

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS**

**CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MADERA EN ROLLO DE PINO (*Pinus* sp.), A
MADERA ASERRADA: EXPERIENCIAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE
CHIQUIMULA, EL PROGRESO Y ZACAPA**

ALEXANDER NEFTALÍ BARAHONA HERNÁNDEZ

Guatemala, abril de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

**CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MADERA EN ROLLO DE PINO (*Pinus* sp.), A
MADERA ASERRADA: EXPERIENCIAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE
CHIQUMULA, EL PROGRESO Y ZACAPA**

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA
DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

ALEXANDER NEFTALÍ BARAHONA HERNÁNDEZ

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE LICENCIADO

Guatemala, abril de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. M.V. Luis Alfonso Leal Monterroso

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr.	Edgar Oswaldo Franco Rivera
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr.	Walter Estuardo García Tello
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr.	Manuel de Jesús Martínez Ovalle
VOCAL TERCERO	Ing. Agr.	Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL CUARTO	Br.	Wener Armando Ochoa Orozco
VOCAL QUINTO	Br.	Juan Manuel Corea Ochoa
SECRETARIO	Ing. Agr.	Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, abril de 2003

**Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente**

Distinguidos miembros:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado

**CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MADERA EN ROLLO DE PINO (*Pinus* sp.), A
MADERA ASERRADA: EXPERIENCIAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE
CHIQUMULA, EL PROGRESO Y ZACAPA**

Presentado como requisito previo a optar el Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

En espera de su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento.

Atentamente,

ALEXANDER NEFTALÍ BARAHONA HERNÁNDEZ

CONTENIDO GENERAL

	ÍNDICE DE FIGURAS	iii
	ÍNDICE DE CUADROS	iv
	RESUMEN	v
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
3.	MARCO TEÓRICO	3
3.1	MARCO CONCEPTUAL	3
3.1.1	CÁLCULO DE MADERA EN ROLLO	3
	A. Smalian	3
	B. Huber	3
3.1.2	FORMAS COMUNES DE MEDICIÓN DE MADERA EN ROLLO	4
	A. Medición de diámetros	4
	B. Medición de longitudes de trozas	4
3.1.3	CÁLCULO DE MADERA ASERRADA POR PIES TABLARES	5
	A. Doyle	5
	B. Pie tablar	6
	C. Internacional	6
	D. Scribner	7
3.1.4	CÁLCULO DE VOLUMEN DE MADERA ASERRADA EN LA INDUSTRIA	7
3.1.5	CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE MADERA ROLLIZA A MADERA ASERRADA	8
3.1.6	FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE UN ASERRADERO	8
	A. Defectos de la madera	8
	B. Mantenimiento de sierras y cuchillas	9
	C. Mano de obra	9
3.2	MARCO REFERENCIAL	11
3.2.1	ASERRADERO TRANSPORTE Y CARGA SAN JOSÉ	11
3.2.2	ASERRADERO AGROSELVA	11
3.2.3	ASERRADERO MADERAS LA PISTA	11
4.	OBJETIVOS	13

5.	HIPÓTESIS	14
6.	METODOLOGÍA	15
6.1	MATERIAL Y EQUIPO EMPLEADO	15
6.2	METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MADERA ROLLIZA A MADERA ASERRADA	15
6.2.1	FÓRMULA UTILIZADA PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN	15
6.2.2	RECONOCIMIENTO DEL ÁREA	15
6.2.3	IDENTIFICACIÓN Y TOMA DE DATOS DE LAS TROZAS	16
6.2.4	LECTURA DE MADERA ASERRADA	16
6.2.5	CÁLCULO DEL RENDIMIENTO	17
6.3	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	17
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
7.1	FÓRMULAS MAS APROPIADA PARA EL CÁLCULO DEL VOLUMEN DE MADERA	18
7.2	RENDIMIENTO (%) DE MADERA EN ROLLO A MADERA ASERRADA	19
7.2.1	ASERRADERO MADERAS LA PISTA, TULUMAJILLO, SAN AGUSTÍN, ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO	19
7.2.2	ASERRADERO SAN JOSÉ, ALDEA SABANA GRANDE, CHIQUIMULA	20
7.2.3	ASERRADERO AGROSELVA, GUALÁN, ZACAPA	21
7.3	ERROR DE MUESTREO EN EL RENDIMIENTO (%) DE MADERA EN ROLLO A MADERA ASERRADA EN CADA ASERRADERO	22
7.4	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO (%) DE MADERA EN ROLLO A MADERA ASERRADA	23
8.	CONCLUSIONES	25
9.	RECOMENDACIONES	26
10.	BIBLIOGRAFÍA	27
11.	ANEXOS	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Flujo de madera en rollo a madera aserrada de <u>Pinus</u> sp.	15
Figura 2.	Flujo de contabilización de la madera aserrada por cada troza	17
Figura 3.	Prueba de Tukey para la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Principales defectos de la madera y su porcentaje de presencia	8
Cuadro 2.	Calidad en el mantenimiento de sierras y cuchillas en aserraderos, número y porcentaje	9
Cuadro 3.	Calidad de la mano de obra	10
Cuadro 4.	Comparación de 5 fórmulas en el cálculo de volumen de madera de la especie <u>Pinus</u> sp.	18
Cuadro 5.	Rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada en el aserradero Maderas La Pista	19
Cuadro 6.	Rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada en el aserradero San José	20
Cuadro 7.	Rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada en el aserradero Agroselva	21
Cuadro 8.	Medidas de dispersión de la variable rendimiento 8%) de madera en rollo a madera aserrada	22
Cuadro 9.	Resumen de ANDEVA para la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada	23

CÁLCULO DE RENDIMIENTO DE MADERA EN ROLLO DE PINO (*Pinus* sp.), A MADERA ASERRADA: EXPERIENCIAS EN LOS DEPARTAMENTOS DE CHIQUIMULA, EL PROGRESO Y ZACAPA

CALCULATION OF YIELD OF WOOD IN ROLL OF PINE (*Pinus* sp.), TO SAWED WOOD: EXPERIENCES IN THE DEPARTMENTS OF CHIQUIMULA, EL PROGRESO AND ZACAPA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal describir la metodología para la determinación de madera en rollo a madera aserrada de la especie ***Pinus* sp.**, en la región III- Nor-Oriente de Guatemala, para lo cual se observó el proceso en tres aserraderos ubicados en los departamentos de El Progreso, Zacapa y Chiquimula.

Resultado de la investigación se afirma que para la especie ***Pinus* sp.**, la fórmula más apropiada para el cálculo del volumen de madera es la de Smalian, ya que los resultados son más cercanos al volumen real. Considerando ésta fórmula en los análisis de rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada de ***Pinus* sp.**, se tiene que el aserradero que presentó estadísticamente el mayor rendimiento es el Maderas La Pista, que se ubica en la aldea Tulumajío, municipio de San Agustín Acasaguastlán, departamento de El Progreso, presentando un rendimiento de madera en rollo a madera aserrada de ***Pinus* sp.** de 65.44 %, siendo las causas principales de éste gran rendimiento que las trozas fueron de mejor calidad, el personal tiene mayor pericia en el proceso y que la maquinaria dispone de un adecuado mantenimiento, especialmente en sierras y cuchillas.

1. INTRODUCCIÓN

La principal función de un aserradero es transformar la materia prima (madera rolliza) en madera aserrada. Esto se realiza para obtener madera con las dimensiones que el mercado demanda y maximizar utilidades, ya que a través de dicho proceso se le da valor agregado al producto aserrado y puede ser utilizado en construcción, carpintería, ebanistería, entre otros.

