

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

DIVISION DE AGRONOMIA



**Coefficiente de Aserrío para cuatro Aserraderos Banda  
en el Sur de Jalisco**

**Por:**

**JOSE DAVID GARCIA RAMIREZ**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Título de:**

**Ingeniero Agrónomo Forestal**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Noviembre de 1999**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**DIVISION DE AGRONOMIA**

**Coefficiente de Aserrío para cuatro Aserraderos Banda  
en el Sur de Jalisco**

**TESIS**

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador  
Como requisito parcial para obtener el título de:**

**Ingeniero Agrónomo Forestal**

**Presenta**

**JOSE DAVID GARCIA RAMIREZ**

**APROBADA**

**M.C. LUIS MORALES Q.  
ASESOR PRINCIPAL**

**M.C. SALVADOR VALENCIA M.  
ASESOR**

**ING. OSCAR WETTLING G.  
ASESOR**

**M.C. REYNALDO ALONSO V.  
Coordinador de la  
División de Agronomía**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.**

**Noviembre de 1999**

**DEDICATORIA**

A MIS PADRES:

Gabriel García Chávez †  
Ma Elena Ramírez Parra

Por todas las cosas que me han  
brindado, pero sobre todo porque  
son los seres que más quiero,  
respeto y admiro.

A MIS HERMANOS:

Francisco, Marta, Arturo,  
Luz, Gabriel, Imelda, Jorge  
y Ana Rosa.

Con cariño, por todo el apoyo  
que me brindan y por la libertad  
de dejarme ser como quiero ser.

A MIS CUÑADOS (AS):

Por su apoyo y palabras de aliento.

A MIS SOBRINOS:

Por su alegría y por ser mi motivación a  
seguir adelante.

A mis compañeros de la Generación LXXXVI de la especialidad Ingeniero Agrónomo Forestal por todos los momentos que compartimos.

A la Pandilla de la 10ª Sección de Tronco Común: Aureo, Porfirio, Erasmo, Ramón, Narciso y Delsar porque su amistad hizo más agradable mi estancia en la universidad.

A las Familias Ramírez Alonso, Manzano López y Alvarado Cordova, quienes siempre tuvieron para mi una palabra de aliento, una sonrisa sincera y una mano extendida.

A Don Gonzalo, Don Carlos y mis compañeros de casa por tantos momentos felices que pasamos como una familia.

A todos los paisanos del Estado de Jalisco con quienes conviví desde mi llegada a la Universidad hasta el momento.

A todos mis amigos de Sayula, Jalisco, por motivarme a seguir adelante.

A quienes omito involuntariamente pero son tan importantes como los que aparecen en el escrito.

## AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por darme la existencia.

A MI “ALMA MATER”, LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” Por recibirme con los brazos abiertos y darme la oportunidad de cultivarme en su seno.

A LOS PROFESORES Y PERSONAL DEL DEPARTAMENTO FORESTAL. Por transmitirme sus conocimientos y experiencia, a ustedes debo mi formación.

AL PROGRAMA DE DESARROLLO FORESTAL DE JALISCO. Donde me han permitido adquirir mis primeras experiencias en la actividad profesional; por el apoyo para realizar este trabajo.

AL PERSONAL DE LOS ASERRADEROS Distribuidora Pinares del Sur, Mexicana Central de Maderas, Maderas del Sur de Jalisco, y Unión de Gómez Farías por las facilidades otorgadas para la toma de datos.

AL ING. SALVADOR JUAREZ CASTILLO. Director de Desarrollo Silvícola e Industrial del PRODEFO. Por darme las facilidades para participar en dicho programa.

AL ING. MANUEL TORAL IBAÑEZ. De Fundación Chile y Coordinador del PRODEFO, por su disponibilidad e interés en que se desarrollara este trabajo.

AL ING. OSCAR WETLING G. De Fundación Chile, por su interés en mi superación, la disponibilidad de su tiempo, y su invaluable asesoría.

AL M. C. SALVADOR VALENCIA M. por su amistad y consejos especialmente en la realización del presente trabajo.

AL M.C. LUIS MORALES Q. Por su incondicional apoyo para la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTOS .....	ii
INDICE DE CUADROS .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	iv
INTRODUCCION	
1.1 Objetivo .....	2
1.2 Hipótesis .....	2
REVISION DE LITERATURA	
2.1 El sector forestal en México .....	3
2.1.1. El sector forestal en Jalisco .....	4
2.2 La industria forestal .....	4
2.2.1 La industria de aserrío en México .....	5
2.2.2 La industria de aserrío en Jalisco .....	5
2.3 Proceso de transformación de aserrío .....	6
2.3.1 Fases del proceso de aserrío .....	7
2.4 Equipo de aserrío .....	7
2.4.1 Equipo de patio .....	8
2.4.2 Maquinas auxiliares .....	9
2.4.3 Aserradero .....	10
2.4.4 Equipo de afilado .....	13
2.5 Operaciones complementarias al aserrío .....	13
2.6 Cubicación de la trocería .....	15
2.6.1 Refuerzos en la trocería .....	16
2.7 Cubicación de productos .....	17
2.8 Coeficiente de aserrío .....	18
2.8.1 Objetivos del coeficiente de aserrío .....	18
2.8.2 Factores que influyen en el proceso de aserrío .....	19
2.9 Rendimientos de madera .....	20
2.10 Productividad .....	22

MATERIALES Y METODOS.	
3.1 Localización del área de estudio .....	23
3.2 Selección de los aserraderos .....	23
3.3 Fuentes de abastecimiento .....	25
3.4 Maquinaria disponible por aserradero .....	25
3.5 Selección y número de trozas estudiadas .....	26
3.5.1 Medición de las trozas .....	27
3.5.2 Determinación de excesos de refuerzo .....	28
3.5.3 Cubicación de las trozas .....	29
3.6 Proceso de Aserrío .....	30
3.7 Registro de la madera aserrada .....	31
3.7.1 Cubicación de la madera aserrada .....	32
3.8 Coeficiente de aserrío .....	33
3.8.1 Productividad .....	34
3.9 Análisis estadístico .....	35
3.9.1 Modelo del diseño experimental .....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	
4.1 Coeficiente de aserrío .....	37
4.2 Productividad .....	46
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
VI. RESUMEN .....	50
VII. LITERATURA CITADA .....	51
APENDICE .....	55

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Localización de los aserraderos en que se realizó el estudio.....	25
2	Características de la maquinaria con que se cuenta en los aserraderos estudiados .....	26
3	Comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey para la variable coeficiente de aserrío nominal por aserradero ...	37
4	Coefficientes de aserrío e intervalo de confianza .....	39
5	Porcentaje de l volumen de madera obtenido por tipo de productos .....	42
6	Comparación de medias de tratamientos con los valores promedio para las variables estudiadas .....	43
7	Comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey para la variable productividad por aserradero.....	46

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Tractor con llantas de hule (Pailoder) .....	8
2	Rampa para recepción de trocería .....	9
3	Carro escuadra .....	10
4	Sierra banda principal .....	11
5	Sierra desorilladora o canteadora .....	12
6	Sierra péndulo .....	12
7	Contenedor de preservativo .....	14
8	Apilamiento de madera aserrada .....	16
9	Localización del área de estudio .....	24
10	Medición de trozas con abultamientos .....	28
11	Excedentes de refuerzo en longitud de la trocería .....	28
12	Cubicación de trozas por la fórmula de Smalian .....	29
13	Cubicación de productos (paralelepípedo) .....	33
14	Coeficiente de aserrío real y nominal determinado de las trozas estudiadas en cada aserradero .....	38

## I INTRODUCCION

El aserrío es el proceso mecánico por el cual se convierten los rollos de madera en tablas y tablonés básicamente y cuya tecnología ha tenido, a través de los años, importantes avances especialmente en los países desarrollados, con el evidente propósito de lograr una mayor producción, mejor calidad y menores costos de producción.

En México el surgimiento de la industria forestal transformadora de madera en rollo tuvo lugar a principios del presente siglo (Hernández, 1985). En ese entonces la disponibilidad de materia prima en pie era abundante aún en lugares accesibles.

El proceso de aserrío se considera una de las formas más simples de transformación de la trocería y una de las actividades más importantes de la industria forestal del país, debido al número de empresas dedicadas a esta actividad, 978 aserraderos; al volumen de madera que se procesa, 5'486,000 metros cúbicos rollo; y al número de empleos que genera, 24,450 (CNIDS, 1991) sobre todo en áreas rurales, donde precisamente se tiene un fuerte déficit de fuentes de trabajo.

No obstante lo sencillo del proceso y su importancia, se considera que el grado de desarrollo tecnológico ha sido muy lento, por argumentos de diferente índole. En el estado de Jalisco este avance respecto a países desarrollados ha sido más lento, y a pesar que tanto los industriales madereros como los fabricantes de maquinaria conocen de estas tecnologías, por diversos motivos los aserraderos han permanecido al margen de mejorías que en algún grado pudieran considerarse importantes.

Con la integración de México a un mercado común, con dos de los países más desarrollados tecnológicamente en el mundo, se considera necesario optimizar la transformación de la materia prima.

Por tal motivo es factible buscar métodos para aumentar la eficiencia del proceso de aserrío, para contrarrestar las limitantes de calidad y dimensiones de la materia prima, así como para poder conservar el mismo margen de utilidades, sin afectar en forma significativa los precios de la madera aserrada.

## 1.1 Objetivo

El objetivo del presente trabajo es:

Determinar el coeficiente de aserrío primario para cuatro aserraderos banda del Sur de Jalisco.

## 2.1 Hipótesis

Las hipótesis propuestas para el presente trabajo son:

Ho: No existe diferencia en el coeficiente de aserrío de los cuatro aserraderos.

Ha: Si existe diferencia en el coeficiente de aserrío de los cuatro aserraderos.

## II REVISION DE LITERATURA

### 2.1 El sector forestal en México

En México los terrenos forestales abarcan 142 millones de hectáreas que representan el 72% del territorio nacional, de este total 30'433,000 hectáreas son bosques y 26'440,000 hectáreas son selvas (SEMARNAP, 1996).

Las especies maderables más importantes económicamente para los bosques corresponden a los géneros *Pinus*, *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Quercus*, *Alnus* y *Arbutus*. Mientras que para las selvas las especies más importantes son la caoba (*Switenia macropilla*), cedro rojo (*Cedrela mexicana*), rosa morada (*Tabebuia pentaphylla*), parota (*Enterolobium cyclocarpum*), chechen (*Comocladia mollisima*) y guayacán (*Tabebuia guayacan*) (SEMARNAP,1996).

En los últimos años (1989-1994), el sector forestal de México ha registrado un comportamiento negativo en la producción forestal al pasar de los 9.4 a los 6.4 millones de metros cúbicos, debido entre otras causas a su apertura comercial, lo que evidenció que se carece de una estructura productiva forestal suficientemente competitiva (Cardeña, 1994).

