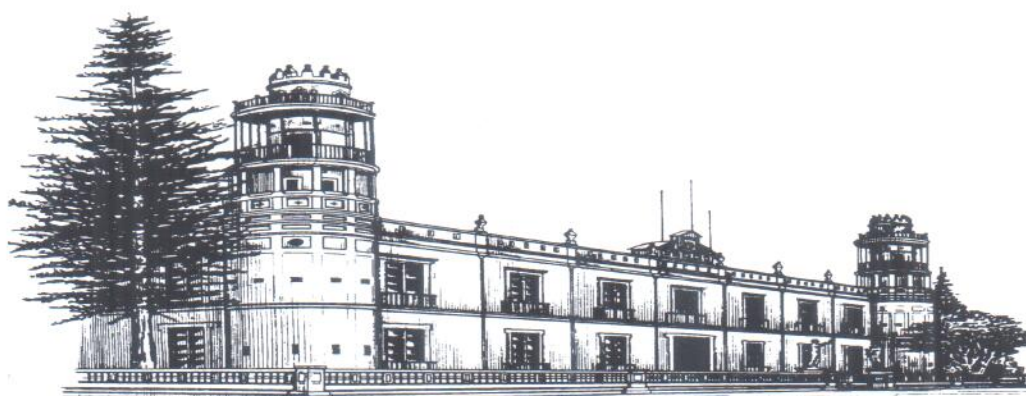


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISION DE CIENCIAS FORESTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES

ANÁLISIS DEL PROCESO DE ASERRÍO DE UN ASERRADERO REPRESENTATIVO DEL ESTADO DE DURANGO.



T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS FORESTALES

P R E S E N T A

JUAN CARLOS ECHEVARRÍA GARCÍA

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO AGOSTO 2002



ANÁLISIS DEL PROCESO DE ASERRÍO DE UN ASERRADERO REPRESENTATIVO DEL ESTADO DE DURANGO

Tesis realizada por **Juan Carlos Echevarría García** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

DIRECTOR:



DR. DAVID ZAVALA ZAVALA

ASESOR:



DR. LEONARDO SÁNCHEZ ROJAS

ASESOR:

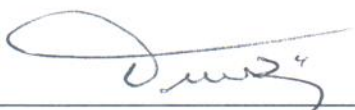


DR. HUBERT TCHIKOUÉ MAGA

ANÁLISIS DEL PROCESO DE ASERRÍO DE UN ASERRADERO REPRESENTATIVO DEL ESTADO DE DURANGO

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Juan Carlos Echevarría García** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales Estuvo constituido por:

PRESIDENTE:



DR. DAVID ZAVALA ZAVALA

ASESOR:



DR. LEONARDO SÁNCHEZ ROJAS

ASESOR:



DR. HUBERT TCHIKOUÉ MAGA

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico especialmente a mis padres Román y Dinorah, gracias a sus inigualables ejemplos y atinados consejos me han guiado durante toda mi vida.

A mi hermano Williams por su apoyo y ayuda incondicional durante todo este tiempo.

A la Dra Raquel Carreras Rivery y su familia, que sin su amor y aliento en los momentos más difíciles no hubiese sido posible obtener este grado.

AGRADECIMIENTOS

A los lazos culturales que han unido históricamente a México y Cuba.

A la Universidad Autónoma Chapingo por el apoyo que me ofreció para obtener un grado académico y por mi estancia en esta digna institución.

Al Dr. David Zavala Zavala por su tiempo y dedicación, expresados en la dirección, además por el apoyo durante el periodo preparativo en los estudios de postgrado.

Al Dr. Leonardo Sánchez Rojas por sus enseñanzas y por haber influido en mi formación académico-profesional mediante una conducta ejemplarizante.

Al Dr. Hubert Tchikoué Maga por su enorme ayuda en todo momento, tanto en la culminación de este trabajo como en mi vida personal.

Al maestro Robert Byington por sus conocimientos en materia de la lengua inglesa.

A la maestra Juana Huerta y su hermana Teresa Huerta quienes me apoyaron incansablemente para mi ingreso al postgrado.

Al Dr. Alejandro Sánchez Vélez por su amistad y apoyo sincero en todo momento.

Mi agradecimiento especial a Lolita Coronel, por su dedicación y apoyo técnico en la preparación de este documento; a Roció Rodríguez por su

apoyo y cortesía durante mi estancia en la Universidad; a Graciela y Laura por la ayuda brindada.

A la Señora Yolanda de la Editorial de la Revista Forestal en México por todas sus atenciones hacia mi persona y a los compañeros de la Biblioteca del INIFAP.

A mis estimados colegas Dr. Teodoro Maraón y la Biólogo Rosa Cintas de España y a los Ing. Manú y Yamileth de Costa Rica.

A todos mis amigos en esta Universidad Roberto Briano, Eduardo Salcedo Oscar Flores, Olga Santiago, Francisco Espinosa, Willelmira Castillejos, Nick Ibarra, Marcelino Alejo, Gabriel Montiel, Héctor Flores y Willian Ballesteros.

DATOS BIOGRAFICOS

Nació el 15 de septiembre de 1967, en el municipio de Colón de la provincia de Matanzas en la Republica de Cuba, sus estudios de primaria y secundaria los realizó en su ciudad natal, los estudios de bachillerato transcurrieron en un internado, donde estudiaba y participaba en labores agrícolas, en el plan citricola "Victoria de Girón". En el año 1985 fue seleccionado para estudiar en la antigua Unión Soviética, donde inició sus estudios en el Instituto Forestal de Voronezh en septiembre de 1987, graduándose en julio de 1992 y obteniendo el título de Ingeniero tecnólogo en la elaboración de la madera. Posteriormente a su regreso a Cuba se incorpora a trabajar en la Empresa de Muebles Capitalinos, al transcurrir más de un año se traslada al Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), donde se desempeña como investigador en el Departamento de Tecnología de la Madera en el área de Anatomía y Propiedades físico-mecánicas de la madera. En este centro participó en varios proyectos, cursos y eventos nacionales e internacionales. También se desempeñó en la actividad docente, como profesor adjunto del Instituto Superior de Arte (ISA), impartiendo la cátedra de madera en la carrera de restauración, también participó como conferencista en los cursos internacionales que se imparten anualmente en el Centro Nacional de Conservación-Restauración y Museología en la Ciudad de la Habana. Actualmente pertenece a la Sociedad Internacional de Coleccionistas de la Madera.

ÍNDICE

INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.2. HIPÓTESIS	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. COEFICIENTE DE ASERRÍO	4
2.2. REFUERZOS Y VARIACIÓN EN DIMENSIONES DE LA MADERA ASERRADA	10
2.3. CONTROL DE CALIDAD DE LA MADERA ASERRADA	12
III. Materiales y Métodos	14
3.1. TAMAÑO DE LA MUESTRA ESTUDIADA	14
3.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA	15
3.3. CUBICACIÓN DE LAS TROZAS	15
3.4. CLASIFICACIÓN DE LAS TROZAS	16
3.5. CLASIFICACIÓN DE LA MADERA ASERRADA.....	17
3.6. COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO Y PROPORCIÓN DE SUBPRODUCTOS	19
3.7. DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DEL CORTE POR ASERRÍO EN LAS TABLAS	20
3.7.1. <i>Determinación de la dimensión óptima</i>	21
3.8. DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE ASIERRE POR TIPO DE TROCERÍA	22

IV. Resultados y Discusion	23
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS TROZAS PROCESADAS.....	23
4.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	24
4.3. DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DIAMÉTRICA DE LAS TROZAS	26
4.4. FRECUENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LAS LONGITUDES DE LAS TROZAS	27
4.5. DISTRIBUCIÓN DE LAS CALIDADES DE TROZAS	28
4.6. COEFICIENTE DE APROVECHAMIENTO DE TROCERÍA EN EL PROCESO DE ASERRÍO	29
4.6.1. <i>Efecto de la calidad de las trozas en el coeficiente de aserrío</i>	29
4.6.2. <i>Relación de la calidad de las trozas con la calidad de la madera aserrada</i>	32
4.6.3. <i>Efecto del diámetro de las trozas en el coeficiente de aserrío</i>	34
4.6.4. <i>Efecto de la conicidad de las trozas en el coeficiente de aserrío</i>	38
4.7. PROPORCIÓN DE SUBPRODUCTOS	43
4.8. REFUERZOS DE LA MADERA ASERRADA	49
4.9. VARIACIÓN DEL ESPESOR DE LAS TABLAS POR EFECTO DEL CORTE.....	49
4.10. DETERMINACIÓN DE LA DIMENSIÓN ÓPTIMA EN GROSOR.....	50
4.11. TIEMPOS DE PROCESAMIENTO POR TIPO DE TROCERÍA.....	54
V. CONCLUSIONES	60
VI. RECOMENDACIONES.....	62
VII. LITERATURA CITADA	63

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Rendimientos obtenidos por diámetro promedio y calidad de trozas para el ciprés, proveniente de una plantación de 11 años.	9
Cuadro 2. Relación de trozas procesadas por categorías diamétricas y por calidades	24
Cuadro 3. Tamaño de muestra para un 95% de confiabilidad con una premuestra de 90 trozas	25
Cuadro 4. Relación de la calidad de trozas con el coeficiente de aserrío....	30
Cuadro 5. Relación de calidades de trocería con el coeficiente de aserrío	33
Cuadro 6. Categorías Diamétricas y Coeficientes de Aserrío de una muestra de 120 trozas.....	34
Cuadro 7. Conicidad y coeficiente de aserrío en las diferentes longitudes de trozas	39
Cuadro 8. Coeficientes de aprovechamiento por tipo de producto	45
Cuadro 9. Proporción de refuerzos y sus excedentes en distintas dimensiones de madera aserrada.....	49
Cuadro 10. Relación de tiempo de aserrado con diámetros y calidad de las trozas	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Coeficiente de aprovechamiento y calidades.....	7
Figura 2. Diagrama de frecuencias por categoría diamétrica para la premuestra de 90 trozas.	26
Figura 3. Diagrama de frecuencias por longitudes para 120 trozas.....	28
Figura 4. Efecto de la calidad de las trozas en la calidad de madera aserrada	34
Figura 5. Correlación entre el diámetro y el coeficiente de aserrío nominal y real en las trozas 3.65 m (12') de longitud	37
Figura 6. Correlación entre el diámetro y el coeficiente de aserrío real y nominal en las trozas de 4.87 m (16') de longitud	38
Figura 7. Correlación entre conicidad y coeficiente de aserrío en las trozas de 2.4384 m (8') y de 3.048 m (10') de longitud	40
Figura 8. Correlación entre el ahusamiento y el coeficiente de aserrío en las trozas de 3.6576 m (12') de longitud.....	41
Figura 9. Correlación entre el ahusamiento y el coeficiente de aserrío en las trozas de 4.8768 m (16') de longitud.....	42
Figura 10. Correlación entre el ahusamiento y el coeficiente de aserrío en las trozas de 6.096 m (20') de longitud	43
Figura 11. Correlación entre diámetros y volumen de aserrín en las trozas de 4.87 m (16') de longitud	46

Figura 12. Correlación entre diámetros y coeficiente de aserrín en las trozas de 4.87 m (16')	47
Figura 13. Correlación entre diámetros y volumen de costeras en las trozas de 4.87 m (16')	47
Figura 14. Correlación entre diámetros de trozas y coeficiente de aprovechamiento de costeras	48
Figura 15. Distribución de Frecuencias de tablas de 22.22 mm (7/8").....	52
Figura 16. Distribución de frecuencias de tablas de 31.75 mm (5/4").....	53
Figura 17. Distribución de frecuencias de tablas de 38.1 mm (6/4").....	53
Figura 18. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas 3.65 m (12') de longitud.....	56
Figura 19. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 4.87 m (16') de longitud.....	57
Figura 20. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 6.09 m (20') de longitud.....	57

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Relación de volúmenes de trozas, madera aserrada y coeficiente de aserrío real y nominal de las 120 trozas.....	70
ANEXO 2. Clasificación de las 120 trozas por categoría diamétrica.....	71
ANEXO 3. Clasificación de las 120 trozas por calidades	72

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar la eficiencia de transformación de la trocería en el proceso de aserrio donde están representadas todas las categorías diamétricas y calidades de trozas, se determinó el coeficiente de aserrio real y nominal mediante un muestreo dirigido, de lo que se obtuvo 61.96% y 49.05% respectivamente. También se determinó la proporción de subproductos que fue de 21.53% para costeras tiras y recortes y de 19.19% en el caso del aserrín. Adicionalmente se analizó el efecto del diámetro, de la calidad y de la conicidad de las trozas en el coeficiente de aserrio, donde se observó una relación directamente proporcional entre dicho coeficiente y el diámetro e inversamente proporcional respecto a la conicidad de las trozas; en cuanto a la calidad de las trozas no se manifestó una relación definida con el coeficiente, Por otra parte se analizó el efecto de los refuerzos en la madera aserrada y se determinó un excedente de refuerzos en relación a los establecidos oficialmente que fue de 2.63% para el espesor de 31.75mm (5/4") y de 2.65% para el espesor de 38.1mm (6/4"). Adicionalmente se analizó la relación del tiempo de procesamiento con el diámetro y la calidad de las trozas encontrándose una relación directa entre el tiempo de asierre y el diámetro; sin embargo, para aserrar 1m³r de las trozas de 25-30 cm de diámetro con longitud de 3.65 m (12') el tiempo fue de 6:11 min, mientras que las trozas de 55-60 cm de diámetro en la misma categoría longitudinal requirieron 5:13 min para aserrar 1m³r, evidenciando la influencia del diámetro de las trozas en los costos del proceso; en cuanto a la calidad y el tiempo de procesamiento no se encontró relación alguna.

Palabras clave: Proceso de aserrio, coeficiente de aserrio, refuerzos de la madera aserrada

ABSTRACT

In order to evaluate the transformation efficiency of logs in the sawmilling process where all the diametric categories and log qualities are represented, the real and nominal recovery factors were determined through a controlled sampling, obtaining 61.96% and 49.05% respectively. The proportion of subproducts was also calculated having an a result 21.53% for slabs and 19.19% in the case of sawdust. In addition, the effect of log diameter, log quality and taper on lumber recovery was analyzed: a directly proportional relationship between lumber recovery and diameter and an inversely proportional relationship with respect to log taper was observed. Another result was that log quality didn't influence lumber recovery. On the other hand, the effect of lumber allowance was analyzed and an over allowance in relation to the official ones was determined This over allowance represented 2.63% for a thickness of 31.75 mm (5/4") and 2.65% for a thickness of 38.1 mm (6/4"); The relationship between sawing time and diameter and the relationship between sawing time and log quality were also analyzed, finding a direct relationship between sawing time and diameter. However, sawing 1m³r of a 25-30 cm diameter logs and 3.65 m (12') length took 6:11 min while 55-60 cm diameter logs having the same length took only 5:13 min to get sawed. These results show the influence of the log diameter in the process costs. In what concerns log quality and processing time mix, no relationship was found.

Key words: Saw-milling process, lumber recovery, lumber allowance

I. INTRODUCCIÓN

El proceso de aserrío está considerado como una de las actividades más antiguas de las industrias forestales a nivel mundial, que integran un gran número de empresas; y que procesan elevados volúmenes de madera en rollo proporcionando un gran número de empleos, y generando productos maderables con una alta demanda en el mercado.

En México se manifiesta una tendencia similar, puesto que el proceso de aserrío es la base de la industria forestal, por el número de instalaciones con que cuenta (2058 aserraderos), por el volumen de madera en rollo procesado $6,534,362 \text{ m}^3 \text{ r.}$, que corresponde a un 60% del total del volumen aprovechado ($9,429,800 \text{ m}^3 \text{ r.}$) (SEMARNAT 2002). Sin embargo, la transformación de la trocería no necesariamente es la más adecuada puesto que la tecnología empleada en los aserraderos no es la más actualizada en cuanto a procesos y equipos, por lo que se considera necesario implementar mecanismos de control para hacer más eficiente el aprovechamiento de la madera en rollo. El coeficiente de aserrío generalmente se utiliza como un indicador para determinar la eficiencia de transformación de la trocería en los aserraderos.

En las diferentes etapas del proceso de aserrío, iniciando con el troceado del arbolado hasta la elaboración de madera aserrada, son varios los factores que afectan directamente al coeficiente de aserrío, a la calidad de la madera obtenida y a los costos de producción; aspectos que repercuten de manera directa en la rentabilidad de las empresas.

Algunos de los factores directamente relacionados con el coeficiente de aserrío son: las características de las trozas utilizadas (calidad, dimensiones y conicidad) y las características de la madera aserrada producida (dimensiones,

calidades, refuerzos y variación del grosor de la madera por efecto del corte). En esta interrelación también influye la habilidad y la preparación del operador, las condiciones de trabajo, los programas de mantenimiento y el tipo de maquinaria y equipo utilizado.

En este trabajo se analiza la interrelación de las características de la trocería con la madera aserrada generada, y el efecto del tiempo de procesamiento de cada tipo de trocería en la rentabilidad en un aserradero típico del estado de Durango.

1.1. Objetivos

General

- Analizar el proceso de aserrío a través del coeficiente de aprovechamiento considerando la relación entre las características de la trocería y las características de la madera aserrada generada y evaluar la eficiencia de la productividad a través de los tiempos de procesamiento de cada tipo de trocería y su efecto en la rentabilidad del aserrío.

Particulares

- Determinar los coeficientes de aserrío real y nominal y la proporción de subproductos (costeras, tiras-recortes y aserrín)
- Determinar la variación en espesor por efecto del corte de la madera aserrada y la dimensión óptima a la que debe procesarse.
- Determinar los tiempos del proceso por tipo de trocería y su efecto en los costos de aserrío.

1.2. Hipótesis

- El estudio del proceso de aserrío enfocado a evaluar la relación entre diversas características de las trozas y de la madera aserrada generada, puede contribuir a optimizar la productividad de los aserraderos, a mejorar la calidad de los productos y a maximizar su rentabilidad.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

La revisión de la literatura se integra considerando los diferentes aspectos relacionados con el proceso de aserrío, como el coeficiente de aserrío, los refuerzos y la variación en dimensiones de la madera aserrada, y el control de calidad de la madera aserrada relacionado con la variación en espesor de las tablas.

2.1. Coeficiente de aserrío

En un estudio realizado en los aserraderos del estado de Durango, Zavala *et al.* (1981) determinaron una variación del coeficiente de aserrío de 40% a 53% en los aserraderos banda y de 37% al 47% en los aserraderos circulares.

En otro estudio llevado a cabo en seis aserraderos banda de la misma entidad, Zavala (1996) reportó un coeficiente de aserrío nominal que varió de 41.54% a 44.18%, y el real correspondió a 54.96% a 61.63%.

