

**RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE MADERA  
ROLLIZA A MADERA ESCUADRADA DE PINO (*Pinus radiata* D. Don), CON DOS  
TIPOS DE ASERRADERO, EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.**

**GUSTAVO FRANCISCO ALDÁS LEDESMA**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO FORESTAL**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL  
RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

## HOJA DE CERTIFICACIÓN

### EL TRIBUNAL DE TESIS CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación titulado: **RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE MADERA ROLLIZA A MADERA ESCUADRADA DE PINO (*Pinus radiata* D. Don), CON DOS TIPOS DE ASERRADERO, EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.** De responsabilidad del Sr. Egado. **GUSTAVO FRANCISCO ALDÁS LEDESMA**, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

### TRIBUNAL DE TESIS:

Ing. EDUARDO CEVALLOS

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR**

Ing. JOSÉ PAREDES

\_\_\_\_\_

**MIEMBRO**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**Riobamba, noviembre del 2013**

## **DEDICATORIA**

A mis queridos padres Gustavo y Narcisca, a mi abuelita Mariana; por enseñarme a ser una persona con valores, por estar siempre en mí y demostrarlo con su apoyo constante, permitiéndome cumplir esta etapa importante en mi vida.

A mis hermanas Mariana y Cristina, quienes siempre han estado conmigo apoyándome en todo momento, en especial en las situaciones difíciles.

A mi sobrina Floreita, quien desde que nació ha sido sinónimo de inspiración en cada uno de los retos que se me han presentado.

**Gustavo**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal; forjadora de profesionales que la sociedad requiere.

A los Ingenieros Eduardo Cevallos y José Paredes, director y miembro respectivamente de este trabajo de tesis, quienes con sus conocimientos y guía aportaron en la realización de esta investigación.

A la Dirección Provincial del Ambiente de Chimborazo, en donde logre conocer la problemática de la Industria Forestal Secundaria, de la misma manera a cada una de las personas que laboran en esta prestigiosa institución, en quienes encontré siempre el apoyo técnico y humano.

Al Sr. Manuel Sánchez y su familia, por brindarme la oportunidad y las condiciones necesarias para realizar el presente trabajo en su aserradero.

A cada una de las personas, en especial a mis amig@s que estuvieron presentes en cada fase durante la realización de este trabajo.

A mi familia, por estar siempre presente en cada una de las etapas de mi vida, demostrando su cariño y confianza a cada instante.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>CAPITULO</b>	<b>CONTENIDO</b>	<b>PÁGINA</b>
	LISTA DE CUADROS	i
	LISTA DE GRÁFICOS	ii
	LISTA DE MAPAS	iii
	LISTA DE ANEXOS	iv
<b>I</b>	<b>TITULO</b>	1
<b>II</b>	<b>INTRODUCCION</b>	1
	A. JUSTIFICACIÓN	2
	B. OBJETIVOS	3
	C. HIPÓTESIS	3
<b>III</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	4
	A. PROCESO	4
	B. RENDIMIENTO EN LA TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA	5
	C. FACTORES QUE INCIDEN SOBRE EL RENDIMIENTO VOLUMETRICO DE MADERA ASERRADA	9
	D. LOS ASERRADEROS	11
	E. TIPOS DE SIERRA	19
	F. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS	40
	G. ESTADISTICA	42
	H. DESCRIPCIÓN BÓTANICA DEL PINO	46
	I. COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL ASERRADERO	57

<b>IV</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>65</b>
<b>V</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>79</b>
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>96</b>
<b>VII</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>97</b>
<b>VIII</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>98</b>
<b>IX</b>	<b>ABSTRAC</b>	<b>99</b>
<b>X</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>110</b>
<b>XI</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>102</b>

## LISTA DE CUADROS

N°	Descripción	Página
01.	Propiedades físicas de la madera de pino	47
02.	Propiedades mecánicas de la madera de pino	47
03.	Propiedades mecánicas de la madera de pino	47
04.	Costos de mantenimiento de la sierra circular	77
05.	Ingreso de madera rolliza y aprovechamiento	79
06.	Resumen mensual datos obtenidos en la sierra de cinta.	80
07.	Análisis estadístico del volumen obtenido en metros cúbicos en la sierra de cinta.	82
08.	Análisis estadístico de la merma en la sierra de cinta.	83
09.	Análisis estadístico del aprovechamiento de la sierra de cinta	84
10.	Resumen mensual datos obtenidos en la sierra circular.	84
11.	Análisis estadístico del volumen obtenido en metros cúbicos en la sierra circular.	86
12.	Análisis estadístico de la merma en la sierra circular.	86
13.	Análisis estadístico del aprovechamiento de la sierra circular	87
14.	Resumen mensual del aprovechamiento en m <sup>3</sup> en la sierra de cinta y circular.	87
15.	Volumen aprovechado entre la sierra de cinta y la sierra circular	88
16.	Estadísticas de regresión sierra de cinta.	90
17.	Análisis de Varianza Sierra de Cinta.	90
18.	Análisis estadístico de varianza de aprovechamiento	91
19.	Estadísticas de regresión sierra circular.	91
20.	Análisis de varianza sierra circular.	91
21.	Análisis estadísticos de variación de aprovechamiento	92
22.	Análisis costos de la sierra de cinta.	92
23.	Análisis costos de la sierra circular.	93
24.	Análisis económico de los dos tipos de aserrado.	94

## LISTA DE GRÁFICOS

N°	Descripción	Página
01.	Resumen mensual datos obtenidos en la sierra de cinta.	81
02.	Resumen mensual datos obtenidos en la sierra circular.	85
03.	Resumen mensual datos obtenidos en la sierra de cinta y en la sierra circular.	88
04.	Aprovechamiento y merma promedio en los dos tipos de aserrado.	89
05.	Análisis de costos de la sierra de cinta.	93
06.	Análisis de costos de la sierra circular.	94
07.	Análisis económico de los dos tipos de aserrado.	95

## LISTA DE MAPAS

N°	Descripción	Página
01.	Ubicación geográfica del área de estudio.	64

## LISTA DE ANEXOS

N°	Descripción	Página
01.	Ficha de registro	72
02.	Ingreso de madera mayo 2013.	75
03.	Ingreso de madera junio 2013	85
04.	Ingreso de madera julio 2013	91
05.	Fotografías	94

# **I. RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE MADERA ROLLIZA A MADERA ESCUADRADA DE PINO (*Pinus radiata* D. Don), CON DOS TIPOS DE ASERRADERO, EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.**

## **II. INTRODUCCIÓN**

Se estima que en Riobamba existen aproximadamente 46 aserraderos, colectivamente estos cuentan con una sierra principal para la transformación de madera rolliza a madera aserrada la misma que en general es circular, en la ciudad pