

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA DE LA MADERA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

TESIS

**“ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA DEL ASERRADERO DEL
TARAHUMAR Y BAJÍOS DEL TARAHUMAR, TEPEHUANES,
DURANGO, PARA INCREMENTAR SU PRODUCTIVIDAD”**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA

PRESENTA:

ING. EDGAR CONTRERAS HERNÁNDEZ

DIRECTOR:

DR. DAVID ZAVALA ZAVALA

MORELIA, MICH., AGOSTO DE 2007

RESUMEN

Con el fin de evaluar la eficiencia del aserradero del Tarahumar y Bajíos del Tarahumar, Tepehuanes, Durango, en el presente trabajo se determinaron los coeficientes de aserrío nominal y real de una muestra de 171 trozas. Se consideraron 6 categorías diamétricas que abarcaron principalmente un rango de 25 a 55 cm, en las calidades 2 y M, 3ra, 4ta y 5ta de las longitudes más frecuentes para las especies de *Pinus durangensis* y *Pinus arizonica*. Respecto al diámetro de las trozas el 95.15% se ubicaron en un rango de 25-45 cm. El 85.44% de la trocería se situó en las longitudes de 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20'). El coeficiente de aserrío nominal resultó de 50.81 % y el real de 67.71%. La proporción de costeras fue de 16.91% y se obtuvo un porcentaje de aserrín de 15.14%. El diámetro y la calidad de las trozas no influyeron en el coeficiente de aserrío. En cambio, a medida que aumentó la conicidad de la trocería el coeficiente de aserrío disminuyó. En términos generales, con el incremento de la categoría diamétrica aumentó la proporción de madera aserrada en las calidades 2 y M, 3 y 4, y disminuyó la proporción de calidad 5. El espesor nominal más común correspondió a las tablas de 22.22 mm (7/8"), mismo que representó el 49.97 % del volumen total de madera aserrada y los espesores nominales de 31.75 mm (5/4") y 38.1 mm (6/4") representaron el 46.88% y 3.15% respectivamente. Las dimensiones óptimas de corte para los espesores nominales de 22.22 mm (7/8"), 31.75 mm (5/4") y 38.1 mm (6/4") fueron 27.76 mm, 38.25 mm y 46.00 mm respectivamente. En trozas de una misma longitud se determinó que existe una relación directamente proporcional entre el tiempo de asierre y su diámetro.

ABSTRACT

In this study the nominal and actual Lumber Recovery Factor (LRF) of a sample size of 171 logs were determined, in order to evaluate the efficiency of the sawmill from the Tarahumar y Bajíos del Tarahumar, Tepehuanes, Durango. Six log diameter categories were considered, in 5 cm intervals ranging from 25 to 55 cm, in four grades classifications established as 2M, 3rd, 4th and 5th, in the most frequent log length categories for *Pinus durangensis* and *Pinus arizonica*. About 95% of the logs diameter fluctuated within a range of 25 to 45 cm. Regarding the logs length, three dimensions: 3.65 m (12'), 4.87 m (16') and 6.09 m (20') represented 85% of the logs sampled. A nominal LRF of 50.81 % and actual LRF of 67.71% were determined. The proportion of slabs was 16.91% and 15.14% corresponded to sawdust. The diameter and quality of the logs did not seem to have any influence on the lumber recovery factor. As for the log taper, there is an inverse relationship, when log taper increased the LRF diminish. In relation to the log diameter and lumber grade, with the increment of the log diameter category, the proportion of 2M and 3rd lumber grade increased, 4th grade remains constant and the proportion of 5th grade decreased. The most common nominal lumber thickness was 22.22 mm (7/8"), and represented 49.97% of the total lumber volume output; while the 31.75 mm (5/4") and 38.1 mm (6/4) nominal lumber thicknesses represented 46.88% and 3.15% respectively. To achieve a 95% the lumber productions with the appropriate thickness dimensions, the target sizes for the nominal thickness of 22.22 mm (7/8"), 31.75 mm (5/4") and 38.1 mm (6/4") were of 27.76 mm, 38.25 mm and 46.00 mm respectively. Regarding the processing time, a close relation between the sawing time and log diameter was determined.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	I
ABSTRACT	II
INDICE DE CONTENIDO	III
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE FIGURAS	VIII
INDICE DE ANEXOS	X
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1. Tamaño de muestra	2
2.2. Coeficiente de aserrío	2
2.3. Refuerzos de la trocería y de la madera aserrada	5
2.4. Clasificación de la trocería de pino	9
2.5. Clasificación de la madera aserrada	9
2.5.1. Clasificación de la madera aserrada de pino	10
2.6. Control de calidad en el proceso de aserrío	10
3. OBJETIVOS	12
4. MATERIALES Y MÉTODOS	13
4.1. Tamaño de la muestra estudiada	13
4.1.1. Determinación del tamaño de muestra	14
4.2. Cubicación de las trozas	14
4.3. Clasificación de las trozas	14
4.4. Clasificación de la madera aserrada	15
4.5. Coeficiente de aprovechamiento y proporción de subproductos	17
4.6. Determinación de la variación del corte por efecto del aserrío en las tablas	17
4.7. Determinación de la dimensión óptima de corte	18
4.8. Gráficas de control de calidad	19
4.9. Determinación de tiempos de asierre por tipo de trocería	21
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1. Características de las trozas procesadas	22
5.2. Tamaño de la muestra	23

5.2.1. Determinación de la frecuencia diamétrica de las trozas	24
5.2.2. Frecuencia y distribución de las longitudes de las trozas	25
5.2.3. Distribución de las calidades de las trozas	26
5.3. Coeficiente de aprovechamiento de trocería en el proceso de aserrío	27
5.3.1. Coeficiente de aserrío considerando la trocería con corteza	27
5.3.2. Efecto de la calidad de las trozas en el coeficiente de aserrío	28
5.3.3. Relación de la calidad de las trozas con la calidad de la madera aserrada	29
5.3.4. Efecto del diámetro de las trozas con el coeficiente de aserrío	33
5.3.5. Efecto de la conicidad de las trozas en el coeficiente de aserrío	34
5.4. Proporción de subproductos	37
5.5. Refuerzos de la madera aserrada	41
5.5.1. Variación del espesor de las tablas por efecto del corte	41
5.5.2. Determinación de la dimensión óptima en grosor	42
5.5.3. Madera aserrada con dimensiones inferiores a la especificada	43
5.6. Gráficas de control de calidad	46
5.6.1. Gráfica de \bar{X} para el espesor de 22.22 mm (7/8")	46
5.6.2. Gráfica de \bar{R}_b para el espesor 22.22 mm de (7/8")	47
5.6.3. Gráfica de \bar{R}_w para el espesor de 22.22 mm (7/8")	48
5.6.4. Gráfica de \bar{X} para el espesor de 31.75 mm (5/4")	48
5.6.5. Gráfica de \bar{R}_b para el espesor de 31.75 mm (5/4")	49
5.6.6. Gráfica de \bar{R}_w para el espesor de 31.75 mm (5/4")	50
5.7. Efecto de la longitud de las tablas en la variación del espesor de la madera aserrada	50

5.7.1. Desviación estándar para el espesor de 22.22 mm (7/8") en longitudes de 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20').	50
5.7.2. Desviación estándar para el espesor de 31.75 mm (5/4") en longitudes de 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20').	52
5.8. Tiempos de procesamiento por tipo de trocería	53
5.8.1. Tiempos de procesamiento por tipo de trocería (Proceso de la muestra estudiada)	53
5.8.2. Tiempos de procesamiento por tipo de trocería (Proceso normal de producción)	59
6. CONCLUSIONES	63
7. RECOMENDACIONES	65
8. BIBLIOGRAFIA	67
9. ANEXOS	72

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de la trocería a muestrear para el proceso de aserrío.	13
Cuadro 2. Relación de trozas por categorías diamétricas, longitudes y calidades.	23
Cuadro 3. Tamaño de muestra para un 95% de confiabilidad con una premuestra de 103 trozas.	24
Cuadro 4. Relación de trozas procesadas por categorías diamétricas y longitudinales.	25
Cuadro 5. Diferencia entre el coeficiente de aserrío con y sin corteza.	28
Cuadro 6. Relación de la calidad de la trocería con el coeficiente de aserrío.	29
Cuadro 7. Proporción de calidad de la madera aserrada.	31
Cuadro 8. Categorías diamétricas y coeficientes de aserrío de una muestra de 171 trozas.	33
Cuadro 9. Coeficientes de aserrío agrupados por categoría diamétrica y longitudes de las trozas.	34
Cuadro 10. Conicidad y coeficientes de aserrío en las diferentes longitudes de las trozas.	37
Cuadro 11. Proporción de madera aserrada y subproductos	39
Cuadro 12. Proporción de refuerzos y sus excedentes en distintas dimensiones de madera aserrada.	41
Cuadro 13. Valores para la desviación estándar con espesor de 22.22 mm (7/8”).	52
Cuadro 14. Valores para la desviación estándar con espesor de 31.75 mm (5/4”).	53
Cuadro 15. Relación del tiempo de aserrado con el diámetro de las trozas.	54

Cuadro 16. Relación de tiempo de aserrado con la calidad de las trozas para las longitudes de 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20').	58
Cuadro 17. Relación del tiempo de aserrado con el diámetro de las trozas.	59
Cuadro 18. Relación de tiempo de aserrado con la calidad de las trozas para las longitudes de 3.04 m (10'), 3.65 m (12'), 4.26 m (14'), 4.87 m (16'), 5.48 (18') y 6.09 m (20').	62

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama de frecuencias por categoría diamétrica para la muestra de 103 trozas.	25
Figura 2. Diagrama de frecuencias por longitudes para 103 trozas.	26
Figura 3. Diagrama de frecuencias por calidad de la muestra de 103 trozas.	27
Figura 4. Coeficiente de aserrío real y nominal con y sin corteza.	28
Figura 5. Proporción de calidad por categoría diamétrica y por calidad de la trocería.	32
Figura 6. Correlación entre el coeficiente de aserrío y el ahusamiento para trozas de 3.65 m (12’).	35
Figura 7. Correlación entre el coeficiente de aserrío y el ahusamiento para trozas de 4.87 m (16’).	36
Figura 8. Correlación entre el coeficiente de aserrío y el ahusamiento para trozas de 6.09 m (20’).	36
Figura 9. Proporción de madera aserrada y de subproductos.	38
Figura 10. Interrelación de la proporción de costeras y recortes con el diámetro de la trocería.	40
Figura 11. Distribución de Frecuencias de tablas de 22.22 mm (7/8”).	44
Figura 12. Distribución de frecuencias de tablas de 31.75 mm (5/4”).	45
Figura 13. Distribución de frecuencias de tablas de 38.1 mm (6/4”).	46
Figura 14. Gráfica de $\bar{\bar{X}}$ para una muestra de 75 tablas integradas en 15 subgrupos.	47
Figura 15. Gráfica de $\bar{R} b$ para una muestra de 75 tablas integradas en 15 subgrupos.	47
Figura 16. Gráfica de \bar{R}_w para una muestra de 75 tablas integradas en 15 subgrupos.	48

Figura 17. Gráfica de $\bar{\bar{X}}$ para una muestra de 80 tablas integradas en 16 subgrupos.	49
Figura 18. Gráfica de \bar{R}_b para una muestra de 80 tablas integradas en 16 subgrupos.	49
Figura 19. Gráfica de \bar{R}_w para una muestra de 80 tablas integradas en 16 subgrupos.	50
Figura 20. Efecto de la longitud de las tablas en la variación del espesor de la madera aserrada para espesor de 22.22 mm (7/8”).	51
Figura 21. Efecto de la longitud de las tablas en la variación del espesor de la madera aserrada para espesor de 31.75 mm (5/4”).	53
Figura 22. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas 3.65 m (12’) de longitud.	55
Figura 23. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 4.87 m (16’) de longitud.	56
Figura 24. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 6.09 m (20’) de longitud.	56
Figura 25. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas 3.65 m (12’) de longitud.	60
Figura 26. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 4.87 m (16’) de longitud.	60
Figura 27. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 6.09 m (20’) de longitud.	61

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Diagrama del aserradero El Tarahumar.	73
Anexo 2. Características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrío.	74
Anexo 3. Piezas generadas de las trozas para determinar el coeficiente de aserrío.	80
Anexo 4. Proporción de calidad por troza.	82
Anexo 5. Proporción de calidad por categoría diamétrica.	84
Anexo 6. Volumen nominal y real de las piezas generadas de las trozas.	85
Anexo 7. Datos para determinar la variación del espesor de la madera en el proceso de aserrío.	93

1. Introducción

Los estados de Durango, Chihuahua y Michoacán son los de mayor producción forestal maderable en el país y aprovechan principalmente pinos y encinos. En el 2004 se reportó que 12 millones de personas viven en las regiones forestales, en condiciones de marginación y pobreza. El 80 por ciento de los terrenos forestales son propiedad de ejidos y comunidades, el 15 por ciento es de propiedad privada y el 5 por ciento restante son terrenos de la nación. (FAO, 2005). La Comisión Forestal de América del Norte señala que en México corresponde a la madera aserrada el primer lugar entre los productos forestales (COFAN, 1999). Sin embargo, la industria del aserrío de nuestro país compite con otros que poseen un gran desarrollo tecnológico. Dada la importancia que tiene este sector, es necesario reducir los costos de producción e incrementar el rendimiento y aprovechamiento de la materia prima, así como dar valor agregado a los productos para poder ser más competitivos en el mercado.

En las diferentes fases de producción de un aserradero, influyen varios factores que afectan el coeficiente de aprovechamiento. Algunos de los factores directamente relacionados con la rentabilidad de los aserraderos son: las características y capacidad de producción del equipo utilizado; la habilidad y preparación del operario y condiciones del mantenimiento del equipo; las características de la trocería utilizada (calidad, dimensiones y refuerzos), y las características de la madera aserrada (Zavala, 1994).

En el presente trabajo se determinaron los coeficientes de aserrío nominal y real de una muestra dirigida de 171 trozas. Se consideraron 6 categorías diamétricas, en las calidades 2 y M, 3ra, 4ta y 5ta de las longitudes frecuentes; la proporción de madera aserrada y de los subproductos (costeras, recortes, aserrín); la proporción por calidades de la madera aserrada generada; 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 dimensiones óptimas de corte para los espesores nominales frecuentes, además del tiempo de procesamiento por tipo de troza para las especies de pino en el aserradero de la Comunidad el Tarahumar y Bajíos del Tarahumar, Tepehuanes, Durango.

2. Antecedentes

2.1. Tamaño de muestra

Para estudios de coeficiente de aserrío, generalmente se utiliza una muestra de 100 trozas al azar, con base en los lineamientos establecidos por la Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF, 1978).

García *et al.* (2001) analizaron una muestra de 120 trozas, para cada uno de cuatro aserraderos banda del sur de Jalisco, con el fin de determinar el coeficiente de aserrío, con base en la variación del volumen de una premuestra de 60 trozas, considerando un 95% como límite de confiabilidad.

Zavala (1981, 1992a, 1994) realizó estudios sobre coeficiente de aserrío en diferentes aserraderos, en los cuales determinó el tamaño de muestra con base en la variación del volumen de una premuestra, considerando un 95% como límite de confiabilidad de la media. Concluyó que el número de trozas muestreadas podría reducirse sin afectar la confiabilidad del estudio, a través de un muestreo dirigido y considerando la distribución de frecuencias de las clases diamétricas de la trocería.

2.2. Coeficiente de aserrío

El coeficiente de aserrío se determina a través de la relación del volumen de la madera aserrada entre el volumen de trocería que se utiliza para obtenerla, expresada en porcentaje. La industria maderera está particularmente basada en esta relación y este factor califica la eficiencia de un aserradero. El coeficiente de aserrío depende de las dimensiones de las trozas, del método de procesamiento, de las dimensiones de los productos generados y de la habilidad de los operarios (Dobie, 1973; SFF, 1978; Jiménez, 1992).

El coeficiente de aserrío se puede referir al volumen de madera de dimensiones comerciales, al volumen de madera de cortas dimensiones, y expresarse en dimensiones reales y/o nominales (Rodríguez, 1978).

La determinación de este coeficiente supone una serie de controles que requieren de una adecuada organización previa, para llegar a resultados representativos del total.

En primer término, se necesita identificar claramente los rollos que serán objeto de análisis; éstos pueden ser todos los que entren al aserradero durante un cierto periodo o puede ser una parte de ese total; en este último caso, los rollos que se utilicen para extraer datos deben ser representativos del total. También se deberá mantener claramente identificadas (hasta el momento de medirlas, por lo menos) las piezas resultantes de esos rollos. En segundo lugar, cada rollo debe ser medido para calcular luego su volumen. En varios países se recomienda llegar a este mediante la fórmula conocida como de Smalian. Las medidas de radios o diámetros deben ser tomadas descartando la corteza. En cuanto a las piezas obtenidas, se miden una vez totalmente escuadradas y según el sistema de trabajo que se aplique, se medirá pieza por pieza o se medirá grupos de piezas similares (Tuset y Duran, s/f).

Entre los factores principales que afectan el coeficiente de aserrío destacan el diámetro y forma de las trozas a procesar, la clase de madera y su calidad, el patrón de corte y el tipo de sierra empleado para transformar la materia prima. Conforme se reduce el diámetro de las trozas disminuye el rango de rendimiento. Mientras que en el aserrío de bosque natural, con diámetro medio de 60 cm, el rendimiento varía de 45 a 75%; cuando se procesa madera de raleos con diámetro medio de 15 cm, apenas se alcanza de 30 a 35% (Serrano, 1991).

Una gran cantidad de factores influyen sobre el aprovechamiento de madera aserrada. Las variables más significativas son: el ancho de corte, el esquema de corte, las dimensiones de la madera, el diámetro, longitud, conicidad y calidad de la troza, sobredimensión de la madera verde, la toma de decisiones del personal y las condiciones de mantenimiento de la maquinaria (Melo y Ravón, 1989).

La clase de trocería y su calidad afectan el rendimiento debido a características específicas como la conicidad, torceduras, médula y ramas incrustadas con nudos vivos o muertos. Estas características aunadas a la manifestación de tensiones de crecimiento y la presencia de grano entrecruzado, inducen a la aparición de defectos en la madera aserrada como grietas, rajaduras, así como piezas arqueadas, acanaladas, encorvadas o con alabeos (Serrano, 1991).

A fin de obtener un alto aprovechamiento en madera aserrada y atender la mayor amplitud de mercados, suele ser necesario racionalizar los tamaños de la madera aserrada a obtener (FAO, 1982).

Szymani (1993) establece que aún con el perfecto conocimiento de la forma de la troza y su calidad, todavía se está enfrentando al problema de cuál va a ser el aprovechamiento del proceso de transformación primario y secundario, por lo que es necesario procesar la madera y evaluar la calidad de ésta.

Fronius (1984) señala que los datos del aprovechamiento deben estar separados por calidad de madera a vender. Asimismo los aprovechamientos deben definirse según productos obtenidos: principales, secundarios, astillas, viruta o aserrín.

Estrada (1992) realizó un estudio de rendimientos de las operaciones de aserrío en un aserradero de Michoacán y en otro de Jalisco. De la materia prima que se procesa en el aserradero de Michoacán, solamente el 40% pasa a la canteadora y en el de Jalisco hasta el 70%. En el primero, el tiempo productivo representa el 60% respecto al tiempo total, en tanto que en el segundo representa el 70%.

Castro (1992) determinó el coeficiente de aserrío de la empresa Productora Forestal Acuitzio-Villa Madero, el cual resultó ser de 57.61% para los productos comerciales tradicionales de largas dimensiones y de 1.55% para los productos comerciales de cortas dimensiones, referidos al volumen total muestreado con corteza de 128.669 m³r. Las tiras, costeras y recortes arrojaron un porcentaje de transformación del 21.62%, productos que podrían aprovecharse en un 60%.

Serrato (1995), en un aserradero de Michoacán, determinó un coeficiente de aserrío de 58 y 60.06% para los productos comerciales de largas dimensiones, así como el 4.21 y 4.54% de productos comerciales de cortas dimensiones con relación a los volúmenes totales de las trozas con corteza de 43.864 y 79.495 m³r de pino y oyamel, respectivamente. Los residuos de asierre, tales como tiras y costeras representaron el 37.63% y los recortes (cabeceado) el 25.36%.

Méndez (1996) determinó el coeficiente de aserrío en la planta “El Fresno”, Ejido la Estancia, Municipio de Morelia, el cual resultó ser del 59.18% para 107 trozas de *Pinus* sp. Posteriormente, con una muestra de 10 trozas obtuvo un coeficiente de aserrío de 58.67%. Comprobó que no hubo gran variación de los coeficientes de aserrío de las 10 trozas respecto a las 107 trozas, debido a que los diámetros y longitudes de la trocería no variaron mucho en dimensiones.

García *et al.* (2001) determinaron un coeficiente de aserrío nominal de 44.58% y un coeficiente real de 61.72%. Los cuatro aserraderos tuvieron una producción promedio por hora de 2.95 m³. Del total de la producción de los cuatro aserraderos, el 72.09% fueron tablas de ¾" de espesor, el refuerzo fue de 2.14 % y el 25.91 % lo constituyeron tablones de 1½", madera de recuperación y desperdicios.

Vega (2007) evaluó la interrelación de las características de las trozas en el coeficiente de aserrío y en la calidad de la madera aserrada, utilizando una muestra de 132 trozas de calidad 4 y 5 para generar tablas y cuarterones. Los resultados indicaron que promediando ambas calidades de trocería, el coeficiente de aserrío real fue de 70.31% para la alternativa de tablas y 67.17% para la alternativa de tablas y cuarterones, que corresponden a un coeficiente de aserrío nominal de 54.48% y 55% respectivamente. Determinó que existe una relación directa entre la calidad de las trozas con la calidad de la madera aserrada. La proporción de subproductos resultó de 19.35 % de costeras y recortes, 13.38% de aserrín y 67.27%. Estableció una dimensión óptima de corte de 26.42 mm para el espesor nominal de 7/8", que representó el 93% del volumen total de madera aserrada de la alternativa de producción de tablas.

2.3. Refuerzos de la trocería y de la madera aserrada

Las longitudes más comunes de las trozas utilizadas en la producción de madera aserrada son de 8' a 22', en dimensiones nominales, con intervalos de 2' y con un refuerzo adicional en longitud que varía de 4" a 12" (Rodríguez, 1978).

La Norma Oficial Mexicana NOM-C359-1988 (DGN, 1988) establece un refuerzo en longitud de 6" para trozas de dimensiones nominales de 8' a 14' y de 18' y 22'. Para las trozas de 16', 20' y 24', el refuerzo debe ser de 12", considerando que estas dimensiones se pueden seccionar para obtener dos trozas de categorías menores, con su respectivo refuerzo de 6".

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; 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 y Lewis, 1979; Zavala, 1981, 1991, 1994, 1995b).

Rocha 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 1 ½”, 5% en 1 ¾” y el 4% en 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.

Las dimensiones más comunes en que se asierra y comercializa la madera aserrada varía de 4” a 12” en anchura y de 4’ a 20’ en longitud, con incrementos de 2” y de 2’ respectivamente. Los espesores oscilan de ½” a 2” en dimensiones nominales. El refuerzo por cepillado en madera áspera seca fluctúa de ¼” a 1/8” en grosor, con un mínimo de ½” en anchura y de 3” en longitud (Rodríguez, 1978).

Juárez *et al.* (2000) señalan que los excesos de refuerzo, tanto en trocería como en madera aserrada, representan un considerable volumen de madera y recursos económicos, posibles de recuperar si se realizan adecuadamente las técnicas de troceo y asierre. El excedente del refuerzo en la madera en rollo se estima en un 3% y para la madera aserrada en un 5%, volúmenes que significan pérdidas para el productor y para el bosque.

Zavala (1992b) analizó el efecto que tienen en el coeficiente de aserrío el exceso de los refuerzos de la longitud de las trozas de pino y del espesor de la madera aserrada, en seis aserraderos banda de 6”, 8” y 10” de ancho. Con el control adecuado de la longitud se tiene un incremento potencial de 4.34% y con el control de espesores de las tablas un 6.32%.

Juárez (1987) concluyó que la industria de aserrío tiene una eficiencia anual promedio del 43.5% con relación a la capacidad instalada. El 75% de la trocería que se procesa presenta exceso de refuerzo, significando un promedio del 3 y 7% para trocería de 8 y 16 pies respectivamente, con relación al volumen total de la troza.

El índice de aprovechamiento de secundarios es muy bajo. Puntualiza que el industrial o productor de madera aserrada que no clasifica su madera deja de percibir alrededor del 18% de sus ventas totales, esto sin considerar los gastos que implicaría dicha clasificación.