Serrano y Ramírez (2000), en un análisis de la industria del aserrío en Costa Rica que abarcó desde la década de los años 1980 hasta el 2000, reportan que el coeficiente de aserrío promedio que se obtiene de 1m³ en rollo cortado en bosque natural es de 44.1%; también señalan los porcentajes de residuos generados en el ámbito nacional para diámetros de 15 a 40 cm, el cual es de 55.9 %, desglosados en 13.25 % de aserrín y 39.75 % de sólidos y astillas.

Juárez (2000), en un estudio para determinar las pérdidas causadas por el uso tradicional del sistema inglés de medición, aserraderos circulares y excesos de refuerzo, determinó un coeficiente promedio de 53% para aserraderos tipo sierra banda y los correspondientes a los subproductos fueron: 17% de aserrín,

12% de capote, 11% de fajillas y 7% de recortes. También reporta que el excedente de refuerzo de la madera aserrada es de 5 por ciento. Además señaló que los coeficientes de aserrío aumentan o disminuyen de acuerdo con los diámetros, la calidad de la trocería y los grosores de madera aserrada. Es decir, el coeficiente de aserrío es proporcional con las características antes expuestas, aunque la habilidad y preparación del aserrador son determinantes.

Orta y Juárez (2000), en la cuantificación y clasificación de desperdicios generados por la industria de aserrío en la región del bosque modelo de Chihuahua, determinaron que el volumen de desperdicios, por cada metro cúbico aserrado fue de 0.40 m³ (40%) y las proporciones por tipo de desperdicio, sin hacer referencia a los espesores de la madera fueron: 40% de aserrín, 26% de capote, 21% de fajillas y 13% de recortes y reportaron que el exceso de refuerzo en la madera aserrada fue de 8%.

Zavala (1995), en una investigación para definir la interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento en aserraderos banda, encontró que este último, fue directamente proporcional a la calidad de la trocería, y determinó un 49.5% de aprovechamiento para las trozas de primera; 46.31% para las de segunda; 43.27% para las de tercera; 41.54 para las de cuarta y para las de quinta el coeficiente fue de 40.26 por ciento.

Del Angel *et al.* (1995) correlacionando las Normas de Clasificación de Trocería de Pino (NOM-359-1988) y las de clasificación para tablas y tablonés de pino (NOM-C-18-1986), no encontró una relación significativa entre el diámetro de la troza y el coeficiente de aserrío.

En un estudio para determinar la relación entre los defectos externos en trocería de pino y el rendimiento en calidad y cantidad de la madera aserrada en un aserradero del estado de Jalisco, Fajardo y Sánchez (1989) reportaron que no existe relación significativa entre el diámetro de las trozas y el coeficiente de aserrío.

Flores (2000), en un estudio sobre el coeficiente de aserrío realizado en cuatro aserraderos de la zona Ixta-Popo, en el estado de Puebla, no encontró dependencia entre el diámetro de la troza y el coeficiente de aserrío en ninguno de los cuatro aserraderos analizados; sin embargo, menciona que las dimensiones del producto aserrado influyen de manera significativa en el coeficiente de aserrío.

El Instituto Forestal de Chile (1989) reporta resultados del coeficiente de aprovechamiento en diferentes tipos de aserraderos, en el cual se establece que el coeficiente de aprovechamiento se incrementa con el aumento del diámetro de la troza.

Rocha y Herrera (s/f) determinaron el coeficiente de aserrío nominal en 6 aserraderos tipo bandas de la región El Salto, Durango, donde se asierran tablas de 19.05 mm (3/4"), 38.1 mm (1 1/2"), 44.45 mm (1 3/4") y de 50.8 mm (2") el cual resultó de 41.74% a 44.18%, que correspondía a un coeficiente de aserrío real de 51.36% a 56.10%; además señalaron que el coeficiente de aserrío no aumenta proporcionalmente con las categorías diamétricas de las trozas.

Corral (1997), en un estudio para determinar el uso óptimo de la trocería para maximizar su rentabilidad en función del diámetro y calidad, considerando la producción de chapa y triplay, además de la madera aserrada, en su análisis

determinó un comportamiento irregular del coeficiente de aserrío, y que no existió relación alguna entre la calidad y el diámetro de la trocería con la calidad y volumen de madera aserrada, lo cual se puede observar en la Figura 1.

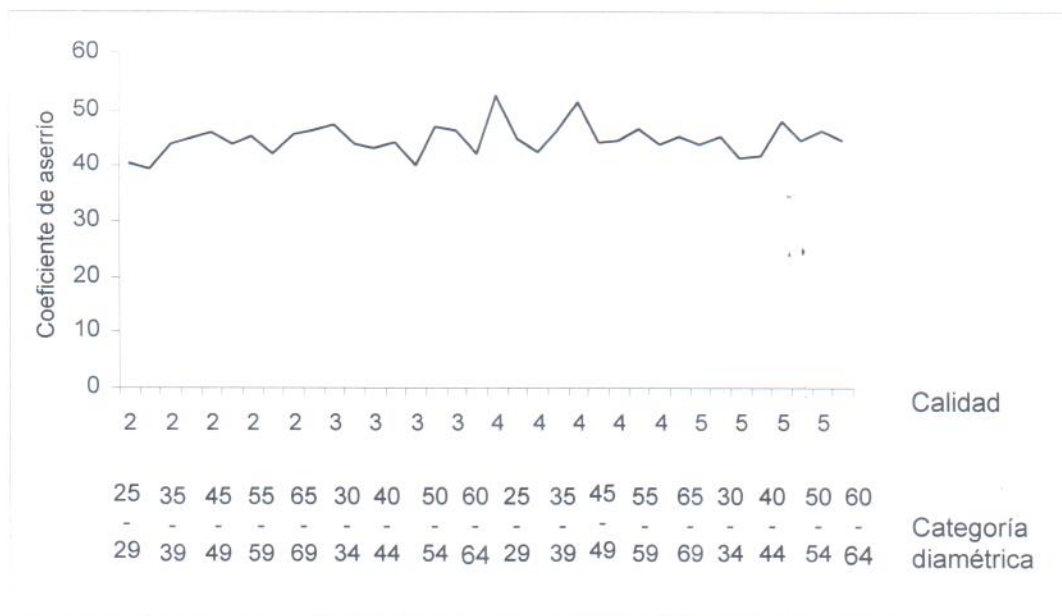


Figura 1. Coeficiente de aprovechamiento y calidades.

Casillas (1986) determinó el coeficiente de aprovechamiento del aserradero “Las Cruces”, Chiapas, cuyos resultados fueron un coeficiente de aserrío de 51.81% para madera comercial larga y 4.36% para madera de cortas dimensiones, así como un coeficiente de aserrío para tiras, costeras, recortes-pedacería, corteza y aserrín, que resultó de 16.24%, 12.61%, 2.11%, 6.49%, 6.34% respectivamente.

En un estudio similar al anterior, realizado en el aserradero “La Mesilla” en el estado de Guerrero, Alemán (1992) determinó los coeficientes de aserrío para madera de largas y cortas dimensiones y para productos secundarios, los cuales fueron de 54.91%, 4.16%, 2.65% respectivamente; además, reportó el coeficiente de aserrío para recortes y pedacería: 10.63% para las costeras; 4.16% para las tiras y de aserrín 19.39%.

En un análisis de 88 trozas, para evaluar las diferentes alternativas en el proceso de aserrío tradicional y con diagramas de corte, Gutiérrez (1992) observó que las diferencias existentes entre los coeficientes de asierre de los dos sistemas de aserrío no son significativas estadísticamente.

King (1958), en un análisis realizado en un aserradero de madera comercial de nogal, plantea que las trozas de primera calidad generan el porcentaje mayor de madera aserrada de primera calidad, también señala que los precios de la madera aserrada no sólo aumentan con la mejor clase, además influye el grosor de la madera, por lo que remarca la importancia de clasificar adecuadamente las trozas, dando la posibilidad de pronosticar la cantidad y clase de madera aserrada tanto para el vendedor como para el comprador.

Lane (1963) indica que el diámetro de las trozas tiene una relación muy definida con la calidad de la madera aserrada y que para algunas especies el incremento del diámetro aumenta el valor de los productos terminados

Sánchez y Ferrer (1996) y Bianchet (s/f), en trabajos similares para determinar el rendimiento de madera rolliza en aserraderos que procesan *Eucalyptus* sp. y *Pinus* sp. determinaron que el rendimiento varía entre 38% y 56% en función del diámetro medio (Rendimiento Comercial C/corteza) y que se incrementa con el aumento del diámetro. Además, observaron que los rendimientos del aprovechamiento están influenciados por las características de los rollizos (conicidad, forma, etc.) y por el criterio de corte que adoptan los operarios del aserradero.

Alfaro (1992), en uno de los primeros trabajos realizados en Costa Rica, procesando Melina de 3 años de edad, no encontró relación entre los diámetros de las trozas y el coeficiente de aserrío.

Laines (1994), en un estudio similar al de Alfaro (1992), reporta un 33.15 % de coeficiente de aserrío para trozas provenientes de una plantación de Ciprés de 11 años de edad y encuentra una relación estrecha entre el diámetro de las trozas y el coeficiente de aserrío, donde éste, aumenta proporcionalmente al diámetro de la troza (Cuadro 1)

Cuadro 1. Rendimientos obtenidos por diámetro promedio y calidad de trozas para el ciprés, proveniente de una plantación de 11 años.

Clase Diamétrica (cm)	Calidad de Trozas	Diámetro Promedio (cm)	Porcentaje de Rendimiento (%)
10-15	A	13.32	32.72
	B	13.63	31.06
15-20	A	17.78	36.53
	B	17.76	32.27

Fuente: Laines, 1994

Moya (1995 y 1996), en un estudio para una plantación de Teca de 10 años de edad y un diámetro promedio de 17.93 cm, determinaron un coeficiente de aserrío de 35.01%, mientras que para las trozas de 4.5 años este fue de 33.10% con un diámetro promedio de 11.51 cm. En ambos casos el coeficiente de aserrío aumentó con el incremento del diámetro de las trozas e igualmente influyó la calidad de las trozas en el coeficiente de aserrío, el cual fue mayor en las de alta calidad.

Madrigal (1995), en un estudio para determinar el coeficiente de aserrío que se obtiene por clases y categorías diamétricas de trozas provenientes de una plantación de Teca de tres años edad, encontró que la calidad y la categoría diamétrica de las troza influyen proporcionalmente en el coeficiente de aserrío.

2.2. Refuerzos y variación en dimensiones de la madera aserrada

Generalmente la madera aserrada se comercializa en dimensiones nominales que comprenden un refuerzo en espesor, ancho y largo, que tiene como objetivo compensar el volumen de madera que se pierde por las contracciones que ocurren en la madera debido al secado; al cepillado y a la variación del espesor de las tablas por efecto del corte de las sierras. (Zavala 1991 y Schrewe 1981).

El refuerzo es conveniente para compensar la variación del efecto del corte por el aserrío, pero demasiado refuerzo en la madera provoca un aumento en el volumen de madera aserrada que se pierde, lo que influye en la reducción del coeficiente de aserrío. Se considera que la variación del corte por aserrío, es el reflejo de la precisión mecánica de operación del aserradero (Stern *et al.* 1979; Zavala 1981, 1991, 1994, 1995).

Rocha, J. y Herrera. (s/f) determinaron que las pérdidas por exceso en los refuerzos de la madera aserrada en 6 aserraderos de la región de "El Salto" fueron de 5.30% en 38.1 mm (1 ½"), 5% en 44.45 mm 1 ¾" y el 4% en 50.08 mm (2"), y además consideraron al refuerzo en la madera aserrada como uno de los factores que más influye en un alto o bajo coeficiente de aserrío.

Zavala (1994) indica la influencia que tienen los refuerzos en longitud de la trocería y en espesor de la madera aserrada en el coeficiente de aserrío, y

determinó que el 79% de las trozas muestreadas excedieron 6" de refuerzo, lo que representó un 4.34% del volumen de madera en rollo. También estimó un aumento del coeficiente de aserrío de 3.55%, valor que se logra reduciendo el espesor actual a la dimensión óptima de corte. Además determinó un aumento adicional del coeficiente de aserrío de 2.76%, tan solo ajustando los componentes del carro del aserradero, que conlleva a la disminución de la variación en espesor de las tablas. Puntualiza, que incorporando estos volúmenes, se puede incrementar el coeficiente de aserrío en un 8.26%, el cual se logra mediante el establecimiento de un programa continuo de control de calidad del proceso de aserrío.

Casillas (1986) reporta en el mismo estudio del aserradero "Las cruces", que de 21.581 m³ de madera aserrada con refuerzo, se requieren 6.025 m³ del volumen de madera aserrada en los refuerzos, lo que ocasiona una gran pérdida de madera. También señala que un 33% de refuerzo en la madera aserrada se presenta en el grosor de las tablas, atribuyéndole gran importancia por ser donde usualmente se produce mayor variación del corte de aserrío.

En la evaluación del control de calidad en el aserrío de madera de Pino de tres aserraderos en la región de "El Salto", Pueblo Nuevo, Durango; Pérez y Herrera. (1989) observaron diferencias muy significativas entre aserraderos, la variación del corte de aserrío para grosor, ancho y longitud varió de 74.91% a 25.83%, de 40.60% a 31.33%, y de 46.67% a 36.66%, respectivamente, de madera que no cumplía con los estándares establecidos y señalan que las causas de esta variación se deben al efecto de la maquinaria, a la materia prima y a la mano de obra.

Flores (2000) encontró que la variación en espesor de las tablas aserradas de madera de Encino con una sierra de dientes recalcados, aumenta a medida

que se presenta el desafilado, pudiendo ser hasta de 5 mm, lo que demuestra la influencia directa del desafilado de las sierras en la variación de espesores de la madera aserrada y recomienda la utilización de sierras con dientes recubiertos con estelite 12, ya que las mismas presentan una mayor resistencia al desafilado, lo que se manifiesta en una reducción de la variación del corte, permitiendo así un mayor volumen de madera aserrada.

Tamarit y Sánchez (1998), en un diagnóstico tecnológico en el aserradero "Piedra Cantada" del estado de Tlaxcala determinaron la variación de corte para las tablas de 12.70 mm ($\frac{1}{2}$ ") de espesor con valor de 1.0047 mm, así como la dimensión óptima con un valor de 16.36 mm y la dimensión crítica fue de 14.70 mm; para las tablas de 19.05 mm ($\frac{3}{4}$ "), la variación de corte fue de 1.5785 mm, la dimensión óptima fue de 24.74 mm y la dimensión crítica fue de 22.14 mm; en las tablas de 38.1 mm ($\frac{6}{4}$ ") la variación de corte fue de 2.8702 mm y la dimensión óptima y la dimensión crítica fueron de 45.84 mm y 41.10 mm respectivamente

2.3. Control de Calidad de la Madera Aserrada

Mac Rae (1957) plantea dos factores muy importantes para obtener un producto final óptimo (maderas de dimensiones uniformes):

- 1) Un buen equipo de trabajadores.
- 2) Máquinas de aserrío de buena calidad con buen mantenimiento.

Estos aspectos, aunados a una buena administración y supervisión darán como resultado maderas de dimensiones más regulares o con menor variación en dimensiones por efecto del corte (Zavala, 1999).

Lockard (1959), en un estudio realizado en un aserradero de Vermont, determinó una diferencia notable del 30% en el tiempo de corte entre las trozas de mejor calidad con las de menor calidad, y plantea que la mayoría de los costos de un aserradero están en función del diámetro de las trozas y de las clases de las mismas

Steve (1958), en un estudio para determinar las medidas óptimas de la madera aserrada, encontró que los promedios de las dimensiones de la madera son normales, pero las medidas individuales no, asumiendo que la variación de espesores dentro de cada tabla y la variación de espesores entre tablas son independientes.

Serrano (1992), en un proyecto de readecuación industrial de un aserradero en San Isidro de Pérez en Costa Rica, reportó que la variación en el espesor fue relativamente baja, puesto que la mayoría de los productos tuvo una tolerancia inferior a 3 mm, pero se presentó una mayor variación en las maderas duras (Nazareno y Roble), adjudicándole la causa de esta variación a una deficiente transmisión de potencia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se utilizó trocería de pino de la especie *P. durangensis*, *P. arizonica*, que son las que predominan en el área de Santiago Papasquiaro, Durango.

Para el proceso de aserrío, se contó con una sierra de banda de 8" de ancho, una desorilladora con dos sierras circulares para el saneo y dimensionado a lo largo de las tablas y un péndulo para el saneamiento y dimensionado en longitud de las tablas.

Además se utilizó una cinta métrica para determinar la longitud y el diámetro de las trozas, y la longitud y ancho de las tablas, crayones para marcar las trozas y tablas, un vernier para la medición del grosor de las tablas y un cronómetro para determinar los tiempos de asierre de cada troza procesada

3.1. Tamaño de la muestra estudiada

De acuerdo con los objetivos de este estudio, el análisis del proceso de aserrío a través del coeficiente de aserrío considerando la relación entre las características de la trocería y las características de la madera aserrada, se adoptó un tamaño de muestra que representa todos los tipos de trocería que se procesan regularmente en el aserradero seleccionado, indistintamente de su frecuencia, se trató de seleccionar 5 trozas por cada categoría diamétrica y por cada clase de trocería.

3.2. Determinación del Tamaño de muestra

Generalmente para los estudios de evaluación de coeficiente de aprovechamiento de aserraderos, es utilizada una muestra de 100 trozas (SF, 1991). En este estudio, con la finalidad de comparar el tamaño de muestra utilizado en el mismo, (5 trozas por cada categoría diamétrica y por cada clase de trocería), se determinó estadísticamente el tamaño de muestra considerando la variación en volumen de las trozas, la variación del volumen de la madera aserrada y la variación del coeficiente de aserrío de una premuestra de 90 trozas, considerando un 95% como límite de confiabilidad de la media para las tres variables anteriormente mencionadas, mediante la siguiente fórmula (Freese, 1970):

$$N = (t^2 S^2) / E^2 \quad (1)$$

N = Tamaño de la muestra

S^2 = Varianza de la población

t^2 = Valor apropiado del estadístico "t"

E^2 = Error permitido

3.3. Cubicación de las trozas

Para este estudio el volumen de las trozas se determinó mediante la formula de Smalian (I.F-Chile, 1989 y Ayerde, 1993.)

$$V = ((B + b) / 2) * L \quad (2)$$

V= Volumen en m³

B, b,= Áreas de las cabezas de las trozas en m²

L= Longitud en metros

Para determinar las superficies de las áreas transversales se midieron dos diámetros en centímetros en cada extremo, sin considerar la corteza, igualmente se midió la longitud al centímetro más próximo.

3.4. Clasificación de las trozas

La clasificación de la trocería se efectuó considerando el sistema utilizado en la industria forestal del estado de Durango, como se indica (Zavala y Hernández, 2000):

Clase II y Mejor. Trozas sin manchas, sin nudos, sin daños por incendios o por plagas, con un 50% de albura y de conformación recta y cilíndrica. Forma de la sección transversal casi circular; admite hasta 5 cm de excentricidad de la médula; hasta 2 nudos macizos de 5 cm de diámetro; admite una cicatriz y una raspadura de 25 cm de longitud por 2,5 cm de ancho y 2,5 cm de profundidad respectivamente; una rajadura de 25 cm de longitud y 2,5 cm de profundidad, no admite abultamientos, ataques de insectos, quemaduras, caladuras ni manchas, el duramen debe ser sano y no mayor de 25 cm de diámetro.