Por otro lado, en la fiscalización forestal es necesario conocer cual es el rendimiento promedio que cada uno tiene, con el objeto de determinar si el volumen de madera que se vende corresponde al volumen que ha entrado al mismo, así reducir anomalías en el flujo de la madera del bosque a la industria, así mismo verificar que tipo de maquinaria interviene en este proceso, y así establecer estrategias y delimitar estándares de instalaciones, en especial de aserraderos, para ordenar la producción forestal que absorbe esta industria.

El cálculo de madera de trozas se hace comercialmente, por lo tanto los datos de rendimiento que los aserraderos calculan lo efectúan de acuerdo a estas estimaciones y no sobre la base de volumen en rollo real que se calcula en el bosque.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Determinar el rendimiento es una tarea periódica de la industria para demostrar la eficiencia de su maquinaria y personal, para maximizar la producción y minimizar sus gastos.

Por otro lado, de acuerdo al Plan Estratégico del INAB 1998-2015, en el programa de administración, regulación y control de la actividad forestal, uno de sus objetivos es de “Administrar, controlar y fiscalizar, en representación del estado guatemalteco, aquellas actividades relacionadas con el aprovechamiento y utilización de productos y/o subproductos forestales, dentro del marco de la ley forestal, su reglamento y normas”

Por lo anterior es necesario conocer criterios y una metodología para calcular el rendimiento de una industria forestal, y así evitar anomalías en el flujo de madera que ingresa y la que sale, ya que al reducir la pérdida por aserrío el propietario amplía sus volúmenes de materia en bruto que ingresan y con esto pueden obtener madera lícita, o ampliar sus volúmenes de corta permisible autorizados y con ello degradan los bosques.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 CÁLCULO DE MADERA EN ROLLO

Para calcular los datos de madera en rollo obtenidos en el aserradero, se pueden calcular a través de dos formulas: La Smalian y la de Huber. Estas dos fórmulas calculan el volumen en bruto de una troza, sin depreciar las costaneras (cantos) que se obtienen al aserrarla u otros subproductos que se derivan de la industria. Por tal razón, para el cálculo de rendimiento del aserradero se va a tomar como base uno de estos métodos ya que el dato de volumen es más exacto y real (1).

A. Smalian

Calcula el volumen de la troza a partir de un cono truncado, por lo que se utilizan los parámetros de diámetro menor, el diámetro mayor en metros y la longitud total en metros. Esta formula calcula el volumen con mayor grado de exactitud, pero el tiempo de medición de las trozas es mayor (1, 2).

$$V(m^3) = \frac{\pi}{8} \times (d_1^2 + d_2^2) \times L$$

$$V(m^3) = \frac{\pi}{4} \times \frac{(d_1^2 + d_2^2)}{2} \times L$$

En donde:

$V(m^3)$	=	Volumen en metros cúbicos.
π	=	3.1415926.
d_1^2	=	diámetro menor en metros.
d_2^2	=	diámetro mayor en metros.
L	=	Longitud de troza en metros.

B. Huber

Calcula el volumen a partir del diámetro de en medio de la troza y su longitud. Esta fórmula compensa el volumen del diámetro mayor y el diámetro menor. Casi no se utiliza porque requiere un poco de más tiempo al medir el diámetro medio pero la exactitud es aceptable (1).

$$V(m^3) = \frac{\pi}{4} \times d_3^2 \times L$$

Donde:

V(m³)	=	Volumen en metros cúbicos.
π	=	3.1415926
d₃	=	diámetro de en medio de la troza en metros.

3.1.2 FORMAS COMUNES DE MEDICIÓN DE MADERA EN ROLLO

A. Medición de Diámetros

Cuando se utiliza la fórmula Smalian, se miden los diámetros de los extremos (menor y mayor) sin corteza utilizando un metro de albañil. Se toma una lectura en cada extremo de la troza si la cara es redonda. Si es ovalada, se toman dos o más medidas en cada cara, sacando el promedio (3, 4).

Al aplicar la fórmula de Huber, la medición del diámetro de en medio se hace con corteza, utilizando un cinta diamétrica o forcípula. Si se realizan las medidas con forcípula, hay que tomar dos lecturas para obtener el promedio. Como el diámetro que se obtiene es con corteza, se utiliza un medidor de corteza par calcular el diámetro sin corteza.

Si al medir la troza y el diámetro de en medio caen en una zona nudosa o hay una mal formación que puede ser producto de desarme de la troza o defectos físicos, el diámetro se mide en la parte siguiente en dirección al diámetro menor donde se haga más circular (1).

B. Medición de Longitudes de trozas

Tomando en consideración que los cortes de las trozas no son perpendiculares al diámetro para que forme un ángulo de 90°, por el contrario, el corte efectuado al trocear el árbol apeado que por lo regular lo realiza una motosierra es oblicuo y que su ángulo varía de acuerdo a la experiencia del operario, condiciones de pendiente del terreno donde se efectúa el aprovechamiento, entre otros. Otro factor que interviene en el troceo, es que la medición comercial de la troza, la toman en el sistema inglés, dándole una demasía de 4 a 6 pulgadas (1).

Para medir la longitud de la troza, hay que anotar la longitud total en el sistema métrico decimal hasta dos decimales, incluyendo las demasías.

Si los cortes de los extremos de la troza no son tan inclinados, la medida de longitud se toma en sus lados internos.

Si la troza tiene una boca de caída de corta o su corte es muy inclinado (chaflán), la medida empieza a la mitad de ese defecto.

3.1.3 CÁLCULO DE MADERA ASERRADA POR PIES TABLARES

En Guatemala, se emplea comúnmente la fórmula maderera o Doyle, para la cubicación principalmente de especies latifoliadas y el pie tablar para la cubicación de especies coníferas. Este cálculo da como resultado la madera que se espera obtener ya aserrada, antes que la troza entre en el carro de la sierra principal y ser aserrada. Este cálculo de pie tablar de las trozas es sinónimo de cálculo comercial de madera netamente dimensionada, relacionando medidas y descontando sus respectivos desperdicios que se obtienen de los cantos y aserrín, entre otros (4).

Reglas madereras utilizadas en nuestro medio:

A. Doyle

Fue establecida por Eduardo Doyle en el año 1825. Calcula el volumen de una troza comparándola con un bloque de madera ya cuadrada. Utiliza los parámetros de diámetro menor sin corteza (en pulgadas) como base y la longitud de la troza (en pies), no tomando en cuenta la demasía. Tiene la desventaja de que subestima el volumen en diámetros menores y sobrestima el volumen de diámetros grandes (sobre 30 pulgadas). Es utilizada por la mayoría de la industria maderera de especies latifoliadas y muy frecuentemente en el departamento de Petén. Debido a la facilidad de su aplicación y el tiempo que se requiere en la medición. Además la fórmula supone un grosor de sierra de 5/16" que es bastante alto, o sea, que se anticipa la aserrada y descuenta el volumen de aserrín. Esta regla determina el volumen que se puede aserrar de una troza (4).

$$V(\text{pt}) = \left[\frac{(d-4)^2}{4} \right]^2 \times L$$

Donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares.

d = Diámetro menor en pulgadas.

L = Longitud de la troza en pies.