Así, a pesar de que México ocupa el 11° lugar mundial en superficie arbolada (57 millones de hectáreas), ocupa el 26° lugar mundial en producción silvícola, con una productividad de 1m<sup>3</sup>/ha/año, en promedio. Si a esto se agrega la insuficiencia de un marco jurídico favorable a la integración de la cadena productiva, que ha propiciado el establecimiento de industrias de pequeña escala con mayores inversiones en tecnología de manejo, extracción y abasto; más otros factores de orden biológico, financiero y de política sectorial han propiciado que la participación del sector forestal, incluyendo la silvicultura y la industria maderera

en el producto interno bruto (PIB) del país sea, actualmente, de menos del 1% (PRODEFO, 1997b).

### 2.1.1 El sector forestal en Jalisco

De acuerdo a los datos del reciente inventario forestal, Jalisco cuenta con 1'941,918 ha de bosques y 1'088,189 ha de selvas, haciendo un total de 3'030,107 ha arboladas, que significan el 37.8% de la superficie estatal, ocupando con esto el 8° lugar nacional en cuanto a superficie arbolada, lo que representa el 5.33% del total nacional (SSF, 1994).

En cuanto al nivel de producción forestal en lo referente a volúmenes autorizados, Jalisco ocupa el 5° lugar nacional, aunque con volúmenes muy por debajo de los autorizados en los estados de Chihuahua, Durango, Michoacán y Oaxaca (PRODEFO, 1997b).

## 2.2 La industria forestal

La industria forestal nacional, se clasifica de acuerdo a los recursos forestales que contempla la producción forestal, en maderables y no maderables (ANCF, 1988). Dentro de los recursos maderables, su aprovechamiento para las industrias se subdivide en: aserrío, tableros (aglomerados, contrachapados, enlistonados y de partículas), celulosa y papel, principalmente; así como los derivados del aserrío, como son: cajas de empaque, mangos de herramientas, muebles, productos moldurados, duelas, parquets, etc., además de la producción de carbón cuya industria es todavía incipiente (ANCF, 1988). En México el grado de integración de la industria predominante es muy reducido, aunque existen ejemplos de alta integración para una misma planta (aserradero – estufado contrachapado - moldurado y derivados de la resina). Como un ejemplo de

integración industrial, se encuentra en el Estado de Durango, el Grupo Industrial Durango (ANCF, 1988).

De esta clasificación general de las industrias forestales, la más antigua es la que corresponde al aserrío, la cual ocupa una tecnología relativamente sencilla, que en sus inicios correspondió a sierras de tipo circular, para transformar la madera en rollo (trozas) en productos aserrados. Con el tiempo las sierras circulares han sido sustituidas por sierras de tipo banda o cinta, que en sus diferentes tipos (izquierda, derecha o de doble corte) y tamaños (44" a 72" en el diámetro de los volantes) producen menos desperdicio y presentan una mayor eficiencia en los cortes y una mejor calidad en los productos terminados (ANCF, 1988).

### 2.2.1 La Industria de aserrío en México

La industria de aserrío en México, sigue siendo básica y fundamental, ya que los productos que de ella se obtienen, se convierten en manufacturas para diversas aplicaciones, es decir, el producto industrial primario sigue siendo la madera aserrada (ANCF, 1988).

La industria de aserrío en México es una de las actividades más importantes del país; en 1991 contaba con 978 aserraderos; con un consumo de 5'486,000 metros cúbicos rollo; generando 24,450 empleos directos (CNIDS,1991).

### 2.2.2 La Industria de aserrío en Jalisco

Jalisco cuenta con una planta de tableros aglomerados, una fábrica de papel, 99 aserraderos de diferentes capacidades, que van de los 5,000 a los

12,000 pies tabla de producción por turno, 20 fábricas de caja de empaque, 150 madererías y más de 300 fábricas de muebles, éstas últimas ubicadas principalmente en los municipios de Ocotlán, La Barca, Tonalá y Tlaquepaque (PRODEFO, 1997b).

Los 99 aserraderos registrados cuentan en su conjunto con una capacidad instalada de 509,097 metros cúbicos rollo/año, con una producción de 248,785 m<sup>3</sup> de madera aserrada, generando 1,537 empleos directos, de los cuales el 85.2% corresponde a obreros (PRODEFO, 1997a).

Del total de aserraderos, el 70.6% puede considerarse como pequeño o muy pequeño (producción menor a 8,000 pt por turno), los medianos representan el 21.1%, y sólo el 8.3% como grande (producción superior a 12,000 pt por turno) (PRODEFO, 1997a).

La industria de aserrío del estado se basa en el género *Pinus*, ya que con esta especie se produce el 97% de los 248,785 m<sup>3</sup> de madera aserrada del estado; el resto de las especies no influyen mayormente en el total de la producción (PRODEFO, 1997a).

### 2.3 Proceso de transformación de aserrío

Brown y Bethel (1965) mencionan que el proceso de transformación de aserrío es cuando los rollos de madera se convierten en productos útiles de madera, a través de la aplicación de uno o más procesos mecánicos, que transforman la troza en piezas más pequeñas dándoles la forma, tamaño y superficies requeridos para cada uno de sus usos. Esto incluye el manejo eficiente y provechoso de la maquinaria para que los cortes se hagan de una manera tal, que se obtenga el mayor volumen de materia útil y valiosa de la troza, sin que la

maquinaria sufra un desgaste excesivo, daño o destrucción y se incurra así en altos costos de producción por mantenimiento.

Los procesos de elaboración comúnmente utilizados en la industria del aserrío, caen en dos categorías básicas, el aserrado y el cepillado. Las operaciones de aserrado utilizan una o más de las diversas clases de sierras dentadas, como herramienta básica de corte; mientras que las operaciones de dar forma y cepillado generalmente utilizan cabezas cortadas con cuchillas, como herramienta básica de corte (Caraveo, 1982).

### 2.3.1 Fases del proceso de aserrío

Según Zamudio (1986), el proceso básico de aserrío tiene las fases siguientes:

- a) Recepción de trozas y almacenamiento.
- b) Acercamiento de las trozas al aserradero.
- c) Preparación de trozas para su aserrío.
- d) Proceso de aserrío en sí (alimentación de trozas a la sierra principal y reaserrío).
- e) Dimensionado en ancho y largo (desorillado y cabeceado).
- f) Clasificación de las piezas obtenidas.
- g) Tratamiento para preservación de la madera, y
- h) Apilado de los productos aserrados.

### 2.4 Equipo de aserrío

El equipo de aserrío es el conjunto de máquinas que se utilizan para convertir la madera en rollo en madera aserrada, el cual puede dividirse en las clases siguientes: equipo de patio, que es el que se utiliza para almacenar y

arrimar las trozas; máquinas auxiliares, las cuales sirven para preparar las trozas previo a su aserrío; aserradero propiamente dicho y equipo de afilado (Zamudio, 1986).

#### 2.4.1 Equipo de patio

Es el equipo que se utiliza para el movimiento de la trocería en el patio del aserradero ya sea por medios manuales, tales como ganchos troceros o mediante maquinaria especial para este fin, grúas, cargadores, malacates y montacargas (Jiménez, 1992). Algunas de las cuales se describen enseguida:

##### a) Pailoder

Para almacenar, manejar y acercar las trozas al aserradero puede utilizarse un tractor frontal o tractor con llantas de hule (Figura 1). Estos tractores pueden tener malacate o grúa propia y transportan las trozas arrastrándolas o también los hay aquellos que tienen su propia grúa o arco de arrastre, que les permite levantar las trozas (Zamudio, 1986).



Figura 1. Tractor con llantas de hule (Pailoder).

## b) Rampa

Son dos o tres vigas de madera aproximadamente de 8" de ancho por 8" de grosor puestas paralelamente con una inclinación del 5% donde se depositan las trozas próximas a procesar, la rampa facilita el avance y acomodo de la troza hasta el carro del aserradero (Jiménez, 1992)(Figura 2).



Figura 2. Rampa para recepción de trocería.

### 2.4.2 Máquinas auxiliares

Son aquellas por medio de las cuales se prepara a la trocería para su aserrío; dimensionarlas, eliminarles la corteza, piedras, arena, o sustancias, que pueden provocar desgaste o daños a la maquinaria del aserradero, por ejemplo: descortezadoras, trozadoras, transportadores y volteadores (Zamudio, 1986).

Las descortezadoras se utilizan para eliminar la corteza de la troza sobre todo cuando esta presenta arena, piedras o alguna sustancia que puedan dañar las máquinas de corte.

Cuando se requiere madera aserrada de largos especiales o sanear trozas muy dobladas o con defectos se utilizan las trozadoras; mientras que los

transportadores y volteadores se utilizan para empujar las trozas y hacerlas rodar o voltearlas así como para su transporte hasta el carro escuadra (Zamudio, 1986).

### 2.4.3 Aserradero

Como aserradero se considera a todo el conjunto de máquinas y equipo que interviene directamente en la producción de piezas aserradas (Zamudio, 1986). Un aserradero está constituido básicamente por un carro escuadra, la sierra principal, la sierra desorilladora o canteadora y la sierra cabeceadora o péndulo, todo el equipo adicional que se encuentre es para facilitar el trabajo, aprovechar al máximo la materia y aumentar la calidad del producto (Padilla, 1987). Dichas máquinas se describen a continuación:

#### a) Carro escuadra

Es un vehículo utilizado para llevar la troza, su función es avanzar y empujar la troza contra la sierra en movimiento para que se produzca el asierre, cuenta con un mecanismo de avance y retroceso además de un controlador de espesor y es accionado mediante un sistema de fricción (Figura 3) (Caraveo, 1982).



Figura 3. Carro escuadra.

### b) Sierra principal

La sierra principal es con la que se inicia el proceso de aserrío, la función que desempeña es la de efectuar los cortes a la troza a medida que ésta es alimentada por el carro escuadra. Se utiliza para obtener solamente 2 caras en la troza o hasta alcanzar la totalidad de piezas que se pueden obtener de la misma (Figura 4) (Zamudio, 1986).



Figura 4. Sierra principal (sierra banda).

### c) Sierra desorilladora

Esta máquina se utiliza para realizar cortes a la madera aserrada que se obtiene de la sierra principal o de la reaserradora eliminando las orillas para que las piezas queden con sus lados en ángulo recto con respecto a las caras y de un ancho uniforme, eliminando orillas y defectos que se presentan en las piezas (Figura 5) (Jiménez, 1992).



Figura 5. Sierra desorilladora o canteadora.

d) Sierra péndulo

Se utiliza para cortar los extremos de las tablas de manera que éstos queden a escuadra y paralelos uno con otro, además de cortar las tablas dañadas o con defectos en dos o más piezas para eliminarlos y dimensionarlas comercialmente (Figura 6) (Brown y Bethel, 1965).



Figura 6. Sierra péndulo o cabeceadora.