Clase III. Forma de la sección transversal ligeramente ovalada, admite hasta 5 cm de excentricidad de la médula, hasta 3 nudos macizos de 5 cm de diámetro, una cicatriz y una raspadura de 50 cm de longitud por 5 cm de ancho y 2,5 cm de profundidad respectivamente, una rajadura de 50 cm de longitud y 5 cm de profundidad, un abultamiento hasta de 5 cm de diámetro, ataque de insectos ligeros, no admite quemaduras, admite caladuras de 10 cm de ancho por 25 cm de longitud y 2,5 cm de profundidad, admite manchas en el centro hasta de 10 cm, el duramen debe ser sano y no mayor de 25 cm de diámetro.

Clase IV. Forma de la sección transversal ligeramente ovalada, admite hasta 7.5 cm de excentricidad de la médula, hasta 4 nudos macizos de 5 cm de diámetro, admite dos cicatrices y dos raspaduras de 50 cm de longitud por 5 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad respectivamente, dos rajaduras de 50 cm de longitud y 5 cm de profundidad, admite dos abultamientos hasta de 5 cm de diámetro, ataque de insectos ligeros, admite quemaduras superficiales hasta 10 % del área total de la troza, dos caladuras de 10 cm de ancho por 25 cm de longitud y 2.5 cm de profundidad, admite manchas en el centro hasta de 10 cm, el duramen debe ser sano y no mayor de 25 cm de diámetro.

Clase V. Forma de la sección transversal ligeramente ovalada, admite hasta 7.5 cm de excentricidad de la médula, hasta 5 nudos macizos de 5 cm de diámetro, tres cicatrices y tres raspaduras de 50 cm de longitud por 5 cm de ancho y 2.5 cm de profundidad respectivamente, tres rajaduras de 50 cm de longitud y 5 cm de profundidad, admite tres abultamientos hasta de 5 cm de diámetro, ataque de insectos ligeros, quemaduras superficiales hasta 20 % del área total de la troza, admite caladuras sin restricción, manchas en el centro hasta de 10 cm, admite pudrición en el duramen hasta de 5 cm de diámetro.

También se agruparon las trozas en rangos de ahusamiento de 0 a 5 cm, de 0 a 10 cm, de 0 a 15 cm, para de esta forma analizar el efecto de la conicidad en el coeficiente de aserrío. El ahusamiento se determinó restando el diámetro medio menor al diámetro medio mayor de cada troza

3.5. Clasificación de la madera aserrada

Se clasificó la madera aserrada tomando en consideración cuatro clases: II -M, III, IV y V (Zavala y Hernández, 2000).

La madera de II -M debe tener una cara limpia y en la otra, nudos no mayores a 19 mm en un total de 1 nudo por cada 1.22 m de longitud, sin manchas, ni picaduras, con hilo recto; sin rajaduras en las caras o cantos, y en las cabezas que no excedan 1 mm de ancho y 13 mm de longitud.

La madera de III admite 1 nudo firme con diámetro hasta de 38 mm o varios cuya suma no exceda los 38 mm en secciones de 1.22 m de longitud; manchas de resina no mayores de 25 mm de ancho y 300 mm de longitud; picaduras con diámetros menores de 3 mm aisladas y no más de 8; grietas de 3 mm de ancho, 3 mm de profundidad y 300 mm de longitud; en las cabezas admite grietas hasta de 4 mm de ancho y 20 cm de longitud; admite hilo encontrado y torceduras ligeras.

La madera de IV admite nudos firmes de 38 mm de diámetro en cada sección de 91 cm de longitud; manchas de resina hasta un 33 % de la superficie y bolsas de resina de 20 mm de ancho por 25 cm de longitud; admite picaduras de insectos de 6 mm de diámetro que no traspasen las caras; pudrición de 1/6 de la anchura por 1/8 de la longitud; grietas no mayores de 6 mm de ancho por 6 mm de profundidad y 60 cm de longitud; en las cabezas admite grietas de 8 mm de ancho por 40 cm de longitud.

La madera de V admite un nudo de 38 mm de diámetro en cada sección de 61 cm de longitud; manchas de resina hasta 80 % de la superficie por cara y bolsas de resina de 30 mm de ancho por 50 cm de longitud; picaduras de insectos y pudrición de 1/4 de la anchura y 1/6 de la longitud; grietas de 9 mm de ancho por 9 mm de profundidad por 90 cm de longitud; en las cabezas admite grietas de 12 mm de ancho por 60 cm de longitud; admite torceduras hasta 38 mm en longitud y 19 mm en la sección transversal por cada 2.44 m.

3.6. Coeficiente de Aprovechamiento y Proporción de Subproductos

Para determinar el coeficiente de aprovechamiento de las trozas procesadas, se utilizó la relación: **volumen de madera aserrada/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 madera aserrada en dimensiones nominales, dividido entre el volumen real de las trozas, 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 (SF, 1991; SARH, 1987; IF-Chile, 1989 y Ayerde, 1993).

Para determinar el volumen real de la madera se utilizaron los promedios de las dimensiones reales de las tablas obtenidas de 12 trozas de las clases diamétricas más comunes. En cada tabla se calculó el espesor promedio a través de seis mediciones, tres en cada canto, una al centro y dos a 15 cm de los extremos. El ancho real fue calculado por el promedio de tres mediciones equidistante a lo largo de las tablas. Todas las medidas se realizaron con aproximación al milímetro.

Se determinó la proporción de costeras, tiras, recortes y aserrín a través de 12 trozas descortezadas. Para determinar el volumen de las costeras (el cual incluye tiras y recortes), se pesaron y su peso se relacionó con el volumen y el peso de las tablas de dimensiones conocidas generadas de la misma troza contiguas a las costeras. El volumen de aserrín se obtuvo por diferencia entre el volumen real de las trozas menos el volumen real de la madera y de las costeras.

3.7. Determinación de la variación del corte por aserrío en las tablas

Para evaluar la calidad del aserrío de la trocería, se analizó la variación en espesor, dado que la dimensión en grosor es la que tiene mayor efecto en la determinación del volumen de la madera aserrada (Rodríguez, 1978). En una muestra de 100 tablas producidas durante una jornada de trabajo, se tomaron 10 tablas al azar en distintos intervalos de tiempo. En cada tabla se realizaron seis mediciones del espesor, tres en cada canto, una en el centro y dos a 15 cm de los extremos.

La variación del corte en el aserrío se determinó a través de la desviación estándar total del proceso (S_t), la cual está integrada por la variación en espesor a lo largo de la tabla, denominada "desviación estándar dentro de las tablas (S_w)" y por la variación de una tabla a otra, denominada "desviación estándar entre tablas (S_b)".

Se utilizaron las siguientes fórmulas (Zavala, 1991 y IF-Chile, 1989):

$$S_t = \sqrt{(S_w)^2 + (S_b)^2} \quad (3)$$

$$S_w = \sqrt{S^2} \quad (4)$$

$$S^2 = (\sum X^2 - (\sum X)^2 / n) / (n - 1) \quad (5)$$

$$S^2 = (S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_m^2) / m \quad (6)$$

$$S_b = \sqrt{S(X)^2 - (S_w)^2 / n} \quad (7)$$

$$S(x) = (\sum X^2 - (\sum X)^2 / m) / (m - 1) \quad (8)$$

St = desviación estándar total del espesor del proceso de aserrío

Sw = desviación estándar del espesor dentro de tablas

Sb = desviación estándar del espesor entre tablas

S² = promedio de las varianzas de todas las tablas muestreadas

n = número de mediciones por tablas

m = número de muestras (tablas)

3.7.1. Determinación de la dimensión óptima

Para determinar la dimensión óptima de corte; a la cual, la madera verde áspera debe aserrarse para evitar obtener tablas con espesores inferiores al requerido, se utilizó la formula siguiente:

$$DO = ((DF + RC) / 1 - \%C) + (Z \times St) \quad (9)$$

DO = dimensión óptima de la madera verde

DF = dimensión final

RC = refuerzo por cepillado (ambas caras de la tabla)

%C = refuerzo por contracciones (de verde al C.H. final)

Z = factor de dimensión mínima aceptable

St = desviación estándar del proceso

El valor para Z, se calculó considerando un 5% como límite permitido; lo que significa que únicamente un 5% de la producción, debería de tener una dimensión en grosor inferior al tamaño óptimo, por lo que $Z = 1.65$ desviaciones estándar para distribución de frecuencia normal.

Las contracciones (%C), se determinaron mediante la siguiente relación:

$$\%C = ((30\% - C.H. Final)/30) \times \% \text{ de contracción promedio} \quad (10)$$

La dimensión óptima se obtuvo finalmente por la fórmula:

$$DO = DC + (1.65 \times St) \quad (11)$$

3.8. Determinación de tiempos de asierre por tipo de trocería

Los tiempos del proceso de aserrío para cada una de las trozas procesadas se determinó mediante un cronometro, con el cual se midió el tiempo empleado en aserrar cada troza, posteriormente se agruparon por categoría diamétrica, calidad y longitud de las trozas

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo permitió determinar los coeficientes de aprovechamiento de aserrío nominal y real, considerando las calidades de las trozas y sus categorías diamétricas; la proporción de madera aserrada y de los subproductos (costeras, recortes, aserrín); el efecto de la conicidad de las trozas en el coeficiente de aserrío; la variación en espesor de la madera aserrada por efecto del corte y la rentabilidad del proceso de aserrío por tipo de trozas para las especies de pino en el aserradero de la Comunidad Forestal el Tarahumara y Bajíos del Tarahumar de Santiago Papasquiaro, Durango.

4.1. Características de las trozas Procesadas

El tamaño de la muestra estudiada estuvo integrado por las trozas que se indican en el Anexo 1. Se trató de que se procesaran 5 trozas por cada categoría diamétrica y por cada una de las cuatro clases. Como se puede apreciar en el Cuadro 2, sólo las categorías diamétricas de 25-30 cm para las clases II-M y III; las de 41-45 cm para la clase IV; las de 46-50 cm y 51-55 cm para la clase V, y las de 56-60 cm para la clase II-M, fueron en las que se procesaron 5 trozas, en las restantes categorías diamétricas, esto no se logró debido a la baja frecuencia con que se presentaron en la trocería que regularmente se procesa en este aserradero, por lo que, hubo categorías diamétricas y clases que excedieron a las cinco trozas y otras que no se integraron al estudio. Finalmente se utilizó una muestra de 120 trozas.

Cuadro 2. Relación de trozas por categorías diamétricas y por calidades.

Diámetro	Calidad de trozas				Total
	II-M	III	IV	V	
25-30 cm	5	5	4	6	20
31-35 cm	4	3	7	6	20
36-40 cm	3	1	8	6	18
41-45 cm	8	2	3	4	17
46-50 cm	4	4	6	5	19
51-55 cm	4	6	3	4	17
56-60 cm	5	2	1	1	9
Total					120

4.2. Tamaño de la muestra

Para definir estadísticamente el tamaño de muestra con un 95% de confiabilidad de la media, se realizó un premuestreo con 90 trozas seleccionadas completamente al azar, las cuales se cubicaron y procesaron para determinar el volumen de madera aserrada y el coeficiente de aserrío.

Los datos generados se analizaron con la fórmula (1) indicada en la metodología, con la que se determinó a través de la variación del volumen de las trozas, el tamaño de muestra, el cual fue de 237 trozas y a través de la variación del volumen de la madera aserrada generada, el tamaño de muestra fue de 232 trozas (Cuadro 3).

El tamaño de muestra determinado en este estudio es relativamente alto con respecto a lo que se reporta en otros trabajos (Zavala y Hernández, 2000), donde el tamaño de muestra calculado fue de 87 trozas con un 95% de confiabilidad de la media del volumen de las trozas. Lo anterior se debe a la gran variación en la longitud de las trozas del presente trabajo, que se refleja

en diferencias acentuadas del volumen de las trozas (0.1799 a 1.4611m³) (Anexo 1), lo que indica que es conveniente determinar el tamaño de muestra estadísticamente considerando la variación en la longitud de las trozas, sobre todo para la región Norte del País, donde la trocería generalmente no es uniforme en este parámetro.

Para el análisis del tamaño de muestra considerando la variación en el coeficiente de aserrío el tamaño de muestra es muy inferior al indicado en el párrafo anterior (19 trozas), esto se explica por la poca variación en este factor que va desde 47.89% a 75.55% (Anexo 1).

Cuadro 3. Tamaño de muestra para un 95% de confiabilidad con una premuestra de 90 trozas.

Parámetros	Volumen de las trozas (m ³)	Volumen de madera (m ³)	Coeficiente de aserrío (%)
Media	0.676	0.459	62.12
Desviación estándar	0.263	0.177	6.817
Varianza	0.069	0.031	46.467
T student	1.98	1.98	1.98
Error estándar de la media	0.034	0.023	3.106
Muestra requerida	237	232	19
Muestra estudiada	120	120	120

4.3. Determinación de la frecuencia diamétrica de las trozas

Con la finalidad de definir la distribución de frecuencias de las categorías diamétricas de las trozas que se procesan en forma regular en el aserradero seleccionado, se analizó una muestra de 90 trozas seleccionadas al azar, determinándose una proporción de 10% para la categoría diamétrica de 25 – 30 cm, en la categoría diamétrica de 31 – 35 cm fue de 20%, mientras que las categorías diamétricas de 36 – 40 cm y 41 – 45 cm fue de 22% y para las categorías diamétricas de 51 – 55 cm y 56 – 60 cm fue de 3% y 4% respectivamente. Como se puede apreciar en la Figura 2. donde se presenta la distribución de frecuencias por categorías diamétricas de las 90 trozas muestreadas, las de mayores porcentajes se presentan en los rangos diamétricos de 31 – 35 cm, 36 – 40 cm, 41 – 45 cm, 46 – 50 cm.

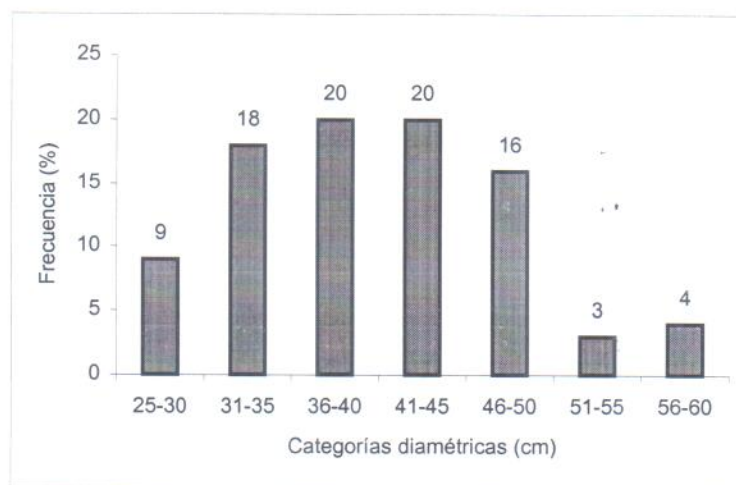


Figura 2. Diagrama de frecuencias por categoría diamétrica para la muestra de 90 trozas.

Como se aprecia en la Figura 3, donde se presenta la distribución de longitudes de las 120 trozas estudiadas, las de mayor frecuencia son las de 3.65 m (12'); las de 4.87 m (16') y las de 6.09 m (20'), las dos primeras presentaron trozas en cada una de las categorías diamétricas indicadas.

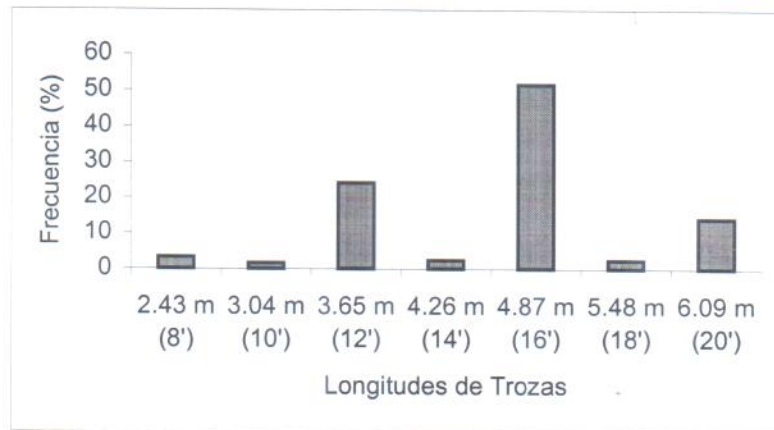


Figura 3. Diagrama de frecuencias por longitudes para 120 trozas.

4.5. Distribución de las calidades de trozas

De acuerdo al sistema de clasificación indicado en la metodología, se determinó un porcentaje de 26.67% de clase II-M, el 14.44% correspondió a la clase III, el 28.89% se clasificó como IV, y el 30% restante correspondió a la clase V. Como se aprecia, se tiene una distribución similar en las clases II-M, IV y V, esta distribución refleja una calidad de trocería muy aceptable para el proceso de aserrío, con un efecto favorable para una buena proporción de madera aserrada de calidad; que es contrario a lo que reporta Zavala (1996), en un estudio en el Norte del País, quien determinó un 80% de la trocería de clases de baja calidad, repercutiendo directamente en proporción de calidades también bajas en la madera aserrada.

4.6. Coeficiente de aprovechamiento de trocería en el proceso de aserrío

Del análisis de los productos generados de las 120 trozas procesadas se calculó el coeficiente de aprovechamiento real, con un valor de 61.96% y el nominal con 49.05%, observándose una diferencia de 12.91% entre ambos valores, lo que indica la importancia que debe darse en los aserraderos a la medición y análisis de estos parámetros. Estos resultados coinciden con los reportados por Zavala et al. (1981), Zavala (1987), (1995), (1996), Zavala y Hernández (2000).

4.6.1. Efecto de la calidad de las trozas en el coeficiente de aserrío

En lo que respecta a la influencia de la calidad de las trozas en el coeficiente de aserrío, no se observó una relación directa entre estos dos conceptos (Cuadro 5) , lo cual puede deberse a una mala apreciación en el momento de clasificar las trozas. Regularmente las trozas se clasifican de manera visual considerando simplemente los defectos externos; sin embargo, también pueden presentarse defectos internos no visibles que debieran tomarse en cuenta por el efecto directo en la calidad de la madera aserrada generada (Schulz, 1999), además también influyen otros factores, como la forma y el ahusamiento de las trozas, así como la experiencia y capacitación del personal responsable de la clasificación. Esto coincide con lo planteado por Zavala y Hernández (2000) y Corral (1997); que no encontraron relación alguna entre estos dos parámetros.

Cuadro 5. Relación de la calidad de trozas con el coeficiente de aserrío.