Zavala (1994) determinó el coeficiente de aserrío por tipo de trocería, cuantificando la madera aserrada, las costeras, recortes y el aserrín, y la utilidad del proceso de aserrío relacionando los costos de la materia prima con los costos de producción y los precios de venta de los productos generados de cada clase y dimensión de las trozas. Concluyó que el porcentaje de trozas que excedieron el refuerzo en longitud de 6" fue de 77.7%, el cual representó un 4.34% del total del volumen de madera en rollo que se procesó en los aserraderos estudiados. La madera aserrada que obtuvo más frecuentemente en condiciones normales de producción, fue la de 3/4" de espesor, la cual representó un 80% del total de las piezas producidas y un 52% del total del volumen de madera aserrada. Señaló que es factible incrementar el coeficiente de aprovechamiento de madera aserrada, disminuyendo el grosor promedio de las tablas a un grosor óptimo, determinado en función de la variación del espesor de la madera, el cual representaría un aumento en el volumen de madera aserrada de un 3.55%. Reduciendo la variación del corte por el aserrío, a través del ajuste de los mecanismos del carro, se puede lograr un incremento adicional de 2.76% del volumen de madera aserrada. Indica que el valor de la madera potencialmente recuperable durante 1988 en el estado de Durango, a través de un control más cuidadoso de las prácticas de troceo del arbolado, de la reducción del espesor de las tablas y del control de la variación del corte por el aserrío, representó un volumen de 94,674.40 m³ ó de 40'141,944.75 pt, los cuales convertidos en pesos, representaron un ingreso potencial para la industria de aserrío de \$ 34,120'653.04.

Casillas (1986), en un estudio del aserradero "Las cruces", reporta que de 21.581 m³ de madera aserrada, 6.025 m³ se utilizó 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 esta variación se debe al efecto de la maquinaria, a la materia prima y a la mano de obra.

Ramírez (1998) señaló que la dimensión óptima a la que debe aserrarse la madera para que únicamente un 5% de la producción tuviese un valor inferior a la dimensión real de $\frac{3}{4}$ " de espesor una vez secada y cepillada, es de 21.8699 mm. El refuerzo de la madera que excede los 21.8699 mm, se considera como una pérdida de volumen, el cual repercute en un coeficiente de aprovechamiento menor y por consiguiente en pérdidas económicas.

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.

Montague (1971), citado por Borgo (1972), hace hincapié en algunas recomendaciones generales para la operación económica óptima de un aserradero:

- a) El mayor rendimiento volumétrico se obtendrá utilizando sierras del calibre mínimo posible y reduciendo los refuerzos. En consecuencia, la selección de la sierra, su mantenimiento y operación son muy importantes.
- b) El conocer las características de contracción de las especies y la tolerancia dimensional aceptable en madera seca, permitirán obtener de la trocería un mayor rendimiento al reducir al mínimo el refuerzo de la madera "verde" --- recién aserrada.
- c) Un análisis cuidadoso de las características de la trocería permite un aserrado óptimo. En términos generales, los fustes muy cónicos se deberían dimensionar en trozas cortas; los fustes curvados se deberían cortar en el punto más pronunciado de la curvatura; los defectos grandes se debieran eliminar por completo o dejarlos en los extremos de las trozas, y las trozas muy curvadas o torcidas deberían desecharse.

- d) Los aserradores deberían conocer las reglas de clasificación como una ayuda para decidir el primer corte de la troza y obtener la mayor calidad final posible.
- e) Si el conocimiento potencial de los mercados se toma en cuenta al seccionar los fustes, podrá contribuir a que sea posible producir los largos de madera aserrada que probablemente tendrán los precios más altos.
- f) Siempre que sea posible se procurará vender los residuos, pero nunca deberán producirse a expensas de productos aserrados de mayor valor.

2.4. Clasificación de la trocería de pino

La Norma Mexicana NMX-C-359-1988 (DGN, 1988), establece la siguiente clasificación para trocería de pino:

México Extra = Alta calidad; México 1 = Primera calidad; México 2 = Segunda calidad; México 3 = Tercera calidad; México 4 = Cuarta calidad; México 5 = Quinta calidad. Las trozas deben tener un diámetro y longitud mínimos de 25 cm y de 2.44 m, respectivamente.

Las especificaciones para cada clase incluyen diámetro mínimo, forma de la sección transversal, nudos, curvatura, ahusamiento, cicatrices, abultamientos, raspaduras, rajaduras, ataque de insectos, manchas, duramen, albura y caladuras. Conforme disminuye la calidad de las trozas los defectos que aceptan son mayores.

La clasificación de la trocería, aún cuando existe la Norma Oficial, generalmente se modifica dependiendo la región del país. En la región del norte, la clasificación incluye las categorías Clase 2 y Mejor, Clases 3, 4 y 5 (Zavala y Hernández, 2000).

2.5. Clasificación de la madera aserrada

Para la clasificación de la madera aserrada se utilizan especificaciones que definen la calidad de las tablas, basadas en signos distintivos o marcas tales como nudos, hilo cruzado, manchas, pudrición, rajaduras y bolsas, partiduras y huecos (Brown y Samuel, 1965).

2.5.1. Clasificación de la madera aserrada de pino

La Norma Mexicana NOM-C-18-1986 (DGN, 1986), establece la siguiente clasificación para la madera aserrada de pino: Grado “A” = Selecta; Grado “B” = de primera; Grado “C” = de segunda; Grado “D” = de tercera; Grado “E” = de cuarta; Grado “F” = de desecho. Las especificaciones para cada clase incluyen las características de los nudos, manchas, bolsas de resina, picaduras, pudriciones, orientación del hilo o grano de la madera y torceduras.

Con frecuencia, se utilizan sistemas de clasificación regional que no necesariamente coinciden con la Norma Oficial, por ejemplo, la clasificación de madera aserrada de pino adoptada en la región norte del país incluye las siguientes categorías: 2 y Mejor, Clase 3, Clase 4 y Clase 5, cada una delimitada por el tipo, extensión o severidad y número de defectos, principalmente nudos, rajaduras, manchas y resina (Zavala y Hernández, 2000).

2.6. Control de calidad en el proceso de aserrío

El control de calidad tiene como objetivo asegurar que los productos elaborados se ajusten a las especificaciones dadas. En la producción de la madera aserrada, como en todas las operaciones de manufactura en masa, se espera y se acepta variación. Las características de calidad que son de mayor importancia en la industria de la madera aserrada son el espesor, anchura, longitud, grado (clase) y contenido de humedad. La función del control de la calidad es indicar si la variación en un producto es razonable o no y que acción correctiva se debe emprender (Brown y Samuel, 1965).

Un aspecto importante para incrementar la eficiencia de los aserraderos es el empleo de programas de control de dimensiones de la madera aserrada. Un control de dimensiones permite determinar la dimensión óptima de corte de la madera aserrada para obtener piezas con parámetros que coincidan con las medidas nominales, para lo cual la tolerancia en el grueso y el ancho de las piezas debe corresponder precisamente al volumen que se pierde por contracciones, cepillado y por variación del corte en el aserrío (Brown, 1979; Zavala, 1991). El control de dimensiones permite identificar y localizar problemas que se presentan en las distintas máquinas que conforman el flujo tecnológico del aserradero y en la operación de la colocación de la troza en el carro de alimentación (Brown, 1986).

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.

Rendón (1989) tomó en cuenta las herramientas estadísticas para ser empleadas en las tareas de control de calidad en el proceso de aserrío, analizando las diferentes graficas de control tanto por variables como por atributos, sus características constructivas y sus principales aplicaciones. González (1996) Describió las herramientas estadísticas básicas aplicadas al control de calidad. Sosa (1990) concluyó que la implantación y seguimiento de un programa de control de calidad en el aserradero de la venta, Cd. Hidalgo, Michoacán, daría una recuperación de hasta 0.087 pie tabla por cada pie tabla producido. Recomienda continuar con investigaciones sobre control de calidad en las áreas de clasificación, tanto de trocería como de madera aserrada y la de afilado.

3. Objetivos

Objetivo general

Determinar la eficiencia del aserradero del Tarahumar y Bajíos del Tarahumar, Tepehuanes, Durango.

Objetivos específicos

1. Determinar el coeficiente de aserrío real y nominal por tipo de trocería, cuantificando la calidad de madera aserrada y proporción de subproductos (costeras, recortes y aserrín) que se generen del proceso de aserrío.
2. Analizar el efecto de la conicidad y la calidad de la trocería en el coeficiente de aprovechamiento.
3. Evaluar el efecto de los refuerzos y sus excedentes de los espesores más frecuentes de madera aserrada y su repercusión en los coeficientes de aprovechamiento nominal vs. real.
4. Establecer un sistema de control de dimensiones en el proceso de aserrío, indicando las dimensiones óptimas de corte para los espesores nominales más comunes en el aserradero.
5. Calcular el tiempo de procesamiento de la trocería con relación a su categoría diamétrica y longitud.

4. Materiales y Métodos

Para el presente trabajo se utilizó trocería de las especies de *Pinus durangensis* y *P. arizonica*, que son las que predominan en el área de Santiago Papasquiaro, Durango.

Para el proceso de aserrío, se utilizó una sierra banda de 8” de ancho, una desorilladora con dos sierras circulares para el saneo y dimensionado a lo ancho de las tablas y un péndulo para el saneo y dimensionado en longitud de las tablas (Anexo 1).

Adicionalmente 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 las tablas; un vernier digital para la medición del grosor de las tablas y un cronómetro para determinar los tiempos de asierre de cada troza procesada

4.1. 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 de 180 trozas que representa todos los tipos de trozas que se procesan regularmente en el aserradero seleccionado, indistintamente de su frecuencia. Se trató de seleccionar 3 trozas por cada categoría diamétrica y por cada clase de trocería en tres longitudes (Cuadro 1)

Cuadro 1. Características de la trocería a muestrear para el proceso de aserrío.

Categoría diamétrica (cm)	Calidad 2 y M			Calidad 3			Calidad 4			Calidad 5			Total
	12'	16'	20'	12'	16'	20'	12'	16'	20'	12'	16'	20'	
25-30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
31-35	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
36-40	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
41-45	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
46-50	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
51-55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12
56-60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12

180

4.1.1. Determinación del tamaño de muestra.

Generalmente para los estudios de evaluación del coeficiente de aprovechamiento de aserraderos, se utiliza una muestra de 100 trozas (SFF, 1991) En este estudio, con la finalidad de comparar el tamaño de muestra utilizado (3 trozas por cada categoría diamétrica y por cada clase de trocería en tres longitudes), se determinó estadísticamente el tamaño de muestra considerando la variación en volumen de las trozas, de una premuestra de 103 trozas, considerando un 95% como límite de confiabilidad de la media, mediante la siguiente fórmula (Dobie, 1973):

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

N = Tamaño de la muestra

S^2 = Varianza de la población

t^2 = Valor apropiado del estadístico “t”

E^2 = Error permitido

4.2. Cubicación de las trozas.

El volumen de las trozas se determinó mediante la fórmula de Smalian (Dobie, 1973)

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

V = Volumen en m^3

B, b = Áreas de las cabezas de las trozas en m^2

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, de la misma forma se midió la longitud al centímetro más próximo.

4.3. Clasificación de las trozas

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

Clase 2 y M. 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 3. 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 ligero de insectos, 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 4. 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 ligero de insectos, 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 5. 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 ligero de insectos, 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 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.

4.4. Clasificación de la madera aserrada

La madera aserrada se clasificó tomando en consideración cuatro clases: 2 y M, 3ra, 4ta y 5ta (Zavala y Hernández, 2000).

La madera de clase 2 y 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 clase 3 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 clase 4 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 clase 5 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.

4.5. 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.

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 30 cm de los extremos. El ancho real se determinó por el promedio de tres mediciones equidistante a lo largo de las tablas. Todas las medidas se realizaron con aproximación al milímetro.

Se cuantificó la proporción de costeras, tiras, recortes y aserrín generado de 19 trozas descortezadas. El volumen de las costeras (que incluyó tiras y recortes), se determinó a través de la relación de su peso con el volumen y el peso de las tablas de dimensiones conocidas generadas de las mismas trozas contiguas a las costeras. El volumen de aserrín se cuantificó por diferencia entre el volumen real de las trozas menos el volumen real de la madera y de las costeras.

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

Para evaluar la calidad del aserrío de la trocería, se analizó la variación en espesor de una muestra de 175 tablas generadas durante una jornada de trabajo, integrada por grupos de 10 tablas seleccionadas 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 30 cm de los extremos.

La variación del corte en el aserrío se determinó a través de la desviación estándar total del proceso (St), la cual está integrada por la variación en espesor a lo largo de la tabla, denominada “desviación estándar dentro de las tablas (Sw)” y por la variación de una tabla a otra,

denominada “desviación estándar entre tablas (Sb)”. Se utilizaron las siguientes fórmulas (Zavala, 1991):

$$St = \sqrt{(Sw)^2 + (Sb)^2} \quad (3)$$

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

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

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

$$Sb = \sqrt{[S(X)^2 - (Sw)^2 / n]} \quad (7)$$

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

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)

4.7. Determinación de la dimensión óptima de corte

La dimensión óptima de corte a la cual se debe aserrar la madera verde áspera y evitar tablas con espesores inferiores al requerido, se determina con la siguiente fórmula (Zavala, 1991):

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

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 de Z, se calculó considerando un 5% como límite permitido; lo que significa que únicamente un 5% de la producción de madera aserrada debe tener una dimensión en grosor inferior a la dimensión óptima, por lo que $Z = 1.65$ desviaciones estándar para distribución de frecuencias normal.

Las contracciones (%C), se determinaron mediante la siguiente relación (Zavala, 1991):

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

La dimensión óptima se obtuvo finalmente por la fórmula:

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

DC = Dimensión crítica

$$DC = (DF + RC)/(1 - \%C)$$

4.8. Gráficas de control de calidad

La variación en dimensiones de la madera aserrada en distintos intervalos de tiempo, se determinó a través de las tablas utilizadas en los análisis anteriores y se dividieron en subgrupos de 5 tablas para determinar las siguientes gráficas:

Gráfica del rango o amplitud (\bar{R})

Esta gráfica, muestra la variación de la amplitud de la dimensión de la madera. Se caracteriza por tener una línea central y límites de control superior e inferior. La línea central representa el promedio de las variaciones de las amplitudes de todas las tablas que integran la muestra. Los límites de control superior e inferior, representan los valores óptimos aceptables de variación de la dimensión.

Las observaciones que caen fuera de estos límites son indicadores de fallas o anomalías del proceso de aserrío, las cuales deben corregirse para eliminar esta variación.

La gráfica del rango se desglosó en dos componentes, la que represente la variación entre tablas (R_b) y la que represente la variación dentro de tablas (R_w)

Gráfica de \bar{R}_b

Para determinar los límites de control de la gráfica de \bar{R}_b , se calcula el rango o amplitud entre cada grupo de tablas, para que del promedio de los rangos de los grupos se determine el \bar{R}_b . La fórmula para la gráfica \bar{R}_b es la siguiente (Zavala, 1991):

$$L.C.S. = D4 \bar{R}_b$$

$$L.C.I. = D3 \bar{R}_b$$

Donde:

$L.C.S.$ = límite de control superior

$L.C.I.$ = límite de control inferior

$D4$ y $D3$ = factores para determinar los límites de control del rango o amplitud para subgrupos de “n” mediciones por tablas

\bar{R}_b = rango total promedio entre las tablas

Gráfica de \bar{R}_w

Para determinar los límites de control de la gráfica \bar{R}_w , se calcula el rango dentro de cada tabla de las que integran los subgrupos (5 tablas); posteriormente se deriva el rango promedio de las tablas que integran al subgrupo, y finalmente el \bar{R}_w de todos los grupos.

La fórmula correspondiente para esta gráfica es (Zavala, 1991):

$$L.C.S. = D4 \bar{R}_w$$

$$L.C.I. = D3 \bar{R}_w$$

Donde:

\bar{R}_w = rango total promedio dentro de las tablas

Gráfica de \bar{X}

Esta gráfica muestra la variación de los promedios de la dimensión de la muestra. Al igual que la gráfica del rango o amplitud, se caracteriza por tener una línea central y límites de control superior e inferior. El valor de \bar{X} representa el promedio en espesor de las tablas muestreadas (100 tablas). La fórmula para la gráfica \bar{X} es la siguiente (Zavala, 1991):

$$L.C.S. = \bar{X} + A2 \bar{R}_b$$

$$L.C.I. = \bar{X} - A2 \bar{R}_b$$

Donde:

\bar{X} = media total de la muestra

$A2$ = factor para determinar los límites de control de X , considerando el número de observaciones que integran cada grupo (5)

\bar{R}_b = rango total promedio entre las tablas

4.9. Determinación de tiempos de asierre por tipo de trocería.

Los tiempos del proceso de aserrío para cada una de las trozas muestreadas se determinaron con un cronómetro, con el cual se midió el tiempo requerido en aserrar cada troza, posteriormente se agruparon de acuerdo a la categoría diamétrica, calidad y longitud de las trozas.

5. Resultados y Discusión

5.1. Características de las trozas procesadas

En el Cuadro 2 se muestra la relación de trozas procesadas de acuerdo a su clase, categoría diamétrica y longitud; las cuales constituyen el tamaño de la muestra real. Se trató de procesar 3 trozas por categoría diamétrica, para cada una de las cuatro calidades de la trocería, en las 3 longitudes más frecuentes en que se presenta la trocería en este aserradero (12', 16', 20'). Para los rangos 25-30 y 51-55 se consideró únicamente una troza por longitud y calidad.

Como se puede apreciar en el Cuadro 1, faltaron algunas trozas de procesar, las cuales se mencionan a continuación indicando la calidad de las trozas:

Para la calidad 2 y M, dos trozas en el rango 31-35; una para la categoría 51-55, en la longitud de 3.65 m (12'); respecto a la longitud de 4.87 m (16'), una troza en la categoría 41-45; y para la longitud de 6.09 m (20'), una troza en el diámetro 46-50.

Para las trozas de calidad 3 en la longitud 3.65 m (12'), una troza para la categoría diamétrica 46-50; en la longitud 4.87 m (16'), una troza para los rangos 36-40 y 46-50.

Respecto a la trocería de calidad 4, una troza para el rango 46-50, en la longitud de 3.65 (12'); para las trozas de 4.87 m (16'), una troza para el rango 31-35 y dos para el rango 46-50.

Para la calidad 5 solo faltó una troza en la categoría diamétrica 31-35 de 6.09 m (20').

Debido a la baja frecuencia que presentó la trocería en algunas dimensiones, no se completó la muestra que se tenía programada, por lo que hubo categorías diamétricas y clases que excedieron a las tres trozas y otras que no se integraron al estudio. Finalmente se utilizó una muestra de 171 trozas.

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

Categoría diamétrica (cm)	Calidad 2 y M			Calidad 3			Calidad 4			Calidad 5			Total
	12'	16'	20'	12'	16'	20'	12'	16'	20'	12'	16'	20'	
25-30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	14
31-35	1	3	3	3	4	3	3	2	3	3	3	2	33
36-40	3	4	3	5	2	3	3	3	4	3	3	3	39
41-45	3	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
46-50	4	4	2	2	2	3	1	1	3	4	3	3	32
51-55	0	1	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2	15
56-60	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

171

5.2. Tamaño de la muestra

Para definir estadísticamente el tamaño de muestra con un 95% de confiabilidad de la media, se realizó un muestreo con 103 trozas seleccionadas completamente al azar.

El tamaño de muestra estadístico que se determinó para este estudio fue de 239 trozas, el cual 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 (0.2381 a 1.2790 m³), 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 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Tamaño de muestra para un 95% de confiabilidad con una premuestra de 103 trozas.

Parámetro estadístico	Volumen de las trozas (m ³)
Media	0.5359
Desviación estándar	0.2073
Varianza	0.043
T student	2
Error estándar de la media	0.0268
Muestra requerida	239
Muestra estudiada	171

5.2.1. 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, se analizó una premuestra de 103 trozas seleccionadas al azar, determinándose una proporción de 19.42% para la categoría diamétrica de 25 – 30 cm, en la categoría diamétrica de 31 – 35 cm fue de 33.98%, para la categoría diamétrica 36 – 40 cm fue de 27.18%, en el rango diamétrico 41 – 45 cm fue de 14.56%, y para las categorías diamétricas de 46 – 50 cm y 51 – 55 cm fue de 3.88% y 0.97% respectivamente.

Como se puede apreciar en la Figura 1 donde se presenta la distribución de frecuencias por categorías diamétricas de las 103 trozas premuestreadas, el 95.15% de las trozas se ubicaron en los rangos diamétricos de 25 – 30, 31 – 35, 36 – 40 y 41 – 45. La frecuencia para los rangos más elevados (46 – 50 y 51 – 55) fue reducida con 5 trozas que representaron el 4.85% de la premuestra.

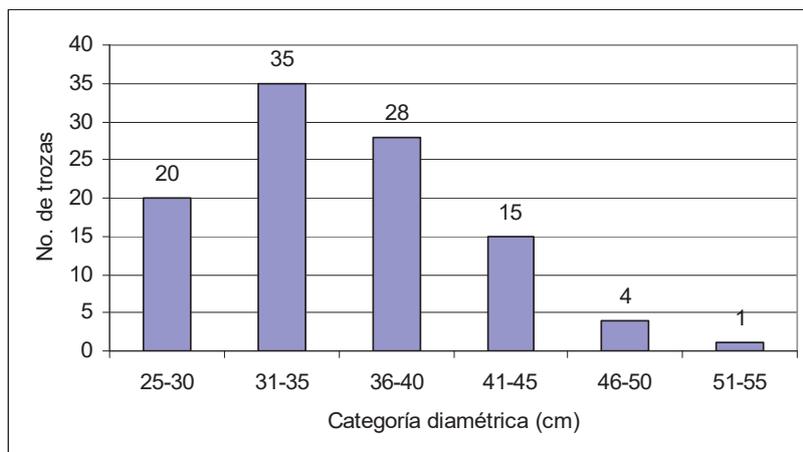


Figura 1. Diagrama de frecuencias por categoría diamétrica para la premuestra de 103 trozas.

5.2.2. Frecuencia y distribución de las longitudes de las trozas

Considerando que en el aserradero objeto de este estudio la trocería no es uniforme en su longitud se analizó la premuestra de 103 trozas, determinándose una proporción de 0.97% para las longitudes de 3.35 m (11'), 5.18 m (17') y 5.79 m (19') respectivamente, cabe señalar que estas longitudes no son comerciales y seguramente se generaron por un error en el dimensionado de la trocería; para las de 3.65 m (12') fue de 19.42%; para las de 4.26 m (14') fue de 6.80%; las de 4.87 m (16') y 6.09 m (20') fueron las de mayor representatividad con 33.98% y 32.04% respectivamente, mientras que para las de 5.48 m (18') fue de 4.85% (Cuadro 4)

Cuadro 4. Relación de trozas procesadas por categorías diamétricas y longitudinales.

Categoría diamétrica (cm)	Longitudes de las trozas								Total
	3.35 m (11')	3.65 m (12')	4.26 m (14')	4.87 m (16')	4.18 m (17')	5.48 m (18')	5.79 m (19')	6.09 m (20')	
25-30	-	1	4	7	1	3	1	3	20
31-35	-	5	3	16	-	1	-	10	35
36-40	-	10	-	10	-	-	-	8	28
41-45	1	3	-	1	-	1	-	9	15
46-50	-	1	-	1	-	-	-	2	4
51-55	-	-	-	-	-	-	-	1	1
Total	1	20	7	35	1	5	1	33	103

Como se aprecia en la Figura 2, donde se presenta la distribución de longitudes de la muestra de 103 trozas, las de mayor frecuencia son las de 3.65 m (12'); las de 4.87 m (16') y las de 6.09 m (20').

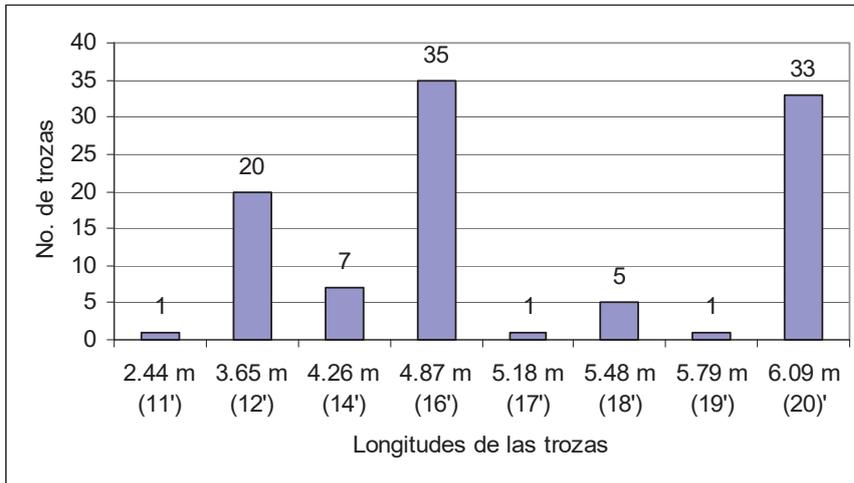


Figura 2. Diagrama de frecuencias por longitudes para 103 trozas.

5.2.3. Distribución de las calidades de trozas

De acuerdo al sistema de clasificación indicado en la metodología, se determinó un porcentaje de 28.18% de clase 2 y M, el 31.07% correspondió a la clase 3, el 13.59% se clasificó como 4, y el 27.18% restante correspondió a la clase 5, Figura 3.

Como se aprecia en la Figura 3, se tiene una distribución similar en las clases 2 y M, 3 y 5, 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.