#### 2.4.4 Equipo de afilado

Es el equipo que se utiliza para dar preparación y mantenimiento a las diferentes herramientas para corte de madera de un aserradero. Su funcionamiento se considera como un apoyo fundamental al proceso de aserrío, ya que es de donde proviene un alto porcentaje del margen de productividad del aserradero. De la correcta preparación y adecuado mantenimiento depende en gran medida la calidad y presentación de los productos obtenidos; así como la mayor o menor cantidad de desperdicios (PRODEFO, 1997c).

#### 2.5 Operaciones complementarias al aserrío

Son operaciones que se realizan a los productos obtenidos del aserrío con el objeto de mantener un estándar de valorización de los mismos, así como protegerlos de daños que pueden afectar su calidad. Las más comunes se describen a continuación:

##### a) Clasificación de la madera aserrada

Cuando los árboles se convierten en madera aserrada resultan piezas que varían por sus dimensiones, clase y localización de los defectos existentes; tales características para fines comerciales han propiciado la creación de reglas para su clasificación, que son especificaciones usadas para definir la calidad de la madera.

El objeto de la clasificación es mantener un estándar o medida de valorización entre aserraderos iguales o similares, logrando así que armonicen las diferencias que existen entre diferentes piezas de madera, sin tomar en cuenta las características de la troza que las produjo. En esta forma, una clase determinada representará el mismo valor y podrá ser usada para el mismo objeto, sin tomar en consideración el aserradero de donde salió. La clasificación uniforme también

proporcionará al comprador y vendedor, un medio por el cual se puede determinar si lo que se compra o se vende representa su valor completo (Caraveo, 1982).

#### b) Tratamiento de la madera

El propósito del tratamiento de la madera, es evitar en lo posible el ataque y desarrollo de microorganismos tales como: hongos de mancha de savia o azul, mohos y hongos causantes de pudrición. Microorganismos, que bajo condiciones adecuadas (temperatura y humedad) pueden atacar a la madera recién aserrada causando manchas o pudrición defectos que afectan a la calidad de la madera. La solución a este tipo de problemas dentro de los aserraderos, es la aplicación mediante inmersión de sustancias químicas a la madera, cuya composición varía dependiendo del problema que se presente, la clase de madera a tratar (dura o blanda) y el grado de protección deseado (Jiménez, 1992).

Los recipientes para efectuar este tratamiento se colocan al final del proceso de asierre y pueden ser desde simples bateas de madera, hasta grandes tanques de lámina o concreto con dispositivos mecánicos para sumergir, escurrir y secar las tablas en un proceso continuo (Figura 7) (Jiménez, 1992).

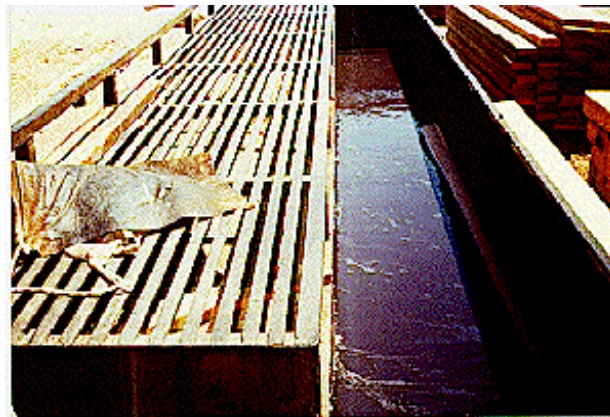


Figura 7. Contenedor de preservativo para madera.

### c) Apilamiento de la madera

La madera aserrada se deteriora rápidamente si las piezas se amontonan o apilan de manera que se toquen sus caras o cantos. Las razones fundamentales para apilar la madera consisten en que esta pierda humedad y conservarla con un mínimo de deterioro. Debido a lo anterior las pilas o tongas de madera deben estar orientadas en la misma dirección de los vientos dominantes; con el propósito de que el aire circule por las pilas con mayor facilidad. El apilado en si consiste en acomodar la madera ordenadamente formando tongas o pilas, procurando cubrir ciertos requerimientos como cimentación, inclinación de la cimentación, protección de la pila, colocación de fajillas o separadores entre las piezas, distribución de las pilas y orientación; así como la distribución de las piezas por cama (Figura 8). La madera al apilarse deberá ser de un mismo grueso, ancho y largo, lo cual facilita la elaboración de inventarios. (Jiménez, 1992).



Figura 8. Apilamiento de madera aserrada.

## 2.6 Cubicación de la trocería

Para la cubicación de trocería, en la industria maderera existen varias fórmulas y reglas madereras de cubicación entre las que se encuentran las siguientes: Fórmulas de Newton, Simpson, Heyer, Kuntze, Huber, Smalian, (Romahn *et al.*, 1987).

Todas difieren entre sí en cuanto a su precisión y ésta dependerá fundamentalmente de la medida en que las trozas se parezcan a los tipos dendrométricos en que se basa su cubicación. Las fórmulas que se utilizan más comúnmente para la cubicación de trocería son las Newton, Huber y Smalian (Romahn *et al*, 1987).

Al cubicar trocería debe emplearse la fórmula más adecuada de acuerdo a los tipos dendrométricos y a la exactitud con que se pretende realizar el trabajo, reservando las fórmulas de Simpson, Heyer y Kuntze para las investigaciones cuyos resultados exigen mayor grado de precisión, aunque esto implica mayor tiempo y dinero en su aplicación (Romanh *et al.*, 1987). Las fórmulas de Smalian y Huber se hicieron para cubicaciones de trocería mediante procedimientos más sencillos, pero que proporcionan los volúmenes con una precisión aceptable.

Dobie (1973a) indica que la fórmula de Smalian es la base para cubicar la trocería, ya que proporciona los volúmenes con el grado de precisión necesario, para estudios de coeficiente de aserrío, además de que se aplica con relativa facilidad y poco tiempo.

#### 2.6.1 Refuerzos en la trocería

Los refuerzos en la trocería, son pequeños excedentes en la longitud nominal de la trocería, que se dejan al momento del troceo del arbolado, para que al momento de obtener los productos finales estos cuenten con un margen en dimensión para su saneo (Padilla, 1987).

En México, aun cuando existe la norma sobre refuerzos en longitud de la trocería, generalmente estos refuerzos cambian de un aserradero a otro y su variación es mayor cuando no existe un programa de control de estas dimensiones (Zavala, 1994).

Las longitudes más comunes de las trozas utilizadas en la producción de madera aserrada son de 8 a 22 pies, en dimensiones nominales, con intervalos de 2 pies y con un refuerzo adicional en longitud que varía de 4 a 12 pulgadas (Rodríguez, 1978); para madera de largas dimensiones. En el caso de trozas utilizadas para la producción de madera aserrada en cortas dimensiones, sus largos varían de 3 a 7 pies con intervalos de 1 pie de largo y refuerzo de 4 pulgadas.

A través de la Norma Oficial Mexicana NOM-C-359-1988, se ha establecido un refuerzo en longitud de 6" para trozas de dimensiones nominales de 8' a 14' y de 18' y 22'. Para las trozas de 16', 20' y 24', el refuerzo debe ser de 12", considerando que de las trozas con estas dimensiones se pueden seccionar para obtener 2 trozas de categorías longitudinales menores, con su respectivo refuerzo de 6" (DGN, 1988).

En el caso del Estado de Jalisco el refuerzo normal para troceo del arbolado en trozas de 8' de longitud son 4" (Wettling, 1999; Comunicación personal).

## 2.7 Cubicación de productos

Para efectos de comercialización y control de producción se utiliza para la cubicación de la madera el sistema inglés implementado por los estadounidenses pioneros en la industria maderera en México, por lo anterior las unidades de medida son las pulgadas y el pie. Un pie tabla es la unidad estándar para la medición de la madera aserrada y representa el volumen de una tabla de 1" de espesor, por 12" de ancho y 12" de largo (Jiménez , 1992).

Los productos aserrados se cubican multiplicando sus tres dimensiones (espesor, ancho y longitud) considerándolos como paralelepípedos (Romahn *et al.*, 1987); los cuales de acuerdo a su longitud se dividen en madera de cortas

dimensiones, cuando su dimensiones van de los 2 a los 7' y madera de largas dimensiones cuando su longitud es igual o mayor a 8'.

## 2.8 Coeficiente de aserrío

El coeficiente de aserrío (c.a.) es la relación que existe entre los pies tabla nominales de rendimiento de madera y los pies tabla cúbicos rollo alimentados al aserradero (Dobie, 1973a).

Por su parte, Padilla (1987) lo define como la relación que existe entre el volumen total de madera en rollo que se somete a transformación y el volumen que resulta de producto terminado, ó sea la cantidad de metros cúbicos rollo que se necesitan, para obtener un metro cúbico de madera aserrada.

En resumen, el coeficiente de aserrío es la cantidad de madera elaborada que obtenemos de un metro cúbico de madera en rollo, dicho coeficiente se expresa por lo general en porciento.

### 2.8.1 Objetivos del coeficiente de aserrío

En el proceso de aserrío una forma de evaluar la eficiencia de transformación de la trocería es a través de estudios de coeficientes de aserrío, los cuales reflejan la interrelación de las características de las trozas con el tipo de productos obtenidos; además de la influencia directa del tipo de maquinaria empleada y de la habilidad de los operarios. Los objetivos del coeficiente de aserrío son los siguientes:

a) Es un indicador que califica la eficiencia de un aserradero (Jiménez, 1992).

- b) Se puede estimar la cantidad de madera aserrada en m<sup>3</sup>, o pies tabla de un volumen de trozas existentes en el patio de concentración, o en el área de corta (Caballero y Zamudio, 1983).
- c) Determina el rendimiento en rollo del procesamiento (Dobie, 1973a).

### 2.8.2 Factores que Influyen en el proceso de aserrío

En las diferentes fases de producción de un aserradero, incluyendo desde el troceo del arbolado hasta la elaboración de madera aserrada, influyen muchos factores que afectan directamente el coeficiente de aserrío (Zavala, 1994).

Algunos de los factores directamente relacionados con la eficiencia o rentabilidad de los aserraderos son: las características y la capacidad de producción del equipo utilizado; la habilidad y preparación del operador de la maquinaria; las condiciones de mantenimiento del equipo; las características de la trocería utilizada (calidad, dimensiones y refuerzos); y las características de la madera aserrada obtenida (dimensiones, refuerzos y variación de sus dimensiones)(Zavala, 1994).

El valor del coeficiente de aserrío depende de las dimensiones de las trozas, del tipo de aserrío, del método de procesamiento, de las dimensiones del producto y de otros factores (Dobie, 1973a).

González (1942), menciona que la variación del coeficiente de aserrío está regida por los factores tales como grueso de la sierra, diámetro de la sierra y de las trozas por aserrar, así como por las dimensiones del producto obtenido y el montaje del aserradero.

Se ha evaluado el efecto de la calidad de la trocería en el coeficiente de aserrío, para diferentes especies y características de las trozas, encontrándose

que en general la calidad de la madera aserrada decrece conforme decrece la calidad de la troza y que el coeficiente de aserrío se reduce con el aumento de los defectos de la misma (Zavala, 1995).

