



Universidad Autónoma Chapingo

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

SISTEMA DE CÓMPUTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE DIAGRAMAS DE CORTE EN EL ASERRÍO

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

Maestro en Ciencias en CIENCIAS FORESTALES

Presenta:

ALAIN RICARDO DÍAZ FÉLIX

Noviembre de 2004

Chapingo, Edo. de México



RECCION GENERAL ACADEMICA
LEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



SISTEMA DE CÓMPUTO PARA LA OPTIMIZACIÓN
DE DIAGRAMAS DE CORTE EN EL ASERRÍO

Tesis realizada por ALAIN RICARDO DÍAZ FÉLIX bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

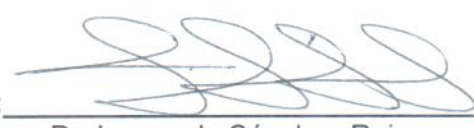
MAESTRO EN CIENCIAS EN **CIENCIAS FORESTALES**

DIRECTOR:



M.C. Ángel Leyva Ovalle

ASESOR:



Dr. Leonardo Sánchez Rojas

ASESOR:



Dr. David Zavala Zavala

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud:

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de ciencias Forestales por permitirme cursar en ellas esta maestría.

A CONACyT por la beca tan valiosa que me permitió realizar este posgrado.

Al M.C. Ángel Leyva Ovalle por la confianza, apoyo y comprensión que mostró durante la dirección de la presente tesis.

Al Dr. Leonardo Sánchez Rojas y al Dr. David Zavala Zavala, por sus comentarios y sugerencias que contribuyeron a realizar un mejor trabajo.

Al M.C. Miguel Ángel Pérez Torres por sus ideas y comentarios acertados.

A mis maestros, amigos y todas aquellas personas que son parte de mi formación como persona y profesional.

DEDICATORIA

Aunque nunca podré compensar lo que han hecho por mí, dedico este sencillo trabajo:

A mis padres: **Ricarda Félix Torres y Juan Carlos Díaz Olivas.**

A mis hermanos: **Juan Carlos, José Luis y Abraham.**

A mi novia **Marcela.**

DATOS BIOGRÁFICOS

Nací en Durango, Dgo. en el año de 1980, sin embargo durante quince años viví en el municipio de Topia, lugar donde estudié la primaria y secundaria.

En 1995 ingresé a la Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, y después, en 1998, a la División de Ciencias Forestales donde obtuve el título de Ingeniero Forestal en el 2002.

En el mismo año fui aceptado en la maestría en ciencias en Ciencias Forestales, la cual concluí en el 2004, obteniendo el grado de Maestro en Ciencias.

SISTEMA DE CÓMPUTO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE DIAGRAMAS DE CORTE EN EL ASERRÍO

COMPUTER SYSTEM FOR THE OPTIMIZATION OF SAWING PATTERNS IN THE SAWING PROCESS

Alain Ricardo Díaz Félix¹ y Angel Leyva Ovalle²

RESUMEN

La industria del aserrío en México generalmente presenta una deficiente conversión de la trocería, sin embargo, los incrementos en los costos de la materia prima obligan aprovechar la troza con mayor eficacia. El uso de diagramas de corte por computadora ha mostrado resultados favorables, logrando mayor rapidez y precisión. En el presente trabajo se construyó un sistema de cómputo, con el cual, al introducir las dimensiones de la troza, la madera aserrada, el grosor de corte y los refuerzos, se generan diagramas de corte optimizados que pueden ayudar a la planeación y a un mejor aprovechamiento de la materia prima. Está basado en el método de iteraciones y puede ejecutarse en ambiente Windows 98 o superior. El sistema, en promedio, sobreestima en un 3% los rendimientos obtenidos realmente, sin embargo brinda un 5% más que los obtenidos con el criterio del aserrador.

PALABRAS CLAVE: Aserrío, Diagrama de corte, Optimización, Sistema de cómputo.

ABSTRACT

Generally, there is a deficient use of logs in the sawmill industry in Mexico, however, costs increases of raw material make it necessary to take better advantage of the logs. The use of computer sawing patterns has shown favorable results, achieving higher speed and precision. In the present study, a computer system was developed which generates optimum sawing patterns that can help the planning and the best use of the raw material when the dimensions of the log, the boards, the saw kerf and the reinforcements are selected. It is based on the iterations method and it can be carried out through Windows 98 or above. The system, on the average, overestimates the yields actually obtained by 3%, however it produces 5% more than those obtained with the sawyer's criterion.

KEY WORDS: Sawing process, Sawing patterns, Optimization, Computer system.

1 Tesista
2 Director

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Planeación en el proceso de aserrío	4
3.2. Rendimiento y técnicas de asierre	5
3.3. Optimización y diagramas de corte	10
3.4. Computadoras y simulación en el aserrío	15
4. METODOLOGÍA	26
4.1. Identificación de las piezas de información a administrar	26
4.2. Elaboración del diagrama de flujo del sistema	27
4.3. Diseño y construcción de la base da datos para el sistema ...	27
4.4. Construcción del algoritmo para la optimización de diagramas de corte	29
4.5. Diseño e implementación de la interfase del usuario	33
4.6. Prueba del sistema	33
5. RESULTADOS	35
5.1. Programa de cómputo	35
5.2. Manual del usuario	37
5.3. Prueba del sistema	37
6. DISCUSIÓN	39
7. CONCLUSIONES	42
8. RECOMENDACIONES	44
9. LITERATURA CITADA	45
10. ANEXOS	49
10.1. Manual del usuario	49
10.2. Gráficas de comparación de coeficientes	62
10.3. Comparaciones de rendimientos	63

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Patrones de asierre	10
Figura 2. Diagrama de corte	13
Figura 3. A) Zona de gemas B) Zona considerada	30
Figura 4. Secuencia de asierre para el método por Canteos	31
Figura 5. Zonas de la troza susceptibles a optimizar	31
Figura 6. Secuencia de asierre para el método de Cortes Vivos	32

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de aserrío se considera una de las formas más simples de transformación de la trocería y una de las actividades más importantes de la industria forestal del país. Sin embargo, no obstante su importancia y lo sencillo del proceso, se considera que el grado de avance o adaptación tecnológica en México ha sido muy lento (Osara, 1966; Zavala, 1996).

La eficiencia de un aserradero está relacionada en gran medida con la calidad y cantidad de madera que se obtiene, así como del tiempo que utiliza para el procesamiento de la trocería. Un factor que influye en los aspectos anteriormente mencionados es el tipo de diagrama de corte que se aplique, ya que la técnica de diagramas bien empleada permite una optimización y planeación de la producción en cuanto a la calidad y cantidad de productos, además de que su empleo permite adecuarse al tipo de proceso y grado de mecanización del aserradero en cuestión, desde los semimecanizados hasta los altamente automatizados (Hallock *et al.*, 1979; Sánchez, 1986; Zendejas, 1994; Villegas, 1996).

En la industria de aserrío, el determinar qué trozas procesar y mediante qué diagramas de corte es una tarea difícil, aunada a la necesidad de considerar diferentes oportunidades de mercado y restricciones de producción, hacen en extremo difícil tomar decisiones de operación óptimas y de manera rápida, por lo que se ha recurrido al uso de las computadoras, capaces de definir alternativas para la toma de decisiones con gran rapidez (Lewis y Hallock, 1974; Brown y Bethel, 1975; Lewis, 1985; Howard, 2003₅).

Por otro lado, los modelos de simulación de aserrío por computadora proporcionan una alternativa de bajo costo para evaluar la eficiencia operacional de los aserraderos. El avance de la tecnología computacional ha creado la oportunidad de simular el aserrío de la misma troza en numerosas formas (Colmes, 1976; Barbour *et al.*, 2004₁; Winn *et al.*, 2004).

Existen varios programas de cómputo disponibles en el mercado para diagramas de corte, sin embargo, cada uno de ellos ha sido adaptado a las condiciones de la materia prima, el mercado y la tecnología que predominan en el país de origen, las cuales, en su mayoría, difieren de lo que se encuentra en México (Hallock *et al.*, 1976; Nieuwenhuis, 1999₆; Occeña *et al.*, 2000; Tamlin Software Developers, 2000₇; Halco Software Systems Ltd., 2002₄; Kuenzi, 2002).

Con la finalidad de adoptar un sistema acorde a las condiciones de la industria de aserrío en México, se desarrolló el sistema de cómputo ASERRA, con el cual, al introducir información sobre la troza, grosor de corte, refuerzos y los productos a obtener, se generan diagramas de corte optimizados que pueden ayudar a la planeación y el aprovechamiento de la materia prima. Es un sistema muy amigable que también puede ser utilizado como herramienta en la capacitación de aserraderos. La validación mostró que con su ayuda resulta muy factible lograr incrementos en la producción de madera aserrada.

2. OBJETIVOS

General

Generar un sistema de cómputo que permita optimizar el rendimiento de madera aserrada, acorde a las dimensiones de la trocería.

Específico

Elaborar un algoritmo con el cual se maximicen los diagramas de corte en el proceso de aserrío.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Planeación en el proceso de aserrío

El objetivo primordial de cualquier empresario que desee planear sus actividades es tratar de operar en condiciones de optimización, lo cual se logra a través de la maximización del beneficio neto o minimización de los costos de producción (Zepeta, 1989).

Todo modelo general de producción, debe interrelacionar la planeación con los objetivos, la organización y el control; siempre satisfaciendo las necesidades del mercado de consumidores. En la producción de madera aserrada en México lo anterior ha sido difícil de lograr debido a una inadecuada administración. A través del tiempo se ha tratado de mejorar las condiciones mencionadas anteriormente, planteando técnicas que conlleven a un mejor aprovechamiento de la materia prima, así como una adecuada planeación que esté fundamentada en los objetivos a cumplir (Flores, 1998).

El pronóstico, es una técnica de planeación que permiten en alguna forma predecir el futuro de algún aspecto, factor, elemento o acción, lo cual permite la formulación de premisas y la elaboración de cualquier tipo de plan (Sánchez, 1987).

Cada aserradero debe estudiar la mejor forma de establecer sus planes de corte de acuerdo a los objetivos de producción. No hay una regla fija para aserrar las trozas, sin embargo existen recomendaciones generales que pueden inducir a un aumento en el aprovechamiento. A continuación se presentan algunas de ellas: (Flores, 1998):

- ✓ Establecer un sistema de clasificación por diámetro en el patio de trocería.
- ✓ Planificar previamente los patrones de corte que se utilizarán, de acuerdo a los diámetros disponibles y a las dimensiones de la madera aserrada a producir.
- ✓ Aserrar en lo posible trozas uniformes, sin curvaturas.
- ✓ Si se deben obtener piezas de dimensiones grandes, en lo posible aserrarlas en el centro de las trozas.
- ✓ Si se deben obtener piezas de dimensiones pequeñas, en lo posible aserrarlas en la periferia de las trozas.
- ✓ Si la troza presenta algún defecto, ya sea central o periférico, incluir éste en una sola pieza.

3.2. Rendimiento y técnicas de asierre

Una función de producción es un modelo que se utiliza para analizar la relación entre los insumos empleados en un proceso y el producto final, así mismo describe la tasa a la cual los recursos son transformados en producto (Zepeta, 1989).

La industria del aserrío se caracteriza por su escasa eficiencia de conversión, sin embargo el incremento de los costos de la materia prima agudiza la necesidad de aprovechar la troza de mejor manera. La proporción del insumo de trozas que se transforma en madera aserrada no siempre alcanza el 60 por ciento, el resto queda en forma de costeras, recortes, virutas y aserrín (Osara, 1966).

El coeficiente de aserrío es el porcentaje de madera aserrada que se obtiene con respecto a la madera en rollo reflejando de manera práctica los niveles de aprovechamiento de la materia prima en función de los tipos de productos a obtener. Entre mayor sea el número de productos que se incluyan en el cálculo, el coeficiente de aprovechamiento de la troza obtenido será más alto, lo que indica que existe una mayor integración industrial para el aprovechamiento de la materia prima (Moreno, 1993).

Cuando un método de asierre en particular genera rendimientos mayores que otro, se formula la pregunta de si se debió a una diferencia por volumen o una diferencia por calidad (Richards *et al.*, 1980). La calidad de los productos obtenidos en el proceso de aserrío es una consecuencia de la calidad de la materia prima o trocería utilizada, así como de las características del proceso mismo, de tal manera que la trocería de buena calidad transformada con un proceso deficiente, probablemente genere madera aserrada de mala calidad y por el contrario, un proceso de aserrío bien aplicado puede reducir, hasta cierto

punto, la mala calidad de los productos a obtener a partir de trocería de baja calidad, aplicando cortes que tengan doble finalidad, dimensionar y sanear defectos a la materia prima (UACH, 1989).

La recuperación de madera aserrada está determinada por una interacción entre diversas variables, ya que ningún aserradero es igual a otro, dichas variables raramente son las mismas. Los factores que influyen en la recuperación de la madera durante el proceso de aserrío son los siguientes (Row *et al.*, 1965; Dobson, 1971; Steele, 1984; Kuenzi, 2002):

- El diámetro, longitud, ahusamiento y calidad de la troza.
- El grosor o espesor de las tablas.
- El grosor de corte.
- La variación del corte en el asierre y las refuerzos.
- La combinación de dimensiones de productos.
- La decisión de obtener algún producto específico.
- La condición y mantenimiento del equipo de la industria.
- El método de asierre.

A los factores anteriores pueden agregarse la cantidad permitida de madera de cortas dimensiones y las prácticas de desorille y cabeceo (Hallock *et al.*, 1976).

Los factores de diámetro, longitud, conicidad, tipo de sierra, calidad de las trozas y esquemas de corte son, de forma decreciente, los que más influyen

sobre el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío. Así mismo, la reducción del ancho y grosor de las costeras constituye una alternativa para elevar la eficiencia de conversión, debido a una reducción de los volúmenes de residuos (Fernando *et al.*, 2001).