Categoría diamétrica (cm)	Coeficiente de aserrío por calidades de las trozas			
	II-M (%)	III (%)	IV (%)	V (%)
25-30	57.29	63.28	55.98	62.62
31-35	59.50	54.94	65.02	61.98
36-40	62.83	57.64	63.19	63.63
41-45	61.49	60.44	69.95	64.81
46-50	63.59	67.33	62.38	60.49
51-55	61.41	60.17	63.19	59.74
56-60	60.75	64.94	68.34	49.66

Analizando los datos correspondientes a las trozas de 3.65 m (12') y de 4.87 m (16') de longitud en las diferentes categorías diamétricas procesadas, se observa que tampoco existe relación de la calidad de las trozas con el coeficiente de aserrío. Se considera que un parámetro que influye en esta falta de interrelación de la calidad y el coeficiente de aserrío, es el ahusamiento de las trozas, que influye de forma negativa en el coeficiente de aserrío (Cuadro 6)

Cuadro 6. Relación de la calidad de las trozas con el coeficiente de aserrío para las longitudes de 3.65 m (12') y de 4.87 m (16').

Categorías diamétricas (cm)	Calidad de las trozas	C.A. nominal (%)	C.A. real (%)
longitud 3.65 m (12')			
25-30	2	45.29	57.99
	3	41.94	59.65
31-35	2	47.27	60.14
	4	51.9	66.06
	5	52.08	70.05
41-45	4	56.96	70.78
	5	48.51	60.52
46-50	2	47.20	59.38
	3	56.87	70.37
	4	48.19	60.15
	5	52.67	66.27
51-55	3	50.02	63.28
	4	48.65	67.02
	5	47.92	59.63
56-60	2	47.52	58.99
	3	51.82	64.94
	4	55.22	68.34
longitud 4.87 m (16')			
25-30	3	46.62	59.72
	4	46.12	59.17
	5	49.61	63.39
31-35	2	45.09	57.60
	3	41.98	52.03
	4	50.47	65.15
	5	48.43	61.83
36-40	4	51.49	64.82
	5	51.77	64.59
41-45	2	48.41	60.88
	3	49.14	62.26
	4	53.12	68.28
	5	53.83	67.29
46-50	2	51.84	64.99
	3	55.99	69.41
	4	52.02	64.57
	5	43.85	56.64
51-55	2	49.27	61.30
	3	45.83	56.83
	4	44.95	55.52
	5	50.89	63.12

4.6.2. Relación de la calidad de las trozas con la calidad de la madera aserrada

La relación de la calidad de las trozas con la calidad de la madera aserrada generada de cada una de las clases de las trozas procesadas, se integran en el Cuadro 7 y se representa en la Figura 4. De las trozas de clase II-M, se obtuvo el mayor porcentaje de madera de clase, correspondiente a un 26.97 %; en las trozas de calidad III el mayor porcentaje de madera (18.90 %) correspondió a la madera aserrada de calidad II-M; en las trozas de calidad IV, la mayor cantidad de madera aserrada (22.46 %) fue de clase V. Esto puede deberse, a que algunas de las trozas clasificadas como clase III, en realidad debieron clasificarse como calidad II-M; igualmente algunas de las trozas de calidad IV, debieron estar en el grupo de las trozas de calidad V. Para las trozas de calidad V, el mejor porcentaje de madera aserrada (29.08%) correspondió a las tablas de calidad V. Sin embargo, a pesar de la aparente irregularidad en la clasificación, se aprecia un comportamiento definido, es decir el mayor porcentaje de madera aserrada de clase II-M y III se generó de las trozas de clase II-M y III. Esto coincide con lo reportado por Zavala y Hernández (2000), quien determinó que la trocería de calidad I y II generó el mayor porcentaje de madera de clase, 30% para la primera y 19% para la segunda, en las trozas de clase III, el mayor porcentaje de madera aserrada, se obtuvo en la clase III y las trozas de clase IV y V se comportaron de igual manera.

Cuadro 7. Relación de calidades de trocería con el coeficiente de aserrío.

No de Trozas	Calidad de las trozas	Porcentaje de calidades de las trozas	Volumen de trozas (m ³ r)	Coeficiente de aserrío (%)				Volumen de madera aserrada (m ³)	C.A. Real (%)
				II-M	III	IV	V		
33	II-M	27.50	25.28	26.97	12.17	10.93	9.41	15.49	61.34
24	III	20.00	16.11	18.90	13.90	12.18	14.39	9.93	61.62
32	IV	26.66	20.64	5.78	11.93	20.93	22.46	13.05	63.22
31	V	25.83	21.33	3.57	7.38	16.15	29.08	12.85	60.24

C. A.- Coeficiente de aserrío

t.c.- Tablas de cortas dimensiones

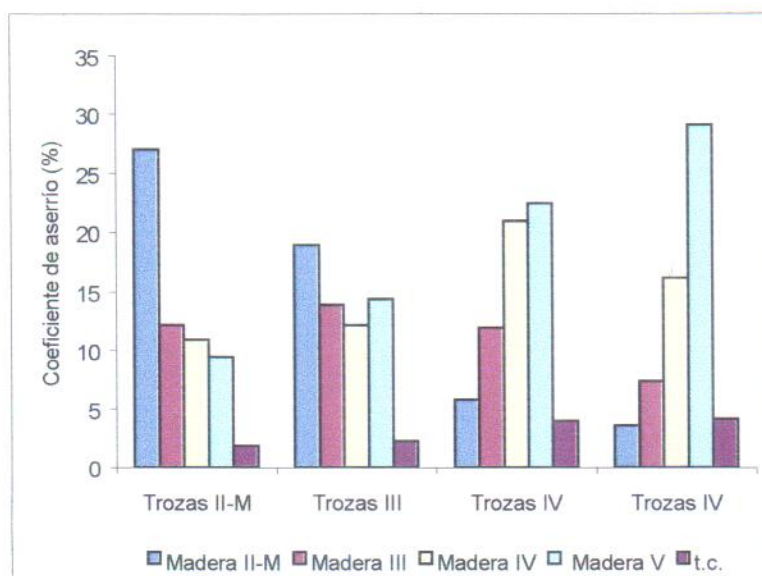


Figura 4. Efecto de la calidad de las trozas en la calidad de madera aserrada.

4.6.3. Efecto del diámetro de las trozas en el coeficiente de aserrío

El comportamiento de los coeficientes de aserrío real y nominal es ascendente en las primeras cuatro categorías diamétrica y a partir de la categoría diamétrica 46-50 cm se comporta de manera irregular. Esto se constata analizando los datos del Cuadro 8, donde se plantean los coeficientes de aserrío real y nominal por categorías diamétrica y sin hacer distinción de las longitudes de las trozas.

Cuadro 8 Categorías longitudinales y coeficientes de aserrío de una muestra de 120 trozas.

No Trozas	Categ. diamétrica (cm)	Coef. Aserrio Real (%)	Coef. Aserrio Nominal (%)
20	25 – 30	60.12	46.71
21	31 – 35	61.49	48.15
22	36 – 40	62.96	50.08
20	41 – 45	63.64	50.69
19	46 – 50	63.18	50.74
18	51 – 55	60.89	48.21
10	56 – 60	61.29	49.11

Analizando los datos de los coeficientes de aserrío agrupados por longitudes de las trozas en cada categoría diamétrica se observa que no hay un comportamiento definido (Cuadro 9); sin embargo para las trozas de 3.65 m (12') de longitud el coeficiente de aserrío aumenta en las primeras categorías diamétricas, conforme se incrementa el diámetro, pero a partir de la categoría diamétrica 46-50 cm, el comportamiento es indefinido; una situación parecida ocurre en las trozas de 4.87 m (16') de longitud, donde en las primeras tres categorías diamétricas el coeficiente de aserrío aumenta con el incremento del diámetro y a partir de la categoría diamétrica 41-45 cm, el coeficiente disminuye. Este comportamiento es similar al explicado para los datos del Cuadro 8, donde se agrupan los coeficientes solo por las categorías diamétrica, sin tomar en consideración las longitudes de las trozas..

Cuadro 9. Coeficiente de aserrío agrupados por categoría diamétrica y longitudes de las trozas.

Cat. diam. (cm)	2.43 m (8')		3.04 m (10')		3.65 m (12')		4.26 m (14')		4.87 m (16')		5.48 m (18')		6.09 m (20')	
	Coeficiente de aserrio (%)													
	nom	real	nom	real	nom	real	nom	real	nom	real	nom	real	nom	real
25-30	50.33	64.35			44.45	58.4			48.01	61.44			41.78	53.79
31-35					49.61	63.76			47.07	59.92			48.32	61.59
36-40					50.18	63.81	46.92	59.61	51.60	64.72	55.23	70.00	46.62	58.53
41-45			46.48	58.61	54.14	67.35	51.46	64.15	50.04	63.03			50.51	63.34
46-50					50.96	63.76			50.46	63.4	55.38	60.31	47.83	60.10
51-55	51.69	63.98	46.31	58.32	49.05	64.04	41.72	53.10	47.84	59.35	51.73	64.69		
56-60					50.78	63.24			47.60	59.32			39.88	49.65

En este trabajo en general se determinó que para las trozas de 3.65 m (12') y de 4.87 m (16'), el coeficiente de aserrío real y nominal es constante indistintamente de los diámetros de las trozas, con un ligero incremento del coeficiente de aserrío con el aumento del diámetro, como se observa en las Figuras 5 y 6 con los datos ajustados con un modelo polinómico. Estos resultados coinciden con los de IFCh (1989); Calogero y Zakowicz (1996); Bianchet (s/f); Madrigal (1995); Moya (1995 y 1996); Alfaro (1992) y Laines (1994), que plantean que el coeficiente de aprovechamiento aumenta con el incremento del diámetro de las trozas. Sin embargo los resultados obtenidos en este estudio son contrarios a los de Zavala (2000); Del Angel et al (1995); Fajardo y Sánchez (1995) y Corral (1997), quienes no encontraron una relación entre la categoría diamétrica de las trozas y el coeficiente de aserrío para la madera aserrada.

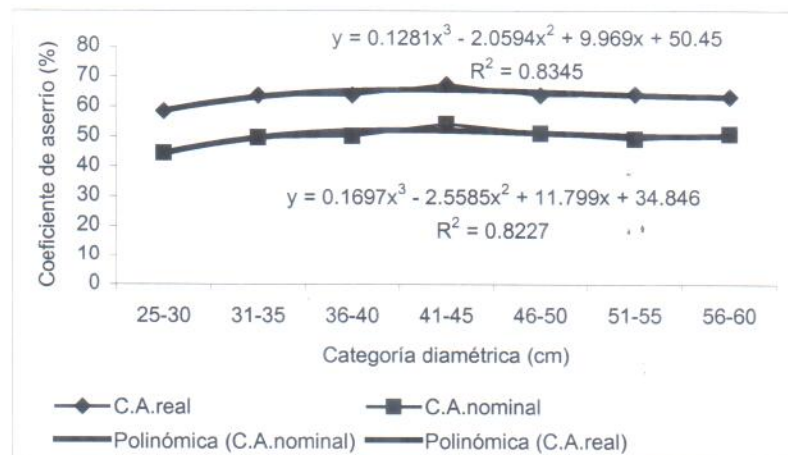


Figura 5. Correlación entre el diámetro y el coeficiente de aserrío nominal y real en las trozas 3.65 m (12') de longitud.

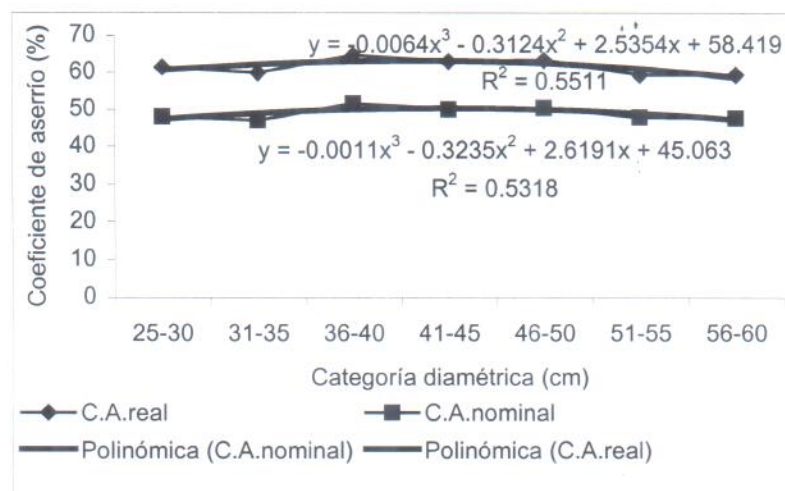


Figura 6. Correlación entre el diámetro y el coeficiente de aserrío real y nominal en las trozas de 4.87 m (16') de longitud.

4.6.4. Efecto de la conicidad de las trozas en el coeficiente de aserrío

Analizando la conicidad de las trozas en relación a su efecto en el coeficiente de aprovechamiento, se determinó una fuerte influencia de esta variable como se puede observar en el Cuadro 10, esto concuerda con lo reportado por Rocha y Herrera (s/f); Zavala (1995 y 1996); Zavala y Hernández (2000); Echenique y Robles (1993) y Schulz (1999).

Cuadro 10. Conicidad y coeficientes de aserrio en las diferentes longitudes de las trozas.

Numero de Trozas	% de las 120 trozas	Ahusamiento (cm)	Longitud (m)	Vol. rollo (m³ r.)	Vol. mod. (m³)	C.A. (%)
4	3.33	0-5	2.438	1.0126	0.5135	64.25
2	1.66	0-5 y 0-15	3.048	1.1807	0.5477	58.46
18	15.00	0-5	3.657	8.4884	4.3319	64.48
10	8.33	0-10		8.0179	4.1663	64.06
2	1.64	0-15 y más		1.9007	0.7583	49.85
3	2.50	0-5 y 0-10	4.267	2.1694	1.0008	58.95
23	19.17	0-5	4.876	14.8388	7.6577	64.29
30	25.00	0-10		22.4972	11.1978	62.11
7	5.83	0-15 y más		7.2504	3.1340	54.71
3	2.05	0-10 y 0-15	5.486	2.9641	1.5985	65.00
17	14.16	0-10 y 0-15	6.096	11.3985	5.4706	57.79
1	0.83	0-15		2.2929	0.9144	49.65

C.A. – Coeficiente de aserrio

Analizando los datos del agrupamiento por conicidad en las trozas de longitud 2.4384 m (8') y de 3.048 m (10'), se observa que el modelo de regresión lineal simple describe la alta correlación negativa entre la conicidad de las trozas y el coeficiente de aserrío, es decir a medida que aumenta la conicidad disminuye el coeficiente de aserrío, esto se debe a que en las trozas que presentan un mayor índice de ahusamiento generan una mayor proporción de costeras, influyendo directamente en el decremento del coeficiente de aserrío (Figura 7).

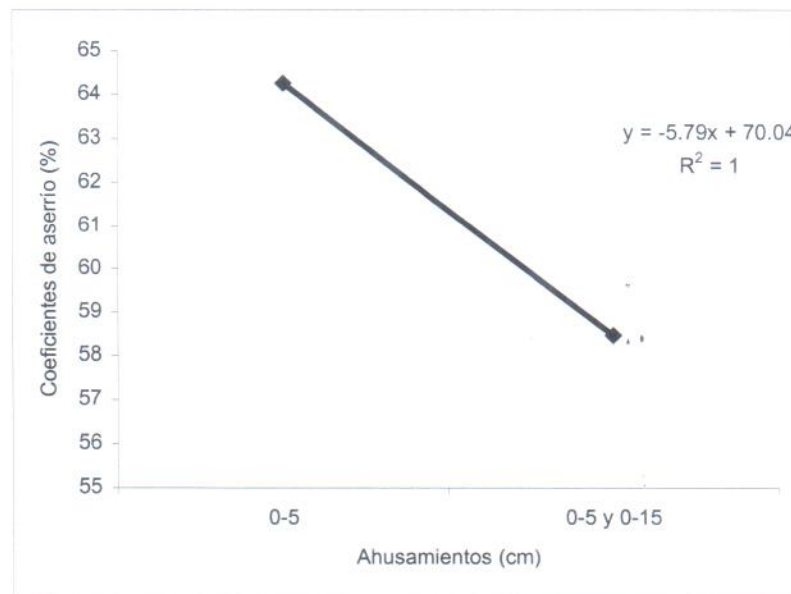


Figura 7. Correlación entre conicidad y coeficiente de aserrío en las trozas de 2.4384 m (8') y de 3.048 m (10') de longitud.

Para las trozas de 3.6576 m (12') y de 4.8768 m (16') de longitud, se observa que a medida que aumenta la magnitud de la conicidad el coeficiente de aserrío disminuye, lo que demuestra una fuerte correlación negativa entre ambas variables y el modelo de regresión lineal permite ajustar los datos en una línea recta para poder hacer predicciones del coeficiente de aserrío en función de la conicidad para cada longitud de las trozas; indicando la importancia que tiene este factor en la clasificación y comercialización de las trozas (Figuras 8 y 9).

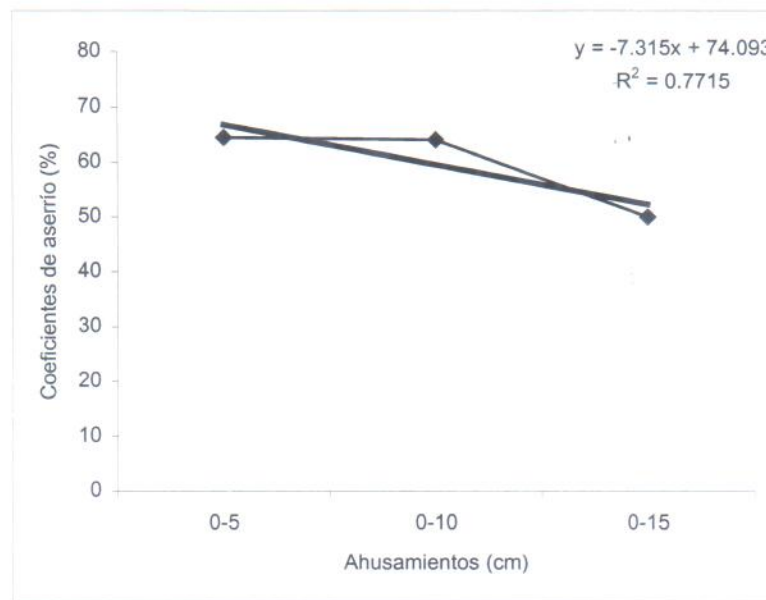


Figura 8. Correlación entre el ahusamiento y el coeficiente de aserrío en las trozas de 3.6576 m (12') de longitud.

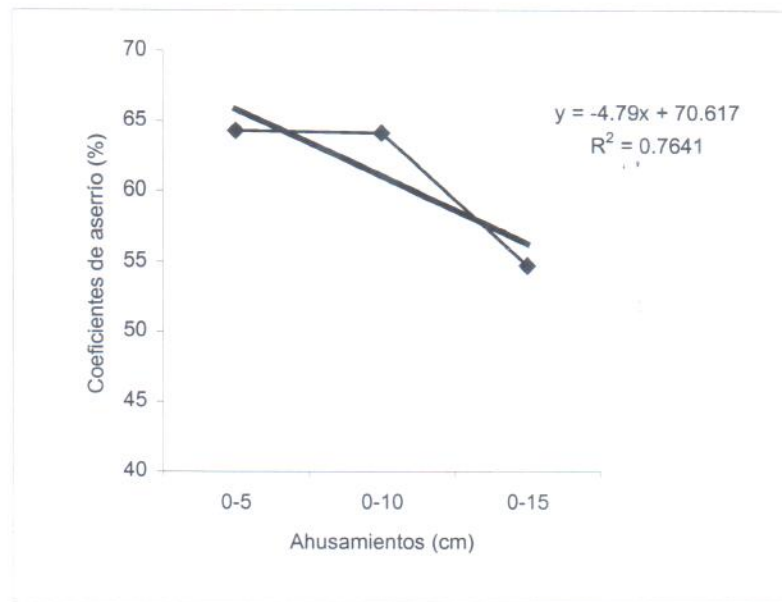


Figura 9. Correlación entre el ahusamiento y el coeficiente de aserrío en las trozas de 4.8768 m (16') de longitud.

En las trozas de 6.096 m (20') de longitud, al igual que en los anteriores casos, existe una alta correlación negativa entre la conicidad y el coeficiente de aserrío, como lo describe el modelo de regresión lineal simple, mediante la recta de ajuste que a su vez permite pronosticar y predecir el comportamiento del coeficiente de aserrío en función de la conicidad para las trozas de esta longitud (Figura 10).

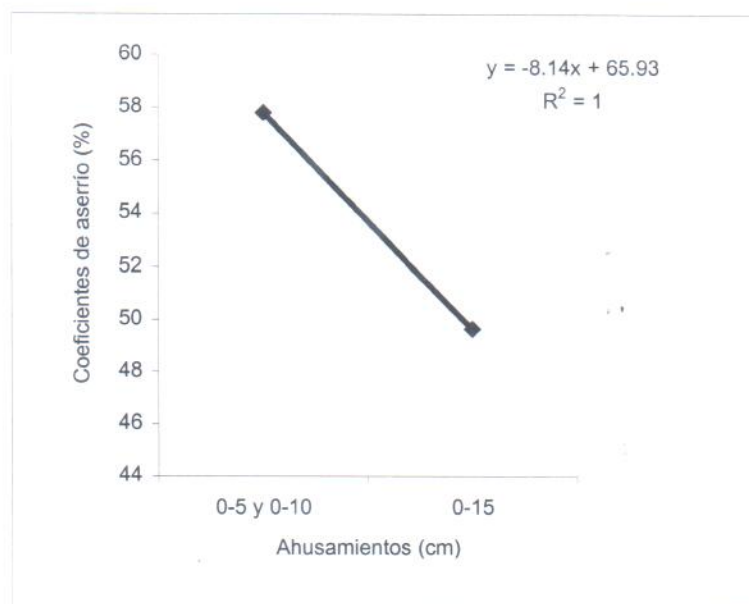


Figura 10. Correlación entre el ahusamiento y el coeficiente de aserrío en las trozas de 6.096 m (20') de longitud.

4.7. Proporción de Subproductos

Como subproductos derivados del proceso de aserrío se consideran las costeras, los recortes y el aserrín. En la mayoría de las industrias no se les cuantifican, a pesar de la gran importancia que han adquirido en las últimas décadas como materia prima para tableros aglomerados y para celulosa y papel. También es importante el análisis y cuantificación del aserrín para definir su potencialidad como fuente de calor y posible sustituto de los combustibles tradicionales en los procesos de secado de la madera en estufas convencionales. En este trabajo no se consideró a la corteza, porque regularmente se elimina antes del proceso de aserrío para evitar que haya presencia de arena y tierra que ocasionan problemas a las sierras, además de esta manera se posibilita que la costera obtenida durante el aserrío pueda procesarse en astillas para que se utilice en la industria de tableros aglomerados y para celulosa y papel.

Respecto a la proporción de costeras y de aserrín, que se determinó de una muestra de 12 trozas descortezadas, donde están representadas la mayoría de las categorías diamétricas en la longitud de 4.87 m (16'), por ser esta longitud de las trozas la de mayor frecuencia en este estudio; la media para el coeficiente de aserrío de costeras fue de 21.51%, y de 19.19% para el coeficiente de aserrín.(Cuadro 11).

Cuadro 11. Coeficientes de aprovechamiento por tipo de producto.

Troza No	Diámetro (cm)	Longitud de las trozas (m)	Calidad	Vol. Troza (m ³ r)	Vol. Madera (m ³)	Vol. Costeras (m ³)	Vol. Aserrín (m ³)	Coeficiente de aserrío (%)		
								Madera aserrada (real)	Costeras	Aserrín
118	29	2.43	II-M	0.168	0.104	0.038	0.026	61.91	22.38	15.72
84	29	4.87	V	0.342	0.189	0.101	0.052	55.33	29.53	15.15
27	33	6.09	III	0.554	0.337	0.146	0.072	60.76	26.3	12.94
75	34	4.87	IV	0.459	0.326	0.084	0.049	70.96	18.28	10.76
29	35	4.87	IV	0.494	0.293	0.089	0.111	59.35	18.20	22.45
13	43	3.65	IV	0.568	0.375	0.091	0.102	66.01	16.05	17.94
39	45	4.87	II-M	0.821	0.490	0.171	0.160	59.71	20.78	19.52
30	47	4.87	IV	0.894	0.549	0.159	0.186	61.36	17.85	20.79
72	50	4.87	V	1.017	0.558	0.253	0.206	54.88	24.89	20.23
106	51	5.48	II-M	1.154	0.746	0.213	0.194	64.69	18.47	16.84
110	52	4.87	III	1.102	0.602	0.287	0.214	54.61	26.01	19.39
1	60	4.87	II-M	1.461	0.771	0.287	0.404	52.75	19.60	27.64

Relacionando el diámetro de las trozas con los volúmenes de aserrín obtenidos en este trabajo para las trozas de 4.87 m (16') de longitud, se observa una alta correlación positiva existente entre ambas variables, a mayor diámetro mayor volumen de aserrín, el cual se puede pronosticar mediante el modelo de regresión simple para cada diámetro de las trozas (Figura 11), lo que coincide con lo reportado por Serrano y Ramírez (2000); Casillas (1986) y Alemán (1992).

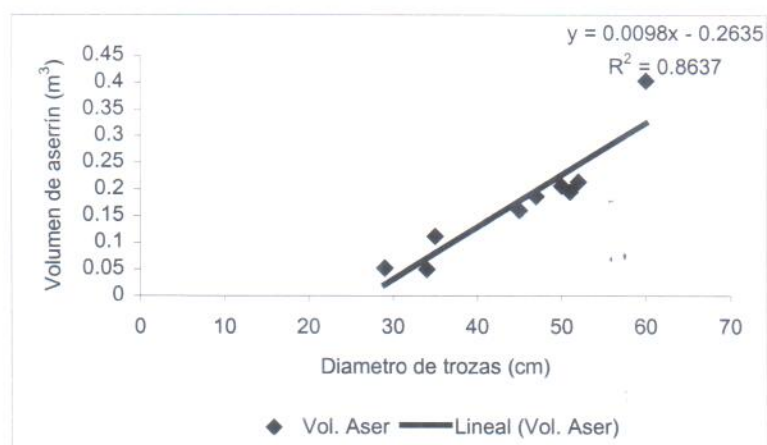


Figura 11. Correlación entre diámetros y volumen de aserrín en las trozas de 4.87 m (16') de longitud.

Analizando los datos del coeficiente de aserrín en los diferentes diámetros para las trozas de 4.87 m (16') se observa una alta correlación positiva entre ambas variables y la tendencia de la recta a incrementar a medida que aumenta el diámetro; el coeficiente de determinación R^2 nos indica que el 52.26% de la variabilidad de los datos generados se describen por el modelo de regresión lineal, este valor indica una alta correlación de 0.7229 entre ambas variables y también se puede predecir el comportamiento del coeficiente de aserrín en relación al diámetro de las trozas (Figura 12). Para ambos análisis, del volumen y del coeficiente de aserrín se observa un comportamiento similar, pero es de mayor interés enfatizar en el análisis del coeficiente de aserrín, por proporcionar información en porcentajes.

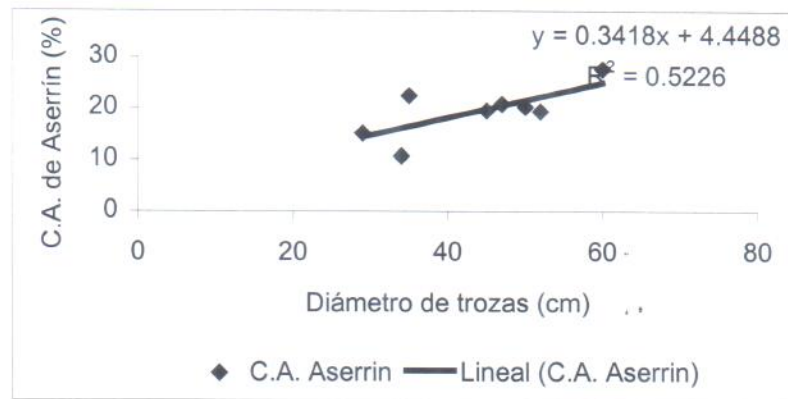


Figura 12. Correlación entre diámetros y coeficiente de aserrín en las trozas de 4.87 m (16').

Con respecto a la relación entre los diámetros de las trozas y los volúmenes de costeras para esta misma longitud de las trozas de 4.87 m (16'), el comportamiento es similar al del caso de aserrín, existe una alta correlación positiva donde el volumen de las costeras aumentan con el incremento del diámetro de las trozas, interrelación que se puede pronosticar a través de un modelo de regresión lineal simple, como se señala en la Figura 13.

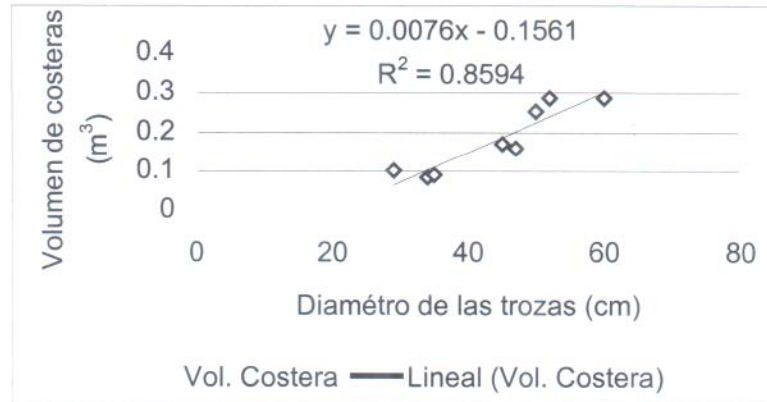


Figura 13. Correlación entre diámetros y volumen de costeras en las trozas de 4.87 m (16').

Para el caso de la relación del diámetro de las trozas y el coeficiente de costeras para las trozas de 4.87 m (16'), el modelo de regresión lineal simple no es adecuado para describir este comportamiento, por lo que se utilizó un modelo de ajuste de tipo polinomial que permite predecir el comportamiento del

coeficiente de costera en función del diámetro de las trozas. Contrario a lo esperado de que existiera una correlación positiva entre el diámetro y el coeficiente de costeras de las trozas, se observa un comportamiento indefinido del coeficiente de costeras, este resultado lo origina en parte la conicidad de las trozas.

Cabe señalar que el mayor coeficiente de costeras se presentan en las trozas de menor diámetro (25-30 cm), debido a que estas trozas presentan una proporción de desperdicios mayor con respecto a las trozas de categoría diamétrica mayor (Figura 14). Para corroborar esta tendencia y ofrecer mayor evidencia de la interrelación del diámetro y el coeficiente de costeras, se considera que se requiere aumentar el tamaño de muestra.

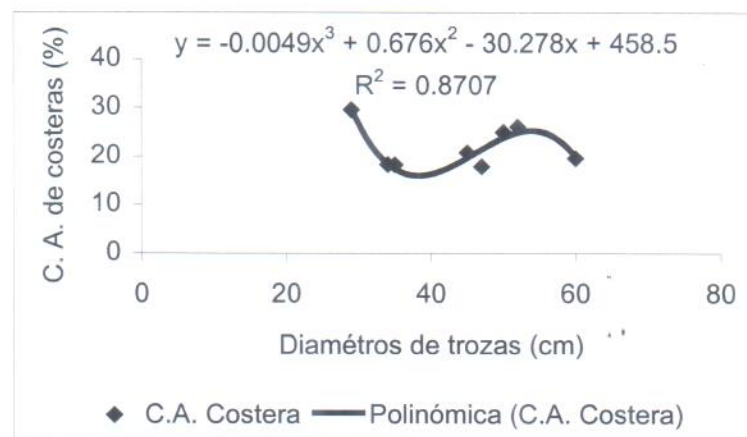


Figura 14. Correlación entre diámetros de trozas y coeficiente de aprovechamiento de costeras.

4.8. Refuerzos de la madera aserrada

Considerando los volúmenes reales y nominales de las tablas producidas en cada categoría de espesor, se determinó un exceso de refuerzo de 2.63% y 2.65% para los tablas de 31.75 mm (5/4") y de 38.1 mm (6/4") respectivamente; la madera de 22.22 mm (7/8"), no presentó excedente en refuerzo (Cuadro 12). Es importante señalar que para los espesores de 22.22 mm (7/8") y de 31.75 mm (5/4"), se tomaron en cuenta los porcentajes de exceso de refuerzo permitidos en la norma mexicana de los espesores más cercanos (3/4") y (4/4"), por no estar considerados en la norma los espesores de 22.22 mm (7/8") y de 31.75 mm (5/4") (D.G.N. 1986).

El 58% del total del volumen nominal de madera aserrada, correspondió a un espesor de 22.22 mm (7/8"), la de 31.75 mm (5/4") de espesor nominal representó un 33.86%, las tablas de 38.1 mm (6/4") sólo representaron el 7.65% del volumen nominal.

Cuadro 12. Proporción de refuerzos y sus excedentes en distintas dimensiones de madera aserrada.

Grososores		Proporción de madera de dim. Nominal (%)	Refuerzos		
(mm)	(pulg.)		Total (%)	SF (1991) (%)	Exceso (%)
22.22	7/8"	58.49	27.94	(3/4")-30	0.00
31.75	5/4"	33.86	24.63	(4/4")-22	2.63
38.10	6/4"	7.65	17.65	14	2.65

4.9. Variación del espesor de las tablas por efecto del corte

La variación del corte se determinó en madera aserrada de tres espesores, para los de 22.22 mm (7/8") se utilizó una muestra de 59 tablas, para las de 31.75 mm (5/4") la muestra fue de 20 tablas y para las de 38.1 la muestra se integró por 21 tablas. Se obtuvo una variación del corte (St) de 0.92 mm, de

1.36 mm y de 0.99 mm respectivamente. Esta variación se considera baja para los espesores de 22.22 mm (7/8") y de 38.1 mm (6/4") y refleja una buena calidad en el aserrío, sin embargo para el espesor de 31.75 mm (5/4"), la variación del corte fue mas elevada. Lo que indica la posibilidad de mejorar el aserrío a través de acciones que corrijan este problema, como:

1. Reducir la variación del corte
2. Lograr que las tablas producidas puedan enmarcarse dentro del rango del espesor deseado, en este caso de 31.75 mm a 37.4 mm

4.10. Determinación de la dimensión óptima en grosor

La dimensión óptima se determinó integrando la dimensión final de la madera aserrada, el refuerzo por contracciones y la perdida de madera por cepillado, a través de la formula descrita en la metodología, (11).

Para el valor de la dimensión final (DF), se consideró que la dimensión nominal debería ser igual a la dimensión real en tablas de 22.22 mm (7/8"), de 31.75 mm (5/4") y de 38.1 mm (6/4") de espesor respectivamente.

El refuerzo por contracciones (%C), es la madera que se le adiciona a la dimensión verde áspera para compensar por las contracciones que se presentan cuando la madera se seca por debajo del Punto de Saturación de la Fibra (PSF). Considerando que el valor tangencial es el más crítico en las contracciones de la madera, éste, fue el que se utilizó para calcular la proporción de contracción. Como las especies de pino procesadas fueron *P. durangensis* y *P. arizonica*, las contracciones tangenciales son de 6.27 y 5.78 % respectivamente, con una media de 6.025 %. (Zavala, 1991).

La pérdida por cepillado (RC), se consideró de 2 mm, y representa el volumen mínimo de madera que se pierde durante el cepillado en ambas caras de las tablas.

Al comparar la dimensión óptima deseada con el valor en grosor de la media actual en las tablas muestreadas (X-DO), se determinó el exceso en grosor que se produjo en los espesores de 22.22 mm (7/8"), 31.75 mm (5/4") y 38.1 mm (6/4").

Las dimensiones óptimas de corte para el aserradero analizado fueron de 26.75 mm, 37.4 mm y de 43.41 mm de espesor para la categorías de 22.22 mm (7/8"), 31.75 mm (5/4") y 38.1 mm (6/4") respectivamente. Estas son las dimensiones a las cuales deben aserrarse las trozas para producir tablas de 22.22 mm (7/8") ", de 31.75 mm (5/4") y de 38.1 mm (6/4") considerando el efecto de la variación del corte durante el aserrío, para que únicamente un 5% de las tablas producidas en cada espesor tenga una dimensión inferior a la especificada.

Analizando los datos de la variación del espesor de las tablas de 22.22 mm (7/8") se observa que la parte izquierda de la grafica que representa de 24 mm a 25.23 mm, sería la zona más crítica en cuanto a posible producción de madera con dimensiones inferiores a 25.23 mm, las cuales no podrían cepillarse sin caer en otra categoría en espesor inferior a la establecida en un porcentaje de piezas superior al especificado del 5%, aún cuando no hubiese variación en el aserrío. Se debe aumentar también la dimensión óptima, en tal forma que el punto más delgado en la tabla sea por lo menos tan grueso como la dimensión crítica, en este caso para lograr que únicamente el 5% de la producción tuviese dimensión inferior a la dimensión crítica, la dimensión óptima debe ser de 26.75 mm (Figura 15).