B. Pie tablar

Este sistema consiste en medir en cruz en el diámetro menor (en pulgadas) de la troza por el largo (en pies) de la misma; actualmente sirve para comercializar la madera de conífera en Guatemala. Esta regla al igual que la Doyle, calcula el volumen de madera ya aserrada que se puede obtener de una troza, pero no asume ningún descuento de madera de desperdicio por aserrín, como Doyle (4).

$$V(\text{pt}) = [(d_i - 1 \times d_{ii})]^2 \times L \quad \text{Troza labrada}$$

$$V(\text{pt}) = \frac{[(d_i - 1)(d_{ii} - 2)]}{12 \times L} \quad \text{Troza sin labrar}$$

En donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares.

d_i = Medida menor del diámetro menor en pulgadas

d_{ii} = Medida mayor del diámetro menor en pulgadas

L = Longitud de la troza en pies.

C. Internacional

Esta se basa en el diámetro menor y la longitud de la troza total, pero el diámetro aumenta ½ pulgada por cada 4 pies de longitud, por lo que en las trozas de más de 4 pies de diámetro se tiene que calcular por secciones de volumen y luego sumar para obtener su totalidad. Hay dos fórmulas ya que suponen grosor de sierras de ¼" y la otra ⅛". Esta fórmula la desarrollo Clarck en 1906 (4).

$$V(\text{pt}) \frac{1}{4}'' = (0.22d_1^2 - 0.71 \times d_1) \times 0.9048$$

$$V(\text{pt}) \frac{1}{8}'' = 0.22d_1^2 - 0.71 \times d_1$$

En donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares.

d₁ = Diámetro menor en pulgadas.

D. Scribner

Esta fórmula asume un grosor de sierra de ¼", pero subestima los diámetros grandes. Esta regla la propuso J.M. Scribner en 1846. Se basa en la siguiente fórmula para trozas de 16 pies de

largo. Todos los volúmenes son redondeados al próximo 10, por lo que la regla se llama Scribner Decimal (4).

$$V(\text{pt}) = 0.80 \times (d_1 - 1)^2 - \left(\frac{d_1}{2} \right)$$

En donde:

V(pt) = Volumen en pies tablares.

d₁ = Diámetro menor en pulgadas.

3.1.4 CÁLCULO DE VOLUMEN DE MADERA ASERRADA EN LA INDUSTRIA

Las medidas de grosor y ancho por lo general se toman en pulgadas y longitud en pies, por lo que al aplicar la siguiente fórmula se obtienen pies tablares (5).

$$\text{Volumen en pies tablares} = (g'' \times a'' \times L') / 12$$

Donde:

g = grosor de pieza aserrada en pulgadas.

a = Ancho de pieza aserrada en pulgadas.

L = Longitud de Pieza aserrada en pies.

3.1.5 CÁLCULO DEL RENDIMIENTO DE MADERA ROLLIZA A MADERA ASERRADA

En el proceso de transformación de madera rolliza a madera aserrada, debido a que se está transformando de un cilindro o cono truncado a piezas de madera con dimensiones predeterminadas lo que originan pérdidas. Estas pérdidas están compuestas por: polvo de madera, aserrín, costaneras o cantos, pequeñas piezas de madera producto del despunte y piezas de madera que no poseen las dimensiones predeterminadas.

En función de lo anterior lo importantes es determinar el volumen total de la troza, cuando se transforma en madera útil con fines comercializables. Para determinar el rendimiento se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento en \%} = \frac{\text{Volumen aserrado}}{\text{Volumen en rollo}} \times 100$$

El cálculo del dato para el volumen aserrado se hace por pieza, esto se suman y luego se obtiene el promedio, posteriormente se divide entre el dato del volumen en rollo y este resultado se multiplica por cien para obtener el porcentaje, de esta forma se obtendrá el rendimiento de la industria forestal (4, 5).

3.1.6 FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE UN ASERRADERO

A. Defecto de la Madera

La calidad de la materia prima es importante para la industria de transformación por cuanto esta puede representar un aumento o disminución del rendimiento y elevar o reducir los costos de producción. En el Cuadro 1, se presentan los principales defectos de la madera y su porcentaje de presencia (5).

Cuadro 1. Principales defectos de la madera y su porcentaje de presencia.

No.	Defectos	Aserraderos	
		# de Aserraderos	% de daño
1	Picaduras	33	62.3
2	Manchas	25	47.2
3	Pudrición	23	43.4
4	Rajaduras	18	34.0
5	Quemaduras	8	15.1
6	Nudos	8	15.1

Fuente: PAFG, 2000 (5).

Los defectos se presentan principalmente en trozas provenientes de bosques naturales, de árboles maduros y sobre maduros.

B. Mantenimiento de Sierras y Cuchillas

El mantenimiento adecuado de sierras y cuchillas es un factor determinante en la producción.

De este mantenimiento depende la calidad del corte, la eficiencia de la máquinas y el tiempo en el cambio de sierras y cuchillas; factores que inciden directamente en el rendimiento y costos de producción.

De preferencia, el mantenimiento de sierras y cuchillas en toda industria maderera debe de realizarse dentro de la misma. En el Cuadro 2, se presenta el tipo de calidad en el mantenimiento de sierras y cuchillas (5)

Cuadro 2. Calidad en el mantenimiento de sierras y cuchillas en aserraderos, número y porcentaje.

No.	Tipo de Calidad	Aserraderos	
		# de Aserraderos	% de daño
1	Muy Bueno	21	39.60
2	Bueno	22	41.50
3	Regular	10	18.90
4	Malo	0	0.00
5	Pésimo	0	0.00
Total		53	100

(Fuentes PAFG, 2000) (5).

C. Mano de Obra

La experiencia y habilidad de los operarios de la maquinaria es un factor determinante para maximizar el rendimiento de una aserradero, tal como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Calidad de la mano de obra

No.	Tipo de Calidad	Aserraderos	
		# de Aserraderos	% de daño
1	Excelente	0	0
2	Muy buena	13	25
3	Buena	24	45
4	Deficiente	16	30
Total		53	100

(Fuentes PAFG, 2000) (5).

Las razones para que el 75% de la mano de obra sea considerada poco eficiente se debe en parte a que la mayoría de los operarios de los aserraderos (incluido aserrador y afilar), se

forman a lo interno de las empresas; es decir que no son sujetos de un proceso de capacitación formal o informal que les permita mejorar como operarios; y por otra parte, para las tareas menos especializadas se contrata mano de obra no calificada (5).

3.2 MARCO REFERENCIAL

La actividad práctica se realizó en 3 aserraderos, los cuales se describen a continuación.

3.2.1 ASERRADERO TRANSPORTE Y CARGA SAN JOSÉ

Esta ubicado en la aldea Sabana Grande del municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, inscrito en el registro nacional forestal (RNF) con el No. 1,056 propiedad del señor José María Gutiérrez Carias, trabajan únicamente con madera de la especie pino de la región, cuenta con una cierra de banda con un grosor de $\frac{1}{4}$ ", una despuntadora aérea y una cepilladora. La fuente de energía es eléctrica, cuenta con 8 operarios quienes trabajan únicamente en un turno de 8 horas diarias. El trabajo en este aserradero no es constante, ya que tienen problema con el abastecimiento de madera, por lo que los operarios son contratados únicamente cuando hay suficiente materia prima.

3.2.2 ASERRADERO AGROSELVA

Esta ubicado en la aldea Mayuelas del municipio de Gualán, departamento de Zacapa, inscrito en el registro nacional forestal (RNF) con el No. 403, propiedad del señor Héctor Alejandro Morales Tobar. Trabajan únicamente con madera de la especie pino; cuenta con una cierra de banda de 7" de ancho, ancho de corte de $\frac{1}{8}$ ", una despuntadora aérea, una cepilladora de $\frac{1}{8}$ ", una cepilladora, cuentan con una pila donde sumergen la madera que no esta atacada por mancha azul, para evitar que el producto sea atacado por este hongo. La fuente de energía es eléctrica, cuenta con 16 operarios quienes trabajan en dos turnos de 8 horas diarias. El trabajo en este aserradero ha sido constante, no han tenido problemas con el abastecimiento de madera, por lo que los operarios han trabajado en forma constante, quienes tienen una gran habilidad para la actividad que desempeñan.