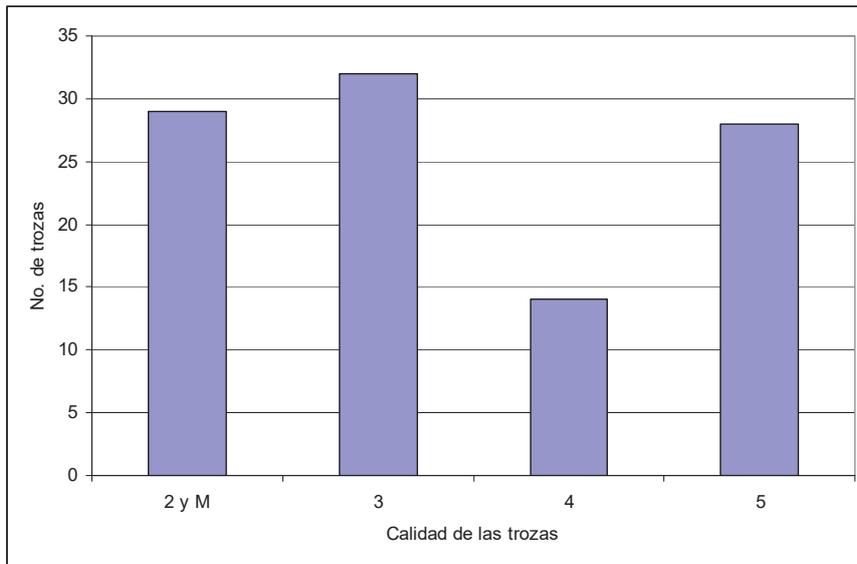


Figura 3. Diagrama de frecuencias por calidad de la muestra de 103 trozas.

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

Del análisis de los productos generados de las 171 trozas procesadas se calculó el coeficiente de aprovechamiento real, con un valor de 67.71% y el nominal con 50.81%, observándose una diferencia de 16.9% 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 (1981, 1987, 1995a, 1995b, 1996), y Zavala y Hernández (2000). Las características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrío se indican en el Anexo 2. Las piezas generadas de las trozas se ejemplifican en el Anexo 3.

5.3.1. Coeficiente de aserrío considerando la trocería con corteza

El siguiente análisis se realizó para comparar el coeficiente de aserrío utilizando el diámetro incluyendo la corteza y de esta forma determinar el impacto que tiene sobre el coeficiente de aserrío.

El coeficiente de aprovechamiento real promedio para las 171 trozas de la muestra, considerando las trozas con corteza, fue de 60.02% y el nominal de 45.03%. Si comparamos estos valores con los que se determinaron sin considerar la corteza en la cubicación de la trocería se tiene una diferencia de (Cuadro 5):

Cuadro 5. Diferencia entre el coeficiente de aserrío con y sin corteza.

Coeficiente de aserrío (%)	Sin corteza	Con corteza	Diferencia (%)
Nominal	50.81	45.03	5.78
Real	67.77	60.02	7.75

Como se aprecia en el Cuadro 5 y Figura 4, se obtuvo un valor más bajo para el coeficiente de aprovechamiento nominal y real cuando se cubica considerando la corteza. Esto se debe a que se considera un volumen mayor del real de la troza y se presenta como una merma en el coeficiente de aserrío.

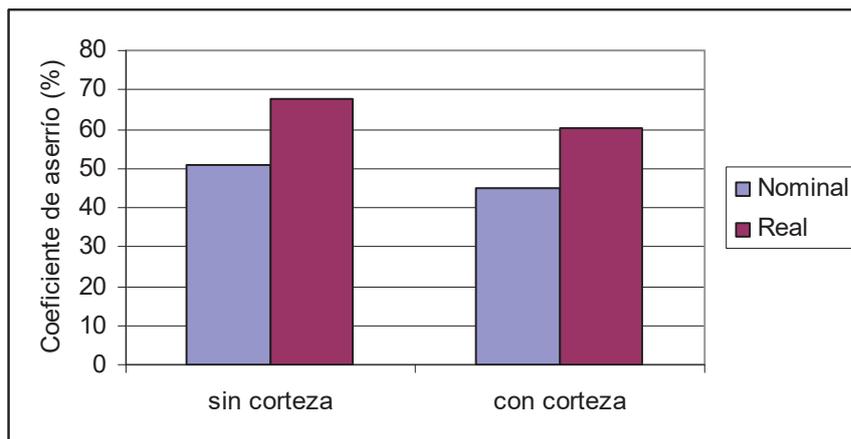


Figura 4. Coeficiente de aserrío real y nominal con y sin corteza.

5.3.2. 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 6), 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.

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 6. Relación de la calidad de la trocería con el coeficiente de aserrío.

Categoría diamétrica (cm)	Coeficiente de aserrío por calidad de trocería (%)			
	2 y M	3	4	5
25-30	63.16	67.01	68.88	67.6
31-35	63.7	65.48	69.92	67.05
36-40	66.78	67.34	69.33	70.62
41-45	66.57	70.63	66.48	68.45
46-50	68.03	67.29	69.96	69.73
51-55	66.59	65.53	63.88	68.72
55-60	69.89			

Se considera que una característica 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.

5.3.3. 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 5. La proporción de calidad por troza se ejemplifica en el Anexo 4 y por categoría diamétrica en el Anexo 5.

De la trocería de calidad 2 y M se generó 27.63% de madera aserrada de calidad 2 y M, 20.58% de 3ra, 19.51% de 4ta y 26.95% de 5ta y una proporción de 5.34% de madera aserrada de cortas dimensiones.

Para las trozas de calidad 3, la proporción de madera aserrada en las calidades 2 y M y 3ra fue muy similar con 13.40% y 13.10% respectivamente, aunque se esperaba que la proporción de madera de 3ra fuera mayor.

En la madera de 4ta, la proporción fue de 17.07% y la de 5ta fue de 50.78% además de que se presentó en mayor proporción. La madera de cortas dimensiones representó el 5.65%.

En las trozas de calidad 4 el mayor porcentaje correspondió a la madera aserrada de 5ta con 57.03%, para la de 2 y M fue de 8.50%, para la de 3ra y 4ta fue de 12.35% y 15.73% respectivamente, y generó un 6.39% de madera de corta dimensiones. También se esperaba que de la trocería de esta calidad se obtuviera mayor proporción de madera de 4ta. Como en el caso anterior las trozas de calidad 5, generaron mayor volumen de madera de 5ta (76.52%), 4.60% de 3ra, 9.60% de 4ta y el volumen menor de madera correspondió a la clase 2 y M con 3.36% y los recortes representaron el 5.92%.

Cabe señalar que algunas trozas no generaron lo que se esperaba, por ejemplo las trozas de calidad 3 generaron una proporción relativamente baja de madera aserrada de calidad 3, que fue superada por la madera aserrada de calidad 2 y M. Esto puede deberse, a que algunas de las trozas clasificadas como calidad 3, en realidad debieron clasificarse como calidad 4; igualmente algunas de las trozas de calidad 4, correspondían al grupo de las trozas de calidad 5.

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 2 y M y 3ra se generó de las trozas de calidad 2 y M y 3ra.

En la trocería de calidad 2 y M, la proporción de madera aserrada de calidades 2 y M y 3ra en general se incrementó conforme aumentó la categoría diamétrica, aunque la tendencia está mejor definida para la madera aserrada de calidad 2 y M, la cual aumenta gradualmente hasta llegar al rango 41- 45, después se tiene un decremento en los siguientes dos rangos y finalmente se incrementa en la categoría diamétrica de 56-60. Respecto a la proporción de madera aserrada de 4ta y 5ta calidad, en general tiende a disminuir a medida que se incrementa el diámetro. Respecto a las trozas de calidad 3, se observa que la madera aserrada de calidad 2 y M presenta una tendencia ascendente a medida que se incrementa el diámetro con excepción del rango 41-45 en el cual se tiene un decremento. La madera de 3ra se incrementa gradualmente de la categoría diamétrica 25-30 hasta la 36-40, después se tienen incrementos y decrementos indistintamente del rango, en cambio la proporción de madera de 4ta y 5ta en general disminuye conforme se incrementa el diámetro, aunque no es un comportamiento definido.

Cuadro 7. Proporción de calidad de la madera aserrada.

Cantidad de trozas	Calidad de la trocería	Volumen (m ³ r)	Calidad en porcentaje (%)				Cortas dimensiones	Volumen de madera aserrada (m ³)	C.A. Real (%)
			2 y M	3	4	5			
43	2 y M	31.48	27.63	20.58	19.51	26.95	5.34	21.01	66.41
43	3	28.58	13.4	13.1	17.07	50.78	5.65	19.33	67.39
40	4	28.36	8.5	12.35	15.73	57.03	6.39	19.11	68.17
45	5	29.48	3.36	4.6	9.6	76.52	5.92	20.43	68.85

Para la trocería de calidad 4, la proporción de madera aserrada de calidad 2 y M y 4ta presentan una tendencia indefinida con respecto al diámetro. En la proporción de madera de 3ra presenta una tendencia ascendente a medida que se incrementa el diámetro, con excepción del rango 41-45. La madera de 5ta, en general, tiende a disminuir conforme aumenta el diámetro con excepción de los rangos 25-30 y 36-40.

La madera aserrada de 4ta y 5ta presenta una tendencia indefinida, puesto que se tienen incrementos y decrementos indistintamente del rango diamétrico para trocería de calidad 5, mientras que la madera de 4ta se incrementa gradualmente en los rangos 25-30, 31-35 y 36-40, después se tiene un decremento en las categorías 41-45 y 46-50 y se incrementa nuevamente en el rango 51-55. La madera de 5ta presenta una tendencia descendente a medida que se incrementa el diámetro de las trozas con excepción de rango 41-45.

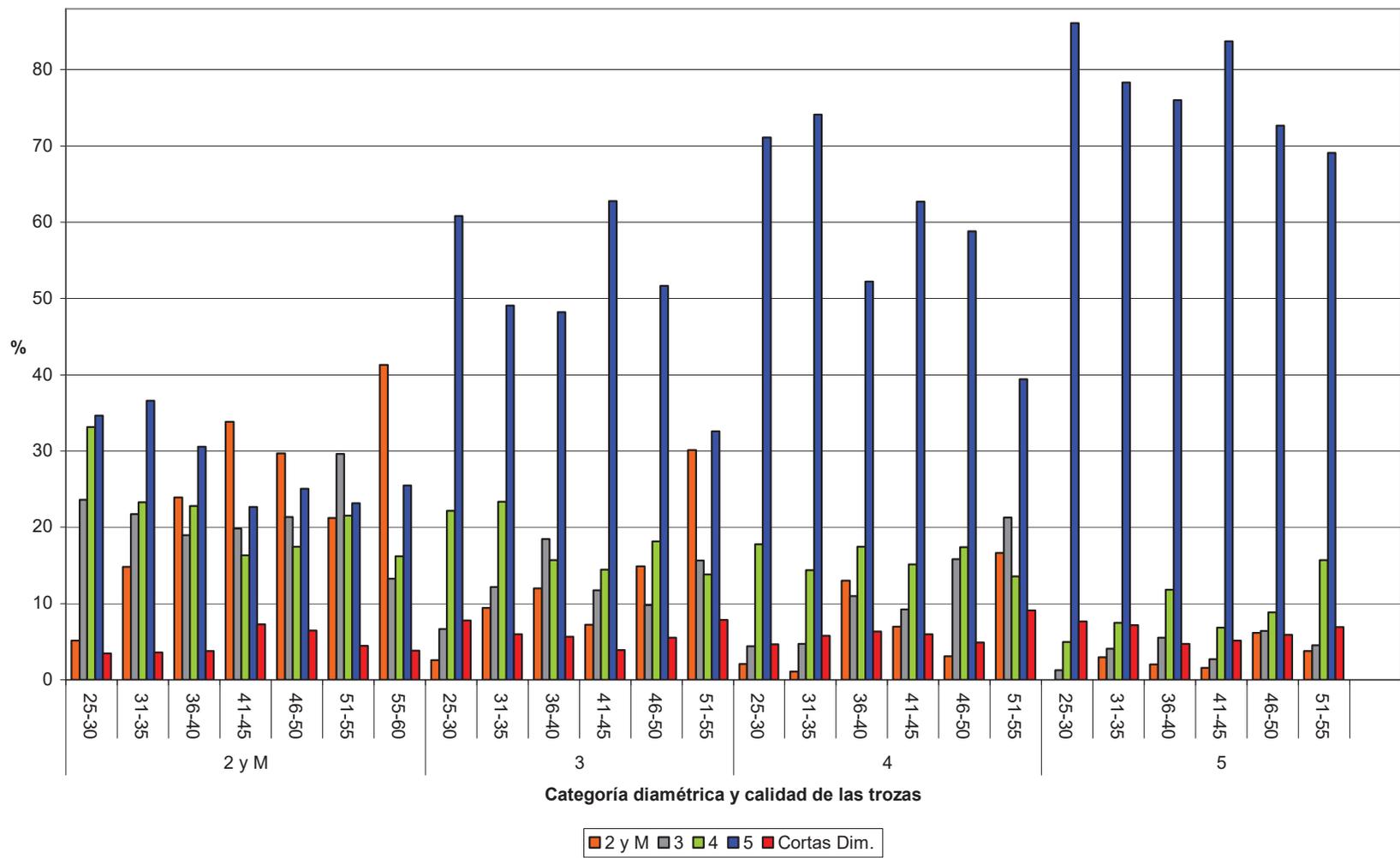


Figura 5. Proporción de calidad por categoría diamétrica y por calidad de la trocería

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

El comportamiento de los coeficientes de aserrío real y nominal es irregular respecto a la categoría diamétrica. Esto se constata analizando los datos del Cuadro 8, donde se indican los coeficientes de aserrío real y nominal por categorías diamétrica y sin hacer distinción de las longitudes de las trozas.

Cuadro 8. Categorías diamétricas y coeficientes de aserrío de una muestra de 171 trozas.

Cantidad de trozas	Categoría diamétrica (cm)	Coefficiente de aserrío nominal (%)	Coefficiente de aserrío real (%)
14	25-30	50.46	66.8
33	31-35	49.57	66.56
39	36-40	50.95	68.46
36	41-45	51.19	68.03
32	46-50	51.78	68.7
15	51-55	50.11	65.97
2	56-60	53.56	69.89

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 4.87 m (16') de longitud el coeficiente de aserrío aumenta gradualmente en las primera categorías diamétricas, conforme se incrementa el diámetro, pero a partir de la categoría diamétrica 46-50, el comportamiento es indefinido.

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

Longitud (m)	Categoría diamétrica (cm)	Coeficiente de aserrío (%)	
		Nominal	Real
3.04 m (12')	25-30	51.06	67.59
	31-35	45.6	61.23
	36-40	52.38	70.39
	41-45	49.08	65.29
	46-50	52.43	70.12
	51-55	54.8	71.48
4.87 m (16')	25-30	50.04	66.38
	31-35	52	69.7
	36-40	52.44	70.67
	41-45	53.83	71.07
	46-50	51.36	67.44
	51-55	48.1	63.89
	55-60	53.56	69.89
6.09 m (20')	25-30	50.49	66.63
	31-35	50.53	67.97
	36-40	48.03	64.35
	41-45	50.91	67.99
	46-50	51.52	68.42
	51-55	49.79	65.3

En este trabajo en general se determinó que para las trozas de 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20') 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, en particular para las trozas de 4.87 m (16'). Los resultados obtenidos en este estudio son contrarios a los de Zavala y Hernández (2000) y Corral (1997), quienes no encontraron una relación entre la categoría diamétrica de las trozas y el coeficiente de aserrío para la madera aserrada.

5.3.5. 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 que esta variable influye como se puede observar en el Cuadro 9. Esto concuerda con lo reportado por Zavala (1995a) y Zavala y Hernández (2000).

Del análisis del agrupamiento por conicidad en las trozas de longitud 3.65 m (12'), se observa que el modelo de regresión lineal simple describe la correlación negativa entre la conicidad de las trozas y el coeficiente de aserrío (Figura 6), es decir a medida que aumenta la conicidad disminuye el coeficiente de aserrío (Cuadro 9), 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.

Para las trozas de 4.87 m (16') de longitud se observa que a medida que aumenta la magnitud de la conicidad el coeficiente de aserrío disminuye (Figura 7 y Cuadro 9), 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 la longitud de las trozas; indicando la importancia que tiene este factor en la clasificación y comercialización de las trozas.

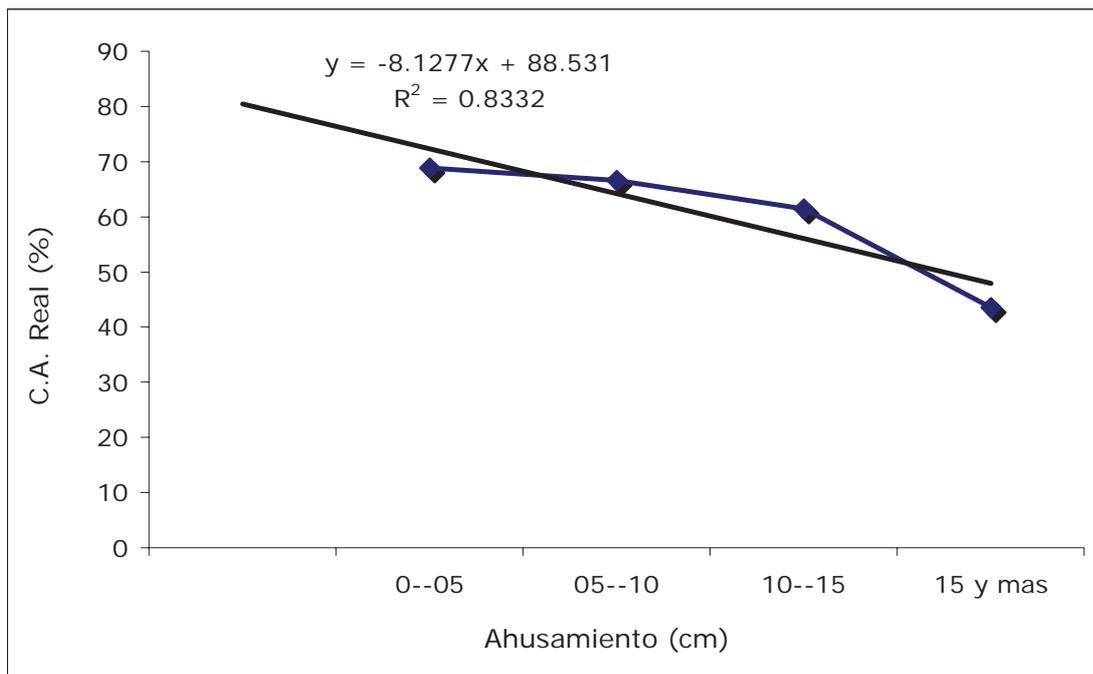


Figura 6. Correlación entre el coeficiente de aserrío y el ahusamiento para trozas de 3.65 m (12')

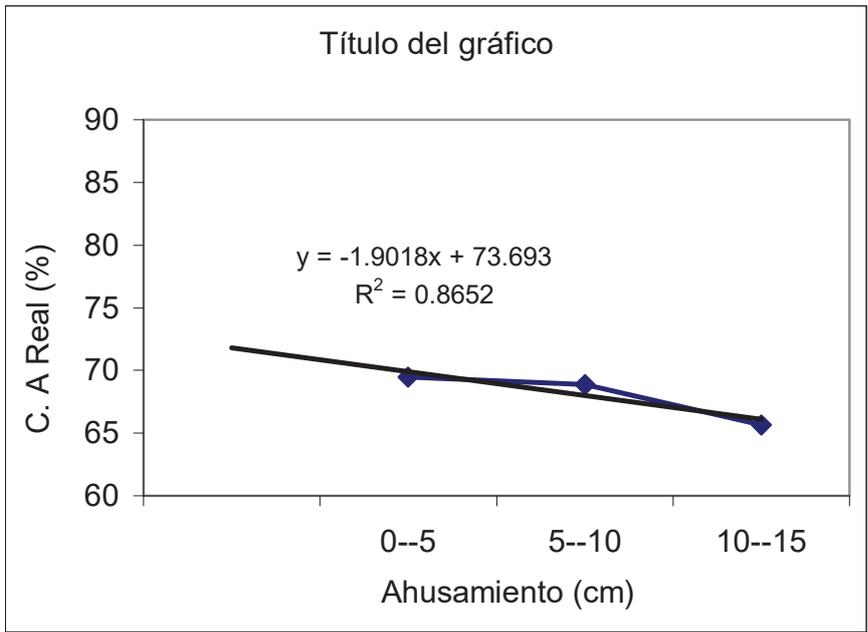


Figura 7. Correlación entre el coeficiente de aserrío y el ahusamiento para trozas de 4.87 m (16')

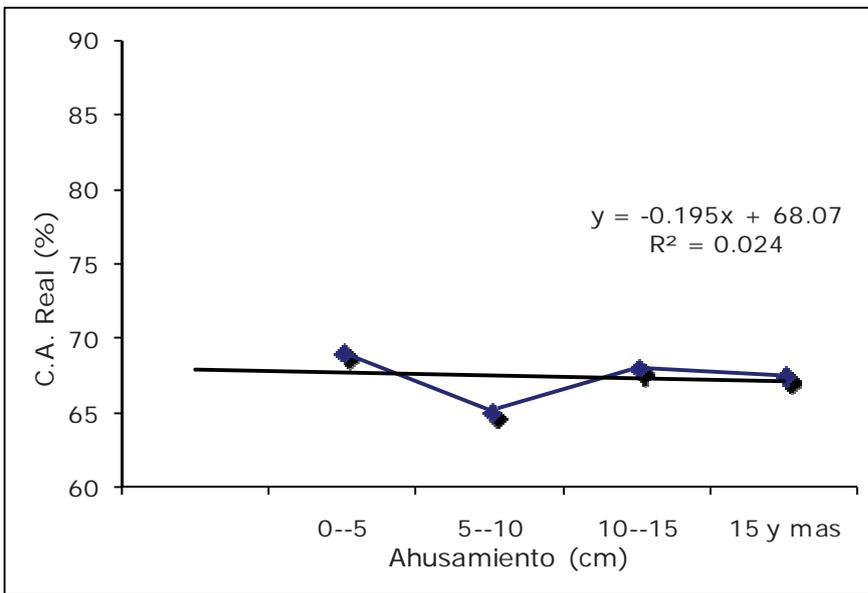


Figura 8. Correlación entre el coeficiente de aserrío y el ahusamiento para trozas de 6.09 m (20').

En las trozas de 6.09 m (20') de longitud, al igual que en los anteriores casos, existe una alta correlación negativa entre la conicidad y el coeficiente de aserrío Figura 8 y Cuadro 10, aunque para el rango de conicidad de 5-10 el coeficiente de aserrío disminuyó con respecto al rango 10-15, 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.

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

Número de trozas	Relación del porcentaje 171 trozas	Ahusamiento (cm)	Longitud (m)	Volumen rolo (m ³ r)	Volumen real de madera (m ³)	C.A. real (%)
31	18.13	0--05	3.65	15.5511	10.751	68.87
21	12.28	05--10		0.6144	0.4159	66.56
1	0.58	10--15		0.5839	0.3587	61.43
1	0.58	15 y mas		0.5782	0.2514	43.48
26	15.2	0--5	4.87	0.6859	0.4665	69.46
28	16.37	5--10		0.6784	0.4599	68.85
5	2.92	10--15		0.6641	0.4474	65.65
20	11.7	0--5	6.09	0.6783	0.4607	69
30	17.54	5--10		0.6831	0.4636	65.2
7	4.09	10--15		0.6317	0.4288	67.95
1	0.58	15 y mas		1.1246	0.7583	67.43

5.4. 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 19 trozas descortezadas, donde están representadas todas las categorías diamétricas que se presentaron en la premuestra de 103 trozas y en las longitudes mas frecuentes de 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20'). La media para la proporción de madera aserrada fue de 67.94%, de 16.91% para costeras y 15.14% de aserrín (Figura 9 y Cuadro 11).

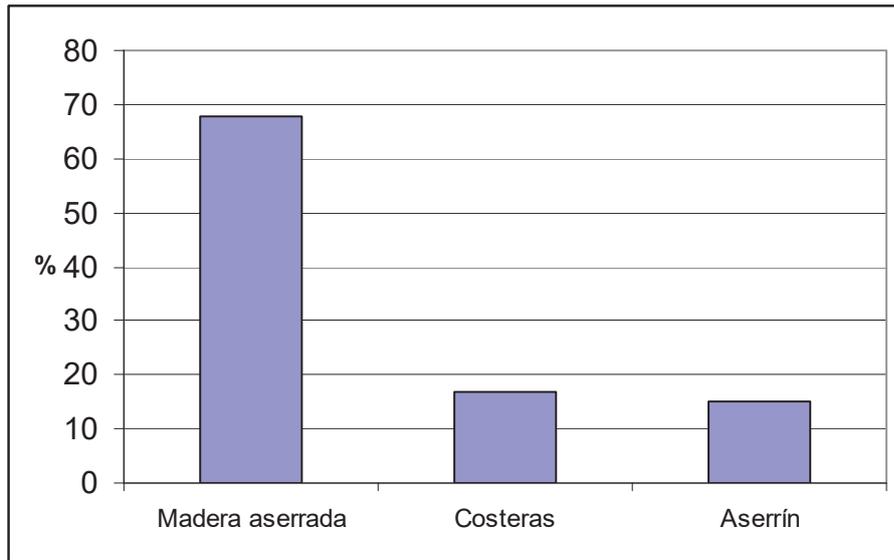


Figura 9. Proporción de madera aserrada y de subproductos.

