y Volumen Real de Madera Aserrada. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, UNALM. 51 p.
14. NOACK 1995. Una mejor utilización de los recursos maderables con miras a mejorar la sostenibilidad y a reducir los efectos ecológicos negativos. Resumen del Informe Final del Coordinador del Proyecto. Hamburg, AL. Proyecto OIMT PD74/90 (F,I). 42 p.
15. ONERN 1976. Mapa Ecológico del Perú. Guía Explicativa. Lima – Perú.
16. SIBILLE, A. 2000. Proyecto: Promoción de Nuevas Especies Forestales del Perú en el Comercio Exterior. Catálogo MADERAS DEL PERÚ. 40 p.
17. SCHREWE, H. 1980. La Industria del Aserrío en el Perú. Lima, PE. Proyecto PNUD/FAO/PER/78/003. 60 p. (Documento de Trabajo N° 8)
18. TABOADA, R. 1973. Estudio Económico de la Industria de Aserrío en la Zona de Tingo Maria. Tesis Ing. Forestal. Lima, UNALM. 99 p.
19. TOLMOS, R. 2001. Determinación del coeficiente de conversión de madera rolliza a madera aserrada con sierra cinta de la especie Shihuahuaco (*Dypterix* sp.) Tesis Ing. Forestal. Lima, UNALM. Perú. 93 p.
20. VALLES, P 1988. Estudio de rendimiento para 4 especies forestales en la zona de San Martín. Tesis Ing. Forestal. Lima, UNALM. 92 p.
21. VIVANCO *et al.* 2002. Gran Enciclopedia de la Región Ucayali: Identidad Regional. 7ª edición Lima, PE. Luis Vivanco Pimentel E.I.R.L. Ltda. 303 p.

ANEXO 1

INFORMACION COMPLEMENTARIA DEL ASERRADERO PEZO E.I.R.L

A) LINEA DE PRODUCCION PARA PISOS

1° TABLEADORA

- Marca: MENDES
- Procedencia: Brasil
- Diámetro de la volante: 1 m
- Ancho de la volante: 10 cm.
- Potencia del motor: 50 HP
- No posee reóstato, la volante gira a una sola velocidad
- RPM de la volante: 1800
- Tableadora de “mano derecha”
- Sistema de avance: Mecánico-Neumático, emplea 1 rodillo estriado (diámetro: 9” y altura 12”) y 4 rodillos lisos; además de una compresora

2° SIERRAS DE DISCO (3)

- Marcas: DREMAX, DMF y “Hechizo”
- Tipo de diente: Diamantado
- Diámetro del disco: 18”
- Nº dientes: 36
- Potencia del motor: DREMAX (11 HP), “Hechizo” (15 HP), DMF (7.5 HP)

RPM: DREMAX (3520), “Hechizo” (3500), DMF (1800)

B) TALLER DE AFILADO

1° AFILADORAS AUTOMATICAS “HECHIZO” (2)

Preparadas para afilar cintas de 1 ¾” y 1 ½” de pase

Potencia del motor: 1.1 HP

2° ROLADORA

Potencia del motor: 1.1 HP

3° FRAGUA Y CAUTILES (2)

Tipo de soldadura: Se emplea plata (Ag)

4° ESMERIL

Potencia del motor: 1.1 HP

5° TRABADORA MANUAL

6° IGUALADORA MANUAL

7° CINTAS

- Nº cintas para sierra principal: 6
- Ancho de las cintas: 18 cm. Y 22 cm.
- Espesor de las cintas: 1.2 mm
- Pase de las cintas: 1 ½” y 1 ¾”
- Longitud de las cintas: 10.3 m
- Tipo de diente: Tipo “lobo” (3 cintas) y “pico de loro” (3 cinta)
- Traba empleada para Copaiba: 3.5 – 4 mm
- Nº cintas para Tableadora: 3
- Ancho de las cintas: 10 cm.