3.2.3 ASERRADERO MADERAS LA PISTA

Este aserradero se encuentra ubicado en la aldea Tulumajio, municipio San Agustín Acasaguastlán, departamento de El progreso. En la actualidad se encuentra en trámite su inscripción en el Registro Nacional Forestal, ya que fue alquilada la maquinaria a la empresa J & B quien en la actualidad tiene en trámite la inscripción en el Registro Nacional Forestal, trabajan únicamente con madera de pino, cuenta con una sierra de banda con un grosor de $\frac{1}{4}$ pulgadas, una despuntadora aérea, y una cepilladora. La fuente de energía es eléctrica, cuenta con 12 operarios quienes trabajan en un turno de 8 horas diarias. El trabajo en este aserradero es

constante, no han tenido problemas con el abastecimiento de madera, por lo que los operarios han trabajado en forma continua.

4. OBJETIVOS

- 4.1 Describir la metodología para la determinación del rendimiento de madera en rollo a madera aserrada, en la región III-3 Nor-orienté de Guatemala.
- 4.2 Comparar las distintas fórmulas que se utilizan en el cálculo de volumen de madera.
- 4.3 Describir comparativamente el rendimiento de madera en rollo a madera aserrada en 3 aserraderos de la región III-3 Nor-orienté, (El Progreso, Zacapa y Chiquimula).

5. HIPÓTESIS

La industria forestal que posea trozas de buena calidad, maquinaria en buen estado y operarios adecuadamente adiestrados, tendrá un mayor rendimiento de madera en rollo a madera aserrada de **Pinus sp.**

6. METODOLOGÍA

6.1 MATERIAL Y EQUIPO EMPLEADO

1. Cinta métrica o regla de madera de 1 metro.
2. Metro de albañil de 5 metros.
3. Cinta diamétrica, forcípula.
4. Pintura en spray de color rojo, azul, verde o negro.
5. Lápiz de grafito.

6.2 METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MADERA ROLLIZA A MADERA ASERRADA

6.2.1 FÓRMULA UTILIZADA PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN

Se utilizó la fórmula de Smalian (con cuatro decimales), debido a que es la fórmula que más se aproxima al volumen real de la troza en rollo.

6.2.2 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA

Al ingresar a las instalaciones del aserradero, se observó el patio de acopio y el tipo de maquinaria que utilizan, esto fue para identificar la sierra principal, hacia donde se dirige el flujo de producción, se estableció la entrada de madera en rollo y el lugar donde sale y se apila la madera ya dimensionada, tal como se muestra en la Figura 1.

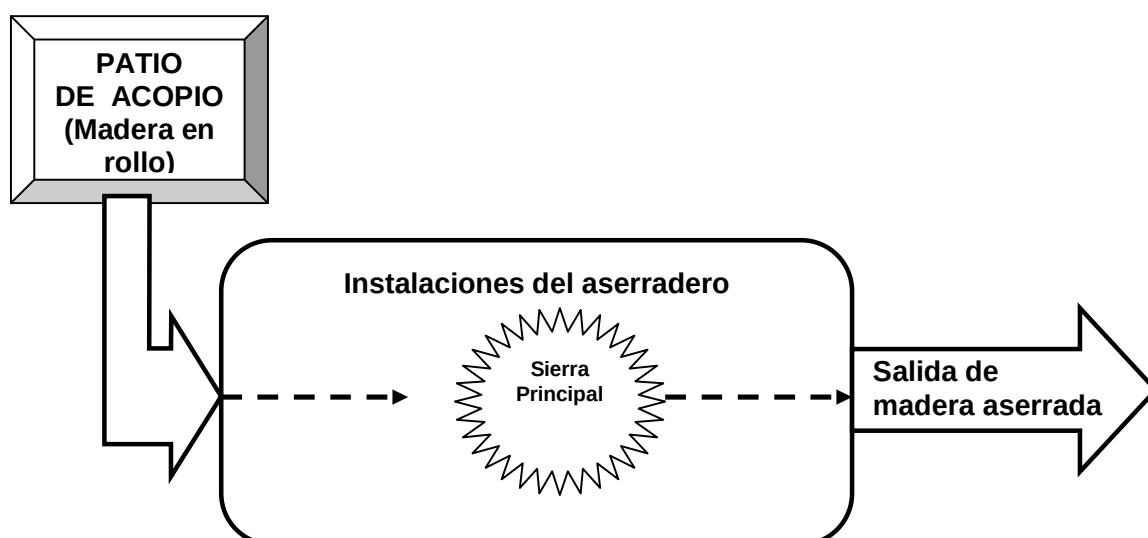


Figura 1. Flujo de madera en rollo a madera aserrada de Pinus sp.

Posteriormente se entrevista con el encargado del aserradero para llenar la información general, como: ubicación del aserradero, grosor y tipo de sierra principal y secundaria, tipos de medidas de materia prima (trozas) que reciben en el aserradero, entre otros.

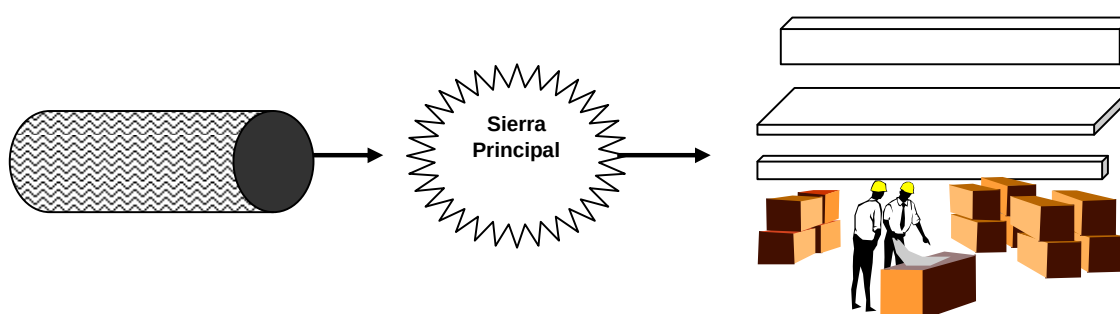
6.2.3 IDENTIFICACIÓN Y TOMA DE DATOS DE LAS TROZAS

En el área donde las trozas estaban apiladas, antes que entraran al carro de la sierra principal (rampa de aserrío), se enumeraron en forma ordenada, midiendo una a una el diámetro menor y el diámetro mayor (en centímetros, en números enteros sin decimales y la longitud total (en metros con dos decimales), con un metro de albañil. La cantidad de trozas que se midieron en cada uno de los tres aserraderos para los cálculos fue de 20.