Cuadro 11. Proporción de madera aserrada y subproductos

Categoría diamétrica	Volumen de la troza (m³)	Volumen de madera aserrada (m³)	Volumen de costeras (m³)	Volumen de aserrín (m³)	Porcentaje madera aserrada (%)	Porcentaje de costeras (%)	Porcentaje de aserrín (%)
25-30	0,2637	0,1790	0,0555	0,0291	67,90	21,06	11,04
25-30	0,3631	0,2715	0,0489	0,0426	74,78	13,48	11,74
25-30	0,4427	0,3008	0,1039	0,0381	67,94	23,46	8,60
31-35	0,3400	0,2193	0,0614	0,0592	64,51	18,07	17,42
31-35	0,3691	0,2427	0,0563	0,0702	65,75	15,24	19,01
31-35	0,6304	0,4527	0,0947	0,0830	71,81	15,03	13,16
36-40	0,3909	0,2440	0,0787	0,0681	62,43	20,14	17,43
36-40	0,6074	0,4179	0,1074	0,0821	68,80	17,68	13,52
36-40	0,6192	0,4059	0,1025	0,1109	65,55	16,55	17,90
36-40	0,8064	0,5129	0,1487	0,1449	63,60	18,44	17,96
41-45	0,6197	0,4297	0,1251	0,0650	69,34	20,18	10,48
41-45	0,6575	0,4546	0,1372	0,0657	69,13	20,87	10,00
41-45	0,9289	0,6718	0,1548	0,1023	72,32	16,67	11,01
46-50	0,7313	0,5232	0,1178	0,0903	71,55	16,11	12,35
46-50	10,670	0,7554	0,1143	0,1973	70,79	10,72	18,49
51-55	0,8028	0,5519	0,1340	0,1169	68,75	16,70	14,56
51-55	10,910	0,7370	0,1379	0,2162	67,55	12,64	19,81
51-55	14,635	0,8642	0,2610	0,3383	59,05	17,83	23,12
56-60	14,483	10,048	0,1517	0,2918	69,38	10,47	20,15

Respecto al diámetro de las trozas con los volúmenes de aserrín generados de la muestra de 19 trozas, en general se observa una tendencia ascendente en la proporción de aserrín a medida que aumenta la categoría diamétrica.

Con excepción del rango diamétrico 31-35, en el cual la proporción de costeras y de aserrín resultó muy similar, para las categorías diamétricas 25-30, 36-40 y 41-45 la proporción de aserrín es menor a la de costeras. En las categorías diamétricas más elevadas que abarcaron los rangos de 46-50, 51-55 y 56-60 la proporción de aserrín fue mayor a la de costeras (Figura 10).

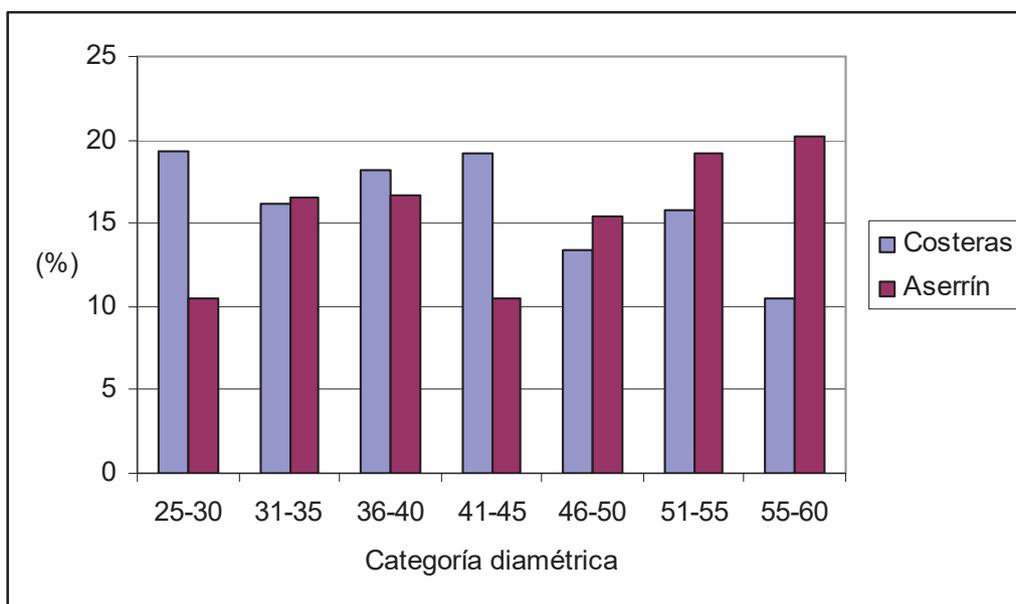


Figura 10. Interrelación de la proporción de costeras y recortes con el diámetro de la trocería.

En cuanto a la relación de la categoría diamétrica con la proporción de costeras, en general se observa una tendencia descendente conforme aumenta la categoría diamétrica aunque no bien definida, este resultado se debe en parte a la conicidad de las trozas.

En los rangos de menor diámetro la proporción de costeras fue mayor a la de aserrín con excepción de la categoría diamétrica 31-35. Este efecto se debe a que en las trozas de menor diámetro la proporción de desperdicios es mayor con respecto a las trozas de categorías diamétricas elevadas. Para corroborar esta tendencia y la interrelación del diámetro y la proporción de costeras, se considera que se requiere aumentar el tamaño de muestra.

5.5. 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 11.08% y 15.07% para las 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 mas 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). En el Anexo 6 se encuentran los volúmenes nominales y reales de cada una de las piezas generadas de las trozas.

El 49.97% 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 46.88%, las tablas de 38.1 mm (6/4") solo representaron el 3.15% del volumen nominal.

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

Espesores		Proporción de madera de dimensión nominal (%)	Refuerzos		
			Total (%)	SFF (1978) (%)	Exceso (%)
(mm)	(pulgadas)				
22.22	7/8"	49.97	29.53	(3/4")-30	0
31.75	5/4"	46.88	33.08	(4/4")-22	11.08
38.1	6/4"	3.15	29.07	14	15.07

5.5.1. 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 75 tablas, para las de 31.75 mm (5/4") la muestra fue de 80 tablas y para las de 38.1 mm (6/4") la muestra se integró por 20 tablas. Parte de los datos utilizados para determinar la variación del proceso de aserrío se muestran en el Anexo 7.

El espesor promedio de las tablas de 22.22 mm (7/8") de espesor nominal varió de 25.51 mm a 27.81 mm para los 15 subgrupos, con un espesor promedio de 26.4 mm para todos los subgrupos. La desviación estándar total del proceso (S_t) fue de 1.53 mm.

El valor para la desviación estándar entre tablas (S_b) fue más acentuado que para la desviación estándar dentro de las tablas (S_w), con 0.837 y 1.28 respectivamente.

Para las tablas de 31.75 mm (5/4"), el espesor varió de 37.61 mm a 39.81 mm para los 16 subgrupos, con un espesor promedio de 38.75 mm para todos los subgrupos. La desviación estándar total del proceso (S_t) fue de 1.875 mm. Al igual que en el espesor anterior, la desviación estándar entre tablas (S_b) fue más elevada que para la desviación estándar dentro de las tablas (S_w), con 1.091 y 1.524 respectivamente.

El espesor varió de 40.52 mm a 47.5 mm para las tablas de 38.1 mm (6/4") para 4 subgrupos, con una media de 45.15 mm para todos los subgrupos. La desviación estándar total del proceso (S_t) fue mas elevada que en los casos anteriores con 2.568. También para este espesor la desviación estándar entre tablas (S_b) fue más significativa que la desviación estándar dentro de las tablas (S_w), con 1.053 y 2.342 respectivamente.

La variación para los tres espesores se considera ligeramente elevada, aunque para el espesor de 38.1 mm (6/4") fue más acentuada y refleja problemas en el proceso de aserrío. Lo que indica la posibilidad de mejorar el aserrío a través de acciones que corrijan este problema, como:

- a) Reducir la variación del corte
- b) Lograr que las tablas producidas puedan enmarcarse dentro del rango del espesor deseado.

5.5.2. 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 pérdida de madera por cepillado, a través de la fórmula descrita en la metodología. 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*, *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.

Las dimensiones óptimas de corte para el aserradero analizado fueron de 27.76 mm, 38.25 mm y de 46.00 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. Cualquier refuerzo que exceda esta cifra se considera como una pérdida de volumen, que repercutirá en un coeficiente de aserrío menor y por ende en pérdidas económicas.

5.5.3. Madera aserrada con dimensiones inferiores a la especificada

Analizando la media de los espesores de las 75 tablas con espesor de 22.22 mm (7/8”) con una dimensión óptima de corte de 27.76, solamente 16 tablas (21.33% de la muestra de 75 tablas) tienen el espesor requerido, si se considera que se acepta un 5% de las tablas con dimensión inferior a la requerida se incluirían 4 tablas mas y la cantidad total sería de 20 tablas (26.66% de la muestra de 75 tablas) (Figura 11).

En la figura 11 se observa que la parte izquierda de la gráfica sería la zona mas crítica en cuanto a posible producción de madera con dimensiones inferiores a la deseada (27.76 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 critica, en este caso para lograr que únicamente el 5% de la producción tuviese dimensión inferior a la dimensión critica, la dimensión óptima debe ser de 27.76 mm (Figura 11).

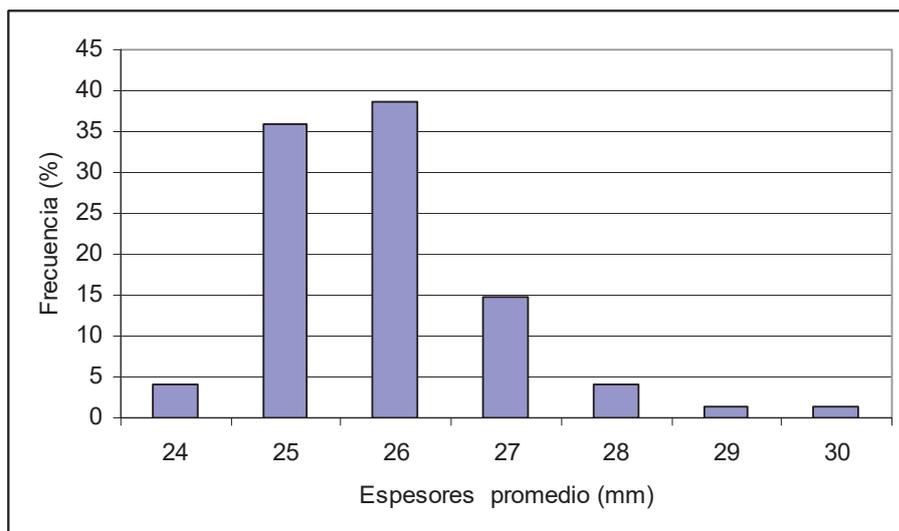


Figura 11. Distribución de Frecuencias de tablas de 22.22 mm (7/8”).

Del análisis de las 80 tablas con espesor de 31.75 mm (5/4”), y con una dimensión óptima de corte de 38.25 mm, solamente 61 tablas (76.25% de la muestra de 80 tablas) tiene el espesor requerido, si se considera que se acepta un 5% de las tablas con dimensión inferior a la requerida se incluirían 4 tablas mas y la cantidad total sería de 65 tablas (81.25% de la muestra de 80 tablas) (Figura 12).

La parte izquierda de la gráfica, indica donde se encuentra la zona mas critica en cuanto a posible producción de tablas con dimensiones inferiores a 38.25 mm, las cuales no se 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 critica, la dimensión optima debe ser de 38.25 mm (Figura 12).

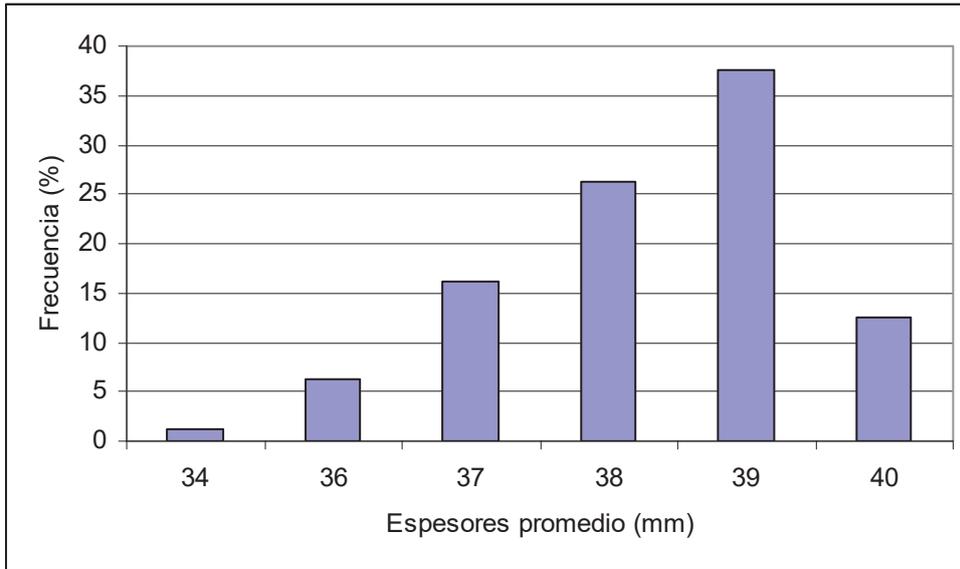


Figura 12. Distribución de frecuencias de tablas de 31.75 mm (5/4”).

De la media del espesor de cada una de las 20 tablas de 38.1 mm (6/4”), con una dimensión óptima de corte de 46.00 mm, solamente 4 tablas (20% de la muestra de 20 tablas) tiene el espesor requerido, si se considera que se acepta un 5% de las tablas con dimensión inferior a la requerida se incluiría 1 tabla más y la cantidad total sería de 5 tablas (25% de la muestra de 20 tablas) (Figura 13).

Como en las gráficas anteriores la parte izquierda nos muestra donde se encuentra la zona más crítica en cuanto a la posible producción de tablas con dimensiones inferiores a la especificada (46 mm), las cuales no se podrían cepillar 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 46.00 mm (Figura 13).

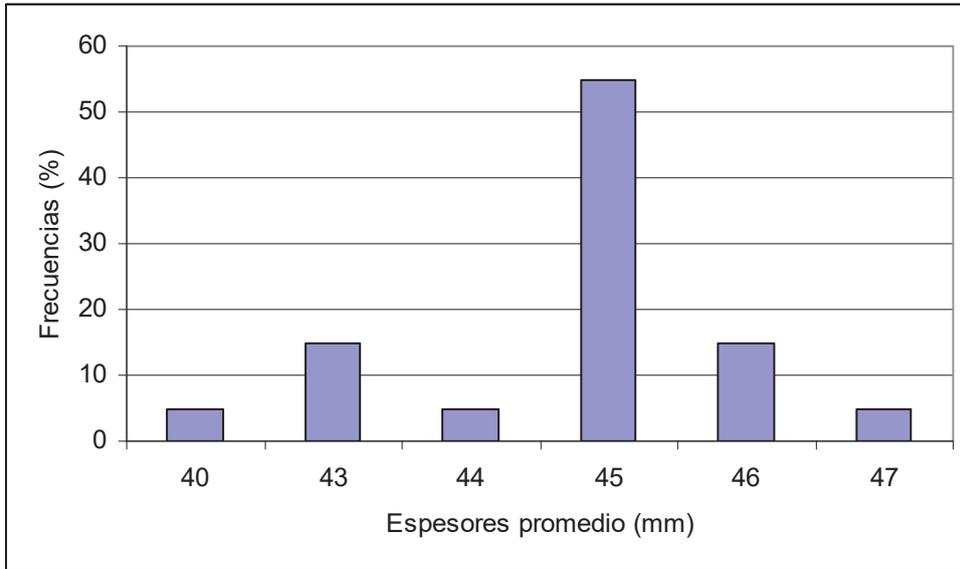


Figura 13. Distribución de frecuencias de tablas de 38.1 mm (6/4”).

5.6. Gráficas de control de calidad

Para el presente estudio se construyeron las gráficas de control de calidad únicamente para los espesores 22.22 mm (7/8”) y 31.75 mm (5/4”) debido a que la muestra para el espesor de 38.1 mm (6/4”) fue reducida, por la baja frecuencia en que se presentaron las tablas de este espesor.

5.6.1. Gráfica de \bar{X} para el espesor de 22.22 mm (7/8”)

Del análisis de las 75 tablas se determinó el valor de $\bar{X} = 26.40$, el factor $A2$ fue de 0.577, y el rango total promedio entre las tablas (\bar{Rb}) es de 2.044. Integrando estos valores en la fórmula correspondiente se determinó el valor para el límite de control superior ($L.C.S.$) de 27.54 y para el límite de control inferior ($L.C.I.$) de 25.26

Como se puede apreciar todas las observaciones se ubican dentro de los límites de control, con excepción del subgrupo 15 el cual está fuera de los límites asignados por lo que se considera que el proceso de aserrío está fuera de control con respecto a la media de los espesores de las tablas analizadas y requiere corrección (Figura 14).

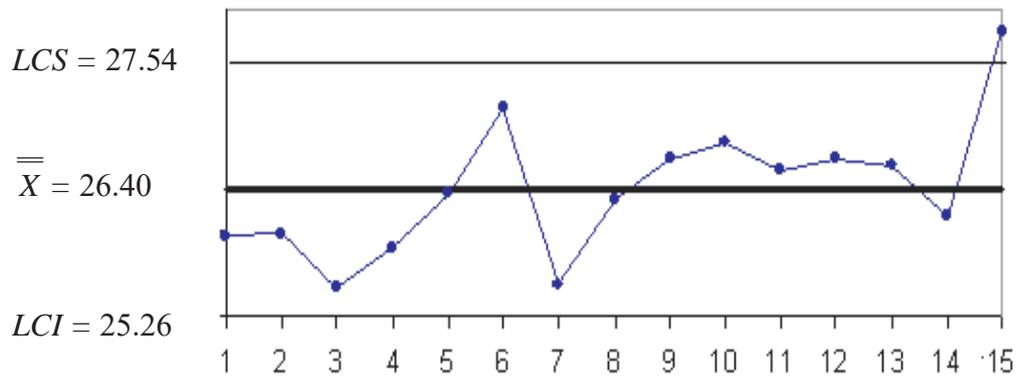


Figura 14. Gráfica de \bar{X} para el espesor de una muestra de 75 tablas integradas en 15 subgrupos.

5.6.2. Gráfica de $\bar{R}b$ para el espesor 22.22 mm de (7/8")

Para las variables de esta gráfica se determinaron los siguientes valores: para el factor $D3$ el valor fue de 0, el valor de $D4$ es de 2.115 y el rango total promedio entre las tablas ($\bar{R}b$) es de 2.044. Sustituyendo estos valores en la fórmula correspondiente, el valor del $L.C.S.$ es de 4.49 y el del $L.C.I.$ es 0.

Al igual que en la grafica de \bar{X} , todos los puntos se ubicaron dentro de los límites de control, con excepción del subgrupo 15 por lo tanto se considera que el proceso de aserrío esta fuera de control respecto a su variabilidad (Figura 15).

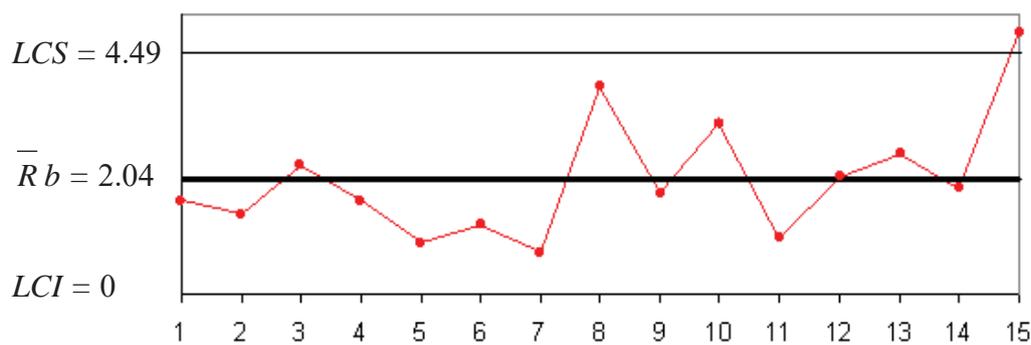


Figura 15. Gráfica de $\bar{R}b$ para el espesor de una muestra de 75 tablas integradas en 15 subgrupos.

5.6.3. Gráfica de $\bar{R}w$ para el espesor de 22.22 mm (7/8")

Para esta gráfica los valores de las variables $D4$ y $D3$ fueron los mismos que los utilizados en el caso anterior y solo se determinó el valor del rango total promedio dentro de las tablas ($\bar{R}w$) que fue de 2.12. Utilizando estos valores en la fórmula, el valor para el $L.C.S.$ fue de 4.49 y para el $L.C.I.$ es de 0.

A diferencia de los casos anteriores, todos los puntos también se ubicaron dentro de los límites de control. Por lo tanto las diferencias en dimensiones dentro de las tablas están dentro de los límites de control aceptables (Figura 16).

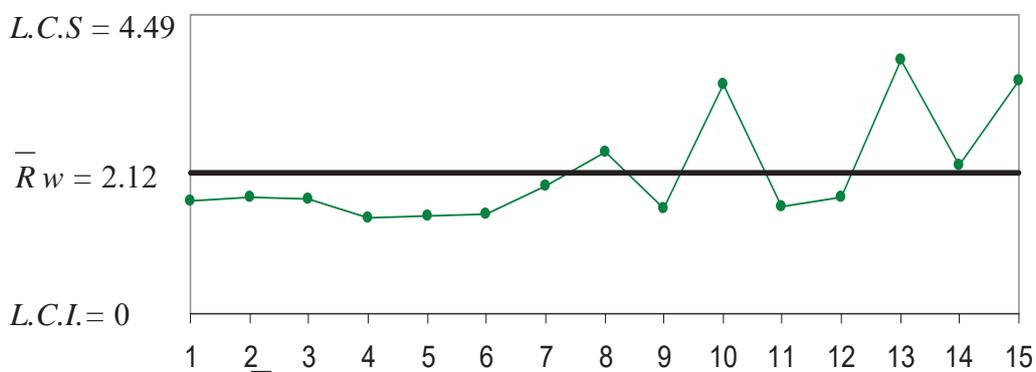


Figura 16. Gráfica de $\bar{R}w$ para el espesor de una muestra de 75 tablas integradas en 15 subgrupos.

5.6.4. Gráfica de \bar{X} para el espesor de 31.75 mm (5/4")

De igual forma del análisis de las 80 tablas se determinó el valor de $\bar{X} = 38.75$, el factor $A2$ fue de 0.577, y el rango total promedio entre las tablas ($\bar{R}b$) es de 2.43. Integrando estos valores en la fórmula correspondiente se determinó el valor para el $L.C.S.$ de 40.15 y para el $L.C.I.$ de 37.34

Como se puede apreciar todas las observaciones se ubican dentro de los límites de control, por lo que se considera que el proceso de aserrío está bajo control con respecto a la media de los espesores de las tablas analizadas (Figura 17).

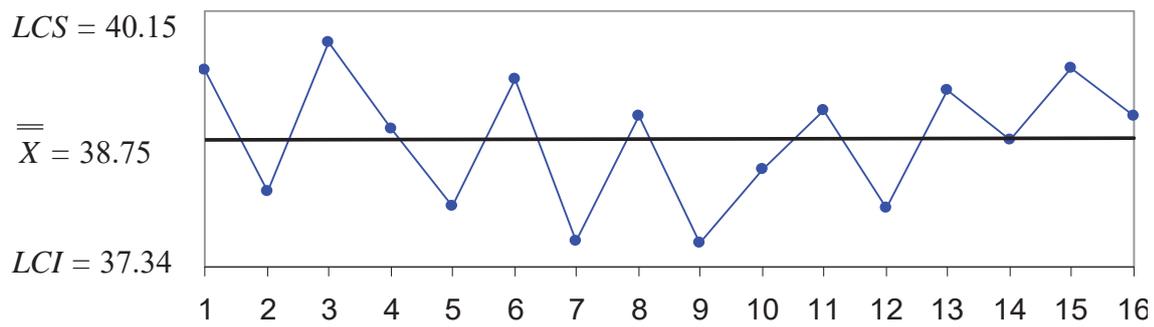


Figura 17. Gráfica de \bar{X} para el espesor de una muestra de 80 tablas integradas en 16 subgrupos.

5.6.5. Gráfica de $\bar{R}b$ para el espesor de 31.75 mm (5/4")

Para las variables de esta gráfica se determinaron los siguientes valores: para el factor $D3$ el valor fue de 0, el valor de $D4$ es de 2.115 y el rango total promedio entre las tablas ($\bar{R}b$) es de 2.43. Sustituyendo estos valores en la fórmula correspondiente, el valor del $L.C.S.$ es de 5.14 y el del $L.C.I.$ es 0.

A diferencia de la gráfica de \bar{X} , el subgrupo 5 se ubicó fuera de los límites de control asignados, por lo tanto se considera que el proceso de aserrío está fuera de control respecto a su variabilidad (Figura 18).