En el rendimiento de madera influyen dos factores, el primero incluye el ancho de corte y las dimensiones de la madera áspera. El efecto de estos factores es lógico, predecible y fácilmente entendible. El segundo tipo, incluye los patrones de corte como resultado de una interacción con el tamaño y forma de la troza, es mucho menos predecible (Hallock *et al.*, 1979).

La manera cómo se hará la operación de la sierra principal debe hacerla el aserrador; el éxito de la operación del aserradero frecuentemente depende del juicio del operador al tomar estas decisiones. Debido a la gran variación en dimensiones y calidad de las trozas, resulta imposible establecer reglas precisas que especifiquen la forma en la cual una troza se debe cortar, sin embargo, existen principios básicos que pueden servir como guía para la buena práctica del aserrío. (Lewis y Hallock, 1974; Brown y Bethel, 1975; Lewis, 1985).

El método de asierre es el procedimiento mediante el cual el aserrador conjuntamente con el marcador y demás personal del área de trabajo, dirige el asierre de la trocería ante la sierra principal. Generalmente se utilizan dos patrones de asierre (**Figura 1**), el método de cortes vivos, el cual utiliza cortes repetidos en forma paralela en un solo plano, y el método por canteo que utiliza

volteos de la troza. Dentro del patrón de asierre vivo, se encuentran los dos métodos siguientes (Sánchez, 1995):

- 1) Asierre paralelo sin volteos
- 2) Asierre de caras 1-3

Dentro del patrón de asierre por volteos, se encuentran los métodos de asierre siguientes:

- 1) Asierre de caras 1-2-3-4
- 2) Asierre de caras 1-3-2-4
- 3) Asierre de caras 1-2-3
- 4) Asierre de caras 1-2
- 5) Asierre al cuarto o radial (varias modalidades)

Generalmente, los métodos de asierre por canteo son substancialmente mejores con diámetros de troza menores, sin embargo, requieren de un mayor tiempo de asierre y su eficiencia va disminuyendo conforme aumenta el ahusamiento. Con ahusamientos de 4 y 5 pulgadas, el método de asierre de cortes vivos tiende a ser mejor para diámetros entre 12 y 16 pulgadas, en cambio, arriba de este rango el método por canteo de nuevo logra superioridad, aunque por un margen menor. El incremento de la funcionalidad del método de cortes vivos con ahusamientos grandes, se debe principalmente a la recuperación de madera delgada que se obtiene de las zonas de ahusamiento (Hallock *et al.*, 1979).

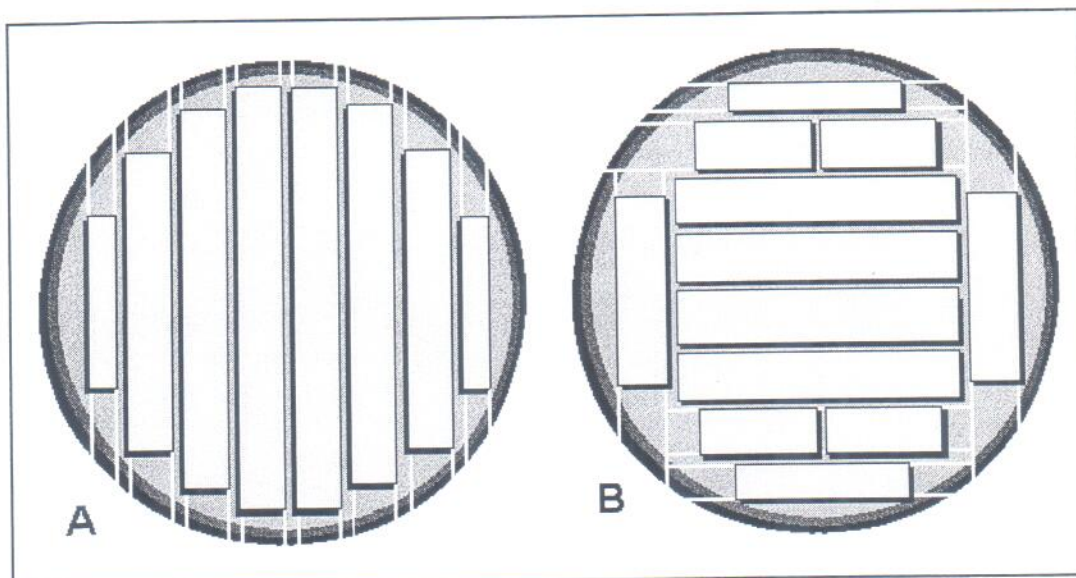


Figura 1. Patrones de asierre: A) Método de cortes vivos, B) Método de canteo

Las dimensiones mínimas requeridas para la madera áspera verde se determinan tomando en cuenta tanto la dimensión final requerida de la madera seca y cepillada, así como los refuerzos por cepillado y contracciones. La dimensión óptima de la madera se determina agregándole refuerzos adicionales a los previamente especificados, los cuales representan la variación en espesor por efecto de la variación del corte de aserrío. Un exceso de refuerzo en la madera aserrada para compensar la variación por el mal corte del aserrío aumenta el volumen de madera que se pierde, lo que repercute directamente en el coeficiente de aprovechamiento (Zavala, 1994).

3.3. Optimización y diagramas de corte

El interés por encontrar mejores alternativas en la forma de realizar el aserrado de la madera para obtener mejores rendimientos, se remonta a

principios de 1960 en los laboratorios de Productos Forestales en Madison, USA, donde el estudio se enfocó a conjuntar matemáticamente varias combinaciones de dimensiones y calcular el tamaño de la circunferencia que definían cada troza, para posteriormente determinar los puntos de cambios críticos, donde las diferencias en amplitud de corte y en dimensiones de las tablas causaban cambios en la producción (White, 1973).

Los objetivos de maximización en un aserradero se pueden lograr de tres formas diferentes: cuando se logra el mayor volumen de madera por troza, la mayor cantidad en madera de dimensiones previamente definidas o la mayor ganancia posible por troza (Airth y Calvert, 1973).

El diagrama de corte que maximiza la recuperación de madera aserrada difiere significativamente del que provee la máxima ganancia monetaria. Los intentos por conseguir la máxima ganancia pueden sacrificar en promedio tres pies tabla por troza (Steele *et al.*, 1993).

La recuperación máxima se obtiene cuando se utiliza un método y patrón de asierre apropiado para cada troza sobre una base individual. No existe un método óptimo para todas las trozas, aunque dentro de ciertos rangos de diámetro, longitud y ahusamiento, un método individual puede ser consistentemente mejor que otros (Clapham, 1971; Hallock *et al.*, 1979).

El factor de recuperación de madera es sensiblemente menor para los diámetros pequeños, por lo que es más difícil y crítico encontrar el patrón de asierre para trozas pequeñas (Lewis y Hallock, 1974; Hallock *et al.*, 1979).

Para maximizar la producción es necesario que se haga una adecuada localización de las secciones de corte, y para ello también deben considerarse otros factores que intervienen en el proceso de aserrío, tales como: la amplitud del corte, variaciones de asierre y contracciones de la madera al secarse, lo que finalmente determinará tanto el grosor como la anchura de las tablas (White, 1973).

Se ha demostrado que, principalmente en los casos en que la madera se produce en anchos y largos estándares, como en las coníferas, la posición de la primera cara de aserrío realmente establece la posición de todos los demás cortes así como la producción final de la troza, a tal grado que una diferencia en el grosor de la primera costera de 0.254 cm (0.1") puede significar varios pies tabla de diferencia en la producción. Por lo anterior se han elaborado sistemas de aserrío que indican la manera óptima de aserrar trozas delgadas (Anerson, 1974; Richards *et al.*, 1980; Zendejas, 1994) .

La reducción en el grosor del corte y en los refuerzos a menudo no incrementan el número de tablas a obtener de una troza, sin embargo, reducir estos dos factores permite producir tablas más largas y anchas que pueden

incrementar substancialmente la recuperación de madera aserrada (Kuenzi, 2002).

Utilizando un programa de simulación para aserrío, se encontró que reduciendo el grosor de corte de la sierra de 0.9525 cm (3/8") a 0.635 cm (1/4") el rendimiento en volumen se incrementó por arriba del 10%, mientras que el incremento en ganancias en promedio fue cercano a la misma cantidad (Richards *et al.*, 1980).

Un diagrama de corte puede definirse como la representación gráfica o esquemática de una de las formas en que se puede aserrar una troza (**Fig. 2**). Considera las características de la sierra así como las dimensiones de la troza, de la madera aserrada y los refuerzos (Airth y Calvert, 1973).

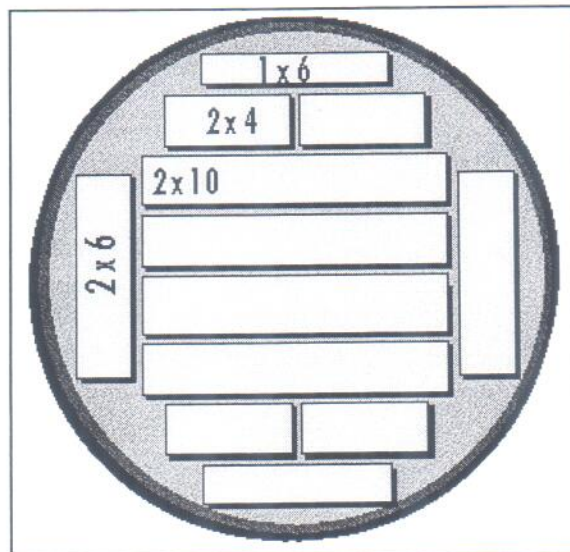


Figura 2. Diagrama de corte

Se han realizado intentos para obtener soluciones que permitan una máxima producción a través de la construcción de diagramas de corte, con resultados muy favorables, sin embargo, debido a que el número de posibles combinaciones de líneas de corte para cada diámetro y longitud de las trozas son demasiadas, se decidió modificar el método manual por el asistido con computadoras, de tal forma que para cualquier conjunto específico de condiciones, sea posible obtener todas las soluciones posibles y determinar la mejor solución para cada caso. Esta técnica es de gran utilidad en la planeación de la producción de madera aserrada, ya que mediante su aplicación es posible determinar, de una manera confiable, el volumen de madera aserrada a obtener de dimensiones predeterminadas para un volumen de trocería dado (López, 1992).

En aserraderos pequeños de velocidad baja, donde todos los cortes, excepto el desorillado y cabeceado, se realizan con la sierra principal, en cada troza es posible realizar una cantidad casi infinita de patrones de corte. En aserraderos de velocidad alta, la mayoría de los cortes se realiza mediante reaserradoras, por lo tanto el número posible de patrones de corte se reduce en gran medida. El aumento en la velocidad de asierre puede reducir ligeramente el rendimiento y la calidad de la madera aserrada (Row *et al.*, 1965; Lewis, 1985).

La recuperación monetaria total que se obtenga de una troza con un grupo de precios de productos aserrados, variará con cada patrón de corte. No

siempre el patrón de corte que brinde el mejor rendimiento en volumen será el que produzca más ganancias, ya que muchas veces el tiempo-costo de la maquinaria y el tipo de productos obtenidos causan una reducción en los beneficios (Row *et al.*, 1965; Mendoza *et al.*, 1991a).

Zendejas (1994) comparó la diferencia entre el asierre empírico, es decir respetando el criterio del aserrador, y el asierre basado en diagramas de corte, para lo cual se instruyó al aserrador con los principios básicos de asierre. Señala que mediante el asierre basado en principios técnicos se logró un incremento promedio de 15% en el valor de la producción.

Villegas (1996) aplicó la técnica de diagramas de corte logrando obtener un aumento en el coeficiente comercial en un 8.36%, por lo que recomienda su utilización en la planeación de la producción de la madera aserrada.

3.4. Computadoras y Simulación en el aserrio

Hace años, los propósitos de usar las computadoras para ayudar en el manejo de un aserradero fueron tomados con escepticismo. La mayoría de los administradores pensaban que cada troza era única y que el aserrador tenía que usar su juicio para determinar la mejor forma de aserrar una troza; sin embargo, unos pocos iniciaron explorando este tipo de técnicas. El incremento del número de aserraderos que procesan trozas de diámetros pequeños, así

como la mecanización y velocidad de producción que lleva consigo, han sido factores principales que motivan el uso de las computadoras (Clapham, 1971).

En los aserraderos que procesan madera de coníferas, se están introduciendo muchas innovaciones basadas en el uso de computadoras, pero estas tecnologías son muy caras para la mayoría de los aserraderos pequeños que procesan maderas de latifoliadas. Sin embargo, están en curso esfuerzos para desarrollar tecnologías por computadora que sean de bajo costo y adaptables a los sistemas de procesamiento de latifoliadas (Schmoldt, 1992).

Las computadoras han revelado gran versatilidad, así como costeabilidad en los aserraderos donde el volumen de producción lo amerita. Las computadoras son utilizables, entre otros casos, en el control de inventarios, sistemas de producción y eficiencia de transformación, así como para la elaboración de programas teóricos de aserrío (Anerson, 1974).

Mientras mayor es el número de trozas a procesar por unidad de tiempo, mayor es la demanda sobre la capacidad de decisión de los operarios que tienen que llevar a cabo el aserrío. Por lo anterior se ha usado la contribución de las computadoras, capaces de apoyar las decisiones a gran velocidad e inclusive operar las máquinas de acuerdo con las necesidades (Zamudio, 1986).

Segunda
conclusion
Uno de los mayores impactos en el diseño y operación de los aserraderos, y que facilita la toma de decisiones, es la aplicación de programas computarizados (Moya, 1989).

Segunda
En la técnica de simulación, una computadora se programa con un modelo complejo representando una industria existente o propuesta, permitiendo hacer cambios con cierta facilidad. El modelo se basa en dos tipos de interacciones: aquellas que no son fácilmente cuantificables y las que son más fácil de reducir a fórmulas matemáticas. Después de introducir la información necesaria, la computadora utiliza el modelo para generar resultados, los cuales pueden cambiar una vez que se realizan modificaciones en la información introducida (Colmes, 1976; Lewis, 1985).