6.2.4 LECTURA DE MADERA ASERRADA

La lectura de la madera aserrada siguió la siguiente secuencia (Figura 2):

- A. Al empezar la sierra principal a aserrar la primera troza, la persona encargada para contabilizar la cantidad de piezas y sus respectivas medidas se colocó al final del flujo de producción o sea donde coloca la madera ya dimensionada.
- B. En la sección donde se coloca la madera dimensionada, el encargado tuvo el cuidado de seguir las partes cortadas por la sierra principal, con el objetivo de observar hacia donde se dirigían y determinar si entraban al conteo de piezas aserradas.
- C. Las partes que se contabilizaron para el rendimiento fueron aquellas de las cuales se obtiene madera para fin comercial (tablas, parales, tendales, vigas, reglas, entre otros).
- D. Al terminar de contabilizar las piezas de la primera troza, se continuó con la recolección de datos de la troza siguiente (dos) siguiendo los pasos A, B, y C, hasta que el operario de la sierra principal terminó de aserrar la última troza numerada (de un total de 20 trozas).



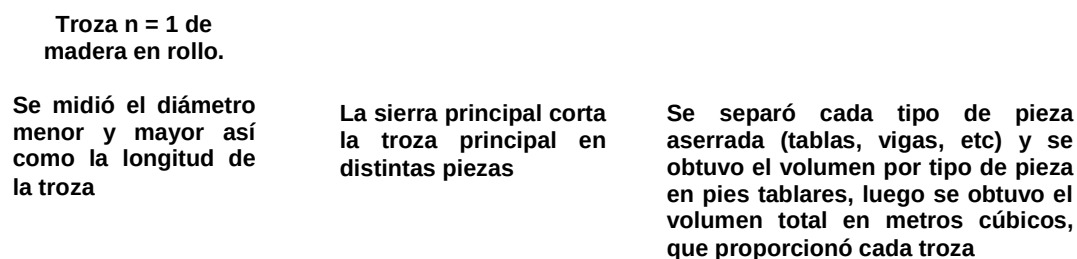


Figura 2. Flujo de contabilización de la madera aserrada por cada troza.

6.2.5 CALCULO DEL RENDIMIENTO

Primero se calculó el volumen de madera en rollo en m^3 (con cuatro decimales), utilizando la formula de Smalian, para cada troza y posteriormente se calculó el volumen de madera dimensionada para cada pieza obtenida en pies tablares, luego se sumó el volumen de las piezas de diferentes medidas para obtener la totalidad del volumen, que después se dividió entre 424 para obtener m^3 . Al obtener el volumen en rollo y el volumen aserrado para cada troza individual, se aplicó la formula de rendimiento en porcentaje, se sumaron todos los rendimientos de las trozas medidas para obtener el promedio. Este promedio es el rendimiento de aserrío para ese aserradero

6.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada de cada uno de los tres aserraderos se le sometió a un análisis de medidas de tendencia central (media aritmética) y medidas de dispersión como la varianza (S^2) y desviación estándar (S), a fin de obtener el error de muestreo que se presentó en cada uno de los aserraderos.

Se realizó un análisis de varianza para una distribución completamente al azar, siendo los tratamientos (cada uno de los aserraderos) y las repeticiones (cada una de las 20 trozas), teniendo como variable de respuesta el rendimiento de madera en rollo a madera aserrada en porcentaje. La respuesta fue significativa y se realizó la prueba múltiple de medias de Tukey.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 FÓRMULA MAS APROPIADA PARA EL CÁLCULO DEL VOLUMEN DE MADERA

Con el objeto de seleccionar cual es la fórmula más apropiada para el cálculo del volumen de madera de la especie **Pinus sp.**, se analizó una troza de 8 pies de longitud y 19 pulgadas de diámetro menor, se obtuvo en la práctica el volumen real de la troza para compararlo con el volumen estimado por las fórmulas de Smalian, Huber, Doyle, Internacional y la de Scribner, a fin de obtener el porcentaje que desprecia cada una de las fórmulas mencionadas.

En el Cuadro 4, se presenta el resumen de los cálculos realizados para obtener el porcentaje de depreciación de cada una de las fórmulas.

Cuadro 4. Comparación de 5 fórmulas en el cálculo de volumen de madera de la especie Pinus sp.

Tipo de Fórmula	Vol (m³)	Vol (pt)	% Despreciado	Volumen Extraído	Volumen Depreciado	Volumen Procesado
Smalian	0.4699	199	0	1000	0.0000	1000.0000
Huber	0.4601	195	2	1000	20.8555	979.1445
Doyle	0.2665	113	43	1000	485.8380	567.1620
Internacional	0.4601	125	37	1000	372.6084	637.3916
Scribner	0.2123	90	55	1000	548.2780	451.7220

Como se aprecia en el Cuadro 4, la fórmula más precisa para el cálculo del volumen de madera de la especie **Pinus sp.** es la fórmula de Smalian, por lo que es ésta fórmula la que se emplea en el inciso 7.2 para el cálculo de volumen de madera en cada uno de los tres aserraderos analizados.

7.2 RENDIMIENTO (%) DE MADERA EN ROLLO A MADERA ASERRADA

7.2.1 ASERRADERO MADERAS LA PISTA, TULUMAJILLO, SAN AGUSTÍN, ACASAGUASTLÁN, EL PROGRESO

En el Cuadro 5, se presenta el rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada que se obtuvo en el aserradero Maderas La Pista, a partir de la fórmula de Smalian.

Cuadro 5. Rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada en el aserradero Maderas La Pista.

No. De Troza	Diámetro Mayor (m)	Diámetro Menor (m)	Diámetro Medio (m)	Largo de Troza (m)	Vol. Troza (m ³)	Vol. Madera Aserrada (m ³)	Pérdida por Aserrío (m ³)	Rendimiento (%)
1	0.37	0.35	0.36	3.20	0.326	0.210	0.116	64.38
2	0.56	0.51	0.54	3.20	0.720	0.468	0.252	65.02
3	0.44	0.40	0.42	3.20	0.444	0.295	0.149	66.47
4	0.47	0.32	0.40	3.20	0.393	0.245	0.148	62.40
5	0.58	0.44	0.51	3.20	0.654	0.425	0.229	64.97
6	0.48	0.41	0.45	3.20	0.498	0.335	0.163	67.25
7	0.36	0.30	0.33	3.20	0.274	0.175	0.099	63.83
8	0.34	0.32	0.33	3.20	0.274	0.176	0.098	64.19
9	0.30	0.28	0.29	3.20	0.212	0.138	0.074	65.14
10	0.35	0.32	0.34	3.20	0.283	0.186	0.097	65.83
11	0.40	0.36	0.38	3.20	0.363	0.240	0.123	66.04
12	0.42	0.32	0.37	3.20	0.345	0.220	0.125	63.85
13	0.36	0.31	0.34	3.20	0.283	0.186	0.097	65.83
14	0.37	0.30	0.34	3.20	0.283	0.185	0.098	65.48
15	0.39	0.34	0.37	3.20	0.335	0.226	0.109	67.40
16	0.36	0.30	0.33	3.20	0.274	0.185	0.089	67.47
17	0.42	0.31	0.37	3.20	0.335	0.215	0.120	64.12
18	0.38	0.32	0.35	3.20	0.308	0.210	0.098	68.10
19	0.35	0.30	0.33	3.20	0.266	0.176	0.090	66.18
20	0.43	0.35	0.39	3.20	0.383	0.248	0.135	64.80
Media								65.44

Como se aprecia en el Cuadro 5, el rendimiento promedio de madera en rollo a madera aserrada del aserradero Maderas La Pista es de 65.44 %, presentando un rango de 62.40 % a 68.10 %. En éste aserradero los operarios tienen muchos años de experiencia y a la maquinaria se le brinda un mantenimiento adecuado.

7.2.2 ASERRADERO SAN JOSÉ, ALDEA SABANA GRANDE, CHIQUIMULA

En el Cuadro 6, se presenta el rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada que se obtuvo en el aserradero San José, a partir de la fórmula de Smalian.

Cuadro 6. Rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada en el aserradero San José.

No. de Troza	Diámetro Mayor (m)	Diámetro Menor (m)	Diámetro Medio (m)	Largo de Troza (m)	Vol. Troza (m ³)	Vol. Madera Aserrada (m ³)	Pérdida por Aserrío (m ³)	Rendimiento (%)
1	0.47	0.35	0.41	3.20	0.423	0.220	0.203	52.02
2	0.54	0.45	0.50	3.20	0.616	0.368	0.248	59.71
3	0.44	0.40	0.42	3.20	0.444	0.290	0.154	65.34
4	0.41	0.32	0.37	3.20	0.335	0.144	0.191	42.95
5	0.48	0.40	0.44	3.20	0.487	0.325	0.162	66.73
6	0.44	0.37	0.41	3.20	0.413	0.234	0.179	56.70
7	0.36	0.30	0.33	3.20	0.274	0.175	0.099	63.83
8	0.34	0.32	0.33	3.20	0.274	0.176	0.098	64.19
9	0.30	0.28	0.29	3.20	0.212	0.138	0.074	65.14
10	0.35	0.32	0.34	3.20	0.283	0.186	0.097	65.83
11	0.40	0.33	0.37	3.20	0.335	0.180	0.155	53.68
12	0.42	0.32	0.37	3.20	0.345	0.215	0.130	62.40
13	0.36	0.31	0.34	3.20	0.283	0.186	0.097	65.83
14	0.37	0.32	0.35	3.20	0.300	0.185	0.115	61.75
15	0.36	0.32	0.34	3.20	0.291	0.160	0.131	54.98
16	0.35	0.30	0.33	3.20	0.266	0.180	0.086	67.68
17	0.37	0.31	0.34	3.20	0.291	0.184	0.107	63.23
18	0.38	0.32	0.35	3.20	0.308	0.205	0.103	66.48
19	0.35	0.31	0.33	3.20	0.274	0.175	0.099	63.83
20	0.36	0.34	0.35	3.20	0.308	0.187	0.121	60.65
Media								61.50

El aserradero San José, tal como se muestra en el Cuadro 6, tiene un rendimiento promedio (%) de madera en rollo a madera aserrada de 61.50 % con un rango de 42.95 % a 67.68 %. La gran amplitud del rango del rendimiento (%) se debe a que éste aserradero por no poseer un flujo de madera constante, los operarios no trabajan constantemente, por lo cual sus habilidades en el corte son menos eficientes y de la misma forma el mantenimiento de la maquinaria no tiene una secuencia de tiempo definida, lo cual redundará en la ineficiencia del corte.

7.2.3 ASERRADERO AGROSELVA, GUALÁN, ZACAPA

En el Cuadro 7, se presenta el rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada que se obtuvo en el aserradero Agroselva, a partir de la fórmula de Smalian.

Cuadro 7. Rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada en el aserradero Agroselva.

No. de Troza	Diámetro Mayor (m)	Diámetro Menor (m)	Diámetro Medio (m)	Largo de Troza (m)	Vol. Troza (m ³)	Vol. Madera Aserrada (m ³)	Pérdida por Aserrío (m ³)	Rendimiento (%)
1	0.38	0.30	0.34	3.20	0.291	0.185	0.106	63.57
2	0.45	0.35	0.40	3.20	0.403	0.260	0.143	64.58
3	0.37	0.31	0.34	3.20	0.291	0.190	0.101	65.29
4	0.36	0.29	0.33	3.20	0.266	0.170	0.096	63.92
5	0.35	0.30	0.33	3.20	0.266	0.168	0.098	63.17
6	0.55	0.41	0.48	3.20	0.580	0.372	0.208	64.19
7	0.46	0.40	0.43	3.20	0.465	0.295	0.170	63.42
8	0.36	0.30	0.33	3.20	0.274	0.178	0.096	64.92
9	0.38	0.30	0.34	3.20	0.291	0.185	0.106	63.57
10	0.45	0.40	0.43	3.20	0.454	0.297	0.157	65.36
11	0.36	0.30	0.33	3.20	0.274	0.178	0.096	64.92
12	0.42	0.34	0.38	3.20	0.363	0.236	0.127	64.94
13	0.36	0.30	0.33	3.20	0.274	0.186	0.088	67.84
14	0.44	0.32	0.38	3.20	0.363	0.205	0.158	56.41
15	0.33	0.28	0.31	3.20	0.234	0.155	0.079	66.16
16	0.36	0.30	0.33	3.20	0.274	0.180	0.094	65.65
17	0.34	0.30	0.32	3.20	0.258	0.150	0.108	58.18
18	0.37	0.32	0.35	3.20	0.300	0.195	0.105	65.08
19	0.38	0.34	0.36	3.20	0.326	0.170	0.156	52.12
20	0.54	0.45	0.50	3.20	0.616	0.388	0.228	62.96
Media								63.61

En el Cuadro 7, se aprecia que el rendimiento promedio (%) de madera en rollo a madera aserrada del aserradero Agroselva es de 63.61 %, con un rango de 52.12 % a 67.84%, rango que es menor que el del aserradero San José y mayor que el del aserradero Maderas La Pista. En este aserradero los operarios tienen cierta experiencia en la actividad de aserrío y cuentan con una sierra canteadora, la cual les permite obtener medidas exactas y cortes rectos.

7.3 ERROR DE MUESTREO EN EL RENDIMIENTO (%) DE MADERA EN ROLLO A MADERA ASERRADA EN CADA ASERRADERO

En el Cuadro 8, se presenta un análisis de medidas de dispersión para la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada, para cada uno de los tres aserraderos.

Cuadro 8. Medidas de dispersión de la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada.

Aserraderos	No. Datos	Rend. Medio (%)	Suma de datos	Suma de cuadrados	Varianza	Desviación estándar	Error estándar de la media	Error de muestreo
Maderas La Pista	20	65.44	1308.75	85681.60	2.120	1.46	0.32	1.2416
San José	20	61.15	1222.95	75520.25	38.943	6.24	1.39	5.3932
Agroselval	20	63.31	1266.98	80519.28	13.545	3.68	0.82	3.1816

Como se aprecia en el Cuadro 8, con un nivel de significancia del cinco por ciento, el mayor error de muestreo respecto a la media se tuvo en el aserradero San José (5.39), lo cual indica de que respecto al rendimiento promedio de 61.15 % de madera en rollo a madera aserrada, se presentaron valores en un rango muy amplio, lo que a su vez implica que los operarios, así como la maquinaria empleada en el aserrío de la madera por cada troza no fue uniforme, es decir, cada una de las 20 trozas de madera fue manejada en forma diferente, debido, a cómo se explicó anteriormente, a la falta de continuidad en el trabajo por parte de los operarios, lo que redundo en poca experiencia y pericia en su actividad, de la misma forma la falta de continuidad en el trabajo permite que la maquinaria no tenga una secuencia de mantenimiento apropiada.

En el aserradero Maderas La Pista, según el Cuadro 8, es en donde se presentó el menor error de muestreo (1.24), es decir que los rendimientos de madera en rollo a madera aserrada son muy cercanos a la media, lo cual implica uniformidad en el proceso de aserrío, debido a la gran experiencia de los operarios, trozas de mejor calidad y adecuado mantenimiento de la maquinaria empleada.

7.4 ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO (%) DE MADERA EN ROLLO A MADERA ASERRADA

En el Cuadro 9, se presenta el resumen del análisis de varianza para la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada.