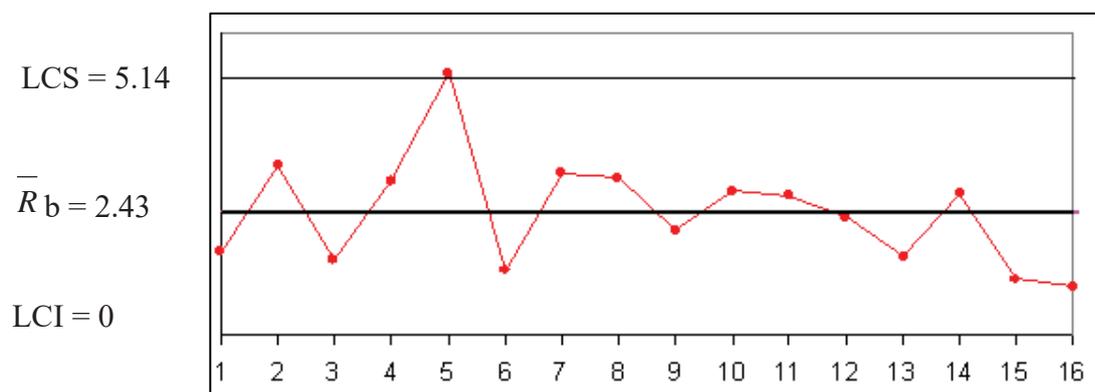


Figura 18. Gráfica de $\bar{R}b$ para el espesor de una muestra de 80 tablas integradas en 16 subgrupos.

5.6.6. Gráfica de $\bar{R} w$ para el espesor de 31.75 mm (5/4")

Para esta gráfica los valores de las variables $D4$ y $D3$ fueron los mismos que los utilizados en el caso anterior y sólo se determinó el valor del rango total promedio dentro de las tablas ($\bar{R} w$) que fue de 2.77. Utilizando estos valores en la fórmula, el valor para el $L.C.S.$ fue de 5.85 y para el $L.C.I.$ es de 0.

Para esta gráfica todos los puntos se ubicaron dentro de los límites de control. Por lo tanto las diferencias en dimensiones dentro de las tablas están dentro de los límites de control aceptables. Comparando la gráfica $\bar{R} b$ con la de $\bar{R} w$ se puede observar que la variación dentro de las tablas se da en menor escala, puesto que los puntos se encuentran más cercanos respecto a la línea de tendencia central (Figura 19).

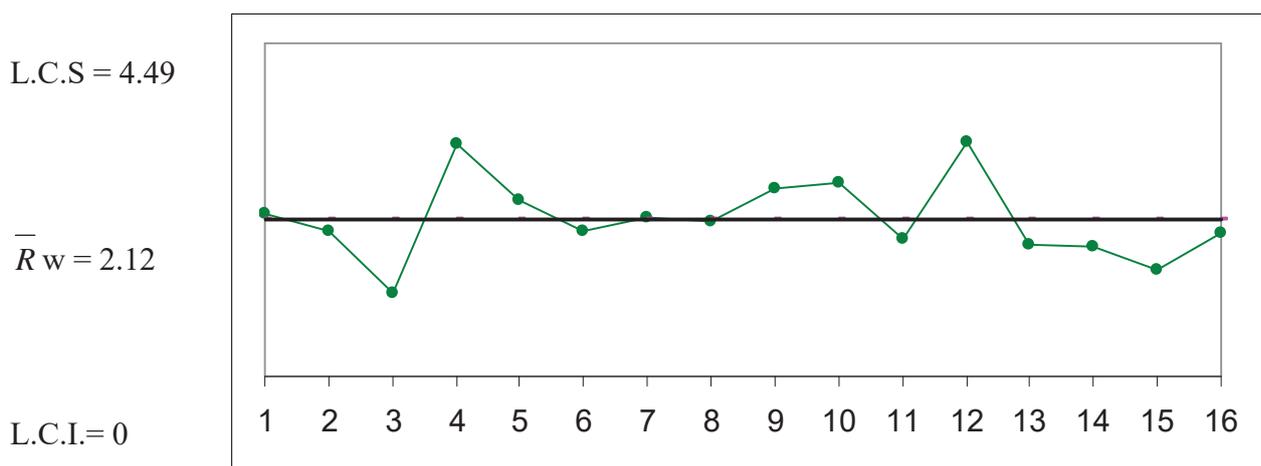


Figura 19. Gráfica de $\bar{R} w$ para el espesor de una muestra de 80 tablas integradas en 16 subgrupos.

5.7. Efecto de la longitud de las tablas en la variación del espesor de la madera aserrada

Para este análisis solo se utilizaron los espesores 22.22 mm (7/8") y 31.75 mm (5/4"), debido a las mismas causas por las que no se incluyó en las gráficas de control de calidad.

5.7.1. Desviación estándar para el espesor de 22.22 mm (7/8") en longitudes de 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20').

En la Figura 20 se aprecia que la desviación estándar total del proceso (St) presentó una tendencia ascendente conforme aumentó la longitud de las tablas, con excepción de las tablas de 2.44 m (8').

Lo anterior se debe probablemente a que no se procesó trocería de esa dimensión y las tablas generadas de dicha medida se presentaron al sanear tablas con longitudes mayores (3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20')). Los valores para la desviación estándar total del proceso (S_t) fueron: 1.921 mm, 1516 mm, 1.553 mm; y 1.774 mm para las longitudes de 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20') respectivamente (Cuadro 12).

Respecto a la desviación estándar entre tablas (S_b), esta presentó la misma tendencia del caso anterior, se incrementa gradualmente a partir de la longitud de 3.65 m (12') hasta las tablas de 6.09 m (20') (Figura 20). Los valores para la desviación estándar entre tablas (S_b) fueron: 1.706 mm, 1205 mm, 1.421 mm y 1.461 mm para las longitudes de 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20') respectivamente (Cuadro 12).

Para la desviación estándar dentro de las tablas (S_w), también se presentó una tendencia ascendente con el aumento de la longitud con excepción de las tablas de 4.87 m (16'), en las cuales disminuyó con respecto a la longitud anterior (Figura 20). Los valores para la desviación estándar dentro de las tablas (S_w), fueron: 0.883 mm, 0.919 mm, 0.627 mm y 1.006 mm para las longitudes de 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20'), respectivamente (Cuadro 13).

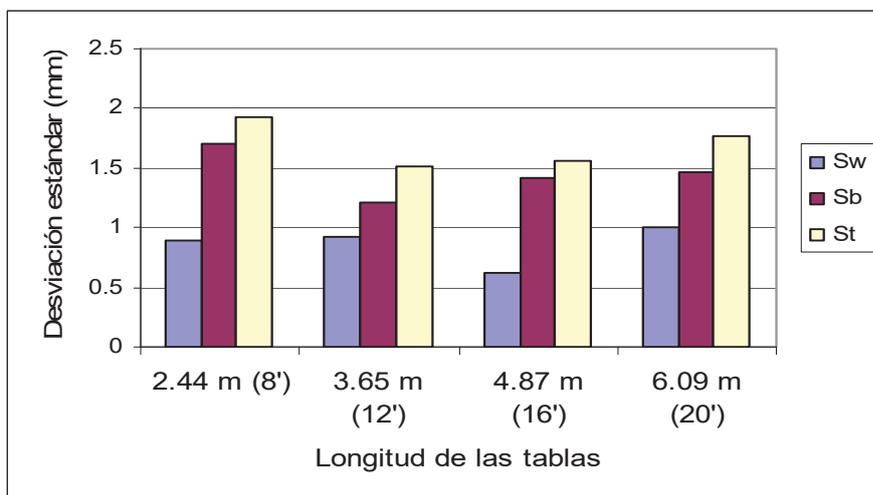


Figura 20. Efecto de la longitud de las tablas en la variación del espesor de la madera aserrada para espesor de 22.22 mm (7/8")

Cuadro 13. Valores para la desviación estándar con espesor de 22.22 mm (7/8")

Longitud (m)	Desviación estándar (mm)		
	S_w	S_b	S_t
2.44 (8')	0.883	1.706	1.921
3.65 (12')	0.919	1.205	1.516
4.87 (16')	0.627	1.421	1.553
6.09 (20')	1.006	1.461	1.774

5.7.2. Desviación estándar para el espesor de 31.75 mm (5/4") en longitudes de 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20').

La desviación estándar total del proceso (S_t), al igual que en el espesor anterior, presentó un valor más elevado para las tablas de 2.44 m (8') que para la longitud de 3.65 m (12'). El valor más significativo se ubicó en las tablas de 6.09 m (20') con 2.853 mm, sin embargo en las tablas de 4.87 m (16') el valor fue menor al de la longitud 3.65 m (12') con 1.161 mm y 1.762 mm respectivamente, (Figura 21 y Cuadro 14). Cabe señalar que se utilizó un número reducido de tablas para la longitud de 4.87 m (16'), lo que puede generar resultados no representativos, para esta longitud y para ello se considera que se requiere aumentar el tamaño de muestra.

En cuanto a la desviación estándar entre tablas (S_b), esta presentó una tendencia similar a la del caso anterior. En las tablas de 2.44 m (8') se generó el valor más elevado con 2.344 mm. El punto más bajo se ubicó en las tablas de 4.87 m (16') con 0.138 mm, mientras que para las longitudes de 3.65 m (12') y de 6.09 m (20') los valores obtenidos fueron: 1.384 mm y 2.297, respectivamente (Figura 21 y Cuadro 13). Cabe señalar que la variación para las tablas de 4.87 m (16') fue muy baja, debido a que se utilizó una muestra reducida para esta longitud, por lo que se considera necesario aumentar la muestra; además, la desviación estándar entre tablas generalmente es más elevada que la desviación estándar dentro de las tablas (Figura 21).

En la desviación estándar dentro de las tablas (S_w), se presentó una tendencia ascendente definida a medida que se incrementó la longitud de las tablas los valores para las longitudes 2.44 m (8'), 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20') fueron 0.834 mm, 1.09 mm, 1.153 y 1.691, respectivamente (Figura 21 y Cuadro 14).

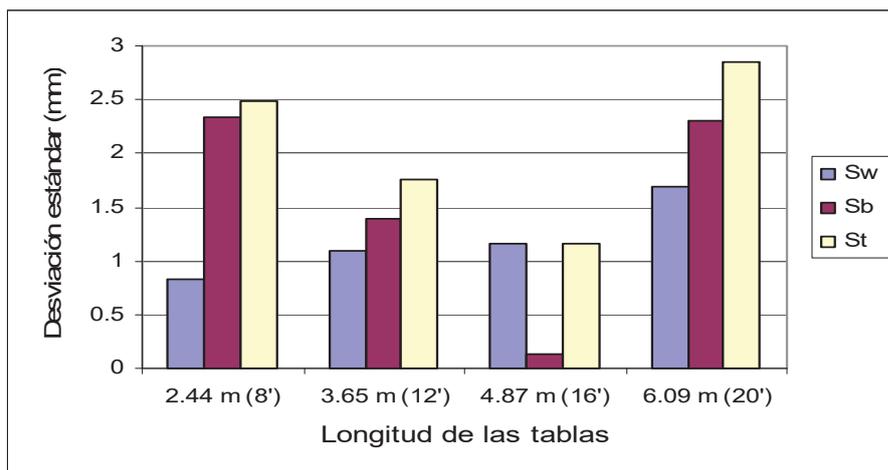


Figura 21. Efecto de la longitud de las tablas en la variación del espesor de la madera aserrada para espesor de 31.75 mm (5/4")

Cuadro 14. Valores para la desviación estándar con espesor de 31.75 mm (5/4")

Longitud	Desviación estándar (mm)		
	Sw	Sb	St
2.44 m (8')	0.834	2.344	2.488
3.65 m (12')	1.09	1.384	1.762
4.87 m (16')	1.153	0.138	1.161
6.09 m (20')	1.691	2.297	2.853

5.8. 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.

5.8.1. Tiempos de procesamiento por tipo de trocería (Proceso de la muestra estudiada).

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 15). Sin embargo, para procesar 1 m³r en las categorías de 25-30, 31-35, 36-40, 41-45, 46-50 y 51-55 cm de diámetro y de 3.65 m (12') de longitud, se requieren 11:16, 9:54, 8:19, 7:07, 6:30 y 6:53 min, respectivamente. 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 en las dos categorías más bajas. Para las trozas de 25-30 cm el tiempo de aserrío de 1m³ de madera fue de 16:40; para las trozas de 31-35 cm de diámetro, el tiempo de procesamiento de 1m³ de madera fue de 16:17 y para las trozas de 36-40, 41-45, 46-50 y 56-60 cm, el tiempo para el mismo volumen de madera aserrada (1 m³) fue de 11:47, 10:44, 9:15 y 9.25 min., respectivamente, indicando lo rentable que es para el aserradero procesar trozas de diámetros más grandes y se concluye que para este aserradero en específico el diámetro de las trozas influye en los costos del proceso.

Cuadro 15. Relación del tiempo de aserrado con el diámetro de las trozas.

Categoría diamétrica (cm)	Longitud de trozas (m)	Tiempo de asierre (min)	Volumen de trocería (m³r)	Volumen madera aserrada (m³)	Coefficiente de aserrío real (%)
25-30	3.65	2:57	0.262	0.177	67.59
31-35		3:24	0.343	0.209	60.67
36-40		3:45	0.451	0.318	70.39
41-45		4:01	0.565	0.374	66.39
46-50		4:21	0.669	0.47	70.12
51-55		5:50	0.86	0.629	72.88
25-30	4.87	3:00	0.324	0.216	66.38
31-35		3:36	0.452	0.316	69.7
36-40		3:53	0.575	0.405	70.67
41-45		4:59	0.755	0.536	71.07
46-50		5:19	0.888	0.604	68.168
51-55		6:02	1.095	0.731	66.41
56-60	6:24	1.449	1.013	69.89	
25-30	6.09	3:41	0.428	0.285	66.63
31-35		4:05	0.58	0.394	67.97
36-40		4:44	0.727	0.469	64.35
41-45		5:35	0.897	0.598	66.72
46-50		6:07	1.109	0.758	68.42
51-55		7:19	1.356	0.883	65.3

En las Figuras 22, 23 y 24 se observan los modelos de regresión lineal, que nos indican una fuerte 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 m^3 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 $1m^3$ y $1m^3$ 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.

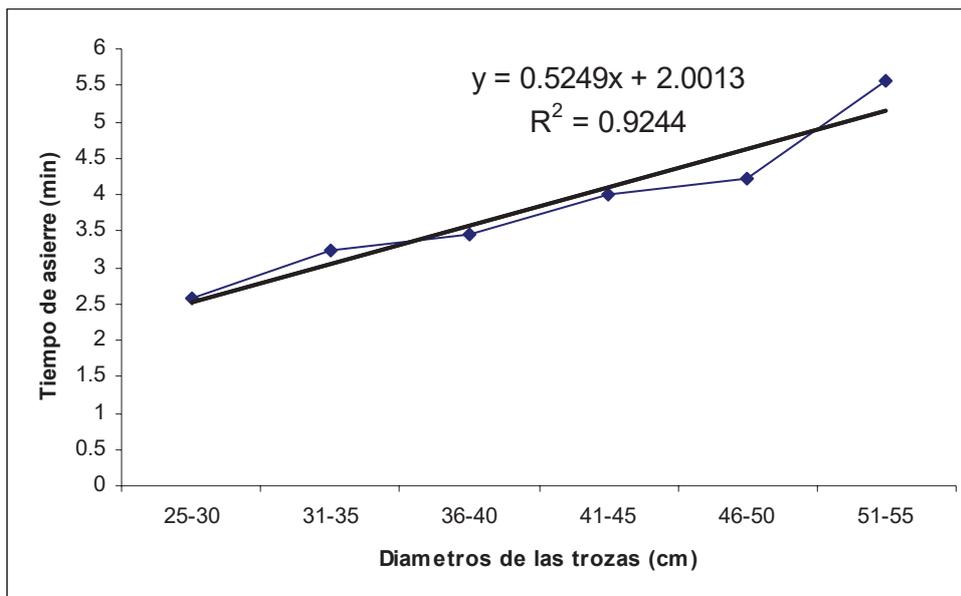


Figura 22. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas 3.65 m (12') de longitud.

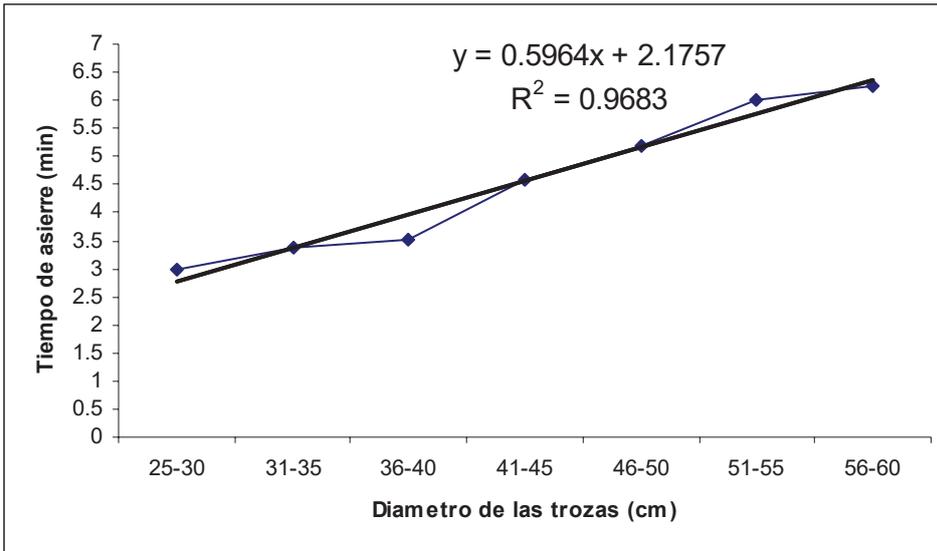


Figura 23. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 4.87 m (16') de longitud.

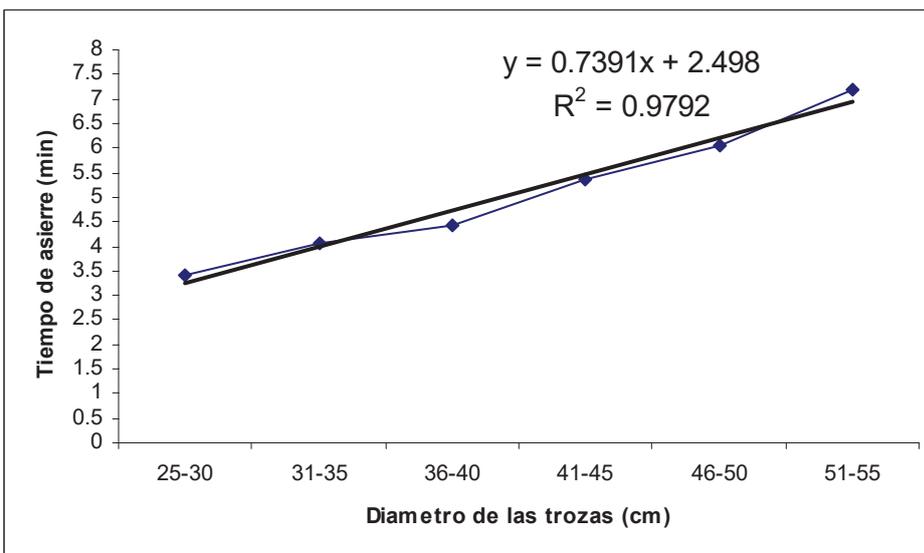


Figura 24 .Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 6.09 m (20') de longitud

Respecto al tiempo de asierre y las calidades de trozas no se encontró ninguna relación (Cuadro 16), pero la tendencia es emplear mayor tiempo en aserrar las trozas de menor calidad. Para el caso de las trozas de 46-50 cm y de 4.87 m (16') 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 25-30, 31-35 y 46-50 cm de 4.87 m (12'), 31-35, 36-40, 41-45 y 51-55 cm de 4.87 m (16') y para los diámetros de 25-30, 41-45, 46-50 cm de 6.09 m (20') en las calidades 4 y 5.

Sin embargo, si se analizan las trozas de 6.09 m (20') en la categoría diamétrica de 31-35 cm se observa que el tiempo de asierre se reduce a medida que la calidad disminuye; la misma tendencia se presenta para los diámetros de 36-40 y 41-45 cm de 3.65 m (12); 25-30 cm de diámetro de 4.87 m (16') y de 51-55 cm de 6.09 m (20'), se aprecia que las trozas de calidad 5 requieren menor tiempo que las trozas de calidad 4. 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 16. Relación de tiempo de aserrado con la calidad de las trozas para las longitudes de 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20').

Categoría diamétrica (cm)	Longitud de trozas (m)	Calidad de las trozas	Tiempo de asierre (min)	Categoría diamétrica (cm)	Longitud de trozas (m)	Calidad de las trozas	Tiempo de asierre (min)	Categoría diamétrica (cm)	Longitud de trozas (m)	Calidad de las trozas	Tiempo de asierre (min)						
25-30	3.65 m (12')	2 y M	2:38	25-30	4.87 m (16')	2 y M	2:40	25-30	6.09 m (20')	2 y M	3:50						
		3	2:57			3	3:36			3	4:24						
		4	2:50			4	3:11			4	3:02						
		5	3:24			5	2:52			5	3:29						
31-35		3.65 m (12')	2 y M	4:43		31-35	4.87 m (16')	2 y M		2:55	31-35	6.09 m (20')	2 y M	4:37			
			3	2:44				3		3:51			3	4:05			
			4	3:04				4		3:37			4	3:54			
			5	4:17				5		3:56			5	3:35			
36-40			3.65 m (12')	2 y M		3:23		36-40		4.87 m (16')	2 y M		3:42	36-40	6.09 m (20')	2 y M	4:21
				3		3:17					3		4:22			3	4:59
				4		4:43					4		3:21			4	5:04
				5		3:58					5		4:20			5	4:32
41-45	3.65 m (12')			2 y M	3:33	41-45		4.87 m (16')	2 y M		4:40		41-45	6.09 m (20')		2 y M	5:19
				3	4:35				3		4:59					3	5:24
				4	4:09				4		4:54					4	5:16
				5	3:40				5		5:17					5	6:46
46-50		3.65 m (12')		2 y M	4:17	46-50	4.87 m (16')		2 y M		4:54	46-50	6.09 m (20')			2 y M	6:24
				3	4:28				3		5:27					3	6:26
				4	4:23				5		6:07					4	5:51
				5	4:24				2 y M		4:00					5	6:06
51-55			3.65 m (12')	3	6:15	51-55			4.87 m (16')	3	6:56	51-55			6.09 m (20')	2 y M	8:09
				4	5:26					4	5:44					3	6:18
										5	7:50					4	7:27
				56-60	5:26					2 y M	6:24					5	7:14

5.8.2. Tiempos de procesamiento por tipo de trocería (Proceso normal de producción)

Los tiempos de procesamiento por tipo de trocería también se determinaron para el proceso normal de producción. Para llevar a cabo este análisis se tomaron los tiempos de todas las trozas que fueron aserradas en medio turno de trabajo (4 horas), sin tomar en cuenta el volumen de madera aserrada generada.

Para este caso se determinó que el tiempo de procesamiento también presenta una relación con el diámetro de las trozas para una misma longitud, aunque fue menos definida que para el proceso de la muestra estudiada. Para las longitudes de 3.65 m (12') 4.26 m (14'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20') sin tomar en cuenta en esta última longitud la categoría de 61-65; el tiempo fue proporcional al diámetro de las trozas (Cuadro 17). La causa por la cual no se encontró una relación proporcional entre el tiempo de aserrío y el diámetro de las trozas en la longitud de 3.04 m (10'), probablemente se deba a los problemas de tensión que se presentaron en la sierra banda durante el tiempo en que se realizó el estudio.

Cuadro 17. Relación del tiempo de aserrado con el diámetro de las trozas.

Categoría diamétrica (cm)	Longitud de las trozas (m)	Tiempo de asierre (min.)	Categoría diamétrica (cm)	Longitud de trozas (m)	Tiempo de asierre (min.)
31-35	3.04	5.23	25-30	4.87	2.25
36-40		5.29	31-35		2.3
41-45		3.59	36-40		3.29
25-30	3.65	2.53	41-45		4.43
31-35		2.41	51-55		6.3
36-40		3.27	55-60		6.42
41-45		4.32	36-40	4.44	
46-50	4.26	4.25	25-30	6.09	2.2
31-35		3.46	31-35		3.35
36-40		3.49	36-40		5.21
51-55		5.26	41-45		5.34
-	-	-	46-50		8.09
-	-	-	61-65		7.53

En las Figuras 25, 26 y 27 se observan los modelos de regresión lineal, que nos indican una correlación positiva entre el diámetro y el tiempo de asierre de las trozas.

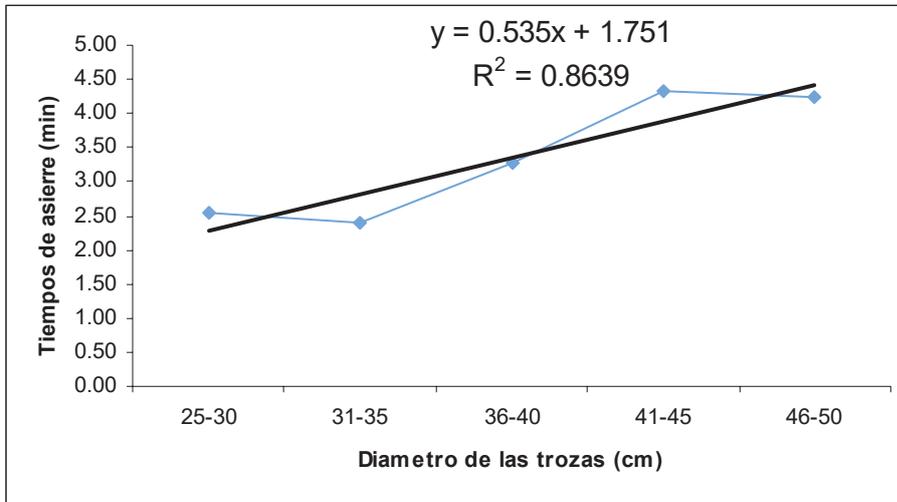


Figura 25. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas 3.65 m (12') de longitud.

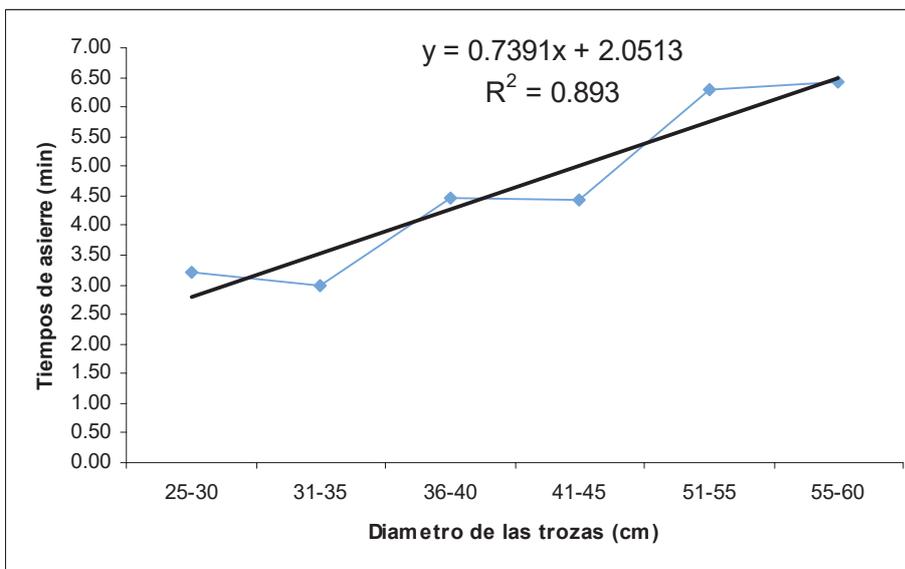


Figura 26. Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 4.87 m (16') de longitud.

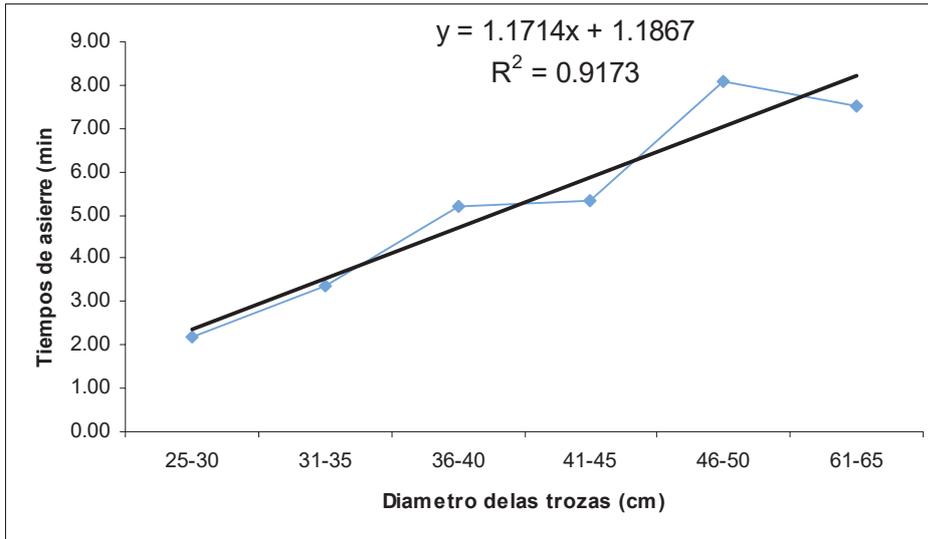


Figura 27 .Correlación entre el tiempo de asierre y diámetro de las trozas de 6.09 m (20') de longitud.

Respecto al tiempo de asierre y las calidades de trozas no se encontró ninguna relación (Cuadro 18), probablemente porque el tipo de productos que se generan de cada troza está en función de la calidad de la misma, además de que dos operadores aserraron la trocería durante las 4 horas en que se recabó la información.

Para el caso de las trozas de diámetros 31-35, 36-40 cm de 3.65 m (12'); 31-35 cm de 4.26 m (14'); 51-55 cm de 4.87 m (16') y de 36-40, 41-45 cm con una longitud de 6.09 m (20') se observa que existe una tendencia en el aumento del tiempo de asierre a medida que disminuye la calidad de las trozas. Sin embargo en las categorías diamétricas de 36-40 cm de 3.04 m (10') de longitud; 25-30, 41-45 cm de 3.65 m (12') de largo; 51-55 cm de 4.26 m (14') de largo y de 46-50 de 4.87 m de (16') se observa que el tiempo de asierre se reduce a medida que la calidad disminuye.

Cuadro 18. Relación de tiempo de aserrado con la calidad de las trozas para las longitudes de 3.04 m (10'), 3.65 m (12'), 4.26 m (14') 4.87 m (16'), 5.48 (18') y 6.09 m (20')

Categoría diamétrica (cm)	Longitud de las trozas (m)	Calidad de las trozas	Tiempo de asierre (min)	Categoría diamétrica (cm)	Longitud de trozas (m)	Calidad de las trozas	Tiempo de asierre (min)	Categoría diamétrica (cm)	Longitud de trozas (m)	Calidad de las trozas	Tiempo de asierre (min)
31-35	3.04	4	4:01	25-30	4.87 m	2 y M	6:14	36-40	5.48 m	4	4:44
36-40		5	6:46			3	2:24	25-30	6.09 m	2 y M	2:20
		4	7:06			4	2:14	31-35		3	3:53
41-45		5	3:53			5	2:39		5	4:07	
	25-30	3	3:59	31-35		2 y M	2:31	36-40	4	4:38	
3		2:57	3			2:36	5		6:05		
4		2:50	4			3:31	41-45	3	5:15		
2 y M		2:28	5			3:23		4	5:51		
31-35	3.65	4	2:41	36-40		2 y M	3:58	46-50	5	8:09	
		5	2:53			3	3:32		61-65	5	7:53
36-40		3	3:02			41-45	4	8:37			
		5	3:04				5	3:48			
41-45	3	4:41	46-50	3	4:43						
	5	4:28		2 y M	6:26						
46-50	2 y M	4:25	51-55	5	5:10						
31-35	4.26 m	3		3:45	3	5:13					
		5		3:48	5	7:50					
36-40		5		3:49	2 y M	6:42					
51-55		2 y M	5:43								
	4	5:10									

6. Conclusiones

La categoría diamétrica más frecuente correspondió al rango de 31-35 cm con 33.98% y el 95.15% de las trozas se ubicaron en un rango de 25-45 cm.

La categoría longitudinal más frecuente correspondió a las trozas de 4.87 m (16') con 33.98% y el 85.44% de las trozas se ubicaron en las longitudes de 3.65 m (12'), 4.87 m (16') y 6.09 m (20').

La calidad de las trozas no influyó en el coeficiente de aserrío, puesto que no se observó una relación directa entre estos dos conceptos, lo cual puede deberse a una mala apreciación en el momento de clasificar las trozas.

En general el diámetro de las trozas no influyó en el coeficiente de aserrío, puesto que no se observó una tendencia definida por esta variable.

En términos generales con el incremento de la categoría diamétrica aumentó la proporción de madera aserrada en las calidades 2 y M, 3 y 4, y disminuyó la proporción de calidad 5.

La conicidad de la trocería influyó en el coeficiente de aserrío, a medida que aumentó la conicidad el coeficiente de aserrío disminuyó.

En general las trozas de diámetros grandes generan mayor proporción de aserrín y la trocería de diámetros reducidos mayor proporción de costeras.

El espesor nominal más común correspondió a las tablas de 22.22 mm (7/8"), mismo que representó el 49.97 % del volumen total de madera aserrada y los espesores nominales de 31.75 mm (5/4") y 38.1 mm (6/4") representaron el 46.88% y 3.15% respectivamente

Existe una estrecha relación entre el tiempo de asierre de las trozas y su diámetro para una misma longitud, por lo tanto deberá considerarse este factor en la determinación de los costos del proceso.

El coeficiente de aserrío nominal fue de 50.81% y de 67.71% en la real, con una diferencia entre ambos de 16.9%. Cuando se cubican las trozas con corteza el coeficiente nominal y real fue de 45.03% y 60.02%, respectivamente.

Las dimensiones óptimas de corte para los espesores nominales de 22.22 mm (7/8”), 31.75 mm (5/4”) y 38.1 mm (6/4”) fueron 27.76 mm, 38.25 mm y 46.00 mm respectivamente. Estos son los espesores a los que deberán aserrarse las trozas para que únicamente el 5% de la producción presente dimensiones inferiores a la requerida.

7. Recomendaciones

Para la cubicación de la trocería se recomienda que se realicen los cálculos con los diámetros sin corteza, puesto que si se incluye la corteza se generan volúmenes mayores al volumen real de las trozas, generándose un coeficiente de aserrío bajo e irreal.

Durante el periodo en que se seleccionó la muestra para el estudio, algunas trozas presentaron longitudes no comerciales (11', 15', 17' y 19'), que por algunas pulgadas no entraban en la categoría longitudinal correspondiente (12', 16', 18' y 20'); debido a que el dimensionado de la trocería no fue el adecuado, ya sea en el patio o en el monte, sería conveniente capacitar al personal que se encarga de realizar esta labor para evitar estos errores.

Dimensionar la trocería en función de sus características (ahusamiento, arqueamiento, calidad, etc.), con el fin de obtener mayor calidad de la madera aserrada generada.

La proporción de costeras y recortes (16.91%), representa un volumen significativo de subproductos que podría ser una fuente de materia prima para las fábricas de celulosa, papel y tableros aglomerados y la proporción de aserrín (15.14%), también representa un volumen importante que se puede utilizar como combustible para generar calor para el proceso de secado de la madera.

Sería conveniente uniformizar criterios para la clasificación de la trocería debido a que durante el tiempo en que se efectuó el estudio se detectó que la misma troza se clasificó con diferente calidad por el personal involucrado en el proceso.

Se recomienda no utilizar sierras que presenten alto índice de desgaste. Durante el tiempo en que se realizó el estudio se detectó que las sierras usadas tenían una pulgada menos de su medida nominal de 8"; es decir, las sierras tenían 7 pulgadas. Este factor influyó en la variación en el espesor de la madera aserrada.

Se debe analizar el trabajo del personal que opera la desorilladora. Se detectó que en ocasiones se genera un recorte excesivo de las tablas, sobretodo en las de longitudes más grandes.

Para las tablas de 22.22 mm (7/8"), el proceso de aserrío no estuvo bajo control con respecto al promedio en espesor de las tablas y a su variabilidad entre tablas. En las tablas de 31.75 mm (5/4"), el proceso de aserrío estuvo fuera de control con respecto a la variabilidad entre

tablas, por lo que se recomienda corregir esta falla, que se debe a los engranajes de las escuadras, a la alineación de los rieles y al sistema de retroceso y avance de la trocería en el carro.

8. Bibliografía

Borgo B, G. 1972. Aserraderos. Escuela de Ingenieros en Tecnología de la Madera. Departamento de Recursos Forestales. Medellín, Colombia. 115 p.

Brown N, C. y Samuel J. 1965. La Industria Maderera. 1990. Ed. Limusa Wiley S.A. México, 388 pp.

Brown T, D. 1979. Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. Forest Product Journal. 29 (4):48-54.

Brown T, D. 1986. Lumber Size Control. Forestry Business. College of Forestry. Oregon State University. USA. 16 pp.

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.

Castro A, Z. 1992. Determinación del coeficiente de aserrío de la empresa “Productora Forestal Acuitzio-Villa Madero”. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 95 p.

COFAN. 1999. Manual de Construcción de Estructuras Ligeras de Madera. 2ª Edición. Consejo Nacional de la Madera en la Construcción y Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México. 476 p.

Corral M, A. 1997. Optimización del uso de la trocería para la producción de triplay y de madera aserrada. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México 110 p.

Dobie J. 1973. Coeficientes de aserrío. Bosques y Fauna. Servicio Forestal de México. II Época, marzo-abril. Vol. No 2. 13p.

DGN. 1986. Norma Mexicana NOM-C-18-1986. Industria de la Construcción – Tablas y Tablones de Pino – Clasificación. DGN. SECOFI. México. 16 p.

DGN. 1988. Norma Oficial Mexicana. NOM - C -359– 1988. Industria Maderera – Trocería de Pino – Clasificación. DGN. SECOFI. 23 p.

Estrada T, V. 1992. Estudio de rendimientos en las operaciones de aserrío de la madera. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 67 p.

FAO. 1982. Aserraderos pequeños y medianos en los países en desarrollo. Roma Italia. 173 p.

FAO. 2005. Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. Informe Nacional México. <http://www.fao.org/forestry/site/countryinfo/es/> Citado en marzo de 2004.

FRONIUS K. 1984. Técnicas de aserrado y mantención. Seminario tecnología del aserrado. Universidad del Bio-Bio, Concepción. Chile.

García R, J. D., Morales Q. y Valencia M. 2001. Coeficiente de aserrío para cuatro aserraderos banda en el sur de Jalisco. Foresta-AN. Nota técnica No. 5. UAAAN, Saltillo, Coah. 12 p.

González A, S. (1996). Control estadístico de los procesos industriales. Tesina profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 151 p.

Jiménez Ch, G. 1992. Aserraderos, operación y mantenimiento. Tercera edición. México, 301 pp.

Juárez T, P. 1987. Mejoramiento del rendimiento en aserraderos de mediana capacidad en base a un proceso tipo H. del Parral, Chihuahua. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. 130 p.

Juárez T, P. et. al. 2000. Las pérdidas causadas por el uso tradicional del sistema inglés de medición, aserraderos circulares y excesos de refuerzo. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Campana-Madera y SAGARPA. Bol. Téc. No. 14. Chihuahua, Chih. México. 21 p.

Lockard C, R. 1959. Scientific timber quality evaluation – a lumber industry “Must”. Forest Prod. J. 9 (8): 282-286.

Melo R. y Ravón H. 1989. Análisis y diagnóstico de procesos industriales de transformación de la madera. INFOR. Concepción. 162 p.

Méndez C, L. 1996. Principios generales para la determinación del coeficiente de aserrío. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. 49 p.

Pérez G, M. T. y Herrera Q. 1989. Control de calidad en el aserrío de la madera de pino en la región del Salto, P. N. Dgo. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Forestal No. 1. El Salto. P. N. Dgo. 116 p.

Ramírez G, V. 1998. Determinación de la dimensión óptima de corte en el aserradero "Noriega". Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 56 p.

Rendón L, E. 1989. Control de calidad estadístico en el proceso de aserrío. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 115 p.

Rocha J. y 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.

Schrewe H. 1981. La industria forestal del aserrío en el Perú. PNUD-FAO. Lima. Perú 60 p.

Serrano R. 1991. Tecnologías para el aserrío de trozas de diámetros menores. Tecnología en Marcha 12 (1):89-98.

Serrato R, R. 1995. Determinación del coeficiente de aserrío de la empresa forestal del C. Joaquín Arreola E. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 44 p.

Sosa V, H. 1990. Descripción de métodos de control total de calidad para incrementar el beneficio en el aserradero. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México. 118 p.

Stern R, A. y Lewis W. 1979. Improving sawing accuracy does help. For. Prod. Lab. Madison. Wisc. USDA. For. Ser. Res. Pap. FPL-320. 13 p.

SFF. 1978. Disposiciones sobre coeficientes de aserrío y usos de refuerzos. México. Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dirección General de Control y Vigilancia Forestal. Circular 2/78. 3 p.

Szymani R. 1993. Sawing technology update. Internacional conference on woodworking technologies Ligna 1993, Hannover. Series of publications of the IWF. California, Estados Unidos. 12.1-12.11 c.

Tamarit J, C y Sanchez R. 1998. Diagnóstico tecnológico del aserradero “Piedra cantada” de la Sociedad de solidaridad social en San Felipe Hidalgo, Nanacamilpa, Tlaxcala. Mimeografiado. 64 p.

Tuset R. y Duran F. (s/f). Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo, Uruguay. 685 p.

Vega G, F. 2007. Interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento y las características de la madera aserrada. Tesis Profesional. Facultad de Ingeniería en Tecnología de la Madera. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, México. 113 p.

Zavala Z, D. 1981. Analysis of the sawmilling practices in the State of Durango, México. Thesis of Master of Science. The University of British Columbia, Vancouver, B. C. Canada. 91 p.

Zavala Z, D. 1987. Análisis del coeficiente de aprovechamiento en dos aserraderos del Estado de Tlaxcala. Reunión de Investigación Forestal y Agropecuaria de Tlaxcala. CIFAP-TLAX. 52-62 pp.

Zavala Z, D. 1991. Manual para el Establecimiento de un Sistema de Control de la Variación de Refuerzos en Madera Aserrada. Universidad Autónoma de Chapingo, División de Ciencias Forestales. Serie de Apoyo Académico No. 44, 50 p.

Zavala Z, D. 1992a. Análisis del coeficiente de aserrío en trocería de pino. Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Resúmenes de investigación, publicación especial No. 1. Coyoacán, D.F. México. 394 – 403 pp.

Zavala Z, D. 1992b. Control de refuerzos y su efecto en el coeficiente de aserrío. Reunión Científica Forestal y Agropecuaria. Resúmenes de investigación, publicación especial No. 1. Coyoacán, D.F. México. 373 – 382 pp.

Zavala Z, D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. INIFAP. Bol. Téc. No. 115. Coyoacán, D.F. México. 48 p.

Zavala Z, D. 1995a. Interrelación de las características de la trocería con el coeficiente de aprovechamiento en aserraderos banda. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Rev. Ciencia y Tecnología de la Madera 6:3-14 p.

Zavala Z, D. 1995b. The effect of log length and lumber thickness over-allowance on lumber recovery. Forest Products Journal. 45(2):41-45 p.

Zavala Z, D. 1996. Coeficientes de aprovechamiento de trocería de pino en aserraderos banda. Revista Ciencia Forestal en México. Vol. 21 Núm. 79. 165-181.

Zavala Z, D y Hernández C, R. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. Madera y Bosques 6(2). 41-55 p.p.

9. ANEXOS

Anexo 2. Características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrío.

No. De Troza	Diámetros sin Corteza				Diámetro Promedio	Categoría diamétrica	Calidad	Longitud Nominal (')	Longitud real (cm)	Vol. Troza m ³	Vol, nominal de madera aserrada	C.A. nominal	Vol. real de madera aserrada	C.A. real
	1	2	3	4										
1	37	36	42	42	39.25	36-40	2 y M	16	502	0.6074	0.3076	50.64	0.4179	68.80
2	35	33	36	36	35	31-35	3	16	513	0.4936	0.2602	52.71	0.3519	71.31
3	29	28	33	33	30.75	31-35	2 y M	16	497	0.3691	0.1815	49.18	0.2427	65.75
4	45	49	51	53	49.5	46-50	2 y M	12	380	0.7313	0.3998	54.67	0.5232	71.55
5	40	37	49	48	43.5	41-45	5	20	625	0.9289	0.5222	56.22	0.6718	72.32
6	47	51	55	57	52.5	51-55	2 y M	16	504	1.0910	0.5655	51.83	0.7370	67.55
7	56	57	61	67	60.25	55-60	2 y M	16	508	1.4483	0.7730	53.37	1.0048	69.38
8	43	45	47	48	45.75	41-45	2 y M	12	377	0.6197	0.3164	51.05	0.4297	69.34
9	38	42	43	44	41.75	41-45	4	20	623	0.8529	0.4449	52.16	0.5783	67.81
10	42	41	44	47	43.5	41-45	3	16	497	0.7386	0.4229	57.25	0.5652	76.52
11	46.5	45	50	50	47.875	46-50	2 y M	16	493	0.8875	0.4985	56.17	0.6711	75.61
12	44	45	57	59	51.25	51-55	4	16	495	1.0211	0.4006	39.23	0.5406	52.94
13	39	43	44	46	43	41-45	4	16	512	0.7435	0.4058	54.57	0.5482	73.72
14	54	52	48	66	55	51-55	4	20	616	1.4635	0.6525	44.58	0.8642	59.05
15	61	58	63	62	61	55-60	2 y M	16	496	1.4495	0.7791	53.75	1.0204	70.39
16	51	53	56	61	55.25	51-55	4	16	495	1.1868	0.7130	60.08	0.9242	77.88
17	51	50	51	56	52	51-55	3	12	378	0.8028	0.4249	52.92	0.5519	68.75
18	33	32	40	40	36.25	36-40	5	16	495	0.5109	0.2801	54.83	0.3746	73.33
19	40	40	43	45	42	41-45	3	16	500	0.6927	0.3800	54.86	0.5106	73.72
20	37	37	36	34	36	36-40	3	12	384	0.3909	0.1850	47.34	0.2440	62.43
21	51	51	48	49	49.75	46-50	4	12	375	0.7290	0.4064	55.75	0.5409	74.20
22	58	56	51	53	54.5	51-55	2 y M	20	622	1.4510	0.7344	50.61	0.9523	65.63
23	45	49	40	40	43.5	41-45	2 y M	20	617	0.9170	0.3718	40.54	0.5000	54.53
24	55	61	49	49	53.5	51-55	3	16	498	1.1195	0.5434	48.54	0.7327	65.44
25	50	55	51	53	52.25	51-55	4	20	621	1.3315	0.5332	40.04	0.6995	52.53
26	51	53	44	40	47	46-50	4	20	615	1.0670	0.5883	55.13	0.7554	70.79

Continuación del Anexo 2. Características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrió.

27	51	58	51	52	53	51-55	3	16	508	1.1207	0.4077	36.38	0.5751	51.31
28	50	51	44	43	47	46-50	2 y M	16	497	0.8623	0.4041	46.86	0.5330	61.81
29	44	49	41	43	44.25	41-45	2 y M	20	621	0.9550	0.4473	46.83	0.6060	63.45
30	53	54	45	46	49.5	46-50	2 y M	16	504	0.9699	0.4579	47.21	0.6087	62.75
31	43	45	37	37	40.5	36-40	4	20	626	0.8064	0.3841	47.63	0.5129	63.60
32	43	43	37	35	39.5	36-40	3	20	625	0.7659	0.3765	49.16	0.5101	66.60
33	47	52	41	43.5	45.875	41-45	5	16	502	0.8297	0.4484	54.03	0.5772	69.56
34	45	47	40	41	43.25	41-45	4	20	632	0.9285	0.4802	51.72	0.6191	66.67
35	29	30	29	25	28.25	25-30	5	16	495	0.3103	0.1306	42.08	0.1751	56.43
36	28	26	24	23	25.25	25-30	5	16	500	0.2504	0.1155	46.14	0.1542	61.57
37	41	39	32	31	35.75	31-35	5	16	500	0.5019	0.2944	58.65	0.3945	78.60
38	42	42	29.5	31	36.125	36-40	5	16	498	0.5104	0.3061	59.96	0.4122	80.76
39	38	35	30	32	33.75	31-35	5	12	380	0.3400	0.1627	47.87	0.2193	64.51
40	56	57	51	56.5	55.125	51-55	4	12	384	0.9165	0.5364	58.53	0.7058	77.01
41	35	38	37	33	35.75	31-35	5	20	628	0.6304	0.3329	52.81	0.4527	71.81
42	44	43	37.5	39	40.875	36-40	5	20	618	0.8110	0.4810	59.31	0.6216	76.65
43	41	40	32	34	36.75	36-40	5	16	491	0.5208	0.2972	57.07	0.3999	76.78
44	41	43	36	38	39.5	36-40	5	12	374	0.4583	0.2484	54.19	0.3353	73.15
45	49	46	46	43	46	46-50	5	12	371	0.6166	0.2530	41.04	0.3736	60.60
46	35	35	33	33	34	31-35	5	12	376	0.3414	0.1665	48.76	0.2262	66.27
47	35	40	32	32	34.75	31-35	5	12	375	0.3557	0.0850	23.91	0.1143	32.14
49	39	37	32	34	35.5	31-35	4	12	370	0.3662	0.2031	55.47	0.2746	74.99
50	43	46	38	39	41.5	41-45	3	20	622	0.8414	0.4324	51.40	0.5838	69.39
51	35	40	27.5	30	33.125	31-35	4	20	628	0.5412	0.2596	47.96	0.3489	64.47
52	33	36	30	32	32.75	31-35	5	20	620	0.5223	0.3112	59.58	0.4173	79.91
53	32	32	30	30.5	31.125	31-35	3	12	373	0.2838	0.1174	41.37	0.1553	54.72
54	40	35	38	38	37.75	36-40	4	20	618	0.6917	0.3314	47.92	0.4473	64.67
55	40	47	32	34	38.25	36-40	4	20	625	0.7182	0.3731	51.96	0.5055	70.39
56	50	56	35	36	44.25	41-45	4	12	376	0.5782	0.1876	32.45	0.2514	43.48

Continuación del Anexo 2. Características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrió.