- Espesor de las cintas: 1.2 mm
- Pase de las cintas: 1 ½''
- Longitud de las cintas: 6.7 m
- Tipo de diente: Tipo "lobo" (3 cintas)

C) PERSONAL DE PLANTA

CARGO	Nº DE TRABAJADORES
Aserrador	01
Huinchero	01
Trinquetero	01
Estibador de trozas	02
Canteador	01
Ayudante de canteador	01
Despuntador	01
Ayudante de despuntador	01
Tableador	01
Ayudante de tableador	01
Operador de sierra de disco	03
Ayudante de operador de sierra de disco	03
Estibador de tablas	08
Cubicador	01
Afilador	01
Ayudante de afilador	01
Encargado de mantenimiento	01
Operador de cargador frontal	01
Vigilante	03
TOTAL	33

D) PERSONAL ADMINISTRATIVO

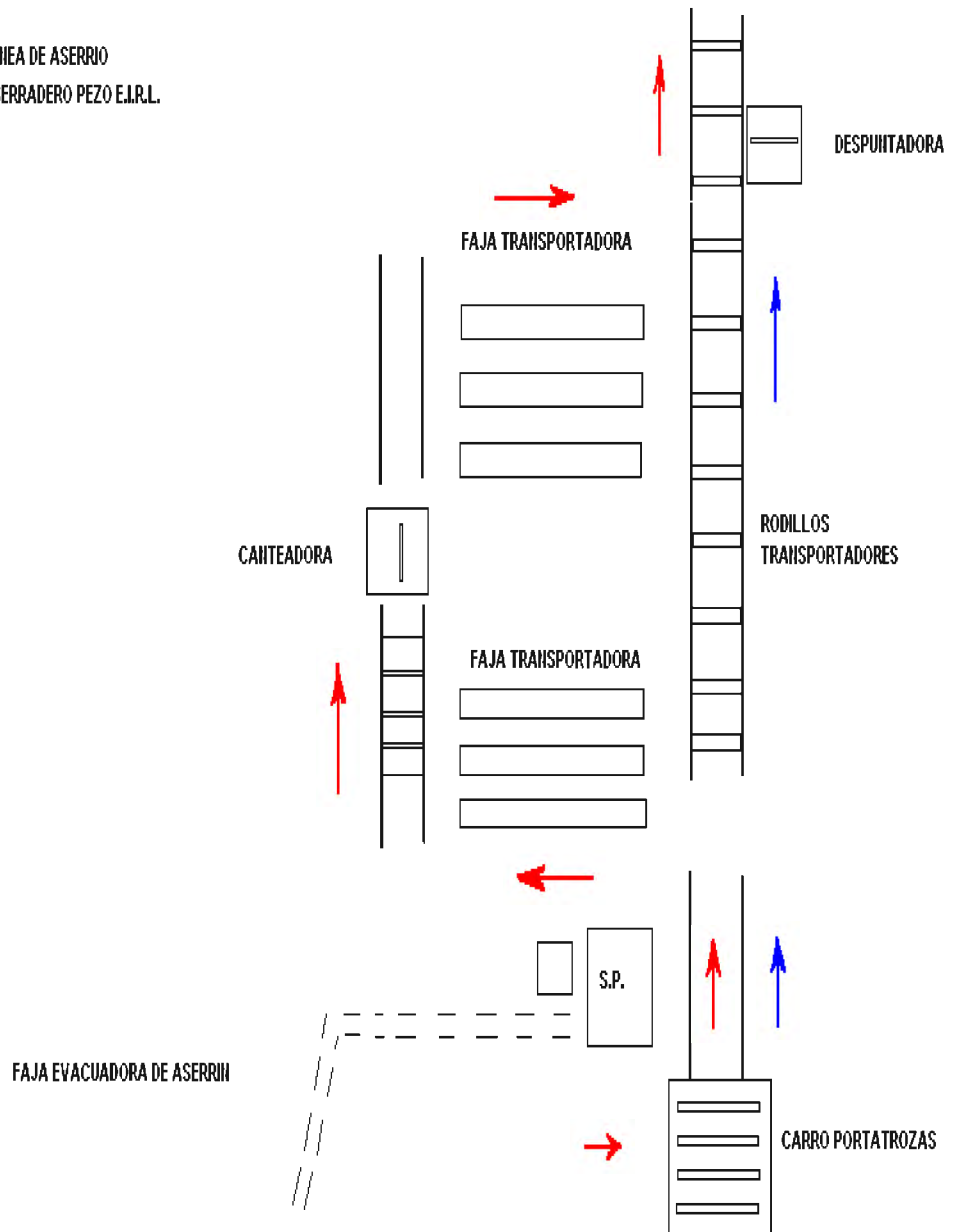
CARGO	Nº DE TRABAJADORES
Gerente General	01
Administrador	01
Encargado de Planta	01
Encargado de Ventas	01
TOTAL	04