Cuadro 9. Resumen de ANDEVA para la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft05
Tratamiento	2	184.046333	92.0231667	5.06501447	3.15
Error	57	1035.59832	18.1683917		
Total	59	1219.64466			

Como se aprecia en el Cuadro 9, se presentaron diferencias significativas al cinco por ciento de significancia para la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada, es decir que se en al menos uno de los aserraderos se obtuvo un rendimiento (%) distinto, por lo que se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de Tukey la cual se presenta en la Figura 3.

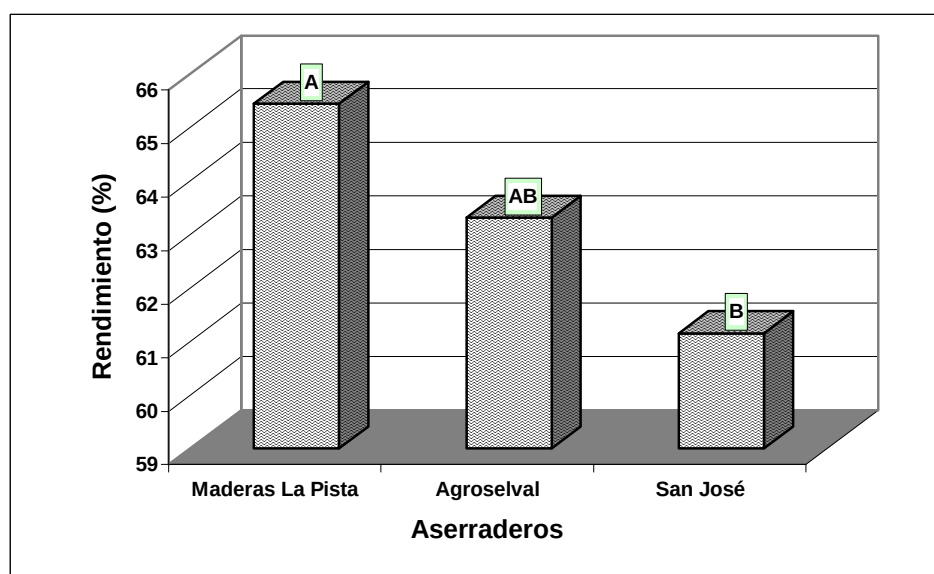


Figura 3. Prueba de Tukey para la variable rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada.

Como se aprecia en la Figura 3, el máximo rendimiento (%) de madera en rollo a madera aserrada de **Pinus sp.**, se obtuvo en el aserradero Maderas La Pista (65.44 %), aunque estadísticamente, con una significancia del 5 %, es igual al rendimiento del aserradero Agroselval (63.31 %); el rendimiento (%) del aserradero Maderas La Pista sí es mayor y estadísticamente diferente al rendimiento de el aserradero San José (61.15 %).

El rendimiento de madera en rollo a madera aserrada del aserradero Agroselva (63.31 %), ocupa un lugar medio y es estadísticamente igual al rendimiento del aserradero Maderas La Pista y el aserradero San José.

8. CONCLUSIONES

- 8.1 De las cinco fórmulas evaluadas para la el cálculo del volumen de madera, la más adecuada para la especie **Pinus sp.**, en la región III-3 Nor-orienté es la fórmula de Smalian.
- 8.2 El mayor rendimiento (65.44 %) de madera en rollo a madera aserrada se obtuvo en el aserradero Maderas La Pista, debido a que las trozas fueron de mejor calidad, el personal tiene mayor pericia en el proceso y la maquinaria dispone de un adecuado mantenimiento, especialmente en sierras y cuchillas. El rendimiento en éste aserradero es estadísticamente igual al rendimiento del aserradero Agroselva y estadísticamente distinto al rendimiento del aserradero San José.
- 8.3 El menor rendimiento (61.15 %) de madera en rollo a madera aserrada se obtuvo en el aserradero San José, debido a que no cuenta con un flujo constante de madera y por ende poca pericia del personal y la secuencia de mantenimiento de la maquinaria no es constante.
- 8.4 El rendimiento promedio de los tres aserraderos, coincide con el rendimiento medio obtenido en el aserradero Agroselva (63.3 %), dicho rendimiento es estadísticamente igual al mayor (Aserradero Maderas La Pista) y menor (Aserradero San José) rendimiento de madera en rollo a madera aserrada.
- 8.5 El aserradero que trabaja más uniformemente las trozas de madera en rollo a madera aserrada, debido a cortes más precisos por maquinaria (especialmente sierras y cuchillas en buen estado) y personal con mayor pericia es Maderas La Pista (error de muestreo = 1.24); y, el aserradero que trabaja las trozas con menor uniformidad es San José (error de muestreo = 5.39).

9. RECOMENDACIONES

Para estimar el porcentaje de rendimiento de madera en rollo a madera aserrada de **Pinus sp.**, en un aserradero, emplear la fórmula de Smalian para el cálculo del volumen de madera en rollo, luego seguir la secuencia de cada una de las partes aserradas para estimar su volumen y así obtener el rendimiento del aserradero.

Realizar el cálculo del rendimiento de cada aserradero, previo a la realización de una fiscalización o auditoría del mismo.

Al estimar el rendimiento de madera en rollo a madera aserrada en un aserradero, utilizar diámetros pequeños y grandes por separado debido a que el rendimiento varía.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. Camacho, P.; Salazar, R. 1991. Manual práctico de mediciones de especies de árboles de usos múltiples. Turrialba, Costa Rica, CATIE/ROCAP. 78 p.
2. Ferreira, R. 1990. Manual de inventarios forestales. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 99 p.
3. Henning, N. 1972. Mediciones. Honduras, Escuela Nacional de Ciencias Forestales. 113 p.
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 1999. Manual técnico forestal. Guatemala. p. 79, 80 y 81.
5. Plan de Acción Forestal para Guatemala. 2000. Diagnóstico de la industria de aserrío de coníferas en Guatemala. Guatemala. p. 19, 30 y 33.

11. ANEXOS

Cuadro 1A. Volumen en piés tablares según la regla Doyle

Diámetro Mínimo sin Corteza (pulg)	Longitud de la troza en piés							
	6	8	10	12	14	16	18	20
8	6	8	10	12	14	16	18	20
9	9	13	16	19	22	25	28	31
10	14	18	23	27	32	36	41	45
11	18	25	31	37	43	49	55	61
12	24	32	40	48	56	64	72	80
13	30	41	51	61	71	81	91	101
14	38	50	63	75	88	100	113	125
15	45	61	76	91	106	121	136	151
16	54	72	90	108	126	144	162	180
17	63	85	106	127	148	169	190	211
18	74	98	123	147	172	196	221	245
19	84	113	141	169	197	225	253	281
20	96	128	160	192	224	256	288	320
21	108	145	181	217	253	289	325	361
22	122	162	203	243	284	324	365	405
23	135	181	226	271	316	361	406	451
24	150	200	250	300	350	400	450	500
25	165	221	276	331	386	441	496	551
26	182	242	303	363	424	484	545	605
27	198	265	331	397	463	529	595	661
28	216	288	360	432	504	576	648	720
29	234	313	391	469	547	625	703	781
30	254	338	423	507	592	676	761	845

Fuente: Henning 1972 (3).