57	59	54	43	41	49.25	46-50	2 y M	20	615	1.1716	0.5449	46.51	0.7331	62.58
58	36	38	34	33	35.25	31-35	2 y M	20	623	0.6080	0.3261	53.64	0.4372	71.91
59	33	32	29	27	30.25	25-30	3	20	616	0.4427	0.2287	51.67	0.3008	67.94
60	42	44	39	41	41.5	41-45	4	20	619	0.8373	0.4026	48.09	0.5960	71.18
61	44	44	40	40	42	41-45	5	20	620	0.8590	0.4686	54.55	0.6075	70.72
62	38	37	32	32	34.75	31-35	3	16	516	0.4894	0.2580	52.72	0.3511	71.74
63	39	40	50	49	44.5	41-45	3	20	635	0.9876	0.4855	49.16	0.6478	65.59
64	37	39	34	33	35.75	31-35	2 y M	16	498	0.4999	0.2474	49.49	0.3361	67.24
65	50	51	40.5	46	46.875	46-50	5	12	381	0.6575	0.3413	51.90	0.4574	69.56
66	39	37	42	42	40	36-40	3	20	621	0.7804	0.3671	47.05	0.4988	63.91
67	39	40	31.5	30	35.125	31-35	2 y M	20	632	0.6124	0.2814	45.95	0.3949	64.49
68	36	36	43	44	39.75	36-40	4	16	499	0.6192	0.2983	48.17	0.4059	65.55
69	41	44	35	37	39.25	36-40	2 y M	16	500	0.6050	0.2878	47.58	0.3850	63.64
70	36.5	36	34	33	34.875	31-35	3	16	498	0.4757	0.2561	53.84	0.3392	71.30
71	31	32	27	27	29.25	25-30	4	20	625	0.4200	0.2045	48.70	0.2717	64.70
72	29.5	32	25	26	28.125	25-30	5	16	510	0.3168	0.1915	60.45	0.2526	79.71
73	32	31	38	42	35.75	31-35	3	20	625	0.6274	0.2667	42.50	0.3547	56.54
74	40.5	46	35	35	39.125	36-40	5	12	382	0.4593	0.2404	52.34	0.3218	70.06
75	28.5	28	32.5	33	30.5	25-30	4	16	497	0.3631	0.2067	56.92	0.2715	74.78
76	42	41	39	35	39.25	36-40	2 y M	16	497	0.6013	0.3140	52.22	0.4174	69.41
77	30	29	34	35	32	31-35	3	16	490	0.3941	0.2029	51.50	0.2684	68.10
78	32	33	28	27	30	25-30	5	12	373	0.2637	0.1361	51.61	0.1790	67.90
79	39	38	36	35	37	36-40	5	12	377	0.4054	0.1941	47.88	0.2644	65.22
80	32	29	34	35	32.5	31-35	4	16	495	0.4106	0.1998	48.65	0.2649	64.51
81	39	38	32	33	35.5	31-35	5	16	508	0.5028	0.2858	56.83	0.3858	76.72
82	37	39	26	29	32.75	31-35	2 y M	16	500	0.4212	0.1817	43.14	0.2441	57.95
83	33	32	43	41	37.25	36-40	2 y M	20	620	0.6757	0.3182	47.09	0.4257	63.01
84	44	41	38	40	40.75	36-40	4	12	375	0.4891	0.2931	59.93	0.3807	77.84
85	42	42	49	47	45	41-45	4	16	495	0.7873	0.4497	57.13	0.5862	74.45
86	31	31	37	37	34	31-35	2 y M	20	615	0.5584	0.2716	48.64	0.3598	64.44

Continuación del Anexo 2. Características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrió.

87	42	42	50	49	45.75	41-45	4	16	504	0.8285	0.4712	56.87	0.5978	72.15
88	34	33	41	44	38	36-40	3	20	623	0.7066	0.3454	48.89	0.4587	64.93
89	42	40	42	49	43.25	41-45	4	12	387	0.5686	0.2667	46.92	0.3519	61.89
90	45	41	38	36	40	36-40	3	12	385	0.4838	0.2258	46.68	0.3053	63.10
91	35	33	33	34	33.75	31-35	4	16	500	0.4473	0.2551	57.04	0.3433	76.74
92	38	38	45	43	41	41-45	3	20	625	0.8252	0.4285	51.93	0.5758	69.79
93	39	40	31	31	35.25	31-35	3	20	620	0.6051	0.3149	52.05	0.4142	68.45
94	29	25	32	33	29.75	25-30	2 y M	20	622	0.4324	0.2004	46.34	0.2659	61.50
95	37	38	43	44	40.5	36-40	4	16	503	0.6480	0.3109	47.98	0.4164	64.25
96	29	29	37	37	33	31-35	4	20	617	0.5277	0.2511	47.58	0.3307	62.67
97	37	39	49	47	43	41-45	5	16	495	0.7188	0.3374	46.94	0.4541	63.17
98	49	50	38	39	44	41-45	3	12	384	0.5839	0.2759	47.26	0.3587	61.43
99	32	33	29.5	29	30.875	25-30	2 y M	12	370	0.2770	0.1410	50.90	0.1878	67.78
100	32	29	39	35	33.75	31-35	3	12	385	0.3444	0.1395	40.49	0.1874	54.40
101	46	41	34	35.1	39.025	36-40	4	20	622	0.7440	0.3589	48.24	0.4851	65.21
102	35	34.5	36	37	35.625	31-35	4	20	625	0.6230	0.3295	52.89	0.4483	71.95
103	40	48	33	35	39	36-40	2 y M	20	628	0.7502	0.3159	42.11	0.4213	56.16
104	39	30	26	27	30.5	25-30	3	16	495	0.3617	0.1788	49.43	0.2373	65.61
105	42.5	42.5	40	39	41	41-45	2 y M	16	498	0.6575	0.3388	51.53	0.4546	69.13
106	34	31	37	42	36	36-40	5	20	628	0.6392	0.2735	42.79	0.3701	57.90
107	40	39	32.5	32.5	36	36-40	2 y M	12	370	0.3766	0.1645	43.68	0.2203	58.50
108	52	52	41	41	46.5	46-50	5	20	627	1.0648	0.5508	51.72	0.7141	67.06
109	42	44	48	48	45.5	41-45	3	16	499	0.8114	0.4646	57.26	0.6182	76.19
110	41	44	33	35	38.25	36-40	5	20	630	0.7239	0.3325	45.93	0.4467	61.70
111	49	49	40	36	43.5	41-45	5	20	620	0.9214	0.4545	49.33	0.6110	66.31
112	44.5	43	55	51	48.375	46-50	3	16	495	0.9098	0.4565	50.18	0.6044	66.43
113	36	35	29.5	30	32.625	31-35	3	20	628	0.5250	0.2743	52.25	0.3729	71.03
114	29	31	32	37	32.25	31-35	5	16	505	0.4125	0.2071	50.20	0.2741	66.45
115	30	32	26	28	29	25-30	4	12	390	0.2576	0.1313	50.95	0.1730	67.17
116	33	31	27	25.5	29.125	25-30	5	20	626	0.4171	0.2305	55.26	0.3018	72.37

Continuación del Anexo 2. Características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrió.

117	41	44	37	42	41	41-45	5	16	503	0.6641	0.3922	59.06	0.5053	76.09
118	34	32.5	38	36	35.125	31-35	4	12	379	0.3673	0.1988	54.12	0.2678	72.92
119	40	40	36	32	37	36-40	4	16	496	0.5333	0.2918	54.72	0.3942	73.91
120	32	32	39	38	35.25	31-35	4	12	371	0.3621	0.1908	52.71	0.2574	71.10
121	44	43	54	50	47.75	46-50	3	12	368	0.6590	0.3595	54.55	0.4694	71.23
122	31.5	31.5	40	36	34.75	31-35	2 y M	12	379	0.3595	0.1469	40.87	0.1945	54.11
123	34	35	31	30	32.5	31-35	3	12	374	0.3103	0.1566	50.48	0.2084	67.17
124	31	33	26	26	29	25-30	3	12	378	0.2497	0.1267	50.76	0.1685	67.49
125	45	51	39.5	40	43.875	41-45	3	12	380	0.5745	0.3141	54.68	0.4089	71.18
126	48	48	43	41	45	41-45	2 y M	12	372	0.5916	0.3085	52.15	0.4162	70.34
127	36	36	43	44	39.75	36-40	2 y M	12	375	0.4654	0.2378	51.10	0.3223	69.27
128	41	36	48	44	42.25	41-45	2 y M	20	625	0.8762	0.4417	50.40	0.5858	66.85
129	43	43.5	43	44	43.375	41-45	4	12	375	0.5541	0.2766	49.91	0.3711	66.97
130	46	45	40	37	42	41-45	5	12	380	0.5265	0.2903	55.15	0.3747	71.17
131	52	55	40	39	46.5	46-50	5	20	620	1.0529	0.5332	50.64	0.6879	65.33
132	40	38	37	35	37.5	36-40	4	12	370	0.4087	0.2399	58.71	0.3231	79.07
133	42	42	38	39	40.25	36-40	4	12	374	0.4759	0.2410	50.64	0.3275	68.81
134	53	50	46.5	42.5	48	46-50	4	20	618	1.1183	0.5288	47.29	0.6898	61.68
135	46.5	43	49	49	46.875	46-50	3	12	369	0.6368	0.2832	44.47	0.3812	59.86
136	52	54	43	44	48.25	46-50	2 y M	16	508	0.9289	0.4527	48.74	0.6080	65.46
137	50	40	50	65	51.25	51-55	5	20	616	1.2707	0.6353	49.99	0.8246	64.89
138	40	40	42	42	41	41-45	5	12	376	0.4964	0.1981	39.90	0.2641	53.21
139	42	50	41	42	43.75	41-45	3	12	373	0.5607	0.3032	54.08	0.4028	71.84
140	50	49	42	42	45.75	41-45	2 y M	16	507	0.8335	0.3549	42.58	0.4759	57.09
141	47	47	39	39	43	41-45	2 y M	12	370	0.5373	0.2740	51.00	0.3713	69.10
142	38	38	40	47	40.75	36-40	3	12	376	0.4904	0.2804	57.17	0.3796	77.40
143	38	36	41	40	38.75	36-40	3	12	372	0.4387	0.2315	52.78	0.3128	71.29
144	46	44	48	47	46.25	46-50	5	12	372	0.6250	0.3612	57.80	0.4912	78.60
145	50	40	43	36	42.25	41-45	5	12	369	0.5173	0.2817	54.45	0.3805	73.54
146	36	37	44	43	40	36-40	3	16	503	0.6321	0.3336	52.78	0.4527	71.63

Continuación del Anexo 2. Características de las trozas para determinar el coeficiente de aserrió.

147	39	42	31.5	31.5	36	36-40	2 y M	20	621	0.6321	0.2931	46.37	0.3904	61.76
148	58	51	42	39	47.5	46-50	3	20	626	1.1093	0.5635	50.80	0.7262	65.47
149	42	38	60	51	47.75	46-50	4	20	628	1.1246	0.5903	52.49	0.7583	67.43
150	49	48	45	45	46.75	46-50	5	12	373	0.6403	0.3748	58.54	0.4874	76.12
151	43	42	39	38	40.5	36-40	2 y M	12	380	0.4895	0.2948	60.21	0.3976	81.21
152	46	57	40	41	46	46-50	3	16	495	0.8226	0.4128	50.18	0.5397	65.61
153	40	40	30	36	36.5	36-40	3	16	496	0.5190	0.2459	47.38	0.3317	63.91
154	43	47	36	36	40.5	36-40	3	12	369	0.4754	0.2407	50.63	0.3240	68.16
155	57	52	50	49	52	51-55	5	20	620	1.3167	0.7470	56.73	0.9622	73.07
156	30	33	28	27	29.5	25-30	2 y M	16	500	0.3417	0.1546	45.23	0.2057	60.19
157	46	44	55	54	49.75	46-50	2 y M	20	612	1.1897	0.62272482	52.34	0.8435	70.90
158	42.5	42	45.5	48	44.5	41-45	2 y M	20	621	0.9658	0.57420272	59.45	0.7660	79.31
159	44	41	54	49	47	46-50	2 y M	12	375	0.6506	0.30450442	46.80	0.4065	62.48
160	46	46.5	54	54	50.125	46-50	2 y M	12	371	0.7321	0.420574	57.45	0.5458	74.56
161	49	49	47	47	48	46-50	4	16	498	0.9012	0.52936801	58.74	0.6822	75.70
162	48	48	45	43	46	46-50	3	20	622	1.0337	0.49613475	48.00	0.7684	74.34
163	50	50	42	42	46	46-50	5	16	498	0.8276	0.34353771	41.51	0.4417	53.37
164	53	55	36	42	46.5	46-50	5	16	504	0.8559	0.46634307	54.49	0.6077	71.00
165	51	51	57	57	54	51-55	5	12	376	0.8611	0.45587173	52.94	0.5915	68.68
166	57	50	42	42	47.75	46-50	5	20	617	1.1049	0.67306588	60.92	0.8723	78.95
167	50	48	47	42	46.75	46-50	5	16	504	0.8651	0.51520929	59.55	0.6632	76.66
168	42	42	37	35	39	36-40	2 y M	16	498	0.5949	0.33291959	55.96	0.4524	76.04
169	46	46	53	49	48.5	46-50	2 y M	12	371	0.6854	0.3685123	53.77	0.4973	72.55
170	46	46	44	60	49	46-50	3	20	615	1.1597	0.5902082	50.89	0.7895	68.08
171	55	50	51	50	51.5	51-55	3	20	624	1.2998	0.73800781	56.78	0.9961	76.63
172	50	49	54	55	52	51-55	5	16	497	1.0555	0.55443992	52.53	0.7202	68.24

NOTA: La troza 48 se excluyó del estudio.

Anexo 3. Piezas generadas de las trozas para determinar el coeficiente de aserrío.

Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. nominal m ³	Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. real m ³
TROZA 1 (CALIDAD 2 y M)					
7/8"x4x8	3	0.0165	7/8"x4x8	3	0.0221
7/8"x6x8	2	0.0165	7/8"x6x8	2	0.0216
7/8"x8x16	4	0.0881	7/8"x8x16	4	0.1183
7/8"x4x3	1	0.0021	7/8"x4x3	1	0.0028
7/8"x6x5	1	0.0052	7/8"x6x5	1	0.0067
7/8"x6x6	1	0.0062	7/8"x6x6	1	0.0082
5/4"x8x12	1	0.0236	5/4"x8x12	1	0.0328
5/4"x8x16	4	0.1259	5/4"x8x16	4	0.1737
5/4"x6x8	2	0.0236	5/4"x6x8	2	0.0317
Volumen total m ³		0.3076	Volumen total m ³		0.4179

Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. nominal m ³	Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. real m ³
TROZA 2 (CALIDAD 3)					
7/8"x4x10	2	0.0138	7/8"x4x10	2	0.0186
7/8"x6x16	1	0.0165	7/8"x6x16	1	0.0214
7/8"x8x16	4	0.0881	7/8"x8x16	4	0.1183
7/8"x4x14	1	0.0096	7/8"x4x14	1	0.0128
5/4"x8x16	3	0.0944	5/4"x8x16	3	0.1303
6/4"x8x16	1	0.0378	6/4"x8x16	1	0.0505
Volumen total m ³		0.2602	Volumen total m ³		0.3519

Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. nominal m ³	Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. real m ³
TROZA 3 (CALIDAD 2 y M)					
7/8"x6x16	2	0.0330	7/8"x6x16	2	0.0429
7/8"x4x8	3	0.0165	7/8"x4x8	3	0.0221
7/8"x4x6	1	0.0041	7/8"x4x6	1	0.0056
5/4"x6x12	1	0.0177	5/4"x6x12	1	0.0237
5/4"x4x8	3	0.0236	5/4"x4x8	3	0.0325
5/4"x6x8	3	0.0354	5/4"x6x8	3	0.0475
5/4"x6x16	2	0.0472	5/4"x6x16	2	0.0629
5/4"x4x4	1	0.0039	5/4"x4x4	1	0.0054
Volumen total m ³		0.1815	Volumen total m ³		0.2427

Continuación de Anexo 3. Piezas generadas de las trozas para determinar el coeficiente de aserrio.

Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. nominal m ³	Dimensiones generadas	No de piezas	Vol. real m ³
TROZA 172 (CALIDAD 5)					
7/8"x4x4	3	0.0083	7/8"x4x4	3	0.0111
7/8"x4x3	1	0.0021	7/8"x4x3	1	0.0028
7/8"x8x4	2	0.0110	7/8"x8x4	2	0.0149
7/8"x6x4	2	0.0083	7/8"x6x4	2	0.0108
7/8"x4x8	5	0.0275	7/8"x4x8	5	0.0369
7/8"x6x8	5	0.0413	7/8"x6x8	5	0.0539
7/8"x12x8	2	0.0330	7/8"x12x8	2	0.0419
7/8"x4x8	1	0.0055	7/8"x4x8	1	0.0074
7/8"x8x8	2	0.0220	7/8"x8x8	2	0.0298
7/8"x8x12	1	0.0165	7/8"x8x12	1	0.0223
7/8"x4x12	1	0.0083	7/8"x4x12	1	0.0111
7/8"x6x12	1	0.0124	7/8"x6x12	1	0.0162
7/8"x12x12	1	0.0248	7/8"x12x12	1	0.0314
5/4"x10x8	1	0.0197	5/4"x10x8	1	0.0257
5/4"x6x8	1	0.0118	5/4"x6x8	1	0.0158
5/4"x12x12	4	0.1416	5/4"x12x12	4	0.1846
5/4"x12x16	1	0.0472	5/4"x12x16	1	0.0612
6/4"x12x16	1	0.0566	6/4"x12x16	1	0.0712
6/4"x12x16	1	0.0566	6/4"x12x16	1	0.0712
Volumen total m ³		0.5544	Volumen total m ³		0.7202

Anexo 4. Proporción de calidad por troza.

Troza 1 (CALIDAD 2 y M)

Dimensiones	Pzas. generadas	Volumen	Calidad
7/8"x4x8	1	0.0074	3
7/8"x4x8	1	0.0074	2 y M
7/8"x4x8	1	0.0074	3
7/8"x6x8	2	0.0216	2 y M
7/8"x8x16	4	0.1183	5
7/8"x4x3	1	0.0028	CORTAS DIM
7/8"x6x5	1	0.0067	CORTAS DIM
7/8"x6x6	1	0.0082	CORTAS DIM
5/4"x8x12	1	0.0328	3
5/4"x8x16	1	0.0434	3
5/4"x8x16	1	0.0434	4
5/4"x8x16	1	0.0434	4
5/4"x8x16	1	0.0434	5
5/4"x6x8	2	0.0317	3

Troza 2 (CALIDAD 3)			
Dimensiones	Pzas. generadas	Volumen	Calidad
7/8"x4x10	1	0.0093	3
7/8"x6x16	1	0.0214	4
7/8"x8x16	1	0.0296	5
7/8"x8x16	1	0.0296	5
7/8"x8x16	1	0.0296	4
7/8"x8x16	1	0.0296	4
7/8"x8x16	1	0.0296	4
7/8"x4x14	1	0.0128	5
5/4"x8x16	3	0.1303	5
6/4"x8x16	1	0.0505	4

Troza 3 (CALIDAD 2 y M)			
Dimensiones	Pzas. generadas	Volumen	Calidad
7/8"x6x16	2	0.0429	5
7/8"x4x8	1	0.0074	5
7/8"x4x8	1	0.0074	4
7/8"x4x8	1	0.0074	3
7/8"x4x6	1	0.0056	CORTAS DIM
5/4"x6x12	1	0.0237	3
5/4"x4x8	1	0.0108	3
5/4"x4x8	1	0.0108	2 y M
5/4"x4x8	1	0.0108	3
5/4"x6x8	1	0.0158	3
5/4"x6x8	1	0.0158	4
5/4"x6x8	1	0.0158	3
5/4"x6x16	2	0.0629	4
5/4"x4x4	1	0.0054	CORTAS DIM

Continuación del Anexo 4. Proporción de calidad por troza.

Troza 172 (CALIDAD 5)			
Dimensiones	Pzas. generadas	Volumen	Calidad
7/8"x4x4	1	0.0037	CORTAS DIM
7/8"x4x4	1	0.0037	CORTAS DIM
7/8"x4x4	1	0.0037	CORTAS DIM
7/8"x4x3	1	0.0028	CORTAS DIM
7/8"x8x4	1	0.0075	CORTAS DIM
7/8"x8x4	1	0.0075	CORTAS DIM
7/8"x6x4	1	0.0054	CORTAS DIM
7/8"x6x4	1	0.0054	CORTAS DIM
7/8"x4x8	1	0.0074	2 y M
7/8"x4x8	1	0.0074	5
7/8"x4x8	1	0.0074	5
7/8"x4x8	1	0.0074	4
7/8"x4x8	1	0.0074	2 y M
7/8"x6x8	1	0.0108	3
7/8"x6x8	1	0.0108	2 y M
7/8"x6x8	1	0.0108	4
7/8"x6x8	1	0.0108	5
7/8"x6x8	1	0.0108	3
7/8"x12x8	1	0.0210	5
7/8"x12x8	1	0.0210	2 y M
7/8"x4x8	1	0.0074	3
7/8"x8x8	1	0.0149	4
7/8"x8x8	1	0.0149	5
7/8"x8x12	1	0.0223	2 y M
7/8"x4x12	1	0.0111	3
7/8"x6x12	1	0.0162	3
7/8"x12x12	1	0.0314	5
5/4"x10x8	1	0.0257	5
5/4"x6x8	1	0.0158	2 y M
5/4"x12x12	1	0.0462	5
5/4"x12x12	1	0.0462	5
5/4"x12x12	1	0.0462	5
5/4"x12x12	1	0.0462	4
5/4"x12x16	1	0.0612	4
6/4"x12x16	1	0.0712	4
6/4"x12x16	1	0.0712	5

Anexo 5. Proporción de calidad por categoría diamétrica.

		Calidad de la madera aserrada										
Calidad de la trozas	Categoría diamétrica	2 y M		3ra		4ta		5ta		Cortas dimensiones		Vol. total generado
		Volumen	(%)	Volumen	(%)	Volumen	(%)	Volumen	(%)	Volumen	(%)	
2 y M	25-30	0.0340	5.16	0.1557	23.61	0.2186	33.15	0.2283	34.62	0.0228	3.46	0.6594
	31-35	0.3322	14.81	0.4872	21.72	0.5223	23.29	0.8203	36.58	0.0806	3.60	2.2426
	36-40	0.9207	23.91	0.7307	18.98	0.8767	22.77	1.1765	30.56	0.1457	3.78	3.8504
	41-45	1.5593	33.86	0.9140	19.85	0.7528	16.35	1.0439	22.67	0.3354	7.28	4.6053
	46-50	1.7724	29.69	1.2737	21.33	1.0432	17.47	1.4945	25.03	0.3864	6.47	5.9702
	51-55	0.3585	21.22	0.5003	29.62	0.3638	21.54	0.3910	23.15	0.0757	4.48	1.6893
	55-60	0.8364	41.30	0.2680	13.24	0.3276	16.17	0.5159	25.48	0.0772	3.81	2.0252
3	25-30	0.0182	2.58	0.0471	6.67	0.1565	22.15	0.4295	60.79	0.0552	7.81	0.7066
	31-35	0.2833	9.43	0.3657	12.17	0.7014	23.35	1.4744	49.09	0.1788	5.95	3.0035
	36-40	0.4576	11.99	0.7046	18.46	0.5994	15.70	1.8393	48.18	0.2168	5.68	3.8177
	41-45	0.3362	7.20	0.5494	11.76	0.6730	14.41	2.9323	62.77	0.1809	3.87	4.6718
	46-50	0.6354	14.85	0.4192	9.80	0.7762	18.14	2.2117	51.69	0.2364	5.52	4.2788
	51-55	0.8598	30.11	0.4468	15.65	0.3942	13.80	0.9304	32.58	0.2245	7.86	2.8557
4	25-30	0.0148	2.06	0.0315	4.40	0.1272	17.76	0.5093	71.11	0.0334	4.67	0.7163
	31-35	0.0266	1.04	0.1205	4.72	0.3663	14.35	1.8920	74.10	0.1480	5.79	2.5534
	36-40	0.5462	13.01	0.4607	10.97	0.7317	17.43	2.1939	52.25	0.2661	6.34	4.1986
	41-45	0.3135	6.96	0.4166	9.25	0.6801	15.10	2.8258	62.73	0.2687	5.96	4.5047
	46-50	0.1050	3.07	0.5410	15.79	0.5966	17.41	2.0153	58.81	0.1686	4.92	3.4266
	51-55	0.6187	16.66	0.7904	21.29	0.5036	13.56	1.4629	39.40	0.3373	9.08	3.7128
5	25-30	-	0.00	0.0136	1.28	0.0527	4.96	0.9151	86.12	0.0812	7.64	1.0627
	31-35	0.0749	2.93	0.1041	4.07	0.1916	7.49	2.0050	78.36	0.1831	7.16	2.5587
	36-40	0.0706	1.99	0.1949	5.50	0.4194	11.83	2.6951	75.99	0.1665	4.70	3.5466
	41-45	0.0685	1.54	0.1190	2.68	0.3055	6.87	3.7237	83.75	0.2294	5.16	4.4461
	46-50	0.3575	6.17	0.3715	6.41	0.5132	8.85	4.2141	72.70	0.3403	5.87	5.7966
	51-55	0.1174	3.79	0.1395	4.50	0.4867	15.71	2.1404	69.08	0.2144	6.92	3.0984

Anexo 6. Volumen nominal y real de las piezas generadas de las trozas.