Segunda
Para estimar el potencial de recuperación de madera en un aserradero, pueden considerarse tres alternativas disponibles: una prueba de aserrío, una simulación de aserrío y una aproximación analítica. Las pruebas de aserrío son difíciles de realizar, puesto que la variación de las trozas puede requerir una muestra extremadamente grande para producir resultados significativos. Las aproximaciones analíticas han tenido éxito, pero pueden consumir tiempos muy largos ya que requieren cambios en los cálculos y las variables de la información. Los estudios de simulación pueden ser la mejor forma de determinar recuperaciones de madera, debido a que las computadoras de manera rápida y precisa pueden calcular rendimientos de trozas usando algoritmos complejos. Los programas de simulación por computadora realizan

cálculos usando el mismo grupo de datos de una troza tantas veces como las variables sean modificadas (Wang, 1983).

Los estudios empíricos de aserraderos enfatizan las condiciones para un aserradero específico y los rendimientos para un producto específico. Dichos estudios no pueden ser usados para comparar alternativas o métodos de asierre, diferente equipo de procesamiento o los efectos de cambios en el tipo de producto, desventajas que pueden reducir o eliminar los programas de simulación de aserrío por computadora (Barbour *et al.*, 2004)¹.

Una vez que la troza se asierra, es imposible regresarla y aserrarla de nuevo para conocer los resultados de otra forma de asierre. La simulación computarizada permite que la misma troza se asierre por métodos diferentes y es una de las principales justificaciones para que se realicen trabajos de este tipo (Richards *et al.*, 1980).

Los modelos de simulación por computadora se están usando para evaluar la eficiencia operacional de los aserraderos. El modelo de computadora calcula teóricamente el rendimiento en madera, usando factores de asierre existentes, tales como grosor de corte y dimensiones de los productos. Puede calcular rendimientos alcanzables mediante un mejor control del aserradero. Estas dos recuperaciones teóricas son aplicables a la producción actual del aserradero para predecir los posibles incrementos en rendimiento una vez que

se han adoptado las mejoras correspondientes (Clapham, 1971; Lewis, 1985; Winn *et al.*, 2004).

Cuantificar los beneficios provenientes de diferentes niveles de optimización en un aserradero puede ser muy costoso, puesto que se tendrían que hacer ajustes en la maquinaria. Mediante los programas de simulación, se pueden realizar fácilmente cambios de variables en un aserradero, haciendo posible predecir rendimientos y ganancias sin tener que coleccionar información manualmente (Colmes, 1976; Lewis, 1985; Kuenzi, 2002).

Debido a la naturaleza rígida de los modelos de optimización, no es posible desarrollar un modelo genérico que pudiera acomodarse a todos los escenarios de aserraderos. Por lo tanto, en lugar de elaborar modelos generales de optimización es recomendable hacerlos más específicos y enfocarlos a problemas típicos con los que se enfrenten la mayoría de los aserraderos (Mendoza *et al.*, 1991b).

Clapham (1971) en un estudio sobre el uso de las computadoras en el aserrío, menciona que los programas de cómputo de simulación de aserrío que se basan en algoritmos de programación lineal tienden a obtener incrementos del 2 al 5% en la producción de madera aserrada y por lo tanto en ganancias económicas.

Airth y Calvert (1973) desarrollaron un procedimiento de simulación con el cual teóricamente se maximiza la recuperación de madera en un aserradero. Este procedimiento brinda el mejor patrón de corte para cada troza y se logra mediante un gran número de cálculos matemáticos y pasos de iteraciones. Validando el programa en un aserradero, compararon el rendimiento de los patrones de corte simulados con el que se obtenía al llevarlos a la realidad, así como con el rendimiento obtenido cuando el aserrador aplicaba su propia técnica. El coeficiente de aprovechamiento promedio que obtuvo el programa fue de un 60%. Encontraron que en general la simulación sobreestimaba los rendimientos ya que al llevar a la realidad los patrones de corte simulados, presentaron un rango de 67 a 113% con un promedio de 89% de lo obtenido por el sistema. Sin embargo, al comparar los rendimientos que tuvo en la realidad el sistema con los obtenidos por el aserrador, se encontró que los primeros fueron en promedio un 5% más altos.

El desarrollo del programa de computo "Mejor Cara Inicial" (M.C.I.) fue de los primeros que se desarrollaron, permite simular cualquiera de los patrones de asierre, y obtener un análisis sistemático de las varias alternativas de asierre. El programa B.O.F. arroja recuperaciones mayores que las que se obtendrían de trozas reales, sin embargo, hay razones para creer que las relaciones entre los diferentes métodos de asierre con respecto a las variables atribuibles a la trocería, son válidas como lo son también la magnitud de tales diferencias en la recuperación de madera aserrada. Así mismo, aunque hay cambios en valores como ancho del diente, etc., que afectan las actuales recuperaciones de trozos

individuales, estos cambios no alteran las relaciones entre los métodos de asierre analizados (Hallock *et al.*, 1976).

El programa M.C.I. utiliza un procedimiento mediante iteraciones para examinar numerosas distancias de caras de apertura para cada diagrama de corte. El potencial de mejora de rendimiento en volumen que se logra utilizando el programa M.C.I. es aproximadamente de 6% (Steele y Wengert, 1987).

Hallock *et al.* (1979) utilizaron el programa de computadora M.C.I. para determinar el efecto que sobre el rendimiento volumétrico de madera tienen ocho métodos de asierre comúnmente usados. Todos los métodos de asierre examinados fueron del tipo "offset", es decir, las posiciones de asierre de las trozas no se restringen a la línea central geométrica. Encontraron que en general, las trozas aserradas por cualquier método de asierre por canteo dieron mas altos rendimientos que los métodos de asierre vivos. Además el mejor rendimiento se encontró en trozas de 16 pies o menores y con 3 pulgadas o menos de ahusamiento. Señalan que el seleccionar apropiadamente métodos de asierre para características específicas de la trocería, mostró rendimientos mayores del 6%, en contraste a un mismo método de asierre para todas las trozas.

Richards *et al.* (1980) utilizando un programa de simulación de aserrío por computadora, estudiaron el aserrío de trozas mediante modelos matemáticos. Se comparó el método de asierre vivo contra otros 3 métodos de

asierre por canteo. Los resultados indicaron que en general todos los métodos por canteo estudiados generaron resultados similares en recuperación de ganancias. El método vivo fue mejor que los de canteo en trozas de buena calidad, pero inferior en trozas con duramen de 10 a 12 pulgadas. Sin embargo, en casi todos los casos, con el método de cortes vivos se obtuvo la mejor recuperación en madera.

Mendoza *et al.* (1991a) desarrollaron un modelo de inventarios de trocería y un modelo de simulación de aserrío, que combinados integran un sistema de control y planeación de la producción para aserraderos. El modelo de inventarios fue diseñado para monitorear y periódicamente actualizar el estado de la trocería. El modelo de simulación fue diseñado para estimar el funcionamiento de varios parámetros de asierre, tomando en cuenta las características dinámicas y estáticas de un aserradero. El sistema tiene la capacidad de determinar el programa de producción óptimo con el que se maximice la producción de madera.

Nieuwenhuis (1999)⁶ elaboró un programa de cómputo para diagramas de corte, en el cual utiliza un algoritmo de programación dinámica para conseguir un valor máximo de recuperación de madera. Se basa en dimensiones de la troza, parámetros de calidad y restricciones en las cantidades de producción. Menciona que este tipo de sistemas pueden ser de gran ayuda en el proceso de toma de decisiones en un aserradero.

El Forestry and Forest Products Research Centre (2000)₂ desarrolló SimSaw 6, un simulador de aserrío que predice recuperaciones de madera y cuyo objetivo es mostrar los efectos que tienen las dimensiones de la troza, los productos a obtener y el diagrama de corte sobre el volumen recuperado.

Posteriormente en el mismo Forestry and Forest Products Research Centre (2000)₃ se desarrolló el Sawmill Production Planning System con la finalidad principal de ser usado como una herramienta para la toma de decisiones en un aserradero. Entre otras cosas permite que con información sobre las trozas y productos demandados, se encuentre la solución óptima de producción con la cual se maximizan las ganancias.

El Halco Software Systems Ltd. (2002)₄ desarrolló el sistema llamado SAWSIM el cual se basa en programación lineal y tiene la finalidad de ayudar en las operaciones de aserrío, determinando lo que llaman "recetas de aserrío", que en otras palabras es la óptima asignación de patrones de corte a cada una de las trozas para obtener la mezcla deseada de productos. Además de resolver estos problemas operacionales de corto plazo, el sistema puede ser usado para evaluar decisiones a largo plazo.

Occeña *et al.* (2000) diseñaron el sistema LogCast con la finalidad de ser usado como una herramienta de prueba para aserradores, ya que provee de un método para que los aserradores experimenten con trozas de diferentes calidades, orientaciones y patrones de corte, además presenta al usuario

información de rendimientos y ganancias para tomar decisiones de asierre. La mayor ventaja de este programa es que incorpora información sobre defectos tanto internos como externos. Una limitación, sin embargo, es el pequeño número de trozas en su base de datos. Actualmente, cuenta con solo 18 trozas disponibles.

Tamlin Software Developers (2000)⁷ creó el software llamado Profit, el cual provee a los encargados de la producción y ventas de madera, una forma de ver como las decisiones que toman, afectan a su empresa.

Kuenzi (2002) utilizando el programa de simulación comercial MaxiView, estudió los efectos que sobre el rendimiento en madera tienen la tolerancia en gema, los tamaños objetivos de los productos y el grosor de corte. Encontró que reducciones de 0.0254 cm (0.01") en el ancho de corte o en el tamaño de los productos tiene el potencial de incrementar la recuperación o las ganancias de un aserradero por más de un 0.6%. Además indica que permitir las tolerancias máximas de gema puede redituvar de un 5.5 a un 8% mas en la recuperación, comparado a si éstas no son permitidas.

Cuando se intenta validar los programas de simulación utilizando trozas reales, es seguro que se encuentren dos problemas básicos: el primero se debe a la precisión matemática con que cuenta la computadora contra la precisión mecánica del aserradero; el segundo es que las trozas simétricas no existen en

la naturaleza. Ambos son problemas prácticos cuyos efectos pueden reducirse pero no eliminarse (Airth y Calvert, 1973).

Resulta urgente e impostergable proyectar y buscar soluciones para lograr mayor adecuación con los requerimientos actuales de eficiencia y competitividad, ante un mundo más dinámico y que cada vez más está regido por los factores económicos, siendo necesario iniciar líneas de investigación que ayuden a incrementar la producción de las empresas y los medios de transformación, resolviendo problemas específicos o dando a conocer técnicas que ayuden a mejorar los resultados actuales (Flores, 1998).

4. METODOLOGÍA

El sistema de cómputo desarrollado se enfocó género *Pinus*, principalmente a las especies que presentan fustes rectos, sin embargo puede ser utilizado en otros grupos de especies que cuenten con una morfología de fuste similar.

4.1. Identificación de las piezas de información a administrar

Se identificó la información mínima necesaria que el usuario debe suministrar al sistema para la construcción satisfactoria de un diagrama de corte y para la obtención de volúmenes y coeficientes, que consiste en:

- Grosor de corte
- Refuerzo para grosores menores o iguales a 3.81 cm (1.5").
- Refuerzo para grosores mayores a 3.81 cm (1.5").
- Refuerzo para anchos.
- Refuerzo para largos.
- Longitud de la troza.
- Diámetro menor de la troza.
- Diámetro mayor de la troza.
- Ancho de las tablas del centro del diagrama.
- Número y grosor de las tablas del centro.
- Grosores de las tablas laterales del diagrama.
- Grosor de las tablas de cortas longitudes.

4.2. Elaboración del diagrama de flujo del sistema

Un diagrama de flujo es un esquema gráfico de un algoritmo, el cual muestra los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema; brinda una visión de conjunto de las operaciones que se van a ejecutar, puntos de ramificación, etc.

Se elaboró el diagrama de flujo del sistema, el cual posteriormente fue tomado como base para el diseño del mismo.

4.3. Diseño y construcción de la base de datos para el sistema

Las bases de datos relacionales son el tipo de bases de datos actualmente más difundido. Los motivos de este éxito se deben a que ofrecen sistemas simples y eficaces para representar y manipular los datos y además se basan en el modelo relacional, con sólidas bases teóricas

4.3.1. Diseño del modelo relacional

El modelo relacional fue propuesto originariamente por Codd (1970). En él todos los datos están estructurados a nivel lógico como entidades (tablas) formadas por atributos (filas y columnas), pudiendo existir relaciones entre ellas. Además representa ciertas restricciones a las que deben ajustarse los

contenidos de una base de datos. Un punto fuerte del modelo relacional es la sencillez de su estructura lógica.

Esta fase consistió en adecuar la información a la metodología propuesta por el autor antes mencionado.

4.3.2. Conversión del modelo relacional a tablas

Una vez concluido el Modelo Relacional, se procedió a transferirlo a tablas. Cada entidad fue representada por una tabla y sus respectivos atributos por columnas.

4.3.3. Normalización de la base de datos

La creación de un conjunto de tablas a partir de necesidades dadas no es una labor algorítmica en la que sólo existe una solución posible. De hecho, pueden diseñarse distintos conjuntos de tablas como solución al mismo problema.

Existe una serie de reglas generales, que aplicadas a cualquier esquema relacional, aumentan la legibilidad y la potencia de las tablas, a la vez disminuyen la redundancia y los posibles problemas de concordancia entre los datos, incrementando también la utilidad de la base de datos y la confianza que se puede depositar en la información representada.

Por lo anterior, se normalizaron las tablas hasta la tercera forma normal propuesta por Codd (1970).

4.3.4. Implementación de la base de datos

En el motor de Base de Datos de la aplicación Interbase de Borland ®, se crearon las definiciones de la base de datos. Se eligieron las ubicaciones en donde se almacenarían las tablas y las vistas de los usuarios, así mismo se implementaron los menús, los formularios para la introducción de datos y los informes de visualización de datos. Finalmente las tablas fueron almacenadas en formato Paradox versión 7.0.