Cuadro 2A. Volumen en piés tablares según la regla internacional

Díámetro Mínimo sin Corteza (pulg)	Longitud de la troza en piés						
	6	10	12	14	16	18	20
6	10	10	15	15	20	25	25
7	10	15	20	25	30	35	40
8	15	20	25	35	40	45	50
9	20	30	35	45	50	60	70
10	30	35	45	55	65	75	85
11	35	45	55	70	80	95	105
12	45	55	70	85	95	110	125
13	55	70	85	100	115	135	150
14	65	80	100	115	135	155	175
15	75	95	115	135	160	180	205
16	95	110	130	155	180	205	235
17	95	125	150	180	205	235	265
18	110	140	170	200	230	265	300
19	125	155	190	225	260	300	335
20	135	175	210	250	290	330	370
21	155	195	235	280	320	365	410
22	170	215	260	305	355	405	455
23	185	235	285	335	391	445	495
24	205	255	310	370	425	485	545
25	220	280	340	400	460	525	590
25	240	305	370	435	500	570	640
27	260	330	400	470	540	615	690
28	280	355	430	510	585	665	745
29	305	285	465	545	630	715	800
30	325	410	495	585	675	165	860

Fuente: Henning 1972 (3).

Cuadro 3A. Volumen en pies tablares según la regla Scribner

Diámetro Mínimo sin Corteza (pulg.)	Longitud de la troza en piés							
	6	8	10	12	14	16	18	20
6	5	5	10	10	10	20	20	20
7	5	10	10	20	20	30	30	30
8	10	10	20	20	20	30	30	30
9	10	20	30	30	30	40	40	40
10	20	30	30	30	40	60	60	70
11	20	30	40	40	50	70	80	80
12	30	40	50	60	70	80	90	100
13	40	50	60	70	80	100	110	120
14	40	60	70	90	100	110	130	140
15	50	70	90	110	120	140	160	180
16	60	80	110	120	140	160	180	200
17	70	90	120	140	160	180	210	230
18	80	110	130	160	190	210	240	270
19	90	120	150	180	210	240	270	300
20	110	140	170	210	240	280	310	350
21	120	150	190	230	270	300	340	280
22	130	170	210	250	290	330	380	420
23	140	190	230	280	330	380	420	470
24	150	210	250	300	350	400	450	500
25	170	230	290	340	400	460	520	570
26	190	250	310	370	440	500	560	620
27	210	270	340	410	480	550	620	680
28	220	290	360	440	510	580	650	730
29	230	310	380	460	530	610	880	760
30	250	300	410	490	570	660	740	820

(Fuente: Henning 1972) (3).

PROBLEMAS

- Una troza posee las siguientes dimensiones: En el diámetro menor 48.26 cm (19"), en el diámetro medio 49.53 cm (10.5 ") y en el diámetro mayor 50.8 cm (20"), por un largo de 2.438 m (8), determine el volumen utilizando la fórmula de Smalian, Huber, Doyle y el sistema de pie tablar, suponiendo que la troza no es labrada.

Resultados:

Smalian, $V = 0.469 \text{ m}^3$

Huber, $V = 0.469 \text{ m}^3$

Doyle, $V = 112.5 \text{ pt}/424 = 0.265 \text{ m}^3$

Pié tablar, $V = 216.0 \text{ pt}/424 = 0.509 \text{ m}^3$

Observación: En el ejemplo anterior el volumen en pie tablar es mayor que todos los otros volúmenes, sin embargo lo que sucede es que en la práctica el largo de la troza siempre tiene una demasía (la cual se deja como garantía de que las medidas de largo se obtendrán exactamente una vez aserrada la madera), la cual depende de la calidad de la materia prima y los cortes (los cortes normalmente no son perpendiculares al eje del árbol), por ejemplo en latifoliadas la demasía puede ser de hasta 6", mientras que en coníferas se acepta hasta 3 ".

Esa es la diferencia fundamental entre el uso de dichas fórmulas (Smalian y Huber) y la forma de medir en Guatemala. En el ejemplo anterior dicha troza sería recibida en un aserradero como de 7 ".

Con el siguiente Problema se aclara lo dicho en el párrafo anterior:

- En el siguiente ejemplo el diámetro menor, medio y mayor es perfectamente circular. Una troza tiene las siguientes dimensiones:

Dimensiones							
Diámetro menor		Diámetro medio		Diámetro mayor		Largo	
cm	pulg	cm	pulg	cm	pulg	m	pies
45.72	18	50.80	20	55.88	22	3.445	11.3

Resultados:

Smalian, $V = 0.70 \text{ m}^3$

Huber, $V = 0.697 \text{ m}^3$

Doyle, $V = 118 \text{ pt} = 0.2783 \text{ m}^3$

Pié tablar Diámetro menor, menos 1 " : $= 264.91 \text{ pt} = 0.6248 \text{ m}^3$

Pié tablar Diámetro menor 2 " : $= 234.66 \text{ pt} = 0.5534 \text{ m}^3$

En la determinación Doyle y por pie tablar se multiplica por 11 " y no por 11.3 ", como en el caso de Smalian y Huber.

Sin embargo, nuevamente interviene otra variable, en el caso del sistema por pie tablar, se mide el diámetro menor en cruz y se toman las dos medidas (para obtener un promedio), siempre descontando a la medida menor y mayor 1" o 2 " dependiendo de si la troza es o no es labrada. Veamos el siguiente ejemplo:

3. Se tiene una troza con las siguientes dimensiones:

Dimensiones							
Diámetro menor		Diámetro medio		Diámetro mayor		Largo	
cm	pulg	cm	pulg	cm	pulg	m	pies
40.64	16	45.72	18	50.80	20	4.085	13.4
45.72	18	50.80	20	55.8	22		

Resultados:

Smalian, $V = 0.752 \text{ m}^3$

Huber, $V = 0.747 \text{ m}^3$

Doyle $V = 117 \text{ PT} = 0.275 \text{ m}^3$

Pié tablar, diámetro menor, menos 1 " = 276.25 pt = 0.651 m³

Pié tablar, diámetro menor, menos 2", = 242.66 pt = 0.572 m³

Como lo indican los resultados anteriores la forma de medir en Guatemala, desestima el volumen sólido de la troza, considerando lo que efectivamente es madera con fines comerciales.

Cuadro No. 12

4. En la siguiente tabla se presentan los valores de las dimensiones de 4 piezas y su respectivos piés tablares.

PIEZA No.	DIMENSIONES			Pies Tablares
	Grueso en pulg.	Ancho en pulg.	Largo en piés	
1	0.5	12	11	5.5
2	1.0	12	11	11
3	1.5	12	11	16.5
4	2.0	12	11	22

5. Determine el rendimiento en un aserradero con base a la siguiente información:

Dimensiones de la troza: En el diámetro menor 14 " X 17", largo 13.6 ´; la troza está labrada.

Piés tablares de la troza comercializables: 195

Como el diámetro menor es de 14 " y la troza s labrada, se le restan 2 ", por lo que el diámetro menor se convierte en 12 ". El ancho de corte de la cierra de cinta es de 5 mm, aproximadamente 3/16" y como son 10 cortes, las pérdidas por ancho de corte equivalen a 1.875 " , en la práctica se diría 2 pulgadas. Por lo que en total se obtienen 10 piezas de madera.

Los productos obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Número de piezas	Dimensiones de las piezas			Piés tablares
	Grueso en pulg.	Ancho en pulg.	Largo en pies	
4	1	12	13	52
6	1	10	13	65
10	TOTAL			117

Rendimiento: $\frac{\text{Piés tablares o metros cúbicos aserrados}}{\text{Piés tablares o metros cúbicos de la troza}} \times 100 = \text{Rendimiento en \%}$

Rendimiento: $\frac{117}{19} \times 100 = 60 \%$