En general, las trozas torcidas generan menos madera que las trozas rectas para la misma categoría diamétrica y longitudinal (Brown, 1975).

Como regla empírica, Brown (1975), establece que por cada incremento de 0.1 en la relación torcedura/diámetro, el coeficiente de aserrío se reduce hasta un 7% comparado con trozas rectas y que el tiempo de asierre se incrementa en un 40%. Así, respecto a la conicidad de las trozas, el coeficiente de aserrío disminuye con el aumento de la conicidad y el tiempo de asierre aumenta (Dobie, 1966).

El diámetro de las trozas tiene un efecto directo en la calidad y cantidad de madera aserrada. Conforme aumenta el diámetro, por lo general, se reducen los defectos de la madera (Hallock, 1978). Se ha determinado que el coeficiente de aserrío aumenta con el diámetro de las trozas, variando de 40% a 43% para trozas de 10" a 12", y de 58% a 65% para trozas de 24" a 28" (Phillips, 1975).

La variación en la longitud de las trozas tiene un efecto directo en el coeficiente de aserrío. Cuando las dimensiones reales exceden significativamente las dimensiones nominales, la madera que se pierde en la sierra de péndulo se incrementan en forma considerable (Dobie, 1966).

## 2.9 Rendimientos de madera

Entre los factores que influyen para que el coeficiente de aserrío (rendimiento), sea menor que el de la posibilidad, se incluye la costumbre que tienen los operarios de desperdiciar madera al momento de realizar los cortes, así

como el uso de maquinaria obsoleta que produce demasiada merma (Dobie, 1973b).

La ineficiencia tanto del hombre como de la maquinaria puede extenderse desde los patios de trocería, hasta el punto de embarque, situación que influye tanto en la clasificación de la madera, como en sus volúmenes, algunos aspectos que pueden originar desperdicios, de acuerdo con Jiménez (1992) son:

a) Descarga de las trozas, dado que en ocasiones se descargan cuidadosamente las trozas de los camiones y en otras se vuelcan bruscamente en el patio ocasionándoles cuarteaduras.

b) Vicios en el inventario de las trozas, se refiere al reemplazo más o menos rápido de trozas en el patio, dado que a veces permanecen algunas mucho tiempo en el mismo lugar, sin protección de la lluvia, el sol y los insectos.

c) Pérdida de madera en la descortezadora, cierto tipo de descortezadoras eliminan grandes cantidades de fibra de madera junto con la corteza.

d) Dimensiones de la madera en las máquinas, los rendimientos de la madera se afectan si los anchos, gruesos y largos, producidos en la sierra principal, reaserradora y desorillador, se exceden de los especificados o existe descuido de los operadores al realizar el saneamiento de las piezas.

e) El manejo y almacenaje de la madera, realizado sin los cuidados pertinentes en los patios trae como resultado pérdidas de volumen, por exposición prolongada a condiciones adversas de calor y humedad.

## 2.10 Productividad

Otra evaluación de la eficiencia de un aserradero se determina por la productividad del mismo. Entre los factores que intervienen en la productividad, se incluyen la producción horaria y la producción hombres-hora, hombre máquina y tiempos y movimientos (Dobie, 1973a).

Es necesario hacer notar que el aumento de producción no necesariamente estriba en el grado de avance del carro escuadra, sino en algunas causas como: la destreza que tengan los volteadores de la troza, (cuando se realiza mediante un proceso manual), la habilidad del marcador en dar la medida a la tabla, abrir las escuadras justamente al diámetro de la troza, el cuidado del aserrador de no separar el corte demasiado de la sierra, no perder demasiado tiempo en el cambio de sierras, así como la calidad de la trocería (Jiménez, 1992).

La productividad de algunos aserraderos podría aumentar considerablemente, si los tiempos de demora estuvieran a un nivel razonable de un 5% del tiempo total de la producción (Jiménez, 1992). Algunas causas de estas demoras son: descompostura de las máquinas, cambio de sierras, falta de trozas, fallas en el sistema eléctrico y paradas para realizar la limpieza.

### III MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Localización del área de estudio

El Estado de Jalisco cuenta con una superficie de 8'013,700 ha., se localiza en el Oeste del país, entre los 18°58'00" y 22°45'00" de latitud Norte y 101°27'40" y 105°41'25" de longitud Oeste. Colinda al Norte con Durango, Zacatecas y Aguascalientes; al Noreste con San Luis Potosí, al Este con Guanajuato, al Sur con Michoacán y Colima, al Oeste con el Océano Pacífico y al Noroeste con Nayarit (PRODEFO, 1997a). El área donde se llevó a cabo el estudio corresponde a la región denominada Sur de Jalisco (INEGI, 1999), la cual comprende 15 municipios donde se concentran 41 aserraderos, de los cuales se seleccionaron dos municipios por el número de aserraderos existentes en dichos municipios. Los municipios fueron: Cd. Guzmán que concentra 15 aserraderos, en el cual se estudiaron tres y Gómez Farías con 11 aserraderos, en donde se estudió uno (Figura 9).

Cabe mencionar que dichos municipios también están considerados dentro de la división que realizó el Programa de Desarrollo Forestal de Jalisco para áreas de trabajo y centros de transferencia de tecnología, el cual divide al estado en tres áreas perteneciendo estos municipios al área Cd. Guzmán, concentrando un total de 50 aserraderos, que corresponde a la mitad de los aserraderos existentes en el estado (PRODEFO, 1997a).

#### 3.2 Selección de los aserraderos

En el estado de Jalisco los aserraderos de sierra banda más frecuentes son pequeños con una producción menor a 8,000 pt/turno; medianos con producción de 8,000 a 12,000 pt/turno y grandes con una producción superior a 12,000

pt/turno; con un total de 70, 20 y 9 instalaciones, respectivamente (PRODEFO, 1997a).



Figura 9. Ubicación geográfica del área de estudio (Zona Sur de Jalisco).

Para la realización de este estudio se seleccionaron 2 aserraderos para cada uno de los dos primeros tamaños por ser de los más frecuentes en el estado; los aserraderos pequeños fueron: Mexicana Central de Maderas S. de R.L. de C.V. y Aserradero Unión de Gómez Farías S.A. de C.V., ambos con un ancho en la sierra banda de 5"; los medianos fueron: Distribuidora Pinares del Sur S.A. de C.V. y Maderas del Sur de Jalisco con un ancho de sierra de 8". La localización de los aserraderos y la denominación para el presente estudio se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Localización de los aserraderos del presente estudio.

Aserradero	Domicilio	Denominación para este estudio
Distribuidora Pinares del Sur S.A. de C.V.	Km. 3.5 Carr. CD. Guzmán - Zapotiltic	DIPISUR
Mexicana Central de Maderas S. de R.L. de C.V.	Km. 7 Carr. CD. Guzmán – El Fresno	MCM
Maderas del Sur de Jalisco.	Km. 0.5 Carr. CD. Guzmán – Guadalajara	MASUJAL
Unión de Gómez Farias S.A. de C.V.	Iturbide No. 38 Gómez Farias, Jal.	UNION

### 3.3 Fuentes de abastecimiento

La fuente de abastecimiento de los aserraderos estudiados corresponden a predios de particulares; dicho abastecimiento procede en un 100% de bosques del estado, principalmente de los municipios de Mazamitla, Pihuamo, San Andres, Tamazula y Tecalitlán; cuya topografía es irregular, característica de la Sierra volcánica transversal donde se encuentran dichos municipios. Los principales grupos de vegetación corresponden a la selva baja caducifolia, bosques de encino-pino, pino-encino, rodales puros de pino, el bosque mesófilo de montaña y rodales puros de oyamel. Las especies predominantes de pino son: *Pinus douglasiana*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus michoacana*, *Pinus tenuifolia*, *Pinus oocarpa* y otras menos frecuentes (INEGI, 1986).

### 3.4 Maquinaria Disponible por Aserradero

El permiso de instalación y funcionamiento de los aserraderos estudiados ampara la maquinaria que se describe en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de la maquinaria con que se cuenta en los aserraderos estudiados.

Maquinaria	Aserraderos			
	DIPISUR	MCM	MASUJAL	UNION
Pailoder	Cat 450	Cat 950		
Carro	S/m	S/m	S/m	S/m
Escuadra	3 escuadras	3 escuadras	3 escuadras	3 escuadras
Mecanismo	Fricción	Fricción	Fricción	Fricción
Sierra Banda	S/m 8"	Donouch E.U.A 5"	MIMSA Mex. 8"	Ind. Mecánica Mex. 5"
Motor	100 HP	60 HP	100 HP	60 HP
Desorilladora	S/m 2 discos	S/m 3 discos	S/m 3 discos	S/m 2 discos
Motor	20 HP	15 HP	15 HP	15 HP
Sierra Péndulo	S/m disco 20" Ø	S/m disco 18" Ø	S/m disco 20" Ø	S/m disco 18" Ø
Motor	10 HP	7 HP	7.5 HP	7 HP
Transportador				
Rodillos	24 m	10 m	18.85 m	15.9 m

S/m = Sin marca HP = Caballos de fuerza Ø = Diámetro

### 3.5 Selección y número de trozas estudiadas

Las trozas que se emplearon en el estudio fueron seleccionadas al azar en los patios de cada uno de los aserraderos, se eliminaron del estudio aquellas con defectos, tales como: malformaciones, quemaduras, pudriciones y zonas con abultamientos excesivos.

Tradicionalmente, en estudios de evaluación del coeficiente de aserrío para aserraderos banda, se utiliza una muestra de 100 trozas al azar como mínimo para obtener datos confiables (SFF, 1978).

En este estudio se determinó el tamaño de la muestra con base en la variación del volumen de una premuestra de 60 trozas, considerando un 95% como límite de confiabilidad de la media a través de la siguiente fórmula (Infante y Zarate, 1990):

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

n = tamaño de muestra  
 $S^2$  = varianza de la población  
t = valor apropiado del estadístico "t"  
E = error permitido (5% de la media)

El número de trozas que se determinó estudiar fue de 120 trozas (Apéndice 2) para cada aserradero, las cuales fueron divididas en cuatro lotes de 30 trozas cada uno, con la finalidad de tener repeticiones del proceso para el posterior análisis de varianza. Los lotes fueron manejados de forma independiente al momento de tomarse las mediciones para su cubicación, al igual que para su proceso y la cubicación de los productos obtenidos.

### 3.5.1 Medición de las trozas

La medición de la trocería consistió en medir a cada troza los diámetros o área seccional de cada extremo, la cual se realizó con cinta métrica tomando medidas tanto del diámetro y la corteza como del diámetro sin la corteza, en este caso la medida se realizó en la zona interior de la corteza, aproximándola al centímetro y considerando la sección transversal como un círculo; para las trozas que no eran circulares se tomó como diámetro real, el promedio de dos a tres mediciones de los diámetros.

En los casos en que se presentaban trozas con extremos abultados excesivamente se tuvo presente este defecto para reducir el diámetro lo suficiente, tomando en cuenta la conicidad normal de la troza (Figura 10); las

longitudes de la trocería se midieron con cinta métrica y se aproximaron al centímetro, la longitud que se consideró medir fue la real para cada troza.

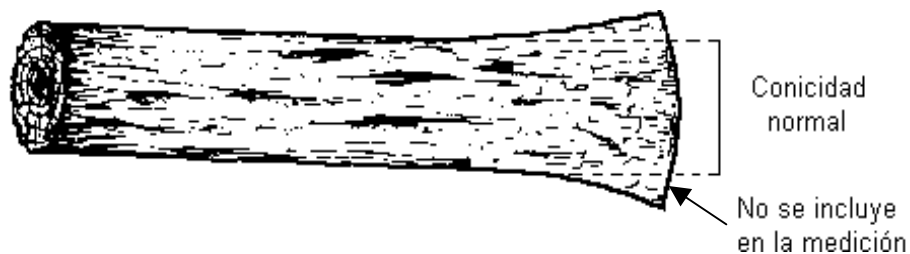


Figura 10. Medición de trozas con abultamientos.

### 3.5.2 Determinación de excesos de refuerzos

Para evaluar el volumen que se pierde debido a un exceso de refuerzo en longitud, a las trozas que se estudiaron para cada aserradero, se les determinó la longitud real con aproximación al milímetro y, con base en esto, se procedió a su cubicación, restando a ésta la cubicación que tendría una troza con los mismos diámetros pero con una longitud real de 8' más 4" de refuerzo, considerado como normal para el estado (Figura 11).

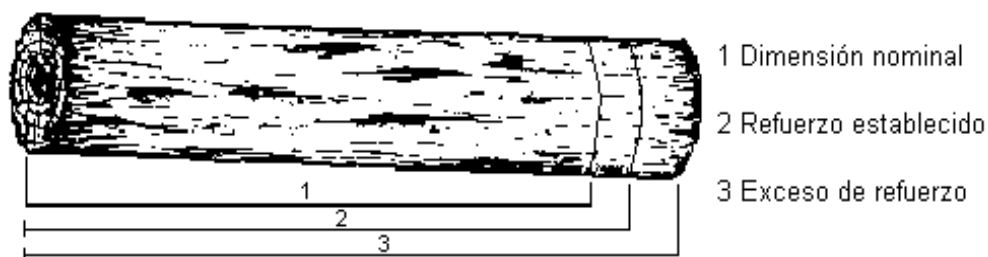


Figura 11. Excedentes de refuerzo en longitud de la trocería.

### 3.5.3 Cubicación de las trozas

Para obtener el coeficiente de aserrío, se necesita contar con alguna escala de cubicación de la trocería. Aun cuando en la industria maderera es común utilizar reglas de cubicación con equivalencias en pies tabla, predominando la regla Doyle, oficialmente estos sistemas no se reconocen (DGN, 1988).

En este trabajo el volumen de las trozas se obtuvo mediante la fórmula de Smalian (Romanh *et al.*, 1987)(Figura 12).

$$V = \frac{(B + b)}{2} L$$

Donde:

V = Volumen de la troza en m<sup>3</sup>

B,b = Área de la sección mayor y menor de la troza en m<sup>2</sup>

L = Longitud de la troza en m

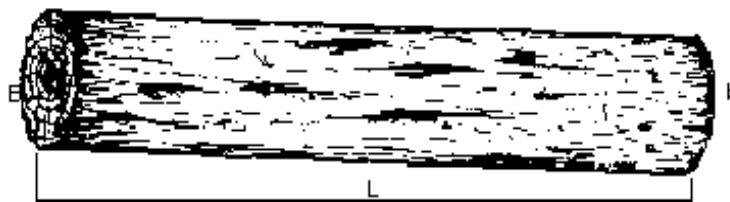


Figura 12. Cubicación de trozas por la fórmula de Smalian.

Ejemplo de cubicación de una troza

Diámetro mayor sin Corteza	Diametro menor sin corteza	Longitud
(m)	(m)	(m)
.381	.366	2.596

a) Se calcula el área de la sección menor y mayor de la troza.

$$b = .366 \times .366 \times .7854$$

$$b = .105 \text{ m}^2$$

$$B = .381 \times .381 \times .7854$$

$$B = .114 \text{ m}^2$$

b) Se determina el área promedio; para ello: se suman las áreas menor y mayor y se dividen entre dos.

$$.105 + .114$$

$$\text{-----} = .1095 \text{ m}^2$$

$$2$$

c) El valor del área promedio se multiplica por la longitud de la troza y el resultado es el volumen de la misma.

$$.1095 \text{ m}^2 \times 2.596 \text{ m}$$

$$V = .284 \text{ m}^3$$

### 3.6 Proceso de aserrío

El proceso de aserrío de los cuatro lotes de trozas para cada aserradero estudiado consistió en lo siguiente:

a) En el patio de los aserraderos se recibieron los viajes de trozas provenientes de las áreas de corta y una vez descargadas, se procedió a seleccionarlas hasta completar los cuatro lotes de 30 trozas para proceder a su medición y registro.

b) Con ayuda del pailoder, cuando se contaba con él, se efectuó el acercamiento de los lotes a la rampa de trocería para su aserrío, o bien se acercaban de forma manual con la ayuda de ganchos troceros.

- c) En la rampa de trocería, éstas fueron manejadas en forma manual mediante ganchos troceros para subirlas al carro y voltearlas para su proceso.
- d) Estas trozas fueron cuadradas y aserradas mediante una sierra banda de acuerdo a la actividad cotidiana de cada aserradero, por lo que la obtención de productos fue diferente para cada uno de ellos en grosores comerciales ( $\frac{3}{4}$  y  $1\frac{1}{2}$ ”).
- e) De la sierra principal los productos obtenidos en ésta, pasaron a la sierra desorilladora, en cuya máquina se procedió a dimensionarlos a un ancho comercial (4, 6, 8, 10 y 12”).
- f) Una vez realizada esta operación se transportaron a la sierra de péndulo, para dimensionarse en longitud, eliminando así los excedentes en longitud o defectos del producto, obteniendo productos con longitudes de 2 a 8’ de longitud.
- g) Los productos obtenidos después del proceso se marcaban y una vez que se terminaba de procesar un lote se realizaba su medición y conteo
- h) Los productos finalmente obtenidos pasaron a la cama clasificadora para su selección por clases o calidades
- i) Después de clasificar el producto, las calidades primera y segunda de los productos obtenidos se sumergieron en la pila de preservativo a base de pentaclorofenato de sodio para protegerlos contra agentes dañinos
- j) El producto terminado, clasificado y tratado, fue distribuido por medio del pailoder o bien por los mismos trabajadores para estibarlos hasta que se secan (2 a 3 semanas).

### 3.7 Registro de la madera aserrada

Una vez que se terminaba de procesar la madera de un lote, el registro de

la misma consistió en tomar nota de los productos de acuerdo a: su espesor, ancho, largo y número de piezas que se obtenían. Lo anterior se realizó para cada uno de los lotes de cada aserradero estudiado. Para todos los lotes y todos los aserraderos la madera resultante se identificó como Mill-rum (mezcla de calidades), es decir, no se hizo una diferenciación por clases.

Para que se facilitara el trabajo, el producto se cuantificó de acuerdo a sus dimensiones nominales, pero se tomaron mediciones promedio de medidas reales de las tres dimensiones de los productos, para sus diferentes medidas comerciales, para la obtención del coeficiente de aserrío real.

### 3.7.1 Cubicación de la madera aserrada

Para la cubicación de la madera aserrada se consideró a los productos como un paralelepípedo (Romahn *et al*, 1987) (Figura 13).

El volumen de la madera aserrada fue obtenido, para cada pieza, de acuerdo a las diferentes dimensiones y se multiplicaron posteriormente por el número de piezas iguales.

Para la obtención del volumen real las piezas aserradas fueron cuantificadas de acuerdo a promedios que se obtuvieron para el grueso, el ancho y el largo, utilizando el sistema métrico decimal para la medición de sus dimensiones.

El procesamiento de la información se llevó a cabo mediante el programa (software) “Excel de Windows”, para obtener la cubicación de la madera resultante de cada uno de los lotes, tanto para el volumen nominal como el volumen real.

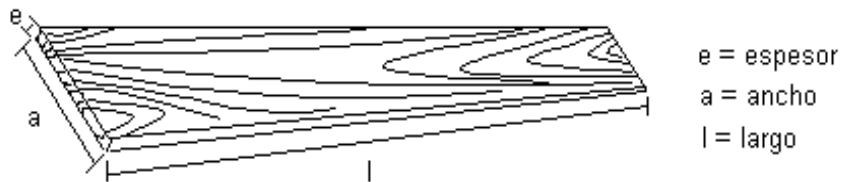


Figura 13. Cubicación de productos (paralelepípedo).

Ejemplo de cubicación de una tabla.

Dimensiones	Medidas Sistema Inglés (comercial)	Medidas Sistema Métrico Decimal (real)	Medidas Sistema Métrico Decimal (con refuerzo)
Espesor	$\frac{3}{4}$ "	0.0190 m	0.0254 m
Ancho	12"	0.3048 m	0.3175 m
Largo	8'	2.4380 m	2.5146 m

a) Para obtener el volumen en pies tabla, se multiplica el espesor por el ancho y por el largo y se divide el resultado entre el factor de conversión 12.

$$\text{Volumen en pt} = (\frac{3}{4} \times 12 \times 8) / 12$$

$$\text{Vol. en pt} = 6.0 \text{ pt}$$

b) Para obtener el volumen en metros cúbicos se multiplica el espesor por el ancho y por el largo.

$$\text{Volumen en m}^3 = .0254 \times .3175 \times 2.5146$$

$$\text{Vol. en m}^3 = 0.0202$$

### 3.8 Coeficiente de aserrío

Una vez que se obtuvieron los valores de volumen de la trocería, así como los de la madera aserrada por lote, se procedió a determinar el coeficiente de

aserrío (c.a.), para cada uno de ellos, para lo cual se empleó la siguiente fórmula (Dobie, 1973a).

$$\text{c.a.} = \frac{\text{Volumen madera aserrada (m}^3\text{)}}{\text{Volumen madera rollo (m}^3\text{)}} \times 100$$

Para determinar el coeficiente de aserrío, se utilizó la relación: volumen de madera aserrada entre el volumen de las trozas, en unidades métricas y expresada en porcentaje. Se analizaron dos tipos de proporciones, el coeficiente de aserrío nominal, a través de la relación del volumen de la madera aserrada en dimensiones nominales, dividido entre el volumen real de las trozas sin corteza, y el coeficiente de aserrío real que se derivó de la relación del volumen real de madera aserrada y el volumen real de las trozas sin corteza (Zavala, 1995). El coeficiente de aserrío final para cada aserradero, se determinó obteniendo un promedio de los cuatro lotes que se estudiaron por aserradero.

### 3.8.1 Productividad

La productividad se determinó al relacionar el volumen de madera aserrada que se obtuvo para cada lote, entre el tiempo transcurrido en su proceso, dicho tiempo se consideró desde el momento que se empezó a producir el primer corte en la primera troza del lote, hasta que se realizó el último corte del último producto obtenido en la sierra péndulo; considerando el promedio de los cuatro lotes que se estudiaron como el resultado para cada aserradero.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Volumen madera aserrada (m}^3\text{)}}{\text{Tiempo de proceso (hs)}}$$

### 3.9 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza y comparación de medias de las observaciones de los tratamientos mediante el modelo de diseño experimental completamente al azar y comparación de medias de Tukey respectivamente para lo cual se empleó el software SAS (Statistical Analysis System).

Además el análisis estadístico consideró las siguientes variables, diámetro mayor, diámetro menor, longitud, volumen, volumen obtenido para cortas dimensiones, volumen obtenido para largas dimensiones, volumen obtenido por grosor de los productos para 1½" y ¾". Dichas variables se dividieron de acuerdo a la forma como intervienen en el proceso en variables de entrada y variables de salida; para las variables de entrada se consideraron a el diámetro mayor, diámetro menor, longitud y volumen, mientras que como variables de salida fueron consideradas el volumen para cortas y largas dimensiones y el volumen para espesores de 1½" y ¾".

#### 3.9.1 Modelo de diseño experimental completamente al azar

El modelo estadístico utilizado para el análisis de varianza es el siguiente (Infante y Zarate, 1990):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, 4$  Tratamientos (aserraderos).

$j = 1, 2, 3, 4$  Repeticiones (lotes)

$\mu$  = Media General

$T$  = Efecto del tratamiento  $i$

$\epsilon$  = Error cometido al efectuar la  $j$ -ésima observación del  $i$ -ésimo tratamiento

$t$  = Número de tratamientos

$r$  = Número de repeticiones

## IV RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Coeficiente de aserrío

El análisis de varianza aplicado a los datos para la variable coeficiente de aserrío nominal arrojó diferencias estadísticas altamente significativas entre tratamientos con 95% de confiabilidad (Apéndice 1). Por lo cual el análisis de varianza indica que al menos un aserradero tuvo un efecto distinto al resto de aserraderos para la obtención del valor final del coeficiente de aserrío nominal obtenido del procesamiento de las trozas estudiadas.

Para determinar que aserradero era diferente se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 3); misma que diferenció el valor promedio del coeficiente de aserrío nominal para el aserradero Maderas del Sur de Jalisco (MASUJAL).

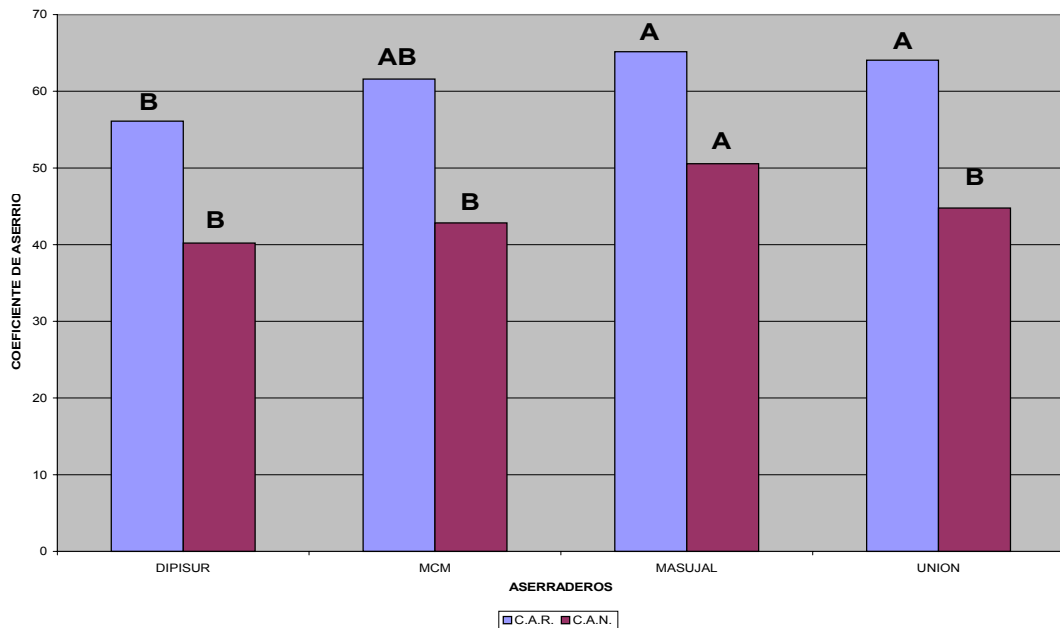
Cuadro 3. Comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey para la variable coeficiente de aserrío nominal por aserradero.

Aserradero	Media Coeficiente de Aserrío (%)	Agrupación Tukey
MASUJAL	50.54	A
UNION	44.77	B
MCM	42.82	B
DIPISUR	40.20	B

Hasta aquí se puede afirmar que el aserradero MASUJAL, es el que mayor eficiencia presenta en el proceso de aserrío debido a que de los tratamientos

estudiados fue el que arrojó el mayor valor de coeficiente de aserrío nominal; los aserraderos restantes no se diferenciaron entre sí.

Para confirmar lo anterior en la Figura 14 se muestra el coeficiente de aserrío real y nominal para cada aserradero que se estudio, en esta puede observarse que el aserradero MASUJAL supera a los tres restantes.



C.A.R. = Coeficiente de aserrío real  
 C.A.N. = Coeficiente de aserrío nominal.

Figura 14. Coeficiente de aserrío real y nominal determinado de las trozas procesadas en cada aserradero.

De acuerdo con los datos presentados, se determinó que el valor de la media poblacional se encuentra entre 37.59% y 51.56% con un 95% de confiabilidad (Cuadro 4). Ahora si se considera a los aserraderos del estado como una población con distribución normal, se puede afirmar que alrededor del 65% de estos aserraderos tienen valores entre 40.19 y 48.97%, de coeficiente de aserrío nominal.

Cuadro 4. Coeficientes de aserrío e intervalo de confianza.

Aserradero	Coeficiente Aserrío Real (%)	Coeficiente Aserrío Nominal (%)	Intervalo de Confianza (al 95%) del Coeficiente de Aserrío Nominal	
			Valor Mínimo	Valor Máximo
DIPISUR	56.11	40.20	32.31	48.09
MCM	61.59	42.82	38.88	46.76
MASUJAL	65.15	50.54	47.58	53.50
UNION	64.06	44.77	43.50	46.03
PROMEDIO	61.72	44.58	37.59	51.56

Como se puede observar el rendimiento real (coeficiente de aserrío real), promedio de los cuatro aserraderos fue de 61.72% (262.9 pt/m<sup>3</sup>). El rendimiento comercial (coeficiente de aserrío nominal), es inferior al real en un 17.14%. El rendimiento comercial promedio resultante fue de 44.58% (190.5 pt/m<sup>3</sup>).

Para hacer una comparación con resultados obtenidos con otros autores, es necesario hacer notar que al comparar el coeficiente de aserrío entre diversos aserraderos, el hecho de que en alguno de ellos se obtengan resultados favorables, no significa, que en este no haya desperdicios, igualmente, si por el contrario al término del estudio se reflejan resultados desfavorables esto no significa, necesariamente que sus métodos empleados produzcan desperdicios, y que el coeficiente de aserrío obtenido puede ser el más alto posible para una combinación particular de equipo, dimensiones de las trozas sometidas al proceso de aserrío y calidad, cantidad y dimensiones de los productos obtenidos.

Zavala (1987) reporta un valor del coeficiente de aserrío nominal en aserraderos banda del estado de Tlaxcala de 39 y 40%, y el coeficiente de aserrío real de 51 y 54%. Por su parte, Cruz (1992) al determinar el coeficiente de aserrío para un aserradero fijo con sierra banda en Asunción, Etna, Oaxaca; afirma que es de 56.39% para madera aserrada del género *Pinus* de largas y cortas dimensiones producto de 110 trozas, pero no aclara como obtuvo el resultado.

García (1993), obtiene en la determinación del coeficiente de aserrío sin corteza un valor de 61.67%, en un aserradero fijo con sierra banda para madera de cortas y largas dimensiones producto de 100 trozas estudiadas. Mientras que Hernández (1994), reporta un coeficiente de aserrío con corteza de 52.86% para trocería no seleccionada y de 57.96% para trocería seleccionada con 1248 y 300 trozas respectivamente; ambos coeficientes incluyen productos secundarios, para un aserradero banda en la Comunidad el Tarahumar y bajíos del Tarahumar municipio de Tepehuanes, Durango.

Chan (1995), determina un coeficiente de aserrío de 58.09% para medidas comerciales de trocería y madera aserrada en un aserradero banda en Cebollas municipio de Guanaceví, Durango.

Zavala (1995), calculó un coeficiente de aserrío real que varió de 54.96% a 61.63% y correspondió a un coeficiente de aserrío nominal de 41.54% a 44.18%, en seis aserraderos estudiados en el estado de Durango.

En este caso no se puede comparar con mucha precisión el coeficiente de aserrío de los estudios antes mencionados con los resultados obtenidos en este trabajo; puesto que todos ellos fueron obtenidos mediante formas distintas, se puede ver que existe una diferencia entre la forma como se obtuvieron los resultados de los trabajos antes citados comparados con el presente a excepción

de los reportados por Zavala (1995), por lo que solo se compararan los resultados obtenidos con los reportados por dicho autor, para evitar generar confusión.

Por lo cual haciendo una comparación numérica sin considerar los factores del aserrío se puede considerar que el valor promedio encontrado en este trabajo, es muy parecido a los citados por Zavala (1995). Por lo que se considera que los aserraderos estudiados se encuentran dentro del rango de eficiencia, considerando un valor conservador de 45% como coeficiente de aserrío nominal (Chávez *et al.*, 1998). No así el obtenido para el intervalo de confianza calculado puesto que no se tienen antecedentes de otros trabajos para realizar comparaciones.

En estos resultados que aparentemente son bajos, tiene una influencia directa el alto porcentaje de trozas con diámetro reducido, y la alta proporción de madera producida en  $\frac{3}{4}$ " de espesor.

Es lógico pensar por lo tanto que si los volúmenes de producción se concentran en espesores mayores, seguramente los porcentajes en el coeficiente de aserrío serán mayores. Esto puede apreciarse al comparar los resultados entre los cuatro aserraderos estudiados, ya que como se menciona en revisión de literatura, de los valores obtenidos del coeficiente de aserrío, éstos están determinados por las dimensiones de productos obtenidos (Cuadro 5) los que debido a que el estudio se realizó de acuerdo a la producción normal de los aserraderos estos variaron de un aserradero a otro.