4.4. Construcción de un algoritmo para la optimización de diagramas de corte

Para la optimización de los diagramas de corte se decidió utilizar el método de Iteraciones, en el cual los procesos se repiten varias veces. Además de la sencillez y facilidad de su construcción es posible ingresar y modificar restricciones de manera rápida. Si se conjunta lo anterior con la velocidad de las computadoras para llevar acabo los cálculos, se tiene un método ágil de optimización.

Las iteraciones se programaron con la finalidad de que se maximice el volumen comercial, no el real, ya que la mayoría de las veces los refuerzos

representan pérdidas para los aserraderos. Así mismo, otro objetivo primordial del método fue que se obtuvieran los anchos más grandes posibles (hasta 30.48 cm ó 12"), logrando por consiguiente una minimización del número de cortes de la sierra sobre la troza.

Conforme el ahusamiento de las trozas aumenta, de igual manera aumenta una zona con forma de luna causante de gemas en la madera. Ya que el algoritmo de optimización se programó para que se obtuviera madera aserrada sin gemas, esta zona no se consideró para la construcción de los diagramas de corte (**Figura 3**).

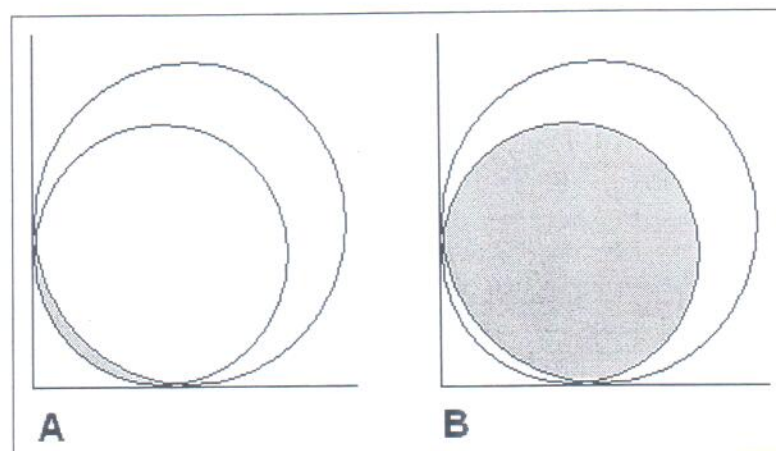


Figura 3. A) Zona de gemas B) Zona considerada.

Para el caso de diámetros menores de la troza de 35, 40, 45 y 50 cm, se utilizó el método de asierre por Canteos, cuya secuencia se muestra en la **Figura 4**.

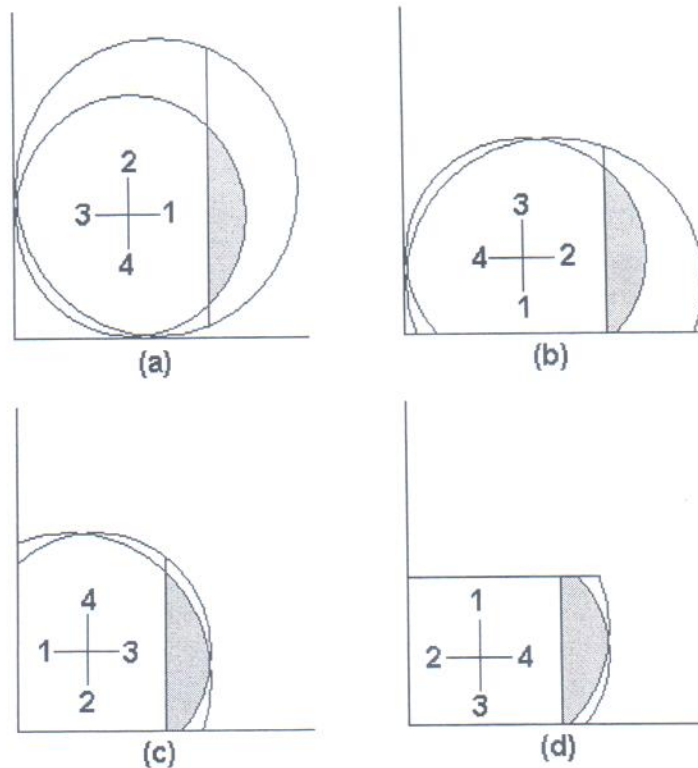


Figura 4. Secuencia de asierre para el método por Canteos.

Para el método por Canteos, en el sistema, una vez que el usuario ingresa el ancho, grueso y número de las tablas centrales deseados, se forma un rectángulo al centro de la troza, quedando disponibles para aprovechar cuatro zonas a cada uno de sus lados (**Figura 5**).

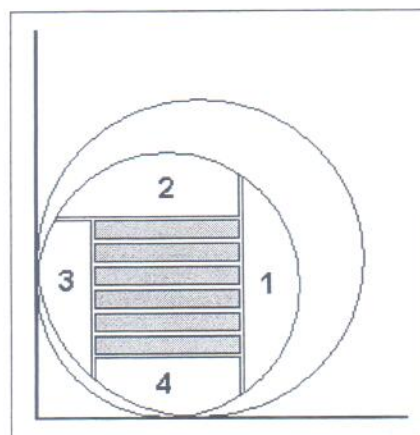


Figura 5. Zonas de la troza susceptibles a optimizar.

Cada zona se aprovecha con base en los grosores que el usuario elige para la madera aserrada lateral. Las iteraciones van recorriendo cada una de las caras, probando todas las combinaciones posibles entre las dimensiones de madera y registrando con la que se obtenga el mayor volumen.

Para el caso de diámetros menores de la troza de 25 y 30 cm se utilizó el método de asierre de Cortes Vivos, cuya secuencia de asierre se muestra en la **Figura 6**. En estos casos el área a maximizar es toda la cara menor de la troza, ya que en este método la zona causante de gemas desaparece.

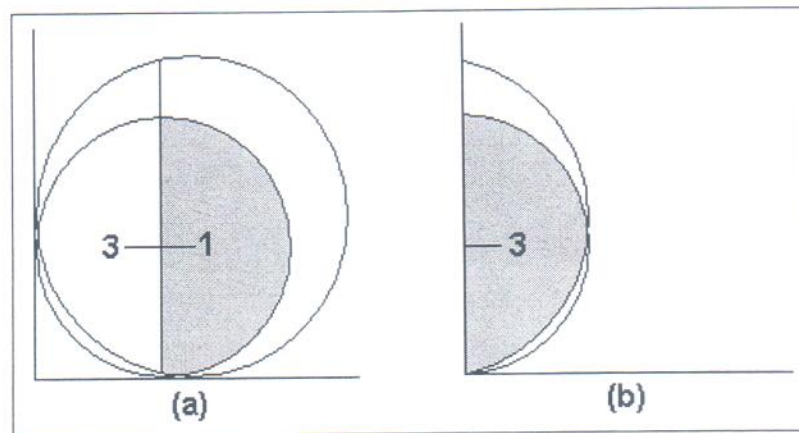


Figura 6. Secuencia de asierre para el método de Cortes Vivos.

Una vez elaborado el algoritmo mediante el cual se logra la optimización, se procedió a su respectiva implantación en el sistema, usando para ello las instrucciones estándares del lenguaje C++.

4.5. Diseño e implementación de la interfase del usuario

La interfase del usuario es el vínculo entre el usuario y el sistema de cómputo. Una interfaz es un conjunto de comandos o menús a través de los cuales el usuario se comunica con el programa. Es una de las partes más importantes de cualquier sistema ya que determina que tan fácilmente es posible que el sistema efectúe lo que el usuario quiere.

Para facilitar la comunicación entre el sistema y el usuario, se implementó tanto la base de datos como el algoritmo de optimización en la aplicación Borland C++ Builder 5 ®, utilizando el paradigma denominado Programación Orientada a Objetos y usando como base el lenguaje C++. Las consultas a la Base de Datos se realizaron a través de las instrucciones estándares del lenguaje SQL (Structured Query Language).

4.6. Prueba del sistema

Con la finalidad de obtener un índice que indique el comportamiento del sistema una vez que se lleven a la realidad los diagramas de corte, en el presente trabajo se llevó acabo una prueba en la que se seleccionaron solamente doce trozas, dos de cada categoría diamétrica disponible en el programa de cómputo (25, 30, 35, 40, 45 y 50 cm). Para una mayor confiabilidad de los resultados, la prueba debe realizarse mediante un tamaño de muestra determinado estadísticamente.

Se aserraron seis trozas, una de cada categoría diamétrica, solicitando al aserrador que, utilizando su criterio y sin buscar calidad, obtuviera el mayor volumen posible de madera aserrada de ciertas dimensiones, principalmente grosores.

Posteriormente, en el sistema de cómputo, especificando dimensiones de madera aserrada, refuerzos y grosor de la sierra, se buscó el mejor diagrama de corte resultante para cada una de las seis categorías diamétricas disponibles. Luego se aserraron seis trozas más, una de cada categoría, tratando de llevar a la realidad el diagrama que para cada una de ellas se había obtenido en el programa.

Se calculó el coeficiente real y comercial obtenido para cada troza aserrada tanto por el criterio del aserrador como llevando acabo los diagramas propuestos por el sistema de cómputo.

Se realizaron dos tipos de comparaciones:

1. Se compararon los coeficientes que con los diagramas arrojó el sistema de cómputo para cada una de las seis trozas, contra los obtenidos una vez que esos mismos diagramas fueron llevados a la realidad.
2. Se compararon los coeficientes obtenidos al llevarse a la realidad los diagramas de corte, contra los resultantes al aplicar el criterio del aserrador.

5. RESULTADOS

5.1. Sistema de Cómputo

Se construyó el sistema de cómputo denominado ASERRA, el cual es de muy fácil utilización y está diseñado para que una vez que el usuario introduzca información de la troza, la sierra, los refuerzos y de los productos deseados, se obtenga un diagrama de corte, que para esa información, es el óptimo que maximiza el coeficiente de aprovechamiento.

Para que el sistema pueda utilizarse sin problema alguno, la computadora en la cual se instale deberá contar con las siguientes características:

- Windows 98 o superior
- Mínimo 50 MB de memoria disponible en disco duro
- Mínimo 128 MB de memoria RAM
- Resolución de pantalla de 800x600 píxeles

Las principales características del ASERRA son:

1. Los diámetros se ingresan mediante categorías diamétricas de 5 cm.
2. Los diámetros de la troza son de 25 a 50 cm.
3. Ahusamientos de hasta 2 cm/m.
4. Longitudes de las trozas de 2.44 a 4.88 m (8 a 16 pies).

5. Refuerzos menores o iguales a los recomendados por la Norma Oficial Mexicana NOM-C-18 1986 (Dirección General de Normas, 1986).
6. Grosor de corte de la sierra de 3 mm (1/8") o menores
7. Anchos de las tablas de 10.16 a 30.48 cm (4 a 12 pulgadas).
8. No considera tablas con gemas.

El usuario puede obtener varios diagramas de corte para una troza en particular, así como llevar un registro de los volúmenes y coeficientes obtenidos con cada uno de ellos, para posteriormente elegir el que sea de su mayor conveniencia.

El sistema ASERRA brinda la siguiente información:

- a) Diagrama de corte optimizado
- b) Cantidad de productos
- c) Volúmenes obtenidos
- d) Coeficientes de asierre
- e) Localización de las caras de corte

El sistema permite imprimir los datos de la troza, el diagrama de corte, productos obtenidos, volúmenes y coeficientes.

5.2. Manual del usuario de ASERRA

Se elaboró un manual (**Anexo 1**) en el cual se explica de manera sencilla la forma en la que debe utilizarse el sistema. Así mismo se incluyó una pequeña ayuda en el programa, la cual puede consultarse al estar ejecutando el mismo.

5.3. Prueba del sistema

Cuando se trató de llevar a la realidad los diagramas de corte obtenidos por el sistema, se encontró que es prácticamente imposible hacerlo de una forma exacta, debido a la falta de precisión y a la forma irregular de la trocería, sin embargo el examen de rendimientos se llevó acabo sin mucha dificultad y con un alto grado de éxito.

Los coeficientes real y comercial obtenidos por el aserrador y los obtenidos mediante diagramas de corte, mostraron una ligera tendencia a aumentar conforme los diámetros de la troza también aumentaban (**Anexo 2**).

Al comparar los coeficientes que con los diagramas de corte genera el programa ASERRA para cada una de las categorías diamétricas, contra los que se obtuvieron al tratar de llevarlos a la realidad (**Anexo 3**), se encontró que para el Coeficiente Real, el programa de cómputo sobreestima en promedio un 2.34% y para el Coeficiente Comercial sobreestima un 1.82%. Los dos tipos de

coeficientes obtenidos realmente, estuvieron en un rango de 89 a 104% de los predichos por el sistema, con un promedio de 96%.

Comparando los coeficientes que se obtuvieron al llevar a la realidad los diagramas de corte que generó el sistema, contra los coeficientes obtenidos con el criterio propio del aserrador (**Anexo 3**), se encontró que el Coeficiente Real logrado por los diagramas fue en promedio 5.49% mayor que con el criterio del aserrador, mientras que para el Coeficiente Comercial fue también mayor en un 4.67%.

El Coeficiente Real promedio obtenido mediante el criterio del aserrador fue de 63.9%, el obtenido con la ayuda de diagramas de corte llevados a la realidad fue de 69.4%, mientras que el predicho por el sistema ASERRA fue de 71.8%.

6. DISCUSIÓN

Con la finalidad de lograr la maximización de los diagramas de corte se utilizó el método de Iteraciones, usado anteriormente por Airth y Calvert (1973) y Hallock *et al.* (1976) con el cual obtuvieron mejorías en rendimientos, muy similares a los encontrados en este trabajo. Sin embargo existen otras técnicas, tales como la programación lineal, utilizada por Halco Software Systems Ltd. (2002)⁴ y con la cual Clapham (1971) señala que pueden obtenerse incrementos de hasta 5% en la producción, cantidad en promedio igual a la obtenida en este trabajo. Otra de las técnicas es la programación dinámica utilizada por Nieuwenhuis (1999)⁶ con la que pueden maximizarse los diagramas de corte con buenos resultados.