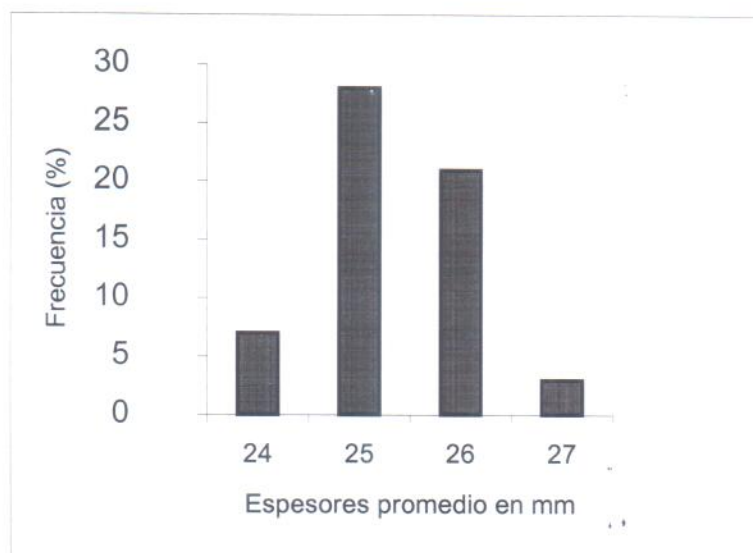


Figura 15. Distribución de Frecuencias de tablas de 22.22 mm (7/8").

Para el caso de las tablas de espesor 31.75 mm (5/4"), la dimensión óptima fue de 37.40 mm, lo que indica que la parte izquierda de la grafica, es donde se encuentra la zona mas crítica en cuanto a posible producción de tablas con dimensiones inferiores a 37.40 mm, las cuales no podrían cepillarse sin caer en otra categoría en espesor inferior a la establecida en un porcentaje de piezas superior al especificado del 5%. Se debe de considerar la dimensión óptima, logrando que el punto más delgado en la tabla sea por lo menos tan grueso como la dimensión crítica, para así lograr que únicamente el 5% de la producción tuviese dimensión inferior a la dimensión crítica, la dimensión óptima debe ser de 37.4 mm (Figura 16).

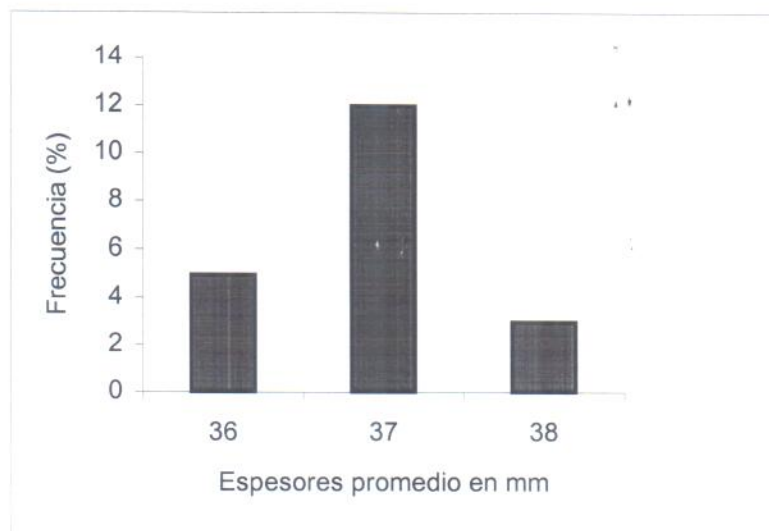


Figura 16. Distribución de frecuencias de tablas de 31.75 mm (5/4").

Para el caso de las tablas de 38.1 mm (6/4") la medida óptima fue de 43.41 mm; sin embargo la Figura 17 no muestra realmente esta dimensión, lo cual se debió a que la muestra no fue lo suficientemente amplia como para describir y analizar las dimensiones críticas y óptimas en este espesor; por lo que se requiere aumentar el tamaño de tablas muestreadas en casos como estos.

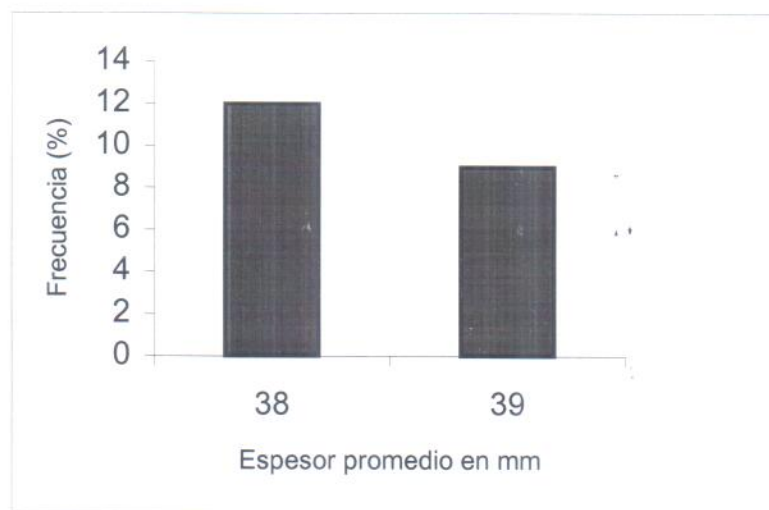


Figura 17. Distribución de frecuencias de tablas de 38.1 mm (6/4").

4.11. Tiempos de procesamiento por tipo de trocería

Los tiempos de aserrío son un factor importante para determinar los costos y la ganancia que revierte este proceso, el cual está influenciado por varios factores, como el diámetro, la calidad de las trozas, la capacidad de producción, además de la experiencia y capacitación del operario.

Del análisis de los resultados de este estudio se determinó que existe una estrecha relación entre el tiempo de asierre de las trozas y su diámetro para una misma longitud; el tiempo fue proporcional al diámetro de las trozas (Cuadro 13). Sin embargo, para procesar 1 m³r de las trozas de 25-30 cm de diámetro y de 3.65 m (12') de longitud, se requiere un tiempo de 6:37 min; para las trozas de diámetro 41-45 cm en la misma longitud, el tiempo para aserrar 1 m³r fue de 6:11 min y para las trozas de mayor diámetro, de 56-60 cm en esa misma categoría longitudinal, el tiempo fue de 5:13 min para aserrar también 1 m³r. Analizando las mismas categorías diamétricas para la misma longitud de 3.65 m (12'), las diferencias en los tiempos para aserrar 1 m³ de madera aserrada son más acentuadas, para las trozas de 25-30 cm el tiempo de aserrío de 1 m³ de madera fue de 11:25 min; para las trozas de 41-45 cm de diámetro, el tiempo de procesamiento de 1 m³ de madera fue de 9:15 min y para las trozas de mayor diámetro, de 56-60 cm, el tiempo para el mismo volumen de madera aserrada (1 m³) fue de 8:14 min, indicando lo rentable que es para el aserradero procesar trozas de diámetros mas grandes y se concluye que para este aserradero en específico el diámetro de las trozas influye en los costos del proceso.

Cuadro 13. Relación del tiempo de aserrado con el diámetro de las trozas.

Cat. diam. (cm.)	Longitud de trozas (m.)	Tiempo de asierre (min.)	Volumen troza (m ³ r.)	Volumen madera aserrada (m ³ .)	C.A. real (%)
25-30	2.43	1:44	0.226	0.128	58.40
51-55		4:39	0.780	0.500	64.04
41-45	3.04	2:57	0.474	0.277	58.61
51-55		4:30	0.706	0.412	58.32
25-30	3.65	1:44	0.226	0.128	58.40
31-35		2:14	0.321	0.204	63.76
36-40		3:10	0.385	0.246	63.81
41-45		3:45	0.564	0.377	67.35
46-50		4:14	0.725	0.461	63.76
51-55		4:39	0.780	0.500	64.04
56-60		5:37	1.046	0.659	63.24
36-40	4.26	3:12	0.481	0.287	59.61
41-45		4:13	0.724	0.465	64.15
51-55		6:00	0.962	0.511	53.10
25-30	4.87	2:16	0.333	0.205	61.44
31-35		3:06	0.449	0.270	59.92
36-40		3:44	0.583	0.375	64.72
41-45		4:44	0.754	0.474	63.03
46-50		5:46	0.955	0.604	63.40
51-55		5:57	1.132	0.670	59.35
56-60		7:09	1.417	0.873	61.91
36-40	5.48	4:00	0.664	0.464	70.00
45-50		4:52	1.146	0.691	60.31
51-55		6:26	1.153	0.746	64.69
25-30	6.09	2:15	0.416	0.224	53.79
31-35		3:26	0.556	0.343	61.59
36-40		3:53	0.725	0.425	58.53
41-45		4:17	0.957	0.606	63.34
46-50		5:11	1.171	0.703	60.10
56-60		10:27	2.292	1.138	49.65

En las Figuras 18, 19 y 20 se observan los modelos de regresión lineal, que nos indican una alta correlación positiva entre el diámetro y el tiempo de asierre de las trozas, también permiten pronosticar el comportamiento del tiempo de asierre para las trozas de 3.65 m (12'); las de 4.87 m (16') y las de 6.09 m (20'). Es importante señalar que aunque el tiempo de aserrío aumenta con relación al diámetro de las trozas, esta tendencia no se presenta cuando se analiza el tiempo de procesamiento por unidad de volumen en m³r y de madera aserrada.

Considerando que la eficiencia del proceso de aserrío es importante para disminuir costos y maximizar las utilidades; cabe señalar que a pesar de que el tiempo aumenta conforme se incrementa el diámetro, este influye en los costos del proceso como se analizó anteriormente, presentándose una marcada diferencia entre los tiempos de asierre para procesar 1m³r y 1m³ de madera aserrada que disminuyen con el incremento del diámetro de las trozas. De esta manera se concluye la conveniencia para el aserradero estudiado en procesar trozas de diámetros grandes.

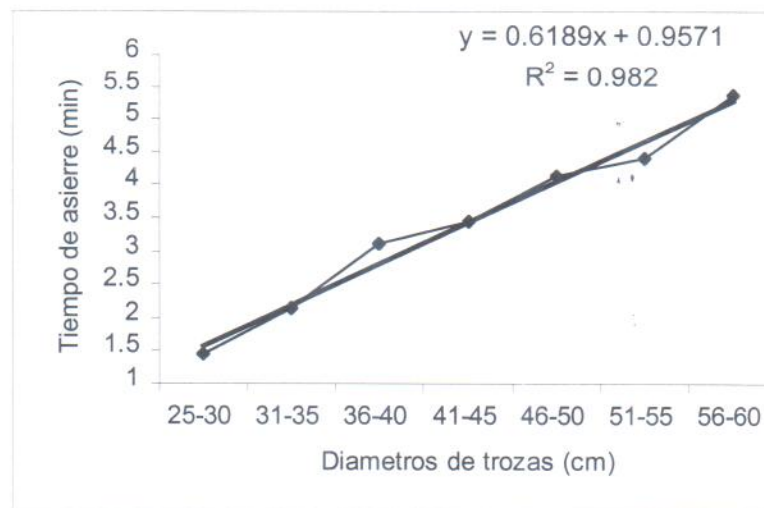


Figura 18. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas 3.65 m (12') de longitud.

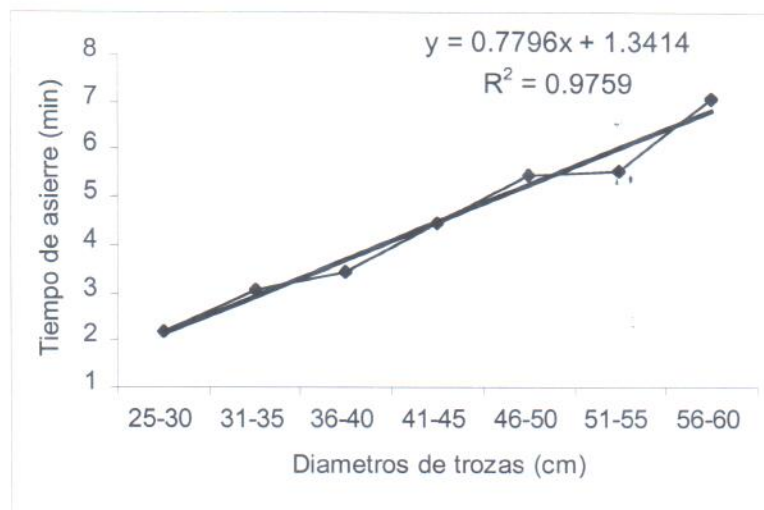


Figura 19. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 4.87 m (16') de longitud.

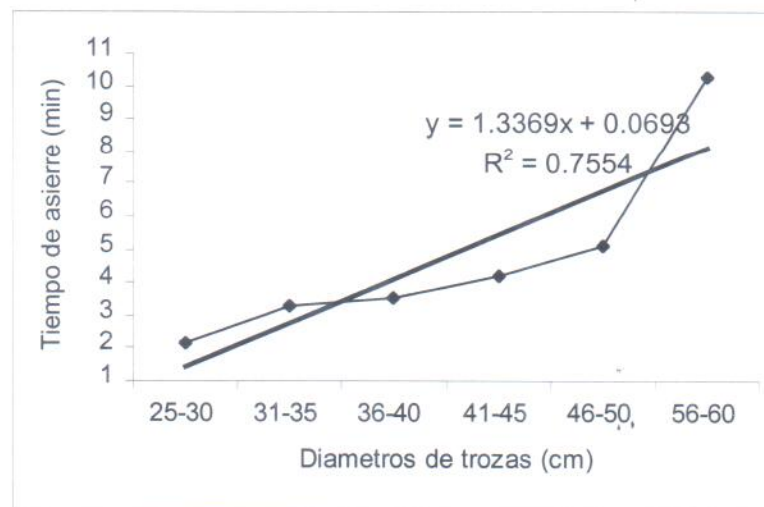


Figura 20. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 6.09 m (20') de longitud

Respecto al tiempo de asierre y las calidades de trozas no se encontró ninguna relación (Cuadro 14), pero la tendencia es emplear mayor tiempo en aserrar las trozas de menor calidad, esto concuerda con lo reportado por Lockard (1959).

Para el caso de las trozas de 46-50 cm y de 3.65 m (12') se observa que existe una tendencia en el aumento del tiempo de asierre a medida que disminuye la calidad de las trozas. Esta tendencia se presenta para las trozas de diámetro 51-55 cm en esa misma categoría longitudinal. Sin embargo, si se analizan las trozas de 4.87 m (16') en las categorías diamétricas de 31-35 cm, de 41-45 cm y de 51-55 cm, se aprecia que las trozas de calidad V requieren menor tiempo que las trozas de calidad IV y de calidad III, pero además el tiempo de procesamiento fue similar al que se requirió en las trozas de calidad II-M. Nuevamente el factor calidad es subjetivo, ya que no necesariamente las trozas clasificadas están en el grupo adecuado, además de que se debe tomar en consideración la experiencia de los operarios y el estado de la maquinaria, que influyen de manera decisiva en el tiempo empleado en aserrar las trozas.

Cuadro 14. Relación del tiempo de aserrado con la calidad de las trozas para las longitudes de 3.65 m (12') y de 4.87 m (16').

Categoría Diamétrica (cm)	Longitud de las trozas	Calidad de las trozas	Tiempo de asierre (min)	
31-35	3.65 m (12')	II-M	2:16	
		IV	2:08	
		V	2:21	
46-50		II-M	4:06	
		III	4:00	
		IV	3:54	
51-55		V	4:46	
		III	4:34	
		IV	4:26	
56-60		V	5:14	
		II-M	5:17	
		III	6:06	
25-30	4.87 m (16')	IV	5:20	
		III	2:07	
		IV	2:02	
		V	2:26	
		31-35	II-M	2:47
			III	3:00
			IV	3:48
		41-45	V	2:51
			II-M	4:28
			III	5:42
		46-50	IV	5:36
			V	4:39
II-M			5:06	
51-55		III	5:19	
		IV	6:20	
		V	6:10	
		II-M	5:00	
		III	6:34	
		IV	6:20	
		V	5:48	

V. CONCLUSIONES

- En este estudio el tamaño de la muestra requerido para lograr un 95% de confiabilidad fue mayor que el que tradicionalmente se utiliza de 100 trozas para trabajos sobre coeficiente de aserrío debido a la alta variabilidad en el volumen de las trozas.
- Existe una diferencia entre el coeficiente de aserrío real y el nominal que fue de 12.91%, para el caso del aserradero estudiado.
- No se determinó un incremento directo del coeficiente de aserrío en función de la calidad de las trozas. Sin embargo, la calidad de las trozas mostró un efecto directo en la proporción de las calidades de la madera aserrada.
- En las trozas de calidad III, el mayor volumen de madera aserrada fue para la madera de II-M, en las trozas de clase IV, el mayor porcentaje de madera fue para la clase V, indicando que algunas trozas de calidad III debieron clasificarse como II-M y algunas trozas clasificadas como IV, debieron ubicarse en la calidad V.
- El coeficiente de aprovechamiento fue similar en todas las categorías diamétricas de las trozas, presentando un ligero aumento en las primeras cuatro categorías diamétricas
- La conicidad de las trozas mostró un efecto negativo en el coeficiente de aserrío.
- Se encontró una estrecha correlación entre el diámetro de las trozas con los volúmenes de aserrín, de costeras, y con el coeficiente de aserrín.

- No se encontró correlación entre el diámetro de las trozas y el coeficiente de costeras.
- Debido a la alta proporción de los volúmenes de subproductos (costeras y aserrín) se considera necesario tomarlos en cuenta como posible fuente de abastecimiento de materia prima para la industria de tableros aglomerados y de celulosa, y además como una valiosa fuente de energía.
- No se presentó mucha variación en espesor de las tablas, por lo que el excedente de refuerzo fue bajo.
- El tiempo de asierre se incrementó proporcionalmente con el aumento del diámetro de las trozas para la misma categoría longitudinal.
- El tiempo de asierre analizado por cada unidad de volumen fue menor en las trozas de mayores diámetros.
- El tiempo de asierre no mostró influencia de la calidad de la troza, pero la tendencia es a disminuir con las mejores calidades.

VI. RECOMENDACIONES

Se considera conveniente indicar y expresar el coeficiente de aserrío en términos del volumen real y del volumen nominal, basados en las dimensiones reales y nominales de la trocería y de la madera aserrada.

Debido a que la conicidad es determinante en la proporción del coeficiente de aserrío y que la calidad influye en la proporción de madera aserrada, ambos factores, se deben considerar en la definición de precios de la trocería cuando se comercializa en función de su calidad y del volumen cubicado.

Con la finalidad de mejorar la clasificación de la trocería, se sugiere establecer un sistema más adecuado y eficiente de clasificación de la materia prima que determine una relación directa entre la calidad de la trocería y las proporciones de calidades de la madera aserrada.

Los análisis de la variación del espesor de las tablas, y de la variación del corte, se deberían de incluir en estudios de aserrío como una práctica común para evaluar la eficiencia de los aserraderos.

Es conveniente para el aserradero procesar en su mayoría las trozas de diámetros mayores que hace más eficiente el proceso de aserrío.

Se considera conveniente aumentar el tamaño de muestras de tablas para determinar la variación de corte por aserrío.

Para estudios futuros se recomienda trabajar con las trozas de mayor frecuencia en cuanto a la longitud.