VOLUMEN NOMINAL					
Dimensiones.	Volumen m ³	Dimensiones.	Volumen m ³	Dimensiones.	Volumen m ³
7/8"x4x3	0.002065	5/4"x4x3	0.002950	6/4"x4x3	0.003540
7/8"x6x3	0.003097	5/4"x6x3	0.004425	6/4"x6x3	0.005309
7/8"x8x3	0.004130	5/4"x8x3	0.005899	6/4"x8x3	0.007079
7/8"x10x3	0.005162	5/4"x10x3	0.007374	6/4"x10x3	0.008849
7/8"x12x3	0.006194	5/4"x12x3	0.008849	6/4"x12x3	0.010619
7/8"x4x4	0.002753	5/4"x4x4	0.003933	6/4"x4x4	0.004719
7/8"x6x4	0.004130	5/4"x6x4	0.005899	6/4"x6x4	0.007079
7/8"x8x4	0.005506	5/4"x8x4	0.007866	6/4"x8x4	0.009439
7/8"x10x4	0.006883	5/4"x10x4	0.009832	6/4"x10x4	0.011799
7/8"x12x4	0.008259	5/4"x12x4	0.011799	6/4"x12x4	0.014158
7/8"x4x5	0.003441	5/4"x4x5	0.004916	6/4"x4x5	0.005899
7/8"x6x5	0.005162	5/4"x6x5	0.007374	6/4"x6x5	0.008849
7/8"x8x5	0.006883	5/4"x8x5	0.009832	6/4"x8x5	0.011799
7/8"x10x5	0.008603	5/4"x10x5	0.012290	6/4"x10x5	0.014748
7/8"x12x5	0.010324	5/4"x12x5	0.014748	6/4"x12x5	0.017698
7/8"x4x6	0.004130	5/4"x4x6	0.005899	6/4"x4x6	0.007079
7/8"x6x6	0.006194	5/4"x6x6	0.008849	6/4"x6x6	0.010619
7/8"x8x6	0.008259	5/4"x8x6	0.011799	6/4"x8x6	0.014158
7/8"x10x6	0.010324	5/4"x10x6	0.014748	6/4"x10x6	0.017698
7/8"x12x6	0.012389	5/4"x12x6	0.017698	6/4"x12x6	0.021238
7/8"x4x7	0.004818	5/4"x4x7	0.006883	6/4"x4x7	0.008259
7/8"x6x7	0.007227	5/4"x6x7	0.010324	6/4"x6x7	0.012389
7/8"x8x7	0.009636	5/4"x8x7	0.013765	6/4"x8x7	0.016518
7/8"x10x7	0.012044	5/4"x10x7	0.017206	6/4"x10x7	0.020648
7/8"x12x7	0.014453	5/4"x12x7	0.020648	6/4"x12x7	0.024777
7/8"x4x8	0.005506	5/4"x4x8	0.007866	6/4"x4x8	0.009439
7/8"x6x8	0.008259	5/4"x6x8	0.011799	6/4"x6x8	0.014158
7/8"x8x8	0.011012	5/4"x8x8	0.015732	6/4"x8x8	0.018878
7/8"x10x8	0.013765	5/4"x10x8	0.019664	6/4"x10x8	0.023597
7/8"x12x8	0.016518	5/4"x12x8	0.023597	6/4"x12x8	0.028317
7/8"x4x10	0.006883	5/4"x4x10	0.009832	6/4"x4x10	0.011799
7/8"x6x10	0.010324	5/4"x6x10	0.014748	6/4"x6x10	0.017698
7/8"x8x10	0.013765	5/4"x8x10	0.019664	6/4"x8x10	0.023597
7/8"x10x10	0.017206	5/4"x10x10	0.024581	6/4"x10x10	0.029497
7/8"x12x10	0.020648	5/4"x12x10	0.029497	6/4"x12x10	0.035396
7/8"x4x12	0.008259	5/4"x4x12	0.011799	6/4"x4x12	0.014158

7/8"x6x12	0.012389	5/4"x6x12	0.017698	6/4"x6x12	0.021238
7/8"x8x12	0.016518	5/4"x8x12	0.023597	6/4"x8x12	0.028317
7/8"x10x12	0.020648	5/4"x10x12	0.029497	6/4"x10x12	0.035396
7/8"x12x12	0.024777	5/4"x12x12	0.035396	6/4"x12x12	0.042475
7/8"x4x14	0.009636	5/4"x4x14	0.013765	6/4"x4x14	0.016518
7/8"x6x14	0.014453	5/4"x6x14	0.020648	6/4"x6x14	0.024777
7/8"x8x14	0.019271	5/4"x8x14	0.027530	6/4"x8x14	0.033036
7/8"x10x14	0.024089	5/4"x10x14	0.034413	6/4"x10x14	0.041295
7/8"x12x14	0.028907	5/4"x12x14	0.041295	6/4"x12x14	0.049554
7/8"x4x16	0.011012	5/4"x4x16	0.015732	6/4"x4x16	0.018878
7/8"x6x16	0.016518	5/4"x6x16	0.023597	6/4"x6x16	0.028317
7/8"x8x16	0.022024	5/4"x8x16	0.031463	6/4"x8x16	0.037756
7/8"x10x16	0.027530	5/4"x10x16	0.039329	6/4"x10x16	0.047195
7/8"x12x16	0.033036	5/4"x12x16	0.047195	6/4"x12x16	0.056634
7/8"x4x18	0.012389	5/4"x4x18	0.017698	6/4"x4x18	0.021238
7/8"x6x18	0.018583	5/4"x6x18	0.026547	6/4"x6x18	0.031856
7/8"x8x18	0.024777	5/4"x8x18	0.035396	6/4"x8x18	0.042475
7/8"x10x18	0.030972	5/4"x10x18	0.044245	6/4"x10x18	0.053094
7/8"x12x18	0.037166	5/4"x12x18	0.053094	6/4"x12x18	0.063713
7/8"x4x20	0.013765	5/4"x4x20	0.019664	6/4"x4x20	0.023597
7/8"x6x20	0.020648	5/4"x6x20	0.029497	6/4"x6x20	0.035396
7/8"x8x20	0.027530	5/4"x8x20	0.039329	6/4"x8x20	0.047195
7/8"x10x20	0.034413	5/4"x10x20	0.049161	6/4"x10x20	0.058993
7/8"x12x20	0.041295	5/4"x12x20	0.058993	6/4"x12x20	0.070792

Continuación del Anexo 6. Volumen nominal y real de las piezas generadas de las trozas.

VOLUMEN NOMINAL (ANCHOS NONES)			
Dimensiones.	Volumen m ³	Dimensiones.	Volumen m ³
7/8"x5x3	0.002581	5/4"x5x3	0.003687
7/8"x7x3	0.003613	5/4"x7x3	0.005162
7/8"x9x3	0.004646	5/4"x9x3	0.006637
7/8"x11x3	0.005678	5/4"x11x3	0.008112
7/8"x5x4	0.003441	5/4"x5x4	0.004916
7/8"x7x4	0.004818	5/4"x7x4	0.006883
7/8"x9x4	0.006194	5/4"x9x4	0.008849
7/8"x11x4	0.007571	5/4"x11x4	0.010815
7/8"x5x5	0.004302	5/4"x5x5	0.006145
7/8"x7x5	0.006022	5/4"x7x5	0.008603
7/8"x9x5	0.007743	5/4"x9x5	0.011061
7/8"x11x5	0.009464	5/4"x11x5	0.013519
7/8"x5x6	0.005162	5/4"x5x6	0.007374
7/8"x7x6	0.007227	5/4"x7x6	0.010324
7/8"x9x6	0.009291	5/4"x9x6	0.013274
7/8"x11x6	0.011356	5/4"x11x6	0.016223
7/8"x5x7	0.006022	5/4"x5x7	0.008603
7/8"x7x7	0.008431	5/4"x7x7	0.012044
7/8"x9x7	0.010840	5/4"x9x7	0.015486
7/8"x11x7	0.013249	5/4"x11x7	0.018927
7/8"x5x8	0.006883	5/4"x5x8	0.009832
7/8"x7x8	0.009636	5/4"x7x8	0.013765
7/8"x9x8	0.012389	5/4"x9x8	0.017698
7/8"x11x8	0.015142	5/4"x11x8	0.021631
7/8"x5x10	0.008603	5/4"x5x10	0.012290
7/8"x7x10	0.012044	5/4"x7x10	0.017206
7/8"x9x10	0.015486	5/4"x9x10	0.022123
7/8"x11x10	0.018927	5/4"x11x10	0.027039
7/8"x5x12	0.010324	5/4"x5x12	0.014748
7/8"x7x12	0.014453	5/4"x7x12	0.020648
7/8"x9x12	0.018583	5/4"x9x12	0.026547
7/8"x11x12	0.022712	5/4"x11x12	0.032446
7/8"x5x14	0.012044	5/4"x5x14	0.017206
7/8"x7x14	0.016862	5/4"x7x14	0.024089
7/8"x9x14	0.021680	5/4"x9x14	0.030972
7/8"x11x14	0.026498	5/4"x11x14	0.037854
7/8"x5x16	0.013765	5/4"x5x16	0.019664
7/8"x7x16	0.019271	5/4"x7x16	0.027530
7/8"x9x16	0.024777	5/4"x9x16	0.035396
7/8"x11x16	0.030283	5/4"x11x16	0.043262
7/8"x5x18	0.015486	5/4"x5x18	0.022123
7/8"x7x18	0.021680	5/4"x7x18	0.030972
7/8"x9x18	0.027874	5/4"x9x18	0.039821

7/8"x11x18	0.034069	5/4"x11x18	0.048670
7/8"x5x20	0.017206	5/4"x5x20	0.024581
7/8"x7x20	0.024089	5/4"x7x20	0.034413
7/8"x9x20	0.030972	5/4"x9x20	0.044245
7/8"x11x20	0.037854	5/4"x11x20	0.054077

Continuación del Anexo 6. Volumen nominal y real de las piezas generadas de las trozas.

VOLUMEN REAL					
Dimensiones.	Volumen m ³	Dimensiones.	Volumen m ³	Dimensiones.	Volumen m ³
7/8"x4x3	0.0028	5/4"x4x3	0.0042	6/4"x4x3	0.0049
7/8"x6x3	0.0042	5/4"x6x3	0.0061	6/4"x6x3	0.0071
7/8"x8x3	0.0057	5/4"x8x3	0.0084	6/4"x8x3	0.0098
7/8"x10x3	0.0068	5/4"x10x3	0.0099	6/4"x10x3	0.0115
7/8"x12x3	0.0081	5/4"x12x3	0.0119	6/4"x12x3	0.0138
7/8"x4x4	0.0037	5/4"x4x4	0.0054	6/4"x4x4	0.0063
7/8"x6x4	0.0054	5/4"x6x4	0.0079	6/4"x6x4	0.0092
7/8"x8x4	0.0075	5/4"x8x4	0.0110	6/4"x8x4	0.0128
7/8"x10x4	0.0088	5/4"x10x4	0.0129	6/4"x10x4	0.0150
7/8"x12x4	0.0105	5/4"x12x4	0.0154	6/4"x12x4	0.0180
7/8"x4x5	0.0046	5/4"x4x5	0.0068	6/4"x4x5	0.0079
7/8"x6x5	0.0067	5/4"x6x5	0.0099	6/4"x6x5	0.0115
7/8"x8x5	0.0093	5/4"x8x5	0.0136	6/4"x8x5	0.0159
7/8"x10x5	0.0109	5/4"x10x5	0.0160	6/4"x10x5	0.0187
7/8"x12x5	0.0131	5/4"x12x5	0.0192	6/4"x12x5	0.0224
7/8"x4x6	0.0056	5/4"x4x6	0.0082	6/4"x4x6	0.0095
7/8"x6x6	0.0082	5/4"x6x6	0.0120	6/4"x6x6	0.0140
7/8"x8x6	0.0113	5/4"x8x6	0.0165	6/4"x8x6	0.0193
7/8"x10x6	0.0132	5/4"x10x6	0.0194	6/4"x10x6	0.0226
7/8"x12x6	0.0159	5/4"x12x6	0.0233	6/4"x12x6	0.0271
7/8"x4x7	0.0064	5/4"x4x7	0.0094	6/4"x4x7	0.0109
7/8"x6x7	0.0094	5/4"x6x7	0.0137	6/4"x6x7	0.0160
7/8"x8x7	0.0129	5/4"x8x7	0.0190	6/4"x8x7	0.0221
7/8"x10x7	0.0152	5/4"x10x7	0.0223	6/4"x10x7	0.0259
7/8"x12x7	0.0182	5/4"x12x7	0.0267	6/4"x12x7	0.0311
7/8"x4x8	0.0074	5/4"x4x8	0.0108	6/4"x4x8	0.0126
7/8"x6x8	0.0108	5/4"x6x8	0.0158	6/4"x6x8	0.0184
7/8"x8x8	0.0149	5/4"x8x8	0.0218	6/4"x8x8	0.0254
7/8"x10x8	0.0175	5/4"x10x8	0.0257	6/4"x10x8	0.0299
7/8"x12x8	0.0210	5/4"x12x8	0.0308	6/4"x12x8	0.0358
7/8"x4x10	0.0093	5/4"x4x10	0.0136	6/4"x4x10	0.0159
7/8"x6x10	0.0136	5/4"x6x10	0.0199	6/4"x6x10	0.0232
7/8"x8x10	0.0187	5/4"x8x10	0.0275	6/4"x8x10	0.0320
7/8"x10x10	0.0220	5/4"x10x10	0.0323	6/4"x10x10	0.0376

7/8"x12x10	0.0264	5/4"x12x10	0.0387	6/4"x12x10	0.0451
7/8"x4x12	0.0111	5/4"x4x12	0.0162	6/4"x4x12	0.0189
7/8"x6x12	0.0162	5/4"x6x12	0.0237	6/4"x6x12	0.0276
7/8"x8x12	0.0223	5/4"x8x12	0.0328	6/4"x8x12	0.0381
7/8"x10x12	0.0262	5/4"x10x12	0.0385	6/4"x10x12	0.0448
7/8"x12x12	0.0314	5/4"x12x12	0.0462	6/4"x12x12	0.0537
7/8"x4x14	0.0128	5/4"x4x14	0.0188	6/4"x4x14	0.0219
7/8"x6x14	0.0187	5/4"x6x14	0.0275	6/4"x6x14	0.0320
7/8"x8x14	0.0258	5/4"x8x14	0.0379	6/4"x8x14	0.0442
7/8"x10x14	0.0304	5/4"x10x14	0.0446	6/4"x10x14	0.0519
7/8"x12x14	0.0364	5/4"x12x14	0.0534	6/4"x12x14	0.0622
7/8"x4x16	0.0147	5/4"x4x16	0.0215	6/4"x4x16	0.0250
7/8"x6x16	0.0214	5/4"x6x16	0.0315	6/4"x6x16	0.0366
7/8"x8x16	0.0296	5/4"x8x16	0.0434	6/4"x8x16	0.0505
7/8"x10x16	0.0348	5/4"x10x16	0.0510	6/4"x10x16	0.0594
7/8"x12x16	0.0417	5/4"x12x16	0.0612	6/4"x12x16	0.0712
7/8"x4x18	0.0165	5/4"x4x18	0.0242	6/4"x4x18	0.0281
7/8"x6x18	0.0241	5/4"x6x18	0.0353	6/4"x6x18	0.0411
7/8"x8x18	0.0332	5/4"x8x18	0.0488	6/4"x8x18	0.0568
7/8"x10x18	0.0390	5/4"x10x18	0.0573	6/4"x10x18	0.0667
7/8"x12x18	0.0468	5/4"x12x18	0.0687	6/4"x12x18	0.0799
7/8"x4x20	0.0183	5/4"x4x20	0.0269	6/4"x4x20	0.0313
7/8"x6x20	0.0268	5/4"x6x20	0.0393	6/4"x6x20	0.0458
7/8"x8x20	0.0370	5/4"x8x20	0.0542	6/4"x8x20	0.0631
7/8"x10x20	0.0434	5/4"x10x20	0.0637	6/4"x10x20	0.0742
7/8"x12x20	0.0521	5/4"x12x20	0.0764	6/4"x12x20	0.0889

Continuación del Anexo 6. Volumen nominal y real de las piezas generadas de las trozas.

VOLUMEN REAL (ANCHOS NONES)			
Dimensiones.	Volumen m ³	Dimensiones.	Volumen m ³
7/8"x5x3	0.0035	5/4"x5x3	0.0052
7/8"x7x3	0.0048	5/4"x7x3	0.0070
7/8"x9x3	0.0060	5/4"x9x3	0.0089
7/8"x11x3	0.0073	5/4"x11x3	0.0108
7/8"x5x4	0.0046	5/4"x5x4	0.0067
7/8"x7x4	0.0062	5/4"x7x4	0.0091
7/8"x9x4	0.0079	5/4"x9x4	0.0115
7/8"x11x4	0.0095	5/4"x11x4	0.0140
7/8"x5x5	0.0057	5/4"x5x5	0.0084
7/8"x7x5	0.0077	5/4"x7x5	0.0114
7/8"x9x5	0.0098	5/4"x9x5	0.0144
7/8"x11x5	0.0119	5/4"x11x5	0.0174
7/8"x5x6	0.0069	5/4"x5x6	0.0102
7/8"x7x6	0.0094	5/4"x7x6	0.0138
7/8"x9x6	0.0119	5/4"x9x6	0.0174
7/8"x11x6	0.0144	5/4"x11x6	0.0211
7/8"x5x7	0.0079	5/4"x5x7	0.0116
7/8"x7x7	0.0108	5/4"x7x7	0.0158
7/8"x9x7	0.0136	5/4"x9x7	0.0200
7/8"x11x7	0.0165	5/4"x11x7	0.0242
7/8"x5x8	0.0091	5/4"x5x8	0.0134
7/8"x7x8	0.0124	5/4"x7x8	0.0182
7/8"x9x8	0.0157	5/4"x9x8	0.0230
7/8"x11x8	0.0190	5/4"x11x8	0.0279
7/8"x5x10	0.0115	5/4"x5x10	0.0169
7/8"x7x10	0.0156	5/4"x7x10	0.0229
7/8"x9x10	0.0197	5/4"x9x10	0.0290
7/8"x11x10	0.0239	5/4"x11x10	0.0351
7/8"x5x12	0.0137	5/4"x5x12	0.0201
7/8"x7x12	0.0186	5/4"x7x12	0.0273
7/8"x9x12	0.0235	5/4"x9x12	0.0345
7/8"x11x12	0.0285	5/4"x11x12	0.0418
7/8"x5x14	0.0159	5/4"x5x14	0.0233
7/8"x7x14	0.0215	5/4"x7x14	0.0316
7/8"x9x14	0.0272	5/4"x9x14	0.0399
7/8"x11x14	0.0330	5/4"x11x14	0.0484
7/8"x5x16	0.0182	5/4"x5x16	0.0267
7/8"x7x16	0.0247	5/4"x7x16	0.0362
7/8"x9x16	0.0311	5/4"x9x16	0.0457

7/8"x11x16	0.0378	5/4"x11x16	0.0554
7/8"x5x18	0.0204	5/4"x5x18	0.0299
7/8"x7x18	0.0277	5/4"x7x18	0.0406
7/8"x9x18	0.0350	5/4"x9x18	0.0513
7/8"x11x18	0.0424	5/4"x11x18	0.0622
7/8"x5x20	0.0227	5/4"x5x20	0.0333
7/8"x7x20	0.0308	5/4"x7x20	0.0452
7/8"x9x20	0.0389	5/4"x9x20	0.0571
7/8"x11x20	0.0472	5/4"x11x20	0.0692

Anexo 7. Datos para determinar la variación del espesor de la madera en el proceso de aserrío.

Tablas de 22.22 mm (7/8")

No. Tabla	Espesores en mm						\bar{X}	Rw	\bar{Rw}	\bar{Rb}	
	1	2	3	4	5	6					
1	25.16	25.32	25.72	24.21	25.17	25.69	25.21	25.98	1.51	1.70	1.66
2	25.65	26.95	27.48	25.11	27	26.32	26.42		2.37		
3	25.62	25.33	26.53	26.04	25.31	26.88	25.95		1.57		
4	25.2	26.71	24.77	24.9	26.54	24.47	25.43		2.24		
5	27.08	27.16	26.76	26.36	26.82	27.03	26.87		0.80		
6	25.89	25.98	26.24	25.98	26.11	26.44	26.11	26.00	0.55	1.74	1.43
7	24.23	26.72	25.54	24.34	26.67	25.49	25.50		2.49		
8	25.56	26.32	24.19	25.82	26.51	24.23	25.44		2.32		
9	26.29	26.65	27.05	26.82	26.86	27.52	26.87		1.23		
10	26.54	25.71	27.08	26.44	24.98	25.87	26.10		2.10		
11	26.72	27.28	25.97	26.82	27.4	25.66	26.64	25.51	1.74	1.71	2.31
12	24.62	25.76	25.03	24.61	25.77	24.96	25.13		1.16		
13	23.14	24	24.4	25.55	24.19	24.74	24.34		2.41		
14	25.88	25.77	24.3	26.03	25.98	24.35	25.39		1.73		
15	26.51	26.61	25.11	26.09	26.64	25.42	26.06		1.53		
16	25.7	27.28	27.13	26.15	27.78	26.94	26.83	25.89	2.08	1.43	1.68
17	24.18	25.35	24.98	24.72	26.25	25.42	25.15		2.07		
18	25.34	26.12	25.46	25.92	26.55	25.91	25.88		1.21		
19	25.49	26.02	26.2	25.94	26.24	26.1	26.00		0.75		
20	25.09	25.95	25.73	25.04	26.07	25.58	25.58		1.03		

Continuación del Anexo 7. Datos para determinar la variación del espesor de la madera en el proceso de aserrío.

Tablas de 31.75 mm (5/4")

No. tabla	Espesores en mm						X	$\bar{\bar{X}}$	R_w	\bar{R}_w	\bar{R}_b
	1	2	3	4	5	6					
1	37.56	38.64	37.33	40.43	39.6	38.14	38.617	39.499	3.1	2.87	1.67
2	40.95	41.03	40.05	39.74	40.36	39.57	40.283		1.46		
3	40.8	40.33	37.11	40.43	39.55	36.84	39.177		3.96		
4	40.55	39.57	37.7	40.87	40.78	37.02	39.415		3.85		
5	38.83	40.53	40.71	38.74	40.54	40.68	40.005		1.97		
6	36.83	36.91	37.85	36.35	37.02	38.09	37.175	38.179	1.74	2.56	3.37
7	38.42	38.73	37.22	38.2	37.26	37.37	37.867		1.51		
8	37.44	34.1	37.25	38.82	35	36.48	36.515		4.72		
9	40.68	39.12	38.55	40.82	38.82	38.73	39.453		2.27		
10	38.78	40.61	41.33	38.96	40.24	39.38	39.883		2.55		
11	39.21	39.86	38.36	39.21	39.22	39.09	39.158	39.812	1.5	1.45	1.51
12	40.67	40.73	40.52	40.71	40.86	40.53	40.67		0.34		
13	38.21	40.76	41.11	38.66	40.74	40.65	40.022		2.9		
14	40.03	39.34	38.63	40.23	39.22	38.64	39.348		1.6		
15	39.98	40.4	39.91	39.49	39.83	39.55	39.86		0.91		
16	38.46	39.6	39.47	38.51	40.46	39.12	39.27	38.857	2	4.07	3.07
17	37.12	38.71	38.72	37.5	38.55	39.14	38.29		2.02		
18	38.05	41.71	41.3	39.04	41.1	39.92	40.187		3.66		
19	42.72	36.15	39.94	43.48	36.33	37.92	39.423		7.33		
20	35.82	37.56	34.84	36.54	40.16	37.78	37.117		5.32		

Continuación del Anexo 7. Datos para determinar la variación del espesor de la madera en el proceso de aserrío.

Tablas de 38.1 mm (6/4")

No. Tabla	Espesores en mm						X	\bar{X}	R_w	\bar{R}_w	\bar{R}_b
	1	2	3	4	5	6					
1	45.06	46.46	45.64	44.85	46.7	45.1	45.635	44.852	1.85	2.676	2.373
2	41.56	44.35	46.15	42.65	45.41	44.92	44.173		4.59		
3	44.46	46.78	45.88	45.23	46.33	46.3	45.830		2.32		
4	44.91	44.39	46.12	44.74	45.43	45.4	45.165		1.73		
5	42.36	43	45.01	42.12	43.9	44.35	43.457		2.89		
6	45.81	46.72	46.41	45.48	43.97	45.99	45.730	44.699	2.75	3.93	5.602
7	45.97	44.7	46.24	45.66	44.45	47.07	45.682		2.62		
8	43.86	45.62	37.95	44.22	35.01	36.44	40.517		10.61		
9	46.53	46.06	45.31	46.21	46.06	46.54	46.118		1.23		
10	46.98	45.05	44.54	45.67	45.31	45.13	45.447		2.44		
11	47.18	46.7	46.5	46.48	47.4	47.42	46.947	45.555	0.94	1.956	3.130
12	43.96	43.58	43.6	42.98	45.44	43.34	43.817		2.46		
13	44.56	47.33	47.79	44.1	46.78	43.49	45.675		4.3		
14	46.46	45.45	46.5	46.58	45.17	46.02	46.030		1.41		
15	45.2	45.52	45.57	44.9	45.36	45.28	45.305		0.67		
16	47.39	47.71	46.89	47.79	48.37	46.85	47.500	45.486	1.52	2.118	3.883
17	45.81	42.6	43.65	44.33	41.55	43.76	43.617		4.26		
18	45.08	44.62	45.11	45.1	45.93	45.2	45.173		1.31		
19	44.45	45.62	45.69	45.29	46.04	45.51	45.433		1.59		
20	46.61	45.64	45.72	46	45.57	44.7	45.707		1.91		