Dependiendo de las dimensiones de la madera elegidas por el usuario, el programa ASERRA puede generar varios diagramas de corte para las mismas dimensiones de las trozas, diagramas que generan rendimientos que pueden variar hasta en un 10%. Por lo anterior, para la obtención de los coeficientes más altos, se tuvo que elegir una de entre varias mezclas de productos, siendo de gran importancia las dimensiones de la madera aserrada, concordando con lo mencionado por Hallock *et al.* (1979), Moreno (1993) y López (1992).

El problema de no poder llevar a la realidad y de una manera exacta los diagramas de corte obtenidos por el sistema se debió principalmente a la

precisión mecánica del aserradero y a la forma y calidad de la trocería, tal como lo indican Airth y Calvert (1973).

Los coeficientes obtenidos presentaron una tendencia a aumentar conforme el diámetro menor de la troza era más grande, información que concuerda con Row *et al.* (1965), Dobson (1971), Steele (1984), Fernando *et al.* (2001) y Kuenzi (2002) al señalar que el diámetro de la troza es una de los factores más importantes que determinan el rendimiento.

En el caso de las trozas de 25 y 30 cm que fueron aserradas mediante el sistema de cortes vivos, se observó de forma marcada que, como lo indican Anerson (1974), Richards *et al.* (1980) y Zendejas (1994), el grosor de la primera cara de corte es de gran influencia en el rendimiento, debido a que tiene una relación directa sobre las demás tablas a obtener.

El programa de cómputo arroja recuperaciones un poco mayores a las que se obtienen realmente aserrando trocería, coincidiendo con lo reportado por Hallock *et al.* (1976). Así mismo Airth y Calvert (1973) señalan que el sistema de simulación elaborado por ellos, sobreestimó en un 11% lo obtenido realmente, porcentaje mayor al 3% obtenido por este sistema.

Se encontró que al aserrar trocería utilizando la técnica de diagramas de corte se obtienen rendimientos mayores que con el solo criterio del aserrador, aproximadamente un 5%, esta información corrobora lo reportado por Airth y

Calvert (1973) que también obtuvieron una ganancia del 5% y por Steele y Wengert (1987) quienes reportaron un 6%.. Se obtuvo menos que Zendejas (1994) quien reporta incrementos promedio en volumen del 15% y que Villegas (1996) que logró aproximadamente un 8%.

Debido a la mayor recuperación en volumen que se obtuvo al utilizar la técnica de diagramas de corte, puede afirmarse que su uso representa una buena alternativa para mejorar los rendimientos en un aserradero, lo que reitera lo mencionado por Airth y Calvert (1973), White (1973), Anerson (1974), Hallock *et al.* (1976), Zamudio (1986), Steele y Wengert (1987), Zendejas (1994) y Villegas (1996).

7. CONCLUSIONES

El mejor diagrama de corte será el que brinde la más alta recuperación de madera así como el que satisfaga las necesidades de productos específicos, de tal manera que no siempre el objetivo será obtener el mayor coeficiente de aprovechamiento.

Varios diagramas de corte pueden dar como resultado un mismo coeficiente de aprovechamiento, por lo que la elección se hará dependiendo de los requerimientos del aserradero.

El diagrama de corte puede verse afectado si el diámetro mayor de la troza está dirigido hacia la entrada de corte, ya que el número de piezas se ajusta de manera diferente en cada una de las caras de la troza.

La ubicación precisa del cuadrado central y la profundidad de las caras de apertura de la troza son los factores más importantes para llevar con éxito a la realidad un diagrama de corte, ya que si el primer corte se realiza de forma incorrecta todos los subsecuentes estarán desalineados.

Las formas irregulares de la trocería, así como errores en la ubicación exacta del diagrama de corte sobre la troza, son motivos por los cuales el sistema ASERRA sobreestima los resultados realmente obtenidos, ya que en la

simulación, para representar la troza se utilizan formas geométricas perfectas que brindan una mayor oportunidad de maximización.

Los sistemas de simulación de aserrío por computadora son herramientas valiosas para evaluar las diferentes formas de aserrar una troza y por lo tanto para el entrenamiento y capacitación de aserradores.

Los sistemas de simulación ayudan en la mejora de la decisión sobre cómo debe aserrarse una troza, la cual al ser considerada por el administrador para que se lleve acabo por algún método de asierre, puede lograr incrementos tanto en rendimientos como en ganancias económicas.

8. RECOMENDACIONES

Evaluar en el sistema varias alternativas, antes de elegir un diagrama de corte para una troza de dimensiones específicas.

Tratar de ubicar la trocería de modo que la cara con el diámetro menor de la troza quede a la entrada del corte.

Al tratar de llevar a la realidad los diagramas obtenidos por el sistema, la trocería perteneciente a las categorías diamétricas de 25 y 30 cm, debe aserrarse tratando de que en el primer corte se obtenga una tabla del menor ancho comercial posible.

Para obtener un resultado más cercano al del sistema, la trocería perteneciente a las categorías diamétricas de 35, 40, 45 y 50 cm, debe aserrarse tratando de obtener en el cuadrado central de la troza, el mismo número de tablas del grosor y ancho indicados por el sistema.

Llevar acabo pruebas de validación del sistema ASERRA utilizando un tamaño de muestra determinado mediante un procedimiento estadístico.

Establecer líneas de investigación enfocadas a la planeación y al mejor aprovechamiento de la trocería, como materia prima, en el proceso de aserrío.

9. LITERATURA CITADA

- Airth, J. y W. Calvert. 1973. Computer simulation of log sawing. Information Report OP-X-66. Canada. 25 p.
- Anerson. 1974. Computers in the millenvironment. Modern Sawmill Techniques. Miller Freeman Publications. U.S.A.
- Brown, N. C. y J. S. Bethel. 1975. La industria de la madera. Editorial Limusa. México. 397 p.
- Clapham, C. 1971. How to use computers for sawmill scheduling. Canadian Forest Industries. Canada. 752: 41-43.
- Codd, E. 1970. A relational model of data for large shared data banks. Communications of the ACM. U.S.A. 16(3).
- Colmes, S. 1976. Introduction to operations research as applied in forest products industries. Forest Products Journal. U.S.A. 26(1): 17-22.
- Dobson, P. 1971. How MB allocates logs by linear programming. Canadian Forest Industries. 752: 44-45.
- Fernando, A. *et al.* 2001. Factores fundamentales para aumentar el rendimiento volumétrico en los aserraderos de Cuba. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. México 7(2): 163-168.
- Flores, A. 1998. Sistema de planeación para la producción de madera aserrada. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. 99 p.
- Hallock, H. *et al.* 1976. Is there a best sawing method? USDA Forest Service Research Paper. Madison, Wis. USA. 12 p.
- Hallock, H. *et al.* 1979. A look at centered vs offset sawing. Forest Products Laboratory. Research Paper FPL 321. U.S.A. 17 p.
- Kuenzi, T. 2002. The effects of wane allowance, kerf and target size reduction on sawmill optimization. Senior Project Report FP 413. U.S.A. 29 p.
- Lewis, D. y H. Hallock. 1974. Best opening face program. Australian forest industries journal. pp: 21-23.

- Lewis, D. 1985. Sawmill simulation and the Best Opening Face system: A user's guide. General Technical Report FPL 48. Madison, WI. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 29 p.
- López, I. 1992. Aplicación de diagramas de corte a la producción de madera aserrada de *Pinus hartwegii*. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 76 p.
- Mendoza, G. *et al.* 1991a. Combined log inventory and process simulation models for the planning and control of sawmill operations. Proceedings, 23rd CIRP International Seminar on Manufacturing Systems. U.S.A. 8 p.
- Mendoza, G. *et al.* 1991b. Combining simulation and optimization models for hardwood lumber production. Proceedings, Pacific Rim Forestry – Bridging de World. U.S.A. pp: 356-361.
- Moreno, R. 1993. La industria de aserrío en el estado de Tlaxcala. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. 78 p.
- Moya, C. 1989. Principios de organización y operación del aserradero. Corporación de Fomento de la Producción Chile. 216 p.
- Occeña, L. *et al.* 2000. Hardwood sawyer trainer. 28th Annual Hardwood Symposium –West Virginia Now. U.S.A. pp: 43-47.
- Osara, N. 1966. La madera: Tendencias y perspectivas mundiales. Unasyuva 20(1-2). 35 p.
- Richards, D. *et al.* 1980. Lumber values from computerized simulation of hardwood log sawing. Forest Products Laboratory. Research Paper FPL 356. U.S.A. 28 p.
- Row, C. *et al.* 1965. Improving sawmill profits through operations research. U. S. Forest Service Research Paper. 20(1). U.S.A. 26 p.
- Sánchez, L. 1986. Industrias Forestales I. Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, SEP. México. pp: 124-126.
- 1987. Elementos básicos de administración para forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 252 p.
- 1995. Técnicas de Asierre. Instituto Tecnológico Forestal No. 1. FIRA-Banco de México. México. 46 p.

- Schmoldt, D. 1992. Automation for primary processing of hardwoods. Proceedings, Statistical Methods, Mathematics and Computers IUFRO. pp: 103-111.
- Steele, P. 1984. Factors Determining Lumber Recovery in Sawmilling. Gen. Tech. Rep. FPL-39. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 8 p.
- Steele, P. y E. Wengert. 1987. Initial load at opportunities for optimizing lumber volume using BOF decisions for hardwood sawing. Wood and Fiber Science. U.S.A. 19(4): 381-387.
- Steele, P. *et al.* 1993. Influence of lumber volume maximization in sawing hardwood sawlogs. Proceedings of the Forest Industries 21st Wood Technology Clinic Show. U.S.A.. pp. 1-26.
- UACH. 1989. Clasificación de materia prima II. Clasificación de madera aserrada. Laboratorio de Productos Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. México. 14 p (mimeografiado)
- Villegas, R. 1996. Identificación de los factores que afectan la productividad en el aserradero "Gerónimo Ortiz" en Huexotla, Estado de México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. México. 79 p.
- Wang, S. 1983. An analytic approach to estimating the increase in lumber recovery due to reduced target sizes and saw kerfs. Forest Products Journal. U.S.A. 33(11): 29-32.
- White, V. S. 1973. Modern Sawmill Techniques. Miller Freeman Publications. Inc. U.S.A.. Vol. 1: 93-116.
- Winn, M. *et al.* 2004. ALOG: A spreadsheet-based program for generating artificial logs. Forest Products Journal. U.S.A. 54(1): 62-66.
- Zamudio, E. 1986. Manual de la industria maderera. Universidad Autónoma Chapingo. México. 389 p.
- Zavala, D. 1994. Control de calidad en la industria de aserrío y su repercusión económica. INIF, Bol. Téc. No. 115. México, D.F. 48 p.
- 1996. Coeficientes de aprovechamiento de trocería de pino en aserraderos banda. Ciencia Forestal. México. 21(79): 165-181.

Zendendejas, A. 1994. Optimización de las actividades productivas de un aserradero de propiedad comunal. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales, UACH. México. 78 p.

Zepeta, A. 1989. Estudio de asignación óptima de insumos en dos aserraderos del área de influencia de la Unidad de Administración Forestal No. 4 "Mascota" Edo. De Jalisco. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 107 p.

INTERNET

1. Barbour, J. *et al.* 2004. Simulating North American lumber grade recovery with AUTOSAW using externally visible branch and stem form characteristics.
02/2004
<http://www.fs.fed.us/pnw/woodquality/iufro.htm>
2. Forestry and Forest Products Research Centre. 2000. SIMSAW 6 - Sawmill Simulator.
06/2003
<http://ffp.csir.co.za/products/simsaw.html>
3. Forestry and Forest Products Research Centre. 2000. Sawmill Production Planning System.
06/2003
<http://ffp.csir.co.za/products/spps.html>
4. Halco Software Systems Ltd. 2002. The SAWSIM Sawmill Simulation Program.
05/2003
<http://www.halcosoftware.com/sawsim.html>
5. Howard, A. 2003. Sawmill Simulation for Profit.
05/2003
<http://www.halcosoftware.com/index1.html>
6. Nieuwenhuis, M. 1999. Value maximization of standing timber through optimal inventory and cross-cutting methodologies.
02/2004
<http://www.ucd.ie/ofrss/html/agricul/cropsci/940.html>
7. Tamlin Software Developers. 2000. Profit The Enterprise Optimization System.
09/2003
<http://www.bestpossible.com/Profit.htm>

10. ANEXOS

Anexo 1. Manual del usuario

1. Ventana principal

Al ejecutar el programa, aparecerá la ventana principal (**Figura 1**).