VII. LITERATURA CITADA

- Aleman G., S. 1992. Determinación del coeficiente de aserrío del aserradero La Mesilla, propiedad de la compañía maderera de Guerrero. Galeana, N. L. Departamento de Productos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. Edo. de Méx. Mimeografiado. 8 p.
- Alfaro, J. 1992. Estudio Tecnológico para determinar posibilidades de uso industrial de la madera de *Gmelina arborea*. Informe de práctica de especialidad. Departamento de Ingeniería en madera, ITCR. Cartago. Costa Rica 95 p.
- Alvarado, G. G. 1970. Análisis Económico comparativo entre un aserradero de sierra circular y otro de sierra banda en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango. Tesis de Licenciatura Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. Edo. de México. 110 p.
- Ayerde, L. D. 1993. Metodología para la determinación de coeficientes de aserrío. SARH-INIFAP. Centro de Investigaciones Regional del Pacifico Sur. Campo Experimental Chilpancingo. Chilpancingo, Guerrero. 19 p.
- Bianchet, J. s/f. Rendimiento en aserraderos para *Eucalyptus grandis* y *E. saligna* ; *Pinus elliottii* y *P. taeda* en la zona de Concordia. Estación Experimental Agropecuaria Concordia. INTA. Argentina. 23 p.
- Casillas R., O. 1986. Determinación del coeficiente de aserrío para el aserradero "Las Cruces", Municipio de Cintalapa, Chiapas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agricultura. Universidad de Guadalajara. Zapopan. Jalisco. 136 p.

- Corral M., A. 1997. Optimización del uso de la trocería para la producción de triplay y de madera aserrada. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, México 110 p.
- Del Angel B., E. R.; G. Novelo G.; F. J. Zamudio S. 1995. Correlación entre las normas: de clasificación de trocería de pino (NOM-359-1988) y de clasificación para tablas y tablonés de pino (NOM-C-1986). Revista Chapingo. Ciencias Forestales 1(1): 43-47.
- Dirección General de Normas. 1986. Norma Oficial Mexicana. NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción- Tablas y Tablonés de Pino- Clasificación. DGN. SECOFI. 16 pp.
- Donald, N. Mac Rae. 1957. Dimensional quality control in a north central hardwood and softwood sawmill. Forest Prod. J. 7 (11): 33-36.
- Echenique M, R.; F. Robles F. 1993. Ciencia y tecnología de la madera II. Universidad Veracruzana. Xalapa. pp. 93-101
- Fajardo A., J. J.; L. Sánchez R. 1995. Relación entre defectos principales externos en trocería de pino y su rendimiento en calidad y cantidad de madera aserrada en Gómez Farías, Jalisco. Revista Chapingo. Ciencias Forestales 1(1):35-42.
- Flores V.,R.; J. Quintanar O. y M. E. Fuentes L. 2000. Influencia del diámetro de la trocería y las dimensiones del producto aserrado en el coeficiente de aserrío. In: Memorias de III Congreso de Tecnología de Productos Forestales y Encuentro Nacional de Industriales Forestales. Durango, Dgo., México. 101-102

- Flores V.,R.; M. E. Fuentes L y J. Quintanar O; L. Vázquez S. 2000. Influencia del desafilado de la sierra banda en la variación de espesor en el aserrío de encinos. |In: Memoria III Congreso de Tecnología de Productos Forestales y Encuentro Nacional de Industriales Forestales. Durango, Dgo., México. 103-104
- Instituto Forestal .de Chile. 1989. Principios de Organización y operación del aserradero. Manual No. 16. Concepción . Chile. 184 - 203 p.
- Juárez T. P. 2000. Las pérdidas causadas por el uso tradicional del sistema inglés de medición, aserraderos circulares y excesos de refuerzo. INIFAP-SAGAR. Centro de investigaciones regional del norte-centro. Campo experimental madera. Folleto técnico No 14. Chihuahua. 21 p.
- King, W. W. 1958. Evaluating quality of black walnut saw logs. Forest Prod. J. 8 (9):40-44
- Laines, M. 1993. Rendimiento en aserrío y posibilidades de uso Industrial del segundo raleo de una plantación de *Cupressus lusitanica*. Informe de práctica de Especialidad. Departamento de Ingeniería Forestal. Cartago. Costa Rica. 85 p.
- Lane, H. P. 1963. Evaluating log and tree quality for wood products. Forest Prod. J. 13 (3): 89-92
- Lockard, C. R. 1959. Scientific timber quality evaluation – a lumber industry “Must”. Forest Prod. J. 9 (8): 282-286.

- López G., I. 1992. Aplicación de diagramas de corte en la producción de madera aserrada de *Pinus hartwegii*. Tesis de Licenciatura. DICIFO. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 76 p.
- Madrigal, T. 1995. Planificación y determinación del primer raleo en plantaciones de *Tectona grandis*. San Carlos, Costa Rica. Informe de práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica 74 p.
- Moya, R. 1995. Estudio de rendimiento y trabajabilidad de teca (*Tectona grandis*) de una plantación de 10 años de edad. Informe Técnico para Verdetica Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica 15 p.
- Moya, R. 1996. Estudio de rendimiento y trabajabilidad de teca (*Tectona grandis*) de una plantación de 4.5 años de edad. Informe Técnico para Verdetica Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. Costa Rica. 15 p.
- Orta, G. V. R. y P. Juárez T. 2000. Cuantificación y clasificación de desperdicios generados en la industria de aserrío de la región de bosque modelo chihuahua. INIFAP-SAGAR. Centro de investigaciones regional del Norte-Centro. Campo experimental madera. Folleto técnico No 13. Chihuahua. 21 p.
- Pérez, G. M. T. y J. Herrera Q. 1989. Control de calidad en el aserrío de la madera de pino en la región de el Salto, P. N. Dgo. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Forestal No. 1. El Salto. P. N. Dgo. 116 p.

- Rocha, J. Y J. Herrera B. (s/f). Tecnologías de la Producción de Madera Aserrada. Coeficiente de Aserrío. Departamento de Productos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. Edo. de México. Mimeografiado. 23 p.
- Rodríguez, C. R. 1978. Coeficientes de refuerzo y de aserrío en la práctica mexicana de producción de maderas aserradas de pino. México y sus Bosques 17 (1): 8-23
- Sanchez, A. M, J.L. Ferrer 1996. Rendimiento en aserradero de Madera rolliza de *Eucalyptus grandis* en función del diámetro medio. Informe Interno. MELSA. Argentina. 23 p.
- Schulz H. 1999. Tecnología de la Madera de especies forestales. División de Ciencias Forestales. Universidad Autonoma Chapingo. Chapingo. México. pp. 1-26
- Schrewe, H. 1981. La industria forestal del aserrío en el Perú. PNUD-FAO. Lima. Perú 60 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT (2002). Anuario estadístico de la producción forestal 2000. SEMARNAT. México pp 29-31.
- Serrano, R. Y A. Ramírez. 2000. alternativas de uso de los desechos en la industria de la madera. INA-FUNDATEC. Centro de Investigación en Integración Bosque-Industria. Esc. Ing. Forestal. Tec. 58 pp. Cartago, Costa Rica.

- Serrano, R., y C. Saucedo. 1992. Proyecto de readecuación industrial del aserradero de Coopemadereros R. R. San Isidro de Pérez Zeledón, San José, Costa Rica . 77 p.
- Stern, R. A., D. Lewis W. 1979. Improving sawing accuracy does help. For. Prod. Lab. Madison. Wisc. USDA. For. Ser. Res. Pap. FPL-320. 13 p.
- Subsecretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1987. Instructivo para determinar y aprobar coeficientes de aserrío. Circular No. 304. 1433. D. F. México. 22 p.
- Subsecretaría Forestal. 1991. Manual de Procedimientos para Determinación de Coeficientes de Aserrío. Dirección General de Política Forestal. D. F. México. 16 p.
- Tamarit J.C, L. Sanchez R. 1998. Diagnóstico tecnológico del aserradero "Piedra cantada" de la Sociedad de solidaridad social en San Felipe Hidalgo, Nanacamilpa, Tlaxcala. Mimeografiado. 64 p.
- Wang, S. J. 1984. A new approach to calculating target sizes. Forest Prod. J. 34 (9): 53-60.
- Zavala, Z. R., I. Marroquín C., S. H. Pedraza, M., F. J. Compean G., D. A. Murguía G., y J. A. Silva. 1981. Diagnóstico de la industria de aserrío del estado de Durango. Bol. Téc. INIF. No. 87. 79 p.
- Zavala Z., D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, Mexico. Thesis of Master of Science the University of British Columbia, Vancouver, B.C. Canadá. 91 p.

- Zavala Z., D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de Control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Universidad Autónoma Chapingo. Serie de Apoyo Académico No. 44. Chapingo, Edo. de Méx. 50 p.
- Zavala Z., D. 1994. Control de Calidad en la Industria del Aserrío y su repercusión económica. INIFAP. Bol. Téc. No. 115. Coyoacán, D.F. México. 48 p.
- Zavala Z., D. 1995. Interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento en aserraderos banda. Univ. Mich. San Nicolás de Hidalgo. Rev. Ciencia y Tecnología de la Madera 6: 3-14.
- Zavala Z., D y R. Hernández C. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. Madera y Bosques 6(2): 41-45.
- Zavala Z., D. 1995. The Effect of long length and lumber thickness over-allowance on lumber recovery. Forest. Prod. J. 45(2):41-45.
- Zavala Z., D. 1996. Coeficiente de aprovechamiento de trocería de pino en aserraderos banda. Ciencia Forestal 21(79):165-181.

**ANEXO 1. Relación de volúmenes de trozas, madera aserrada y
coeficiente de aserrío real y nominal de las 120 trozas**

Numero de Troza	Categoría Diamétrica	Clase de Troza	Vol. Troza	Vol. Madera Nominal	Vol. Madera Real	C. A. Real	C. A. Nominal
1	60	2	1.461129	0.611270261	0.770783739	52.75	41.83
3	41	4	0.513623	0.311976924	0.388032881	75.54	60.74
4	36	5	0.524229	0.314631629	0.39236811	74.84	60.01
5	36	5	0.481479	0.225944838	0.287017429	59.61	46.92
6	38	4	0.595972	0.340097126	0.423079796	70.98	57.06
7	41	5	0.673267	0.384342199	0.477484902	70.92	57.08
8	44	5	0.612675	0.297228567	0.3708002	60.52	48.51
9	46	4	0.659023	0.36831565	0.460510138	69.87	55.88
10	34	4	0.592492	0.298506758	0.377203638	63.66	50.38
11	33	4	0.561978	0.262422443	0.33409587	59.44	46.69
13	43	4	0.567829	0.301948041	0.374807887	66.01	53.17
14	30	5	0.356239	0.188189043	0.238170447	66.85	52.82
15	39	4	0.774211	0.300571528	0.372860057	48.16	38.82
16	39	5	0.606892	0.272647971	0.339000118	55.85	44.92
17	45	5	0.724897	0.373035125	0.465022067	64.15	51.46
18	28	5	0.312497	0.161052065	0.207101863	66.27	51.53
20	31	5	0.48885	0.203920624	0.266417336	54.49	41.71
21	29	4	0.430497	0.174325587	0.2238997	52.01	40.49
22	32	5	0.41275	0.170196047	0.220996574	53.54	41.23
23	31	5	0.390882	0.18396118	0.236600696	60.52	47.06
24	37	4	0.548602	0.261340897	0.331602628	60.44	47.63
25	39	4	0.630678	0.246887506	0.313762868	49.75	39.14
26	45	2	1.007511	0.514029424	0.633936482	62.92	51.01
27	33	3	0.554221	0.262127476	0.33674209	60.75	47.29
28	50	4	1.013055	0.600848089	0.738837307	72.93	59.31
29	35	4	0.494031	0.221618654	0.293217497	59.35	44.85
30	47	4	0.894381	0.437534609	0.548805759	61.36	48.92
32	50	4	0.78635	0.318367879	0.396474684	50.41	40.48
33	42	2	0.907219	0.453757802	0.578521733	63.76	50.02
34	38	2	0.742672	0.366939137	0.460935553	62.06	49.40
35	40	5	0.649716	0.291624191	0.368081554	56.65	44.88
36	44	2	0.77995	0.377951244	0.474239178	60.80	48.45

37	34	5	0.47374	0.235875399	0.299118215	63.13	49.79
38	50	4	1.034548	0.494659914	0.614560395	59.40	47.81
39	45	2	0.820698	0.391421411	0.490002203	59.70	47.69
40	50	5	0.762221	0.416493619	0.533229781	69.95	54.64
41	35	5	0.362828	0.188975622	0.254172031	70.05	52.08
42	36	2	0.644363	0.28828123	0.363522019	56.41	44.73
43	28	2	0.391561	0.152006406	0.198182444	50.61	38.82
45	41	2	0.673622	0.32003936	0.405364083	60.17	47.51
46	34	2	0.471894	0.212769639	0.271821178	57.60	45.08
47	36	5	0.385749	0.193596774	0.246166448	63.81	50.18
48	39	2	0.66418	0.366840815	0.464990065	70.01	55.23
49	47	2	0.873312	0.509309949	0.640419997	73.33	58.31
50	56	2	1.242108	0.678227805	0.846244079	68.12	54.60
51	56	2	0.930344	0.516979095	0.63929547	68.71	55.56
52	50	3	0.726769	0.413347302	0.51147612	70.37	56.87
53	42	2	0.731412	0.371068677	0.467984275	63.98	50.73
54	50	2	0.999361	0.452381289	0.566973633	56.73	45.26
55	47	2	0.647111	0.305487647	0.384277188	59.38	47.20
56	44	4	0.78308	0.416002007	0.534724904	68.28	53.12
57	41	3	0.474012	0.220340463	0.277832786	58.61	46.48
58	52	5	0.962978	0.401843583	0.511409386	53.10	41.72
60	48	3	0.939091	0.503607251	0.629282963	67.01	53.62
61	49	3	0.955984	0.557881207	0.686501566	71.81	58.35
62	52	3	1.071393	0.565255386	0.702615449	65.57	52.75
63	55	3	1.225856	0.501640803	0.616774447	50.31	40.92
65	36	5	0.52553	0.300866495	0.373063778	70.98	57.25
66	39	4	0.608139	0.336263	0.422486687	69.47	55.29
67	45	2	0.807925	0.349241108	0.440601469	54.53	43.22
68	44	5	0.794327	0.401745261	0.505646828	63.65	50.57
69	44	2	0.776886	0.410594	0.513205706	66.05	52.85
71	38	4	0.5888	0.323972255	0.406307262	69.01	55.02
72	50	5	1.017278	0.399287201	0.558324677	54.88	39.25
74	30	5	0.388892	0.212278027	0.264673999	68.05	54.58
75	34	4	0.459853	0.257899613	0.326332114	70.96	56.08

76	42	3	0.707036	0.347471305	0.440181663	62.25	49.14
77	37	4	0.560458	0.30725745	0.388180585	69.26	54.82
78	48	2	0.931456	0.483943	0.60482483	64.93	51.95
79	32	3	0.407944	0.177963515	0.229120065	56.16	43.62
80	31	4	0.279412	0.143747325	0.182297273	65.24	51.44
81	35	5	0.487206	0.271074813	0.341681542	70.13	55.63
82	28	4	0.179937	0.074921657	0.096405215	53.57	41.63
83	28	5	0.328466	0.152399695	0.198436413	60.41	46.39
84	29	5	0.342299	0.146107063	0.18938096	55.32	42.68
85	37	3	0.684735	0.312468536	0.394700674	57.64	45.63
86	49	3	1.171212	0.560241	0.703941128	60.10	47.83
87	29	5	0.427193	0.196644768	0.251033931	58.76	46.03
88	31	4	0.284699	0.149057	0.190405098	66.87	52.35
89	48	5	0.953351	0.41079092	0.514617229	53.97	43.08
90	34	4	0.582552	0.323480643	0.40542942	69.59	55.52
91	62	2	1.548954	0.801819042	1.004727731	64.86	51.76
92	52	5	1.074005	0.641258588	0.79175305	73.71	59.70
93	27	4	0.295182	0.138045	0.176538944	59.80	46.76
94	33	3	0.444121	0.179143384	0.212713803	47.89	40.33
95	30	3	0.35482	0.168131277	0.215500691	60.73	47.38
96	33	2	0.323435	0.151416	0.192668354	59.56	46.81
97	30	2	0.271792	0.110219392	0.14133399	52.01	40.55
98	27	4	0.292561	0.133030186	0.171234502	58.52	45.47
99	35	2	0.374087	0.171080948	0.218247977	58.34	45.73
100	28	3	0.308728	0.142666	0.183533717	59.44	46.21
101	32	2	0.304231	0.149843313	0.1901282	62.49	49.25
102	30	3	0.349852	0.161829612	0.206321303	58.97	46.25
103	25	3	0.185655	0.077871328	0.10011	59.65	41.94
104	27	2	0.215466	0.099699	0.128130031	59.46	46.27
105	40	4	0.783185	0.426915791	0.535826355	68.41	54.51
106	51	2	1.153502	0.596718548	0.746222223	64.69	51.73
107	53	2	0.706712	0.327315216	0.412156913	58.32	46.31
109	66	5	2.292859	0.914398171	1.138534587	49.65	39.88
110	52	3	1.101763	0.48295955	0.60162105	54.60	43.83

111	59	2	1.114327	0.439894346	0.549160674	49.28	39.47
112	50	5	0.772496	0.391716378	0.483437284	62.58	50.70
113	55	2	1.21149	0.592687331	0.733637053	60.55	48.92
114	48	5	0.902239	0.444023886	0.551099781	61.08	49.21
115	54	2	1.148062	0.569679893	0.712406917	62.05	49.62
116	51	3	0.518812	0.268223464	0.331943656	63.98	51.69
117	27	3	0.146152	0.088982	0.113374826	77.57	60.88
118	29	2	0.167886	0.081410934	0.103933627	61.90	48.49
119	63	3	1.207494	0.651877406	0.817153274	67.67	53.98
120	56	4	0.957904	0.528974426	0.654648537	68.34	55.22
121	51	4	0.785251	0.353960582	0.441109671	56.17	45.07
122	58	3	1.02424	0.50852337	0.637203027	62.21	49.64
123	51	3	0.777071	0.440189	0.555208903	71.44	56.67
124	51	3	0.77509	0.336360876	0.427108204	55.10	43.39
125	28	2	0.232586	0.114054	0.145370937	62.50	49.03
126	54	4	1.154025	0.518748898	0.640744192	55.52	44.95
127	51	5	0.768891	0.368512295	0.458507473	59.63	47.92
128	52	5	1.074453	0.452086322	0.5642151	52.51	42.07
129	52	4	0.798407	0.416886908	0.621733409	77.87	52.21
130	49	4	1.146461	0.634965956	0.691477859	60.31	55.38
			0.69464871	0.340814812	0.428336736	61.95	49.05