Para tratar de probar el efecto de las variables de entrada y salida sobre la diferencia en el coeficiente de aserrío nominal del aserradero MASUJAL con respecto a los tres aserraderos restantes se realizó un análisis de varianza (Apéndice 1), para todas las variables estudiadas y prueba de medias de Tukey para comparaciones múltiples (Cuadro 6).

Cuadro 5. Porcentaje del Volumen de madera obtenido por tipo de productos.

Aserradero	Largas Dimensiones		Cortas Dimensiones		Total (%)
	1½" espesor	¾" espesor	1½" espesor	¾" espesor	
DIPISUR	28.89	62.37	.49	8.23	100
MCM	11.55	79.93	.14	8.38	100
MASUJAL	54.56	40.67	.19	4.58	100
UNION	15.52	72.26	.25	11.97	100

Lo anterior demostró que las variables evaluadas cambian el valor del coeficiente de aserrío de un aserradero a otro. Al aplicarse el análisis de varianza a las variables de entrada se observó ,que para el diámetro menor, diámetro mayor no se obtuvieron diferencias significativas, lo que se confirmó con la prueba de comparación de medias y aun cuando Dobie, (1973a) y Phillips, (1975), coinciden en que el diámetro de las trozas tiene un efecto directo en los resultados del coeficiente de aserrío, para este trabajo no influyeron en los valores obtenidos para los cuatro aserraderos, puesto que sus valores fueron muy semejantes en lo que se refiere al diámetro promedio de las trozas que entraron al proceso.

Por lo que respecta a la variable longitud de la trocería, en el análisis de varianza realizado para esta variable, se obtuvieron diferencias significativas y la prueba de comparación de medias muestra que los cuatro aserraderos son diferentes, por lo que se considera que esta variable fue la que mayormente influyó en los resultados obtenidos para el coeficiente de aserrío nominal por aserradero. Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Dobie (1975), la variación en longitud de las trozas tiene un efecto directo en el coeficiente de aserrío, debido a la madera que se pierde en la sierra péndulo al momento de dimensionar el producto nominalmente.

Cuadro 6. Comparación de medias de tratamientos con los valores promedio para las variables estudiadas.

Aserradero	Diámetro Menor (cm)	Diámetro mayor (cm)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Volumen Largas Dimensiones (m <sup>3</sup> )	Volumen Cortas Dimensiones (m <sup>3</sup> )	Volumen de Largas Dimensiones en ½" Espesor (m <sup>3</sup> )	Volumen de Largas Dimensiones en ¾" espesor (m <sup>3</sup> )
DIPISUR	A 36.1	A 39.0	B 2.547	A 9.07	A 3.68	A 0.43	B 1.04	AB 2.34
MCM	A 39.7	A 42.2	A 2.588	A 10.76	A 4.18	A 0.40	B 0.52	A 3.65
MASUJAL	A 33.9	A 36.9	C 2.521	A 7.81	A 3.76	B 0.19	A 2.15	B 1.60
UNION	A 34.2	A 37.3	BC 2.532	A 8.10	A 3.18	A 0.44	B 0.55	AB 2.57

La letra A se aplica a la media mayor

Las medias que se presentan con la misma letra son estadísticamente iguales.

Dobie (*op cit*), en un análisis de 30 aserraderos de la costa de Columbia Británica en Canadá, encontró que del volumen total de las trozas procesadas, se perdió un 3.1% de madera en rollo, debido a un exceso de refuerzo en longitud. Mientras que Zavala (1994), en aserraderos del estado de Durango menciona una pérdida de 2.2% de madera en rollo por las mismas causas, causas que afectan directamente el valor del coeficiente de aserrío.

El volumen que entró al proceso de aserrío no mostró diferencias significativas y la prueba de comparación de medias indicó que fue igual para los cuatro aserraderos.

Por lo que respecta a las variables de salida, para la variable volumen de madera en largas dimensiones la prueba de comparación de medias arrojó como resultado que no existieron diferencias entre los aserraderos, por lo que se consideró que esta variable no influyó en los resultados de los aserraderos ya que de un volumen estadísticamente igual que entró al proceso de aserrío, se obtuvo otro, también estadísticamente igual de madera aserrada para los cuatro aserraderos.

La prueba de comparación de medias para la variable volumen de madera en cortas dimensiones indica que el aserradero que resultó ser diferente fue Maderas del Sur de Jalisco (MASUJAL), al obtener el menor volumen con productos de estas dimensiones, lo que da una idea más clara del porque obtuvo el mayor coeficiente de aserrío, ya que es fácil entender que el hecho de obtener menor cantidad de productos en cortas dimensiones, indica que tuvo menor desperdicio en costeras al momento del aserrío.

Los resultados del análisis de varianza, confirmados por la prueba de comparación de medias para la variable volumen de productos en  $\frac{3}{4}$ " de espesor muestran claramente que los resultados obtenidos para cada aserradero estuvieron directamente influenciados por esta variable ya que una alta proporción de madera fue producida en esta dimensión. Tal es el caso del aserradero Mexicana Central de Maderas (MCM), que fue el que mayor volumen obtuvo con productos de esta dimensión. Esta mayor proporción de madera de  $\frac{3}{4}$ " respecto a los otros aserraderos repercutió en forma directa en su coeficiente de aserrío.

Para la variable volumen de productos obtenidos en  $1\frac{1}{2}$ " de espesor, el aserradero que resulto diferente fue Maderas del Sur de Jalisco (MASUJAL), el cual obtuvo un mayor volumen con productos de este espesor, factor que influyó en su resultado. Esto queda claro si se considera que el hecho de obtener mayor cantidad de productos con esta dimensión en el espesor, provoca que se realicen menos cortes en la troza, lo que evita que se tenga un mayor desperdicio de madera por concepto de aserrín.

En resumen se tiene que de todas las variables, las que influyeron en el coeficiente de aserrío fueron, por las variables de entrada: la longitud de la trocería ya que el aserradero que presentó el mayor coeficiente de aserrío, presenta el menor promedio en longitud de la trocería, obteniendo menor desperdicio al momento de dimensionar los productos obtenidos.

Para las variables de salida en volumen de productos de acuerdo a sus dimensiones (largas y cortas), no se apreciaron diferencias entre aserraderos pero en cuanto al volumen que se obtuvo por grosores si, encontrándose nuevamente que para el aserradero que presentó el mayor coeficiente de aserrío este fue el que mayor volumen obtuvo con productos de  $1\frac{1}{2}$ " de grosor, lo anterior ayuda a explicar el porque del resultado tanto del mayor coeficiente de aserrío para el aserradero Maderas del Sur de Jalisco (MASUJAL).

## 4.2 Productividad

Se realizó un análisis de varianza (Apéndice 2) para determinar las diferencias en la productividad de los aserraderos estudiados, el cual arrojó que existían diferencias altamente significativas entre tratamientos con 95% de confiabilidad. Para determinar que tratamiento era diferente a los demás se procedió a realizar la prueba de comparación de media de Tukey, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey para la variable productividad por aserradero.

Aserradero	Media Productividad (m <sup>3</sup> /h)	Agrupación Tukey
MASUJAL	3.49	A
MCM	3.09	A
UNION	2.87	AB
DIPISUR	2.36	B

En el Cuadro 7 se observa que los aserraderos MASUJAL, MCM y UNION son estadísticamente iguales basándose en la productividad media con valores de 3.49, 3.09 y 2.87 m<sup>3</sup>/h respectivamente, mientras que el aserradero UNION es igual estadísticamente a los tres aserraderos restantes con un valor 2.87 m<sup>3</sup>/h, sin embargo, el aserradero que muestra diferencias significativas entre los dos primeros es DIPISUR, quien presenta la productividad media menor con un valor de 2.36 m<sup>3</sup>/h.

Estos resultados difieren a lo que se menciona en revisión de literatura para algunos factores que influyen en los resultados de productividad de los aserraderos por ejemplo PRODEFO (1997a), menciona que el tamaño de la sierra cinta (representada por el diámetro de sus volantes y el ancho de la hoja de sierra)

es los que determinan la capacidad de producción del aserradero por lo que se puede asegurar que no en todos los casos ocurre así, puesto que si se observa el Cuadro 2, de materiales y métodos, se notará que el aserradero que obtuvo la mayor productividad que fue MASUJAL cuenta con sierra banda de 8" de ancho pero los dos siguientes MCM y UNION tienen una sierra banda de 5" de ancho y el aserradero que ocupó el último lugar DIPISUR cuenta con una sierra banda de 8" de ancho.

Para complementar lo anterior se puede decir que todas las operaciones de las máquinas son manuales en su totalidad, esto significa que, aún para las operaciones más simples, se debe recurrir a la mano del hombre que es un factor que se considera también influyó en los resultados puesto que en la etapa inicial del proceso donde mínimamente se necesitan 6 personas, solo MASUJAL contaba con ellas, DIPISUR contaba con 5 personas y MCM y UNION solamente contaba con 4, además la distribución de la maquinaria en los aserraderos que debiera ser muy simple y eficiente, se complica por la excesiva distancia entre las máquinas, lo cual se puede ver en el Cuadro 2, donde los productos para terminar su proceso necesitan recorrer en transportadores de rodillos muertos hasta 24 m en el caso de DIPISUR; 18.85 m, en MASUJAL; y 15.9 m, en el aserradero UNION; la excepción es MCM que solo recorre 10 m, obliga a transportar, las diferentes partes en proceso manualmente a la siguiente máquina.

## V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones del presente trabajo se refieren a aspectos relevantes de los resultados obtenidos sobre el coeficiente de aserrío primario del procesamiento de trozas del género *Pinus*, en cuatro aserraderos banda del Sur de Jalisco.

- a) El valor promedio del coeficiente de aserrío nominal para los cuatro aserraderos estudiados, fue de 44.58%. El promedio verdadero de dicho coeficiente se encuentra entre 37.59% y 51.58% con una confiabilidad de 95%.
- b) Las variables que afectaron los valores del coeficiente de aserrío de acuerdo a la prueba de comparación de medias fueron: la longitud de las trozas y la proporción de productos obtenidos en los diferentes espesores, ya que el aserradero que obtuvo el mayor coeficiente de aserrío (MASUJAL), fue el que presentó la menor longitud de trocería y la mayor parte de su producción estuvo constituida por tablas de 1½” de espesor.
- c) La madera procesada que más frecuentemente se obtuvo en condiciones normales de producción es de ¾” de espesor, la cual representó el 72.09% del total del volumen de madera aserrada por los cuatro aserraderos.
- d) El volumen perdido por exceso de refuerzo en la longitud de la trocería representó un 2.14% del total del volumen de madera en rollo que se proceso en los aserraderos estudiados.

- e) La productividad promedio de los cuatro aserraderos fue de 2.95 m<sup>3</sup>/h, se considera que el factor que influyó en los resultados fue principalmente la distribución de la maquinaria.