E) SECUENCIA DE PRODUCCION DE MADERA ASERRADA DE CORTE TANGENCIAL

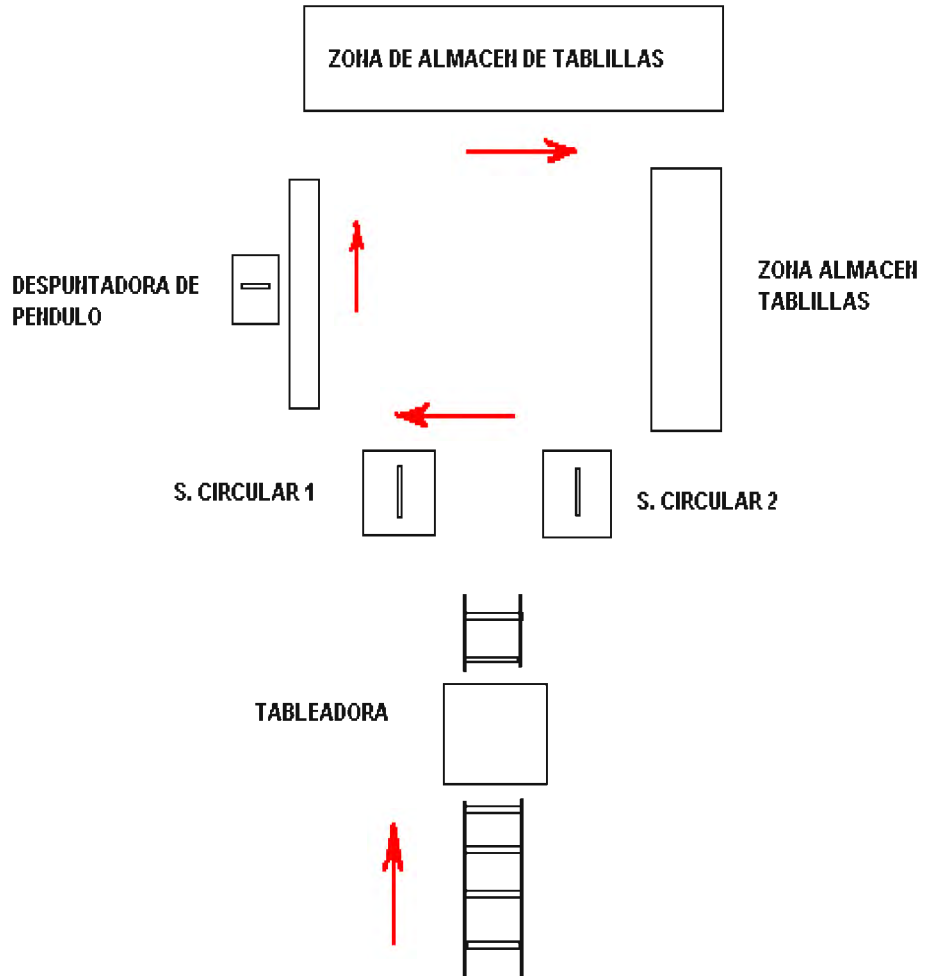
- Transporte de trozas del patio a la rampa de aserrado
- Acomodo en el carro portatrozas
- Aserrío en la sierra principal
- Canteado de la pieza
- Despuntado de la pieza
- Estibado en paquetes de 1000 pt c/u aproximadamente
- Desplazado a zona de acopio
- Carguío y transporte a zona destino.