ANEXO 2. Clasificación de las 120 trozas por categoría diamétrica

Numero de Troza	Categoría Diamétrica	Clase de Troza	Vol. de Troza	Vol Madera Nominal	Vol. Madera Real	C. A. Real	C. A. Nominal
103	25	3	0.185655	0.07787133	0.10011	59.65	41.94
104	27	2	0.215466	0.099699	0.12813003	59.46	46.27
117	27	3	0.146152	0.088982	0.11337483	77.57	60.88
93	27	4	0.295182	0.138045	0.17653894	59.80	46.76
98	27	4	0.292561	0.13303019	0.1712345	58.52	45.47
43	28	2	0.391561	0.15200641	0.19818244	50.61	38.82
125	28	2	0.232586	0.114054	0.14537094	62.50	49.03
100	28	3	0.308728	0.142666	0.18353372	59.44	46.21
82	28	4	0.179937	0.07492166	0.09640521	53.57	41.63
18	28	5	0.312497	0.16105206	0.20710186	66.27	51.53
83	28	5	0.328466	0.1523997	0.19843641	60.41	46.39
118	29	2	0.167886	0.08141093	0.10393363	61.90	48.49
21	29	4	0.430497	0.17432559	0.2238997	52.01	40.49
84	29	5	0.342299	0.14610706	0.18938096	55.32	42.68
87	29	5	0.427193	0.19664477	0.25103393	58.76	46.03
97	30	2	0.271792	0.11021939	0.14133399	52.01	40.55
95	30	3	0.35482	0.16813128	0.21550069	60.73	47.38
102	30	3	0.349852	0.16182961	0.2063213	58.97	46.25
14	30	5	0.356239	0.18818904	0.23817045	66.85	52.82
74	30	5	0.388892	0.21227803	0.264674	68.05	54.58
			5.978261	2.77386304	3.55266754	60.12	46.71
80	31	4	0.279412	0.14374733	0.18229727	65.24	51.44
88	31	4	0.284699	0.149057	0.1904051	66.87	52.35
20	31	5	0.48885	0.20392062	0.26641734	54.49	41.71
23	31	5	0.390882	0.18396118	0.2366007	60.52	47.06
101	32	2	0.304231	0.14984331	0.1901282	62.49	49.25
79	32	3	0.407944	0.17796352	0.22912007	56.16	43.62
22	32	5	0.41275	0.17019605	0.22099657	53.54	41.23
96	33	2	0.323435	0.151416	0.19266835	59.56	46.81

27	33	3	0.554221	0.26212748	0.33674209	60.75	47.29
94	33	3	0.444121	0.17914338	0.2127138	47.89	40.33
11	33	4	0.561978	0.26242244	0.33409587	59.44	46.69
46	34	2	0.471894	0.21276964	0.27182118	57.60	45.08
10	34	4	0.592492	0.29850676	0.37720364	63.66	50.38
75	34	4	0.459853	0.25789961	0.32633211	70.96	56.08
90	34	4	0.582552	0.32348064	0.40542942	69.59	55.52
37	34	5	0.47374	0.2358754	0.29911822	63.13	49.79
99	35	2	0.374087	0.17108095	0.21824798	58.34	45.73
29	35	4	0.494031	0.22161865	0.2932175	59.35	44.85
41	35	5	0.362828	0.18897562	0.25417203	70.05	52.08
81	35	5	0.487206	0.27107481	0.34168154	70.13	55.63
			8.751206	4.2150804	5.37940897	61.49	48.15
42	36	2	0.644363	0.28828123	0.36352202	56.41	44.73
4	36	5	0.524229	0.31463163	0.39236811	74.84	60.01
5	36	5	0.481479	0.22594484	0.28701743	59.61	46.92
47	36	5	0.385749	0.19359677	0.24616645	63.81	50.18
65	36	5	0.52553	0.3008665	0.37306378	70.98	57.25
85	37	3	0.684735	0.31246854	0.39470067	57.64	45.63
24	37	4	0.548602	0.2613409	0.33160263	60.44	47.63
77	37	4	0.560458	0.30725745	0.38818058	69.26	54.82
34	38	2	0.742672	0.36693914	0.46093555	62.06	49.40
6	38	4	0.595972	0.34009713	0.4230798	70.98	57.06
71	38	4	0.5888	0.32397226	0.40630726	69.01	55.02
48	39	2	0.66418	0.36684081	0.46499006	70.01	55.23
15	39	4	0.774211	0.30057153	0.37286006	48.16	38.82
25	39	4	0.630678	0.24688751	0.31376287	49.75	39.14
66	39	4	0.608139	0.336263	0.42248669	69.47	55.29
16	39	5	0.606892	0.27264797	0.33900012	55.85	44.92
105	40	4	0.783185	0.42691579	0.53582636	68.41	54.51
35	40	5	0.649716	0.29162419	0.36808155	56.65	44.88

45	41	2	10.99959	5.47714717	6.88395199	62.96	50.08
			0.673622	0.32003936	0.40536408	60.17	47.51
57	41	3	0.474012	0.22034046	0.27783279	58.61	46.48
3	41	4	0.513623	0.31197692	0.38803288	75.54	60.74
7	41	5	0.673267	0.3843422	0.4774849	70.92	57.08
33	42	2	0.907219	0.4537578	0.57852173	63.76	50.01
53	42	2	0.731412	0.37106868	0.46798428	63.98	50.73
76	42	3	0.707036	0.34747131	0.44018166	62.25	49.14
13	43	4	0.567829	0.30194804	0.37480789	66.01	53.17
36	44	2	0.77995	0.37795124	0.47423918	60.80	48.45
69	44	2	0.776886	0.410594	0.51320571	66.05	52.85
56	44	4	0.78308	0.41600201	0.5347249	68.28	53.12
8	44	5	0.612675	0.29722857	0.3708002	60.52	48.51
68	44	5	0.794327	0.40174526	0.50564683	63.65	50.57
26	45	2	1.007511	0.51402942	0.63393648	62.92	51.01
39	45	2	0.820698	0.39142141	0.4900022	59.70	47.69
67	45	2	0.807925	0.34924111	0.44060147	54.53	43.22
17	45	5	0.724897	0.37303512	0.46502207	64.15	51.46
			12.355969	6.24219292	7.83838925	63.64	50.69
9	46	4	0.659023	0.36831565	0.46051014	69.87	55.88
49	47	2	0.873312	0.50930995	0.64042	73.33	58.31
55	47	2	0.647111	0.30548765	0.38427719	59.38	47.20
30	47	4	0.894381	0.43753461	0.54880576	61.36	48.92
78	48	2	0.931456	0.483943	0.60482483	64.93	51.95
60	48	3	0.939091	0.50360725	0.62928296	67.01	53.62
89	48	5	0.953351	0.41079092	0.51461723	53.97	43.08
114	48	5	0.902239	0.44402389	0.55109978	61.08	49.21
61	49	3	0.955984	0.55788121	0.68650157	71.81	58.35
86	49	3	1.171212	0.560241	0.70394113	60.10	47.83
130	49	4	1.146461	0.63496596	0.69147786	60.31	55.38
54	50	2	0.999361	0.45238129	0.56697363	56.73	45.26

52	50	3	0.726769	0.4133473	0.51147612	70.37	56.87
28	50	4	1.013055	0.60084809	0.73883731	72.93	59.31
32	50	4	0.78635	0.31836788	0.39647468	50.41	40.48
38	50	4	1.034548	0.49465991	0.6145604	59.40	47.81
40	50	5	0.762221	0.41649362	0.53322978	69.95	54.64
72	50	5	1.017278	0.3992872	0.55832468	54.88	39.25
112	50	5	0.772496	0.39171638	0.48343728	62.58	50.70
			17.185699	8.70320275	10.8190723	63.18	50.74
106	51	2	1.153502	0.59671855	0.74622222	64.69	51.73
116	51	3	0.518812	0.26822346	0.33194366	63.98	51.69
123	51	3	0.777071	0.440189	0.5552089	71.44	56.64
124	51	3	0.77509	0.33636088	0.4271082	55.10	43.39
121	51	4	0.785251	0.35396058	0.44110967	56.17	45.07
127	51	5	0.768891	0.3685123	0.45850747	59.63	47.92
62	52	3	1.071393	0.56525539	0.70261545	65.57	52.75
110	52	3	1.101763	0.48295955	0.60162105	54.60	43.83
129	52	4	0.798407	0.41688691	0.62173341	77.87	52.21
58	52	5	0.962978	0.40184358	0.51140939	53.10	41.72
92	52	5	1.074005	0.64125859	0.79175305	73.71	59.70
128	52	5	1.074453	0.45208632	0.5642151	52.51	42.07
107	53	2	0.706712	0.32731522	0.41215691	58.32	46.31
115	54	2	1.148062	0.56967989	0.71240692	62.05	49.62
126	54	4	1.154025	0.5187489	0.64074419	55.52	44.95
113	55	2	1.21149	0.59268733	0.73363705	60.55	48.92
63	55	3	1.225856	0.5016408	0.61677445	50.31	40.92
			16.307761	7.83432724	9.8691671	60.89	48.20
50	56	2	1.242108	0.6782278	0.84624408	68.12	54.60
51	56	2	0.930344	0.5169791	0.63929547	68.71	55.56
120	56	4	0.957904	0.52897443	0.65464854	68.34	55.22
122	58	3	1.02424	0.50852337	0.63720303	62.21	49.64
111	59	2	1.114327	0.43989435	0.54916067	49.28	39.47

1	60	2	1.461129	0.61127026	0.77078374	52.75	41.83
91	62	2	1.548954	0.80181904	1.00472773	64.86	51.76
119	63	3	1.207494	0.65187741	0.81715327	67.67	53.98
109	66	5	2.292859	0.91439817	1.13853459	49.65	39.88
						61.29I	49.11

ANEXO 3. Clasificación de las 120 trozas por calidades

Numero de. Troza	Clase de troza	Categoría Diamétrica	Vol. de Troza	Vol. Madera Nominal	Vol. Madera Real	C. A. Real	C. A. Nominal
104	2	27	0.215466	0.099699	0.12813003	59.46	46.27
43	2	28	0.391561	0.15200641	0.19818244	50.61	38.82
125	2	28	0.232586	0.114054	0.14537094	62.50	49.03
118	2	29	0.167886	0.08141093	0.10393363	61.90	48.49
97	2	30	0.271792	0.11021939	0.14133399	52.00	40.55
101	2	32	0.304231	0.14984331	0.1901282	62.49	49.25
96	2	33	0.323435	0.151416	0.19266835	59.56	46.81
46	2	34	0.471894	0.21276964	0.27182118	57.60	45.08
99	2	35	0.374087	0.17108095	0.21824798	58.34	45.73
42	2	36	0.644363	0.28828123	0.36352202	56.41	44.73
34	2	38	0.742672	0.36693914	0.46093555	62.06	49.40
48	2	39	0.66418	0.36684081	0.46499006	70.01	55.23
45	2	41	0.673622	0.32003936	0.40536408	60.17	47.51
33	2	42	0.907219	0.4537578	0.57852173	63.76	50.01
53	2	42	0.731412	0.37106868	0.46798428	63.98	50.73
36	2	44	0.77995	0.37795124	0.47423918	60.80	48.45
69	2	44	0.776886	0.410594	0.51320571	66.05	52.85
26	2	45	1.007511	0.51402942	0.63393648	62.92	51.01
39	2	45	0.820698	0.39142141	0.4900022	59.70	47.69
67	2	45	0.807925	0.34924111	0.44060147	54.53	43.22
49	2	47	0.873312	0.50930995	0.64042	73.33	58.31
55	2	47	0.647111	0.30548765	0.38427719	59.38	47.20
78	2	48	0.931456	0.483943	0.60482483	64.93	51.95
54	2	50	0.999361	0.45238129	0.56697363	56.73	45.26
106	2	51	1.153502	0.59671855	0.74622222	64.69	51.73
107	2	53	0.706712	0.32731522	0.41215691	58.32	46.31
115	2	54	1.148062	0.56967989	0.71240692	62.05	49.62
113	2	55	1.21149	0.59268733	0.73363705	60.55	48.92
50	2	56	1.242108	0.6782278	0.84624408	68.12	54.60

51	2	56	0.930344	0.5169791	0.63929547	68.71	55.56
111	2	59	1.114327	0.43989435	0.54916067	49.28	39.47
1	2	60	1.461129	0.61127026	0.77078374	52.75	41.83
91	2	62	1.548954	0.80181904	1.00472773	64.86	51.76
			25.277244	12.3383773	15.49425	60.86	48.28
103	3	25	0.185655	0.07787133	0.10011	59.65	41.94
117	3	27	0.146152	0.088982	0.11337483	77.57	60.88
100	3	28	0.308728	0.142666	0.18353372	59.44	46.21
95	3	30	0.35482	0.16813128	0.21550069	60.73	47.38
102	3	30	0.349852	0.16182961	0.2063213	58.97	46.25
79	3	32	0.407944	0.17796352	0.22912007	56.16	43.62
27	3	33	0.554221	0.26212748	0.33674209	60.75	47.29
94	3	33	0.444121	0.17914338	0.2127138	47.89	40.33
85	3	37	0.684735	0.31246854	0.39470067	57.64	45.63
57	3	41	0.474012	0.22034046	0.27783279	58.61	46.48
76	3	42	0.707036	0.34747131	0.44018166	62.25	49.14
60	3	48	0.939091	0.50360725	0.62928296	67.01	53.62
61	3	49	0.955984	0.55788121	0.68650157	71.81	58.35
86	3	49	1.171212	0.560241	0.70394113	60.10	47.83
52	3	50	0.726769	0.4133473	0.51147612	70.37	56.87
116	3	51	0.518812	0.26822346	0.33194366	63.98	51.69
123	3	51	0.777071	0.440189	0.5552089	71.44	56.64
124	3	51	0.77509	0.33636088	0.4271082	55.10	43.39
62	3	52	1.071393	0.56525539	0.70261545	65.57	52.75
110	3	52	1.101763	0.48295955	0.60162105	54.60	43.83
63	3	55	1.225856	0.5016408	0.61677445	50.31	40.92
122	3	58	1.02424	0.50852337	0.63720303	62.21	49.64
119	3	63	1.207494	0.65187741	0.81715327	67.67	53.98
			16.112051	7.92910151	9.93096141	61.73	48.53
93	4	27	0.295182	0.138045	0.17653894	59.80	46.76
98	4	27	0.292561	0.13303019	0.1712345	58.52	45.47

82	4	28	0.179937	0.07492166	0.09640521	53.57	41.63
21	4	29	0.430497	0.17432559	0.2238997	52.01	40.49
80	4	31	0.279412	0.14374733	0.18229727	65.24	51.44
88	4	31	0.284699	0.149057	0.1904051	66.87	52.35
11	4	33	0.561978	0.26242244	0.33409587	59.44	46.69
10	4	34	0.592492	0.29850676	0.37720364	63.66	50.38
75	4	34	0.459853	0.25789961	0.32633211	70.96	56.08
90	4	34	0.582552	0.32348064	0.40542942	69.59	55.52
29	4	35	0.494031	0.22161865	0.2932175	59.35	44.85
24	4	37	0.548602	0.2613409	0.33160263	60.44	47.63
77	4	37	0.560458	0.30725745	0.38818058	69.26	54.82
6	4	38	0.595972	0.34009713	0.4230798	70.98	57.06
71	4	38	0.5888	0.32397226	0.40630726	69.01	55.02
15	4	39	0.774211	0.30057153	0.37286006	48.16	38.82
25	4	39	0.630678	0.24688751	0.31376287	49.75	39.14
66	4	39	0.608139	0.336263	0.42248669	69.47	55.29
105	4	40	0.783185	0.42691579	0.53582636	68.41	54.51
3	4	41	0.513623	0.31197692	0.38803288	75.54	60.74
13	4	43	0.567829	0.30194804	0.37480789	66.01	53.17
56	4	44	0.78308	0.41600201	0.5347249	68.28	53.12
9	4	46	0.659023	0.36831565	0.46051014	69.87	55.88
30	4	47	0.894381	0.43753461	0.54880576	61.36	48.92
130	4	49	1.146461	0.63496596	0.69147786	60.31	55.38
28	4	50	1.013055	0.60084809	0.73883731	72.93	59.31
32	4	50	0.78635	0.31836788	0.39647468	50.41	40.48
38	4	50	1.034548	0.49465991	0.6145604	59.40	47.81
121	4	51	0.785251	0.35396058	0.44110967	56.17	45.07
129	4	52	0.798407	0.41688691	0.62173341	77.87	52.21
126	4	54	1.154025	0.5187489	0.64074419	55.52	44.95
120	4	56	0.957904	0.52897443	0.65464854	68.34	55.22
			20.637176	10.4235503	13.0776331	63.33	50.19

18	28	0.312497	0.16105206	0.20710186	66.27	51.53
83	28	0.328466	0.1523997	0.19843641	60.41	46.39
84	29	0.342299	0.14610706	0.18938096	55.32	42.68
87	29	0.427193	0.19664477	0.25103393	58.76	46.03
14	30	0.356239	0.18818904	0.23817045	66.85	52.82
74	30	0.388892	0.21227803	0.264674	68.05	54.58
20	31	0.48885	0.20392062	0.26641734	54.49	41.71
23	31	0.390882	0.18396118	0.2366007	60.52	47.06
22	32	0.41275	0.17019605	0.22099657	53.54	41.23
37	34	0.47374	0.2358754	0.29911822	63.13	49.79
41	35	0.362828	0.18897562	0.25417203	70.05	52.08
81	35	0.487206	0.27107481	0.34168154	70.13	55.63
4	36	0.524229	0.31463163	0.39236811	74.84	60.01
5	36	0.481479	0.22594484	0.28701743	59.61	46.92
47	36	0.385749	0.19359677	0.24616645	63.81	50.18
65	36	0.52553	0.3008665	0.37306378	70.98	57.25
16	39	0.606892	0.27264797	0.33900012	55.85	44.92
35	40	0.649716	0.29162419	0.36808155	56.65	44.88
7	41	0.673267	0.3843422	0.4774849	70.92	57.08
8	44	0.612675	0.29722857	0.3708002	60.52	48.51
68	44	0.794327	0.40174526	0.50564683	63.65	50.57
17	45	0.724897	0.37303512	0.46502207	64.15	51.46
89	48	0.953351	0.41079092	0.51461723	53.97	43.08
114	48	0.902239	0.44402389	0.55109978	61.08	49.21
40	50	0.762221	0.41649362	0.53322978	69.95	54.64
72	50	1.017278	0.3992872	0.55832468	54.88	39.25
112	50	0.772496	0.39171638	0.48343728	62.58	50.70
127	51	0.768891	0.3685123	0.45850747	59.63	47.92
58	52	0.962978	0.40184358	0.51140939	53.10	41.72
92	52	1.074005	0.64125859	0.79175305	73.71	59.70
128	52	1.074453	0.45208632	0.5642151	52.51	42.07

109	5	66	2.292859 21.331374	0.91439817 10.2067484	1.13853459 12.8975638	49.65 61.86	39.88 48.80
-----	---	----	-----------------------	--------------------------	--------------------------	----------------	----------------