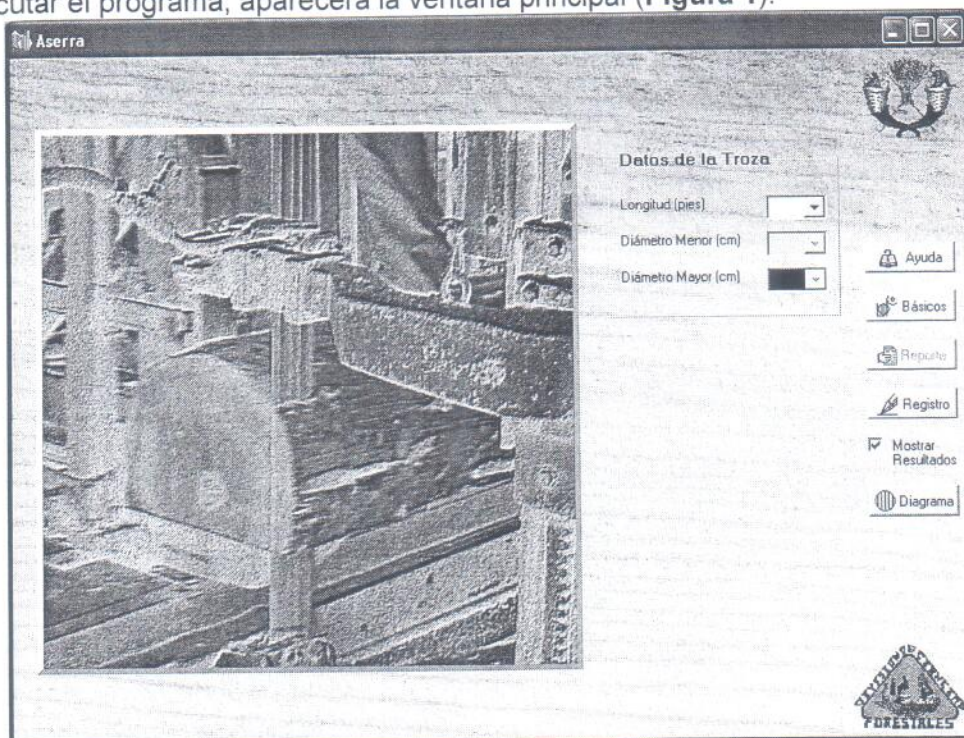


Figura 1. Ventana principal del sistema ASERRA

A la derecha de la ventana se encuentra una serie de botones (**Figura 2**), los cuales permiten el acceso a los menús que se mencionan a continuación y que en adelante se explicarán de una forma más amplia.

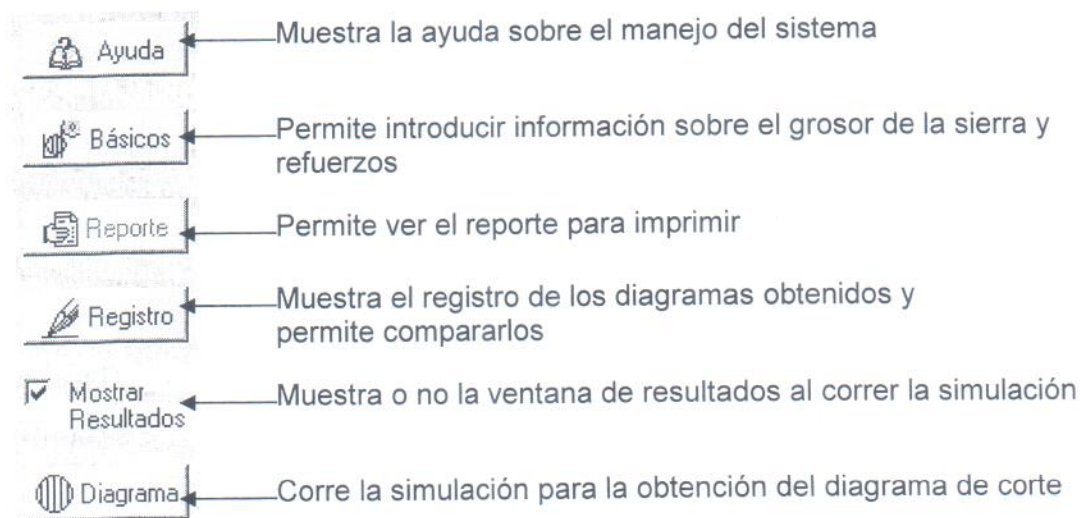


Figura 2. Menús principales.

2. Ayuda

Aunque el programa es muy fácil de usar, se recomienda que antes de iniciar se lea la ayuda proporcionada.

Al presionar el botón  Ayuda aparecerá una ventana de ayuda (**Figura 3**) en la que se indica la forma en que se debe manejar el sistema, explicando como deben llenarse cada uno de los campos así como su significado.

Cuenta con un pequeño menú en el que, específicamente, puede elegirse la ayuda para cada tema necesario en el sistema.

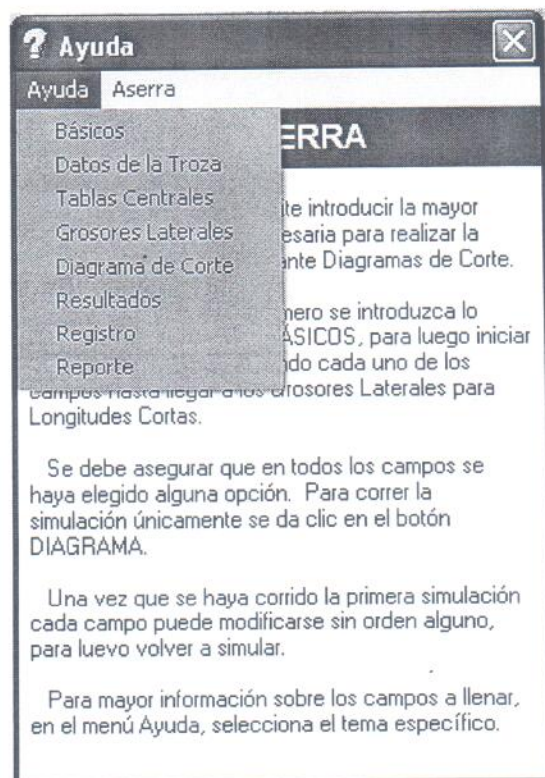


Figura 3. Ventana de ayuda

3. Básicos

Si es la primera vez que se utiliza el sistema, es necesario que se introduzca la información básica para la construcción de diagramas, que en este caso es el grosor de corte y los refuerzos tanto para grosores como para anchos..

Al dar clic en el botón  Básicos aparecerá la ventana de nombre Información Básica (**Figura 4**). De entrada tiene ya guardados los valores que para cada campo recomienda la Norma Oficial Mexicana, que aunque pueden modificarse, sólo permite valores menores a éstos. Todos están en milímetros.

Se deben guardar los cambios realizados cada vez que se modifique alguno de estos cuatro valores.

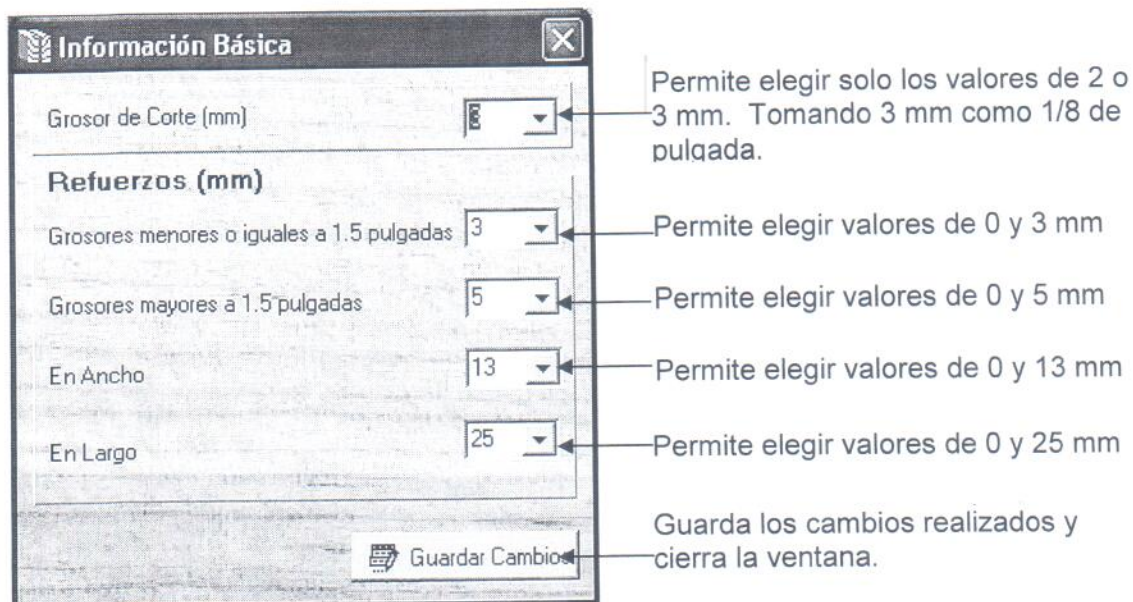


Figura 4. Información Básica

4. Datos de la Troza

Los datos de la troza (Figuras 5, 6 y 7) que se deben introducir al sistema son: Longitud, Diámetro Menor y Diámetro Mayor. La longitud se introduce en pies, y los diámetros en categorías diamétricas de 5 centímetros.

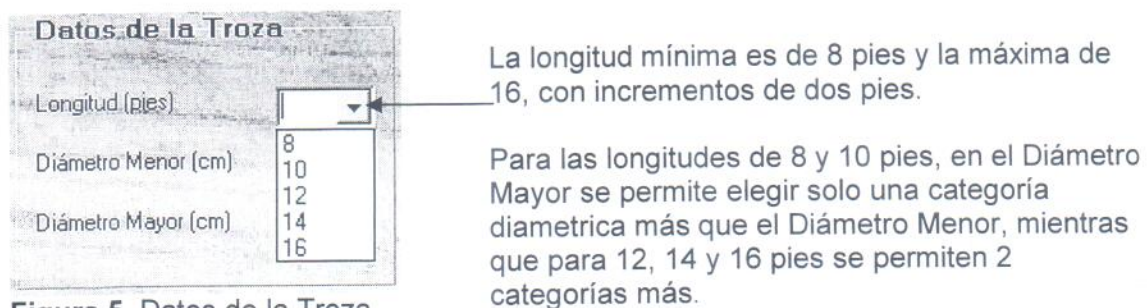


Figura 5. Datos de la Troza

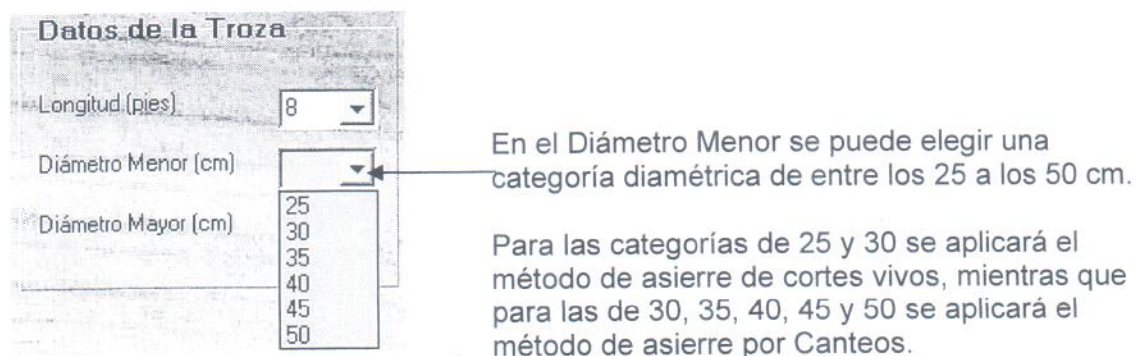


Figura 6. Datos de la Troza

Datos de la Troza

Longitud (pies): 8

Diámetro Menor (cm): 35

Diámetro Mayor (cm): 35

35

40

En el Diámetro Mayor, dependiendo de la longitud, se puede elegir desde el mismo Diámetro Menor (sin ahusamiento) o hasta dos categorías diamétricas más.

Figura 7. Datos de la Troza

Para Diámetro Menor, de 25 y 30 cm

Si en el campo correspondiente al Diámetro Menor se selecciona la categoría diamétrica de 25 o 30 cm, aparecerá un nuevo recuadro de opciones llamado **Grosos Laterales** (Figura 8), en el cual antes de llenarlo, se debe primero introducir el valor correspondiente al Diámetro Mayor de la troza.

Asera

Datos de la Troza

Longitud (pies): 8

Diámetro Menor (cm): 30

Diámetro Mayor (cm): 35

Grosos Laterales

Longitudes: Largas Cortas

☐ 1 1/2" ☐ 1"

☐ 1" ☐ 3/4"

☐ 3/4" ☐ 1/2"

Ayuda

Básicos

Reporte

Registro

☒ Mostrar Resultados

Diagrama

FORESTALES

Figura 8. Ventana Principal mostrando la opción Grosos Laterales.

Debido a que en estas dos categorías se aplica el método de asierre de cortes vivos, el sistema sólo permite elegir los grosores de la madera aserrada. En el recuadro **Grosos Laterales** se manejan dos tipos de grosores: de **Largas Longitudes** y de **Cortas Longitudes**.

Largas Longitudes (Figura 9) debe entenderse a las tablas que tengan la misma longitud que la troza y Cortas Longitudes (Figura 10) a las tablas de longitudes menores a la de la troza.

Grososres Laterales

Longitudes: Largas Cortas

☐ 1 1/2"	☐ 1"
☐ 1"	☐ 3/4"
☐ 3/4"	☐ 1/2"

Para las tablas de Largas Longitudes se puede elegir grososres de 1.5, 1 y 3/4 de pulgada, pudiendo seleccionar cada uno de ellos de forma individual o en grupo.

Figura 9. Largas Longitudes

Grososres Laterales

Longitudes: Largas Cortas

☐ 1 1/2"	☐ 1"
☐ 1"	☐ 3/4"
☐ 3/4"	☐ 1/2"

Para las tablas de Cortas Longitudes se puede elegir grososres de 1, 3/4 y 1/2 pulgada, permitiéndose seleccionar solo uno.

Figura 10. Cortas Longitudes

Para Diámetro menor, de 35, 40, 45 y 50 cm

Si en el campo correspondiente al Diámetro Menor se elige la categoría diamétrica de 35, 40, 45 o 50 cm, además del recuadro llamado **Grososres Laterales** aparecerá un nuevo recuadro de opciones llamado **Tablas Centrales** (Figura 11), en el cual antes de llenar las opciones, se debe primero introducir el valor correspondiente al Diámetro Mayor de la troza.

Como se mencionó anteriormente, para estas categorías diamétricas se utilizará el método de asierre por Canteo, método en el que básicamente se abren cuatro caras a la troza con la finalidad de formar un cuadrado o cubo central. Por lo anterior, en el recuadro **Tablas Centrales** (Figuras 12, 13 y 14) se introduce información en dos campos, primero el ancho que se quiere tengan las tablas que se obtendrán del cuadrado central y luego elegir el número y grosor de las mismas.