F) DISTRIBUCION EN PLANTA DE LA LINEA DE ASERRIO

LINEA DE ASERRIO
ASERRADERO PEZO E.I.R.L.



G) DISTRIBUCION EN PLANTA DE LA LINEA DE PRODUCCION DE PISOS



LINEA DE PRODUCCION DE PISOS DE MADERA
ASERRADERO PEZO E.I.R.L.

ANEXO 2

EXPOSICION FOTOGRAFICA DE LOS DEFECTOS COMUNES EN LAS TROZAS DE COPAIBA



Figura N° 1. Torcedura con rajadura en estrella



Figura N° 2 y 3: Diferentes formas de acebolladura



Figura N° 4 y 5: Diferentes formas de rajadura



Figura N° 6: Un caso atípico de baleado en la Copaiba.



Figura N° 7 Diferentes formas de grietas en las trozas de Copaiba

ANEXO 3

VARIABLES EVALUADAS EN EL ESTUDIO DE RENDIMIENTO EN ASERRIO CON 65 TROZAS DE COPAIBA

ITEM	D MIN (m)	D MAX (m)	L (m)	VOL (m3)	VOL ASERRADO (m3)		RENDIMIENTO	
					COMERCIAL	CORTA	COMERCIAL	CORTA
COP 01	0.83	0.98	8.00	4.80	2.42	0.43	50.46	8.88
COP 02	0.46	0.59	8.38	1.71	0.58	0.15	34.14	8.85
COP 03	0.63	0.78	8.03	3.26	1.86	0.51	57.24	15.57
COP 04	0.54	0.66	5.23	1.47	0.89	0.04	60.41	2.39
COP 05	0.78	0.90	5.05	2.64	1.25	0.20	47.26	7.74
COP 06	0.59	0.87	8.03	3.01	2.05	0.15	67.90	5.06
COP 07	0.49	0.65	6.50	1.70	0.89	0.12	52.43	6.86
COP 08	0.63	0.80	7.77	3.28	1.33	0.81	40.59	24.75
COP 09	0.86	1.00	6.20	4.21	2.22	0.49	52.69	11.62
COP 10	0.55	0.65	8.48	2.42	1.19	0.07	49.03	2.89
COP 11	0.57	0.64	8.15	2.25	0.87	0.57	38.67	25.35
COP 12	0.75	0.94	6.35	3.75	2.18	0.84	58.12	22.31
COP 13	0.86	1.12	6.68	4.94	2.58	0.68	52.30	13.79
COP 14	0.58	0.79	8.33	3.03	1.10	0.73	36.41	24.22
COP 15	0.59	0.64	6.17	1.82	0.57	0.25	31.45	13.91
COP 16	0.51	0.74	8.00	2.29	0.55	0.16	24.17	7.04
COP 17	0.56	0.70	2.82	0.88	0.37	0.01	41.70	1.34
COP 18	0.58	0.79	8.00	2.84	1.04	0.36	36.77	12.81
COP 19	0.60	0.78	7.95	2.87	1.13	0.34	39.53	11.73
COP 20	0.62	0.69	7.90	2.72	0.84	0.55	30.89	20.27
COP 21	0.53	0.61	2.82	0.74	0.42	0.05	57.24	6.29
COP 22	0.54	0.66	6.27	1.85	0.83	0.26	44.71	14.00
COP 23	0.61	0.82	7.44	2.82	1.30	0.66	45.99	23.25
COP 24	0.71	0.78	7.42	3.30	2.06	0.71	62.37	21.46
COP 25	0.57	0.71	8.43	2.63	1.77	0.28	67.44	10.71
COP 26	0.79	0.89	7.92	4.55	2.54	0.31	55.77	6.89
COP 27	0.57	0.73	3.15	1.00	0.59	0.00	58.77	0.00
COP 28	0.63	0.78	7.21	2.78	1.30	0.24	46.75	8.60
COP 29	0.63	0.96	7.62	3.93	1.15	0.34	29.28	8.63
COP 30	0.75	0.92	7.49	4.15	2.33	0.50	56.12	11.98
COP 31	0.80	0.87	7.80	4.30	1.28	0.79	29.72	18.30
COP 32	0.64	0.70	7.42	2.61	1.62	0.07	62.00	2.75
COP 33	0.64	0.84	8.33	3.42	1.79	0.05	52.42	1.58
COP 34	0.61	0.70	7.49	2.47	1.77	0.00	71.71	0.00
COP 35	0.88	1.07	8.28	6.54	3.48	0.64	53.28	9.77
COP 36	0.56	0.74	7.70	2.55	1.27	0.28	49.82	10.79