Con los datos obtenidos en este trabajo se hacen las siguientes recomendaciones.

- a) Se considera que en los resultados de estudios tradicionales el coeficiente de aserrío debiera expresarse en términos de coeficiente de aserrío real y nominal, para evitar confusiones en la evaluación respecto a la eficiencia de otros aserraderos.
- b) Realizar estudios basados en datos estadísticos para tamaños de muestra, número de repeticiones, nivel de confiabilidad e intervalos de confianza, puesto que se generarían resultados más confiables y se podrían comparar diferentes estudios.
- c) Incorporar estudios relacionados con la variación en longitud de la trocería, del espesor de las tablas y la variación del corte de las sierras a los estudios tradicionales de coeficiente de aserrío; ya que son fuente de un aumento potencial en el coeficiente de aserrío teniendo un control más cuidadoso en la práctica.
- d) Realizar estudios sobre eficiencia en la productividad, tomando en cuenta los factores que la definen, número de personas que operan la maquinaria, distribución óptima de la maquinaria y estudios de tiempos y movimientos.

## VI RESUMEN

Se analiza información recopilada en cuatro aserraderos banda del Sur de Jalisco sobre el coeficiente de aserrío primario de 120 trozas de 8' de longitud para cada aserradero estudiado, las cuales fueron seleccionadas al azar de los patios del aserradero, dichas trozas fueron divididas en lotes de 30 trozas cada uno, con la finalidad de tener repeticiones para obtener un valor más preciso del coeficiente de aserrío. Las trozas se cubicaron empleando la fórmula de Smalian obteniendo el volumen real con corteza y sin corteza. Al procesarse las trozas se obtuvieron tablas de largas y cortas dimensiones de 1½" y ¾" de espesor; la producción se evaluó en Mill-run (mezcla de calidades), la cual se cubicó con el sistema métrico decimal, para la obtención del volumen real y comercial.

El coeficiente de aserrío nominal promedio para los cuatro aserraderos fue de 44.58% y correspondió a un coeficiente de aserrío real de 61.72%; el resultado del intervalo de confianza practicado a la variable coeficiente de aserrío nominal, indicó que dicho coeficiente se encuentra entre 37.59% y 51.56% con una confiabilidad de 95%. Se obtuvo una productividad promedio de 2.95 m<sup>3</sup>/h.

De la madera aserrada que se generó de las 480 trozas muestreadas el 72.09% de la producción la constituyeron tablas de ¾" de espesor nominal. El volumen perdido por exceso de refuerzo en la longitud de la trocería representó un 2.14% del total del volumen de madera en rollo que se procesó en los aserraderos estudiados.

Dada la importancia del volumen de madera potencialmente recuperable teniendo un control más cuidadoso en los refuerzos de la trocería y madera aserrada, se recomienda que este tipo de prácticas sean incluidas en los estudios tradicionales de evaluación de aserraderos.

## VII. LITERATURA CITADA

A.N.C.F. 1988. El sistema de producción forestal. Dasonomía Mexicana. 6(10):16-50.

Brown, N. C. y Bethel, J. M. 1965. La industria maderera. LIMUSA. México, D.F. 397 p.

Brown T. D. 1975. Effect of sweep on sawn recovery from radiata pine logs. Can For. Ind. 93(12):28-29.

Caballero D., M. y E. Zamudio S. 1983 Factores de transformación industrial e índices de conversión utilizados en la actividad forestal de México. Dasonomía Mexicana. 1(2): 5-8.

Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la industria forestal (CNIDS). 1991. Memoria Económica. México, 61 p.

Caraveo M., A. 1982. La madera aserrada. Centro Librero La Prensa, S.A. de C.V. Chihuahua, Chihuahua. 332p.

Cardeña R., Jesús B. 1994. Situación actual y perspectivas sobre el establecimiento de plantaciones comerciales en México. IV Reunión nacional sobre plantaciones forestales. SFF. México. 480-486.

Cruz L., M.A. 1992. Coeficiente de aserrío, realizado en el aserradero comunal de Nuevo Zoquiapan. Asunción, Etna, Oaxaca. Ejemplar de uso oficial para el permiso de establecimiento. 8pp.

Chan R., C. V. 1995. Coeficiente de aserrío para un aserradero fijo con sierra banda en Cebollas, Municipio de Guanacevi, Dgo. Tesis Profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 54 p.

Chávez C., G., M.A. Pérez T. y L. Sánchez R. 1998. Diagnostico de la industria de aserrío del estado de Jalisco. II Congreso Mexicano de Tecnología de Productos Forestales. Morelia, Michoacán. 21.

Dirección General de Normas. 1988. Norma Oficial Mexicana NOM-C-359-1988. Industria Maderera - Trocería de Pino - Clasificación. DGN. 23 p.

Dobie, J. 1966. Log taper related to lumber production. B.C. Lumberman. 48(5):80-85.

Dobie, J. 1973a. Coeficientes de aserrío. Bosques y Fauna. 10(2):3-13.

Dobie, J. 1973b. Coeficientes de aserrío. Bosques y Fauna. 10(3):3-19.

Dobie, J. 1975. Lumber recovery practices in British Columbia coastal sawmills. West, For. Prod. Lab. Inf. Rep. VP-X-151, Vancouver, B.C. 29p.

García D., R.B. 1993. Coeficiente de aserrío, realizado en el aserradero, Productos Silvícolas Oaxaqueños S.A. de C.V. Asunción, Etna, Oaxaca. Ejemplar de uso oficial para el permiso de establecimiento. 12p.

González C., J.M. 1942. Refuerzos de las maderas aserradas y los coeficientes de aserrío. Tesis Profesional . ENA. Chapingo, México 55 p.

Hallock, H. 1978. There is more lumber in that log. Modern sawmill techniques. Proceedings of the eighth clinic. Library 8:93-108.

Hernández C., I. 1994. Coeficiente de aserrío para un aserradero fijo con sierra banda en Tepehuanes, Dgo. Tesis Profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 60 p.

Hernández D., J.C. 1985. Problema de abastecimiento en la región de el Salto Pueblo Nuevo, Durango. Ciencia Forestal. 10(53): 19-27.

INEGI 1986. Carta de uso del suelo y vegetación. Secretaria de Programación y Presupuesto. México. F13D. Cd. Guzman, Jalisco. Escala 1:50,000

INEGI 1999. [www/hpt](http://www/hpt). Así es Jalisco.gob.

Infante G., S. y G.P. Zarate de L. 1990. Métodos estadísticos. 2ª edición. Trillas. México, D.F. 643p.

Jiménez Ch., G. 1992. Aserraderos. operación y mantenimiento. Díaz Imprenta. Tercera edición. México, D.F. 302 p.

Padilla G., H. 1987. Glosario practico de términos forestales. UACH. Chapingo, México.

Phillips, D. R. 1975. Predicted green lumber and residue yields from the merchantable stem of shortleaf pine. USDA For. Ser. Res. Pap. SE-128, 12p.

PRODEFO, 1997a. Documento Técnico 3. Situación actual de la industria de aserrío. Guadalajara, Jalisco. 21 p.

PRODEFO, 1997b. Documento Técnico 5. El Mercado de los productos forestales México - Jalisco. Guadalajara, Jalisco. 50 p.

PRODEFO, 1997c. Documento Técnico 6. Talleres de afilado y mantenimiento de herramientas de corte de madera. Guadalajara, Jalisco. 1-12.

Rodríguez C., R. 1978. Coeficientes de refuerzo y aserrío en la práctica mexicana de producción de madera de pino. México y sus Bosques. 17(1): 8-23.

Romahn de la V., C. F., H. Ramírez M. y Treviño G., 1987. Dendrometria. UACH. Chapingo, México. 387 p.

SEMARNAP. 1998. Anuario estadístico de la producción forestal 1996. México, D.F. 101-133.

SFF, 1978. Disposiciones sobre coeficientes de aserrío y usos de refuerzos. México, D.F. Circular 2/78. 3p.

SFF, 1994. Inventario Forestal Periódico del Estado de Jalisco. México, D.F. 23-28.

Zamudio S., E. 1986. Manual de la Industria Maderera. UACH. Chapingo, México. 389 p.

Zavala Z., D. 1987. Análisis del coeficiente de aprovechamiento en dos aserraderos del estado de Tlaxcala. Reunión de investigación forestal y agropecuaria de Tlaxcala. CIFAP Tlaxcala. 56-62.

Zavala Z., D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. Boletín Técnico No. 115. INIFAP. México. 48 p.

Zavala Z., D. 1995. Interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento en aserraderos banda. Revista de la Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. U.M.S.N.H. Morelia, Mich. 3-14.

## Apéndice 1. Análisis de varianzas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F	Pr F
Coeficiente de aserrío nominal					
Tratamiento	3	231.386	77.128	8.83	0.0023 **
Error	12	104.796	8.735		
Coeficiente de aserrío real					
Tratamiento	3	195.325	65.108	5.58	0.0124 **
Error	12	139.964	11.663		
Diámetro menor					
Tratamiento	3	86.971	28.990	1.47	0.2717 ns
Error	12	236.407	19.700		
Diámetro mayor					
Tratamiento	3	68.501	22.833	1.13	.3749 ns
Error	12	241.837	20.153		
Longitud					
Tratamiento	3	0.010	0.0035	17.40	0.0001 **
Error	12	0.002	0.0002		
Volumen					
Tratamiento	3	21.241	7.080	1.41	0.2873 ns
Error	12	60.165	5.013		
Volumen largas dimensiones					
Tratamiento	3	1.989	0.663	0.67	0.5864 ns
Error	12	11.872	0.989		
Volumen cortas dimensiones					
Tratamiento	3	0.163	0.054	4.32	0.0278 ns
Error	12	0.151	0.012		
Volumen en 1½" espesor					
Tratamiento	3	6.952	2.317	11.87	0.0007 **
Error	12	2.341	0.195		
Volumen en ¾" espesor					
Tratamiento	3	8.585	2.861	5.47	0.0131 **
Error	12	6.283	0.523		
Productividad					
Tratamiento	3	2.651	0.883	6.58	0.0070 < **
Error	12	1.610	0.134		

F.V. = Fuente de variación; G.L. = Grados de libertad; S.C. = Suma de cuadrados; C.M. = Cuadrados medios; F = Valor calculado de "F"; Pr F = Probabilidad de que el valor "F" calculado sea superior al valor "F" de tablas; \*\* = Significativo al 1%; ns = No significativo.

Apéndice 2. Tamaño de muestra calculado para lograr un 95% de intervalo de confianza de la media de la población.

Parámetro	Unidades
Tamaño premuestra	60
Media del volumen de la trocería (m <sup>3</sup> )	0.46328
Varianza de la premuestra (m <sup>3</sup> )	0.01653
Valor de t <sup>2</sup>	3.84
Valor de E <sup>2</sup>	0.00053
Tamaño de la muestra requerida	119.76
Tamaño de la muestra estudiada	120