Figura 11. Ventana Principal mostrando la opción Tablas Centrales

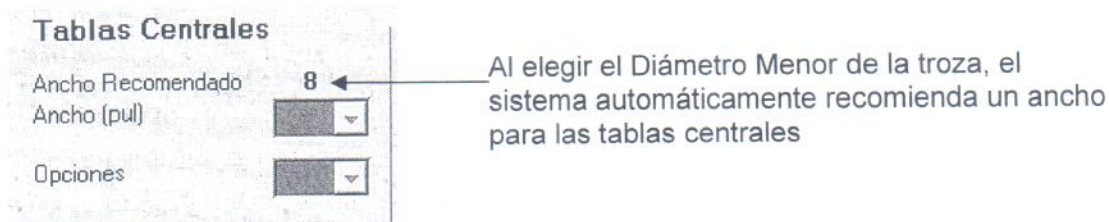


Figura 12. Ancho recomendado de Tablas Centrales

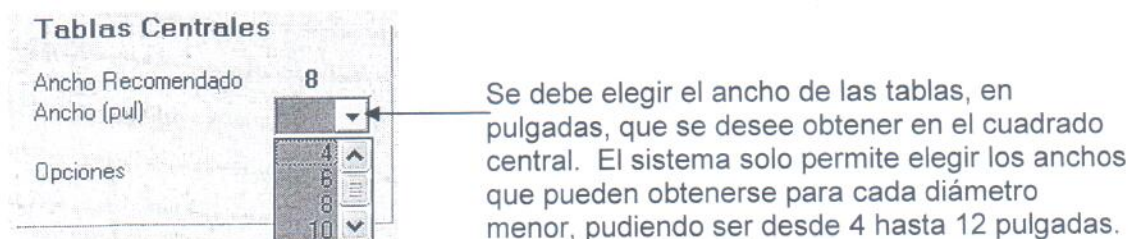


Figura 13. Ancho de Tablas Centrales

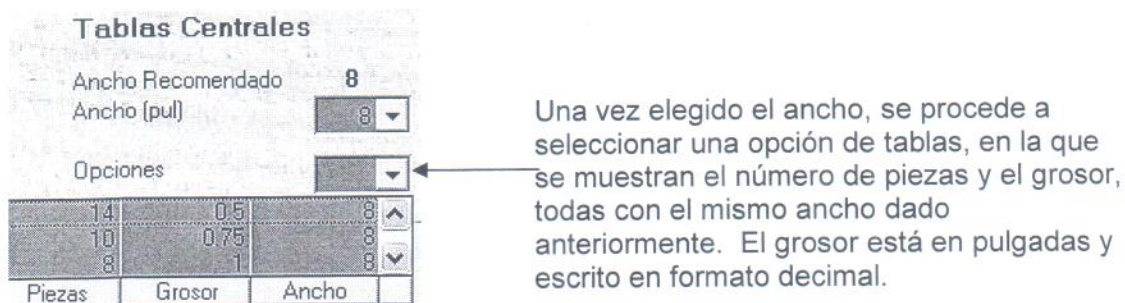


Figura 14. Opciones de Tablas Centrales

5. Simulación y resultados

Ya que se haya introducido toda la información al sistema, para correr la simulación y obtener los diagramas de corte, así como los resultados, se da clic en el botón  Diagrama.

Se observará que la imagen ubicada a la izquierda de la pantalla desaparece para dar lugar al **Diagrama de Corte (Figura 15)** resultante con la información introducida. Al mismo tiempo aparecerá una ventana llamada **Resultados (Figura 16)** en la cual se muestran los productos, los volúmenes y los coeficientes obtenidos, así como las distancias que existen desde la periferia de la troza a cada uno de los cortes de apertura de las caras.

Si la opción **Mostrar Resultados** está desactivada  **Mostrar Resultados**, la ventana de resultados no aparecerá. Para que se muestre dicha ventana, primero se debe activar la opción  **Mostrar Resultados** y nuevamente dar clic en el botón  Diagrama.

Aunque el Diagrama de Corte se encuentra dibujado a escala, existe una pérdida de precisión causada al convertir las distancias a píxeles. Por lo anterior se recomienda que no se tome el diagrama como una representación totalmente precisa.

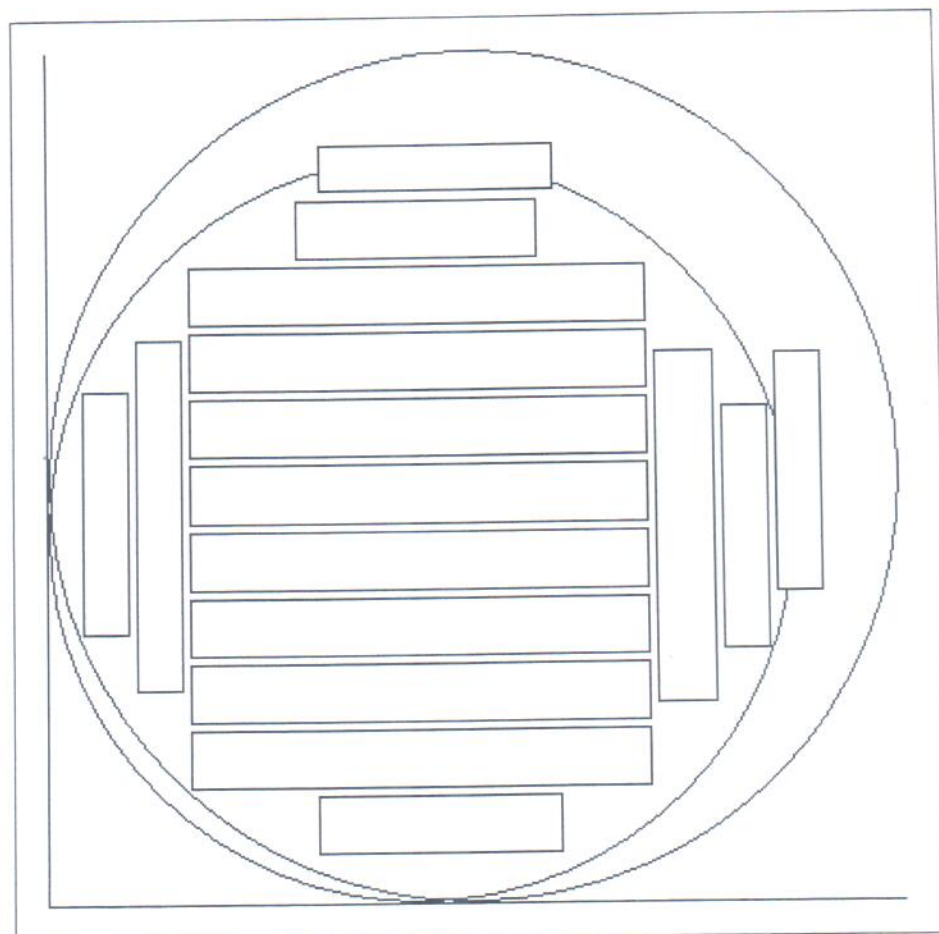


Figura 15. Diagrama de corte.

A continuación se muestra la simbología utilizada en el Diagrama de Corte:

Plano de Referencia (lados del carro)	-----	Líneas rectas de color Blanco
Diámetro Menor de la troza	-----	Círculo color Amarillo
Diámetro Mayor de la troza	-----	Círculo color Azul Marino
Tablas Centrales	-----	Rectángulos color Verde
Tablas Laterales		
Largas Longitudes		
Grosor 1 ½ pulgada	-----	Rectángulos color Azul Claro
Grosor 1 pulgada	-----	Rectángulos color Amarillo
Grosor ¾ de pulgada	-----	Rectángulos color Rojo
Cortas Longitudes		
Cualquier grosor	-----	Rectángulos color Gris

Resultados

DATOS DE LA TROZA
 Longitud (pies): 8 D. Menor (cm): 35 D. Mayor (cm): 40

MADERA ASERRADA
 Tablas Centrales
 Piezas: 8 Grueso: 1 Ancho: 8

Largas Longitudes

	Cara	Corte	Grosor	Piezas	Ancho	Pieza 2	Ancho 2
	1	1	1	1	6		
	2	1	1	1	4		
	3	1	1	1	6		
▶	4	1	1	1	4		

Cortas Longitudes

	Cara	Corte	Piezas	Grosor	Ancho	Longitud
	1	2	1	3/4	4	4
▶	2	1	1	3/4	4	4

VOLÚMENES (m3)		COEFICIENTES (%)	
Troza	0.2720	Real Largas	58.87
Real Largas	0.16018	Real Cortas	4.599
Real Cortas	0.01251	Comercial Largas	48.56
Comercial Largas	0.13214	Comercial Cortas	34.69
Comercial Cortas	0.00943	Real Total	63.47
Real Total	0.1726	Comercial Total	52.03
Comercial Total	0.1415		

GROSOR DE COSTERAS (cm)
 Cara 1: 3.55 Cara 2: 2.07 Cara 3: 3.55 Cara 4: 2.37

Figura 16. Ventana de Resultados.

A continuación se explica cada uno de los campos mostrados en este ventana.

a) DATOS DE LA TROZA.

Se muestra la Longitud , el Diámetro Menor y el Diámetro Mayor de la Troza simulada.

b) MADERA ASERRADA OBTENIDA

Se divide en tres partes: Tablas Centrales, Largas Longitudes y Cortas Longitudes.

Si se selecciona una categoría diamétrica menor a 35, no aparecerá la información correspondiente a Tablas Centrales. Si no se está considerando una troza con ahusamiento, no aparecerá el cuadro con la información concerniente a Cortas Longitudes.

Tablas Centrales

Muestra la Opción de Tablas que se eligió en la ventana principal.

Largas Longitudes

Se muestra un cuadro conteniendo la madera aserrada que se obtuvo. Son el resultado de haber elegido los Grosos para Largas Longitudes.

Cara.- La troza se divide en 4 caras que se enumeran según el orden de los volteos de la misma. Se forman alrededor de las Tablas Centrales.

Cara 1.- Lado derecho de la Troza.

Cara 2.- Lado de arriba de la Troza.

Cara 3.- Lado izquierdo de la Troza.

Cara 4.- Lado de abajo de la Troza.

Corte.- Cada cara tendrá un número de cortes igual al número de tablas que se extraigan de cada una de ellas. Un mismo corte puede contener dos tablas del mismo o diferente ancho. Los cortes pueden variar de grosor.

Corte 1.- Es el más próximo a las Tablas Centrales.

Corte 2.- Es el siguiente con dirección a la corteza.

Corte 3.- Así sucesivamente.

Grosor.- Es el grueso de la (s) tablas que estarán contenidas en ese corte.

Piezas.- Es el # de piezas del ancho 1, de ese corte.

Ancho.- Es el ancho 1 de la (s) piezas, de eso corte.

Piezas 2.- Cuando en un corte existan tablas de diferente ancho, este campo indicará el # de piezas del ancho 2, si existen piezas de un solo ancho en ese corte, este campo aparecerá vacío.

Ancho 2.- Mostrará un ancho diferente al ancho 1, lo que indicará que en ese corte existe una tabla del ancho 1 y otra del ancho 2.

Cortas Longitudes

Debe entenderse como madera de Cortas Longitudes a aquellas tablas que por lo general tendrán una longitud menor a la de la troza. Sin embargo pueden presentarse

casos en los que ciertas tablas de Cortas longitudes tengan la misma longitud que la troza, esto será debido a que en el espacio que ocupa dicha tabla, aun cabría una de Largas Longitudes, por supuesto del mismo grosor y ancho.

Se muestra un cuadro que al igual que en las Largas Longitudes, está clasificada por los campos CARA, CORTE, PIEZAS, GRUESO Y ANCHO, variando solamente en el campo LONGITUD, ya que como son de Cortas Longitudes, la longitud de las tablas puede variar.

El significado de los campos es el mismo que en el cuadro de Largas Longitudes.

c) VOLÚMENES

Troza

Es el volumen en m³ de la troza introducida en la simulación.

Real Largas

Es el volumen real (considerando refuerzos) de las tablas de Largas Longitudes obtenidas en el centro y de las 4 caras.

Real Cortas

Es el volumen real de las tablas de Cortas Longitudes obtenidas en la cara 1, para el caso de Diámetros Menores, de 25 y 30, y en la cara 1 y 2 para Diámetros Menores, de 35 a 50 cm.

Comercial Largas

Es el volumen comercial (sin considerar refuerzos) de las tablas de Largas Longitudes obtenidas en el centro y de las 4 caras.

Comercial Cortas

Es el volumen comercial de las tablas de Cortas Longitudes.

Real Total

Es el volumen real obtenido de la suma de las tablas de Largas y Cortas Longitudes.

Comercial Total

Es el volumen comercial obtenido de la suma de las tablas de Largas y Cortas longitudes.

d) COEFICIENTES

Son el resultado de dividir cada uno de los respectivos volúmenes de madera aserrada entre el Volumen de la Troza.

e) GROSOR DE COSTERAS

Indica el grosor de cada una de las costeras que se obtienen de los primeros cortes de la sierra sobre la troza, sin obtener tablas de Cortas Longitudes.

Puede tomarse como un indicador de la posición en la que puede ubicarse la sierra para llevar acabo los cortes de apertura.

Teóricamente una vez ubicada la sierra y si se quieren obtener las tablas de Cortas Longitudes, solo habría que desplazar el carro hacia atrás, la distancia que indiquen los grosores de dichas tablas.

Si no se desea obtener tablas de Cortas Longitudes, solo habría que desplazar el carro hacia adelante, la distancia que vaya indicando el grosor de las tablas de Largas Longitudes. Dependiendo la cara de corte, se iniciaría con el grosor del última tabla indicada en el diagrama.

6. Registro

El sistema ASERRA brinda la opción de que para ciertas dimensiones de la troza se almacenen resultados de varios Diagramas de Corte, para posteriormente compararlos y elegir el mejor.

Cada vez que se corre la simulación, se guarda en el **Registro** las dimensiones de la troza así como los volúmenes y coeficientes obtenidos.