ITEM	D MIN (m)	D MAX (m)	L (m)	VOL (m3)	VOL ASERRADO (m3)		RENDIMIENTO	
					COMERCIAL	CORTA	COMERCIAL	CORTA
COP 37	0.56	0.67	2.84	0.83	0.45	0.13	53.90	15.26
COP 38	0.56	0.68	4.52	1.41	0.42	0.20	30.15	14.17
COP 39	0.58	0.88	7.84	3.02	1.52	0.07	50.48	2.41
COP 40	0.53	0.72	7.95	2.23	0.92	0.20	41.34	8.97
COP 41	0.57	0.70	7.80	2.37	1.15	0.12	48.27	5.24
COP 42	0.58	0.76	6.22	2.21	0.69	0.10	31.20	4.63
COP 43	0.60	0.78	8.05	2.80	1.42	0.28	50.84	10.02
COP 44	0.61	0.75	4.72	1.77	0.51	0.19	29.12	10.48
COP 45	0.61	0.81	8.03	3.29	1.33	0.52	40.56	15.79
COP 46	0.57	0.77	7.95	2.64	1.45	0.27	54.92	10.20
COP 47	0.69	0.79	7.95	3.25	1.91	0.20	58.71	6.30
COP 48	0.52	0.60	7.42	1.83	0.48	0.39	26.13	21.17
COP 49	0.69	0.79	6.05	2.56	1.22	0.35	47.59	13.82
COP 50	0.83	0.99	6.25	4.22	1.97	0.29	46.76	6.93
COP 51	0.62	0.85	8.03	4.29	1.79	0.26	41.72	5.96
COP 52	0.83	1.00	6.60	4.37	2.41	0.41	55.14	9.47
COP 53	0.62	0.75	8.05	2.88	1.80	0.11	62.61	3.97
COP 54	0.86	0.91	6.20	3.83	1.24	0.69	32.28	17.88
COP 55	0.59	0.70	8.13	2.49	1.53	0.08	61.38	3.08
COP 56	0.89	1.00	5.64	4.02	2.20	0.16	54.68	4.05
COP 57	0.58	0.69	8.08	2.57	1.48	0.10	57.63	3.80
COP 58	0.89	1.10	6.60	5.03	1.47	0.57	29.26	11.24
COP 59	0.65	0.76	8.10	3.14	1.82	0.46	57.82	14.80
COP 60	0.76	0.92	6.83	4.02	2.50	0.31	62.19	7.75
COP 61	0.71	0.83	8.26	3.82	2.32	0.46	60.70	12.00
COP 62	0.84	1.02	6.20	4.49	2.29	0.51	50.97	11.29
COP 63	0.94	1.06	6.25	4.94	1.63	0.71	32.98	14.44
COP 64	0.83	0.90	7.82	4.62	2.79	0.31	60.42	6.68
COP 65	0.65	0.90	6.12	2.58	1.46	0.13	56.59	5.10