Para llevar acabo una comparación rápida entre diagramas, se recomienda que se desactive la opción **Mostrar Resultados**, así cada vez que se obtenga un nuevo diagrama se evita estar cerrando la ventana de Resultados para poder correr otro nuevo.

Ya desactivada la opción **Mostrar Resultados**, lo único que se debe hacer es ir eligiendo **Opciones de Tablas** modificar el **Ancho** o los **Grosos Laterales** y cada vez que se desee obtener un diagrama, sólo se debe presionar el botón **Diagrama**.

Aunque la ventana de Resultado no aparecerá, el nuevo Diagrama de Corte se mostrará en la imagen de la izquierda.

Para observar la información del Registro sólo se da clic en el botón



A continuación aparecerá una ventana con tres cuadros (**Figura 17**), el primero contiene el registro de todos los diagramas de corte simulados, el segundo contiene el o los diagramas con el mayor coeficiente real y el tercero contiene el o los diagramas con el mayor coeficiente comercial. En la mayoría de los casos el mismo diagrama de corte tendrá tanto el mayor coeficiente real como el mayor coeficiente comercial.

Registro													
Long.	D. Men.	D. May.	A. Central	Opción	G. Largas	G. Cortas	V. Real	V. Com.	C. Real	C. Com.	Cortes L.	Cortes c/C.	
8	35	40	8	3	1, 3/4	3/4	0.1745	0.1439	64.78	53.44			
8	35	40	8	4	1, 3/4	3/4	0.18	0.151	66.83	56.07			
Mayor Coeficiente Real													
Long.	D. Men.	D. May.	A. Central	Opción	G. Largas	G. Cortas	V. Real	V. Com.	C. Real	C. Com.	Cortes L.	Cortes c/C.	
8	35	40	8	4	1, 3/4	3/4	0.18	0.151	66.83	56.07			
Mayor Coeficiente Comercial													
Long.	D. Men.	D. May.	A. Central	Opción	G. Largas	G. Cortas	V. Real	V. Com.	C. Real	C. Com.	Cortes L.	Cortes c/C.	
8	35	40	8	4	1, 3/4	3/4	0.18	0.151	66.83	56.07			
													Borrar Registro

Figura 17. Registro.

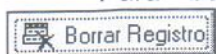
La descripción de cada una de las columnas del cuadro se muestra a continuación en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Descripción de cada columna del Registro.

Long.	Longitud de la Troza	V. Real	Volumen Real Total
D. Men.	Diámetro Menor de la Troza	V. Com.	Volumen Comercial Total
D. May.	Diámetro Mayor de la Troza	C. Real	Coeficiente Real Total
A. Central	Ancho de tablas centrales	C. Com.	Coeficiente Comercial Total
G. Largas	Grosos de Largas Longitudes	Cortes L.	Número de cortes hechos por la sierra sin considerar las tablas de cortas longitudes
G. Cortas	Grosos de Cortas Longitudes	Cortes c/C.	Número de cortes considerando las tablas de cortas longitudes
Opción	Número de Opción de Tablas		

Cuando se desee modificar alguna dimensión de la troza, se recomienda borrar el registro para que solo se vayan almacenando diagramas con las nuevas dimensiones de la troza.

Para borrar el **Registro** (Figura 18), solo se da clic en el botón



Registro

Long.	D. Men.	D. May.	A. Central	Opción	G. Largas	G. Cortas	V. Real	V. Com.	C. Real	C. Com.	Cortes L.	Cortes c/C.

Mayor Coeficiente Real

Long.	D. Men.	D. May.	A. Central	Opción	G. Largas	G. Cortas	V. Real	V. Com.	C. Real	C. Com.	Cortes L.	Cortes c/C.

Mayor Coeficiente Comercial

Long.	D. Men.	D. May.	A. Central	Opción	G. Largas	G. Cortas	V. Real	V. Com.	C. Real	C. Com.	Cortes L.	Cortes c/C.

Borrar Registro

Figura 18. Registro sin información.

7. Reporte

ASERRA genera un reporte que contiene el diagrama de corte así como su respectiva información, el cual puede imprimirse.

Para acceder a la vista previa del reporte se da clic en el botón  Reporte, posteriormente aparecerá una ventana (Figura 19) en la cual podrá observarse el reporte.

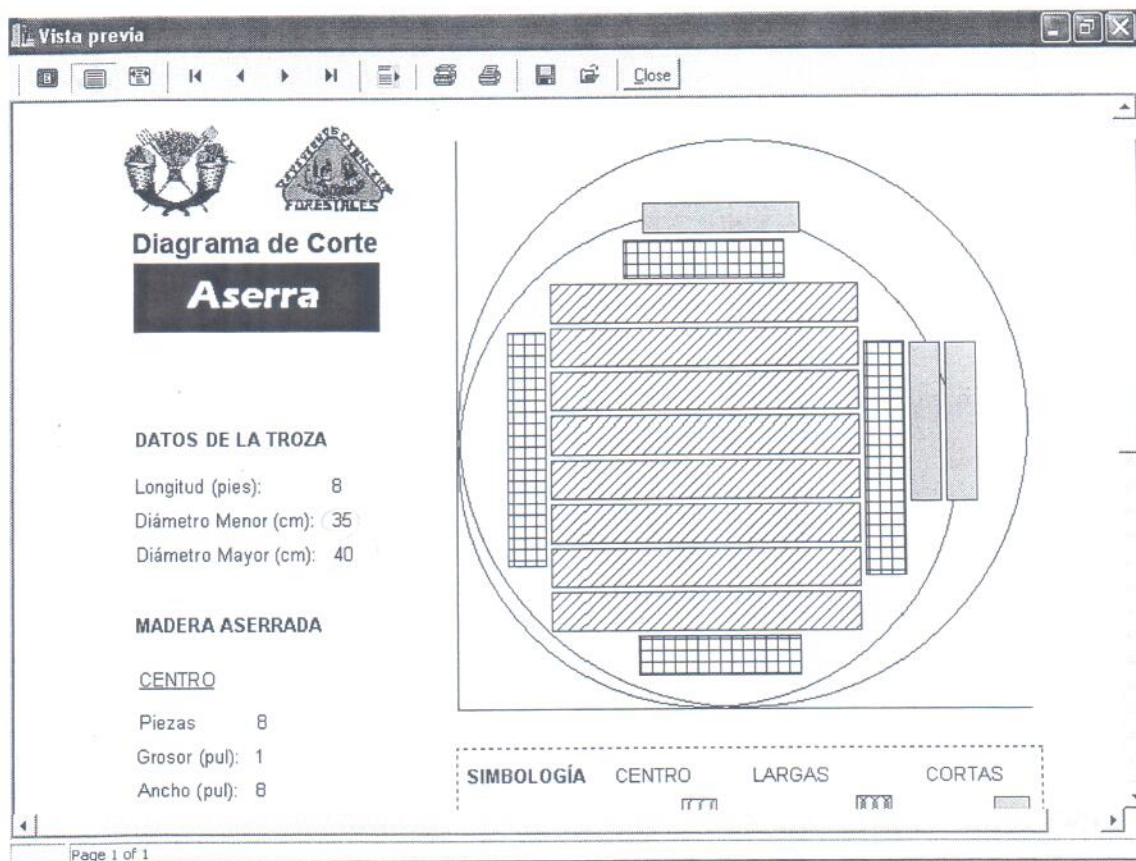


Figura 19. Vista previa de un reporte.

Para moverse entre las páginas del reporte, se utiliza el menú 

Para imprimir el reporte se da clic en el botón 

Anexo 2. Gráficas de comparación de coeficientes

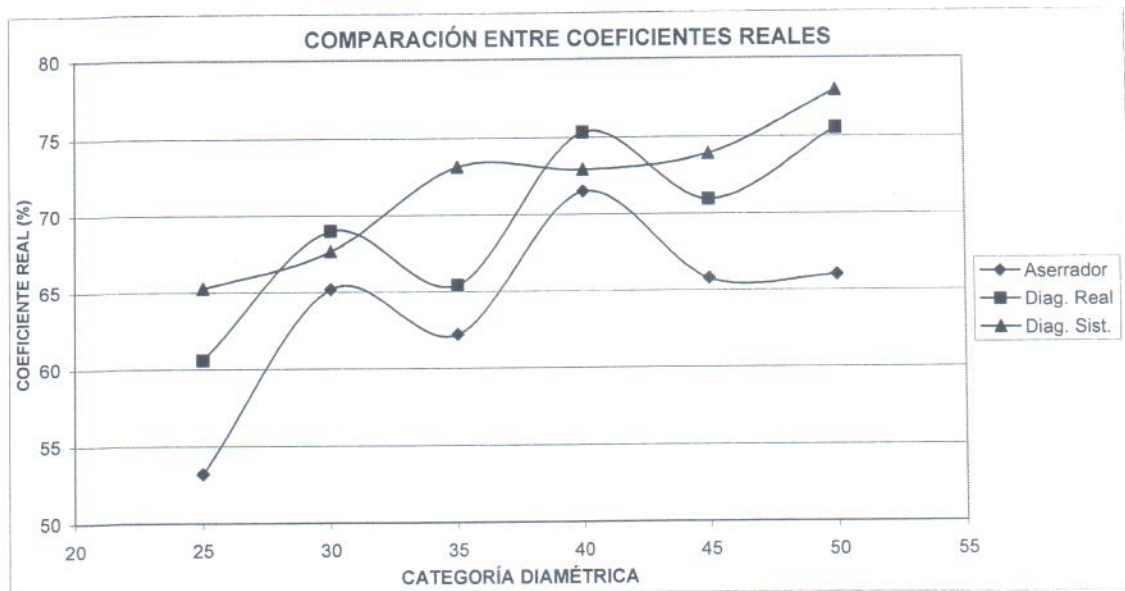


Figura 1. Comparación entre Coeficientes Reales.

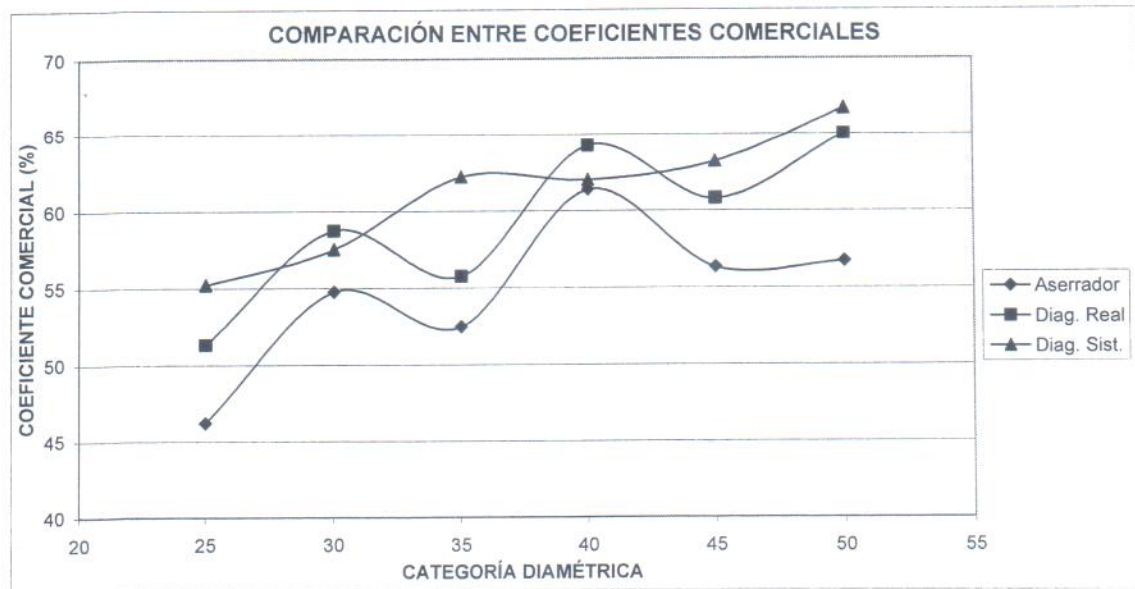


Figura 2. Comparación entre Coeficientes Comerciales.

Anexo 3. Comparaciones de rendimientos.

Cuadro 1. Comparación entre los rendimientos predichos por el sistema y los obtenidos realmente con su uso.

TROZA (Categoría Diamétrica)	Diagrama obtenido por el Sistema		Diagrama llevado a la realidad		Porcentaje de lo predicho por el sistema		Diferencias	
	CR	CC	CR	CC	CR	CC	CR	CC
25	65.26	55.2	60.57	51.32	92.8	92.7	4.69	3.88
30	67.65	57.5	68.98	58.72	101.9	102.1	-1.33	-1.22
35	73.13	62.19	65.43	55.75	89.4	89.6	7.70	6.44
40	72.91	61.99	75.30	64.23	103.2	103.6	-2.39	-2.24
45	73.93	63.18	70.95	60.78	95.9	96.2	2.98	2.40
50	77.93	66.70	75.52	65.01	96.9	97.4	2.41	1.69
PROMEDIO	69.45	59.30	71.8	61.12	96	96	2.34	1.82
CR: Coeficiente Real (%)								
CC: Coeficiente Comercial (%)								

Cuadro 2. Comparación entre los rendimientos realmente obtenidos con el uso del sistema y los obtenidos mediante el criterio del aserrador.

TROZA (Categoría Diamétrica)	Diagrama llevado a la realidad		Asierre mediante criterio del aserrador		Diferencias	
	CR	CC	CR	CC	CR	CC
25	60.57	51.32	53.19	46.19	7.38	5.13
30	68.98	58.72	65.17	54.74	3.81	3.98
35	65.43	55.75	62.19	52.47	3.24	3.28
40	75.30	64.23	71.47	61.35	3.83	2.88
45	70.95	60.78	65.78	56.31	5.17	4.47
50	75.52	65.01	65.99	56.69	9.53	8.32
PROMEDIO	69.45	59.30	63.96	54.62	5.49	4.67
CR: Coeficiente Real (%)						
CC: Coeficiente Comercial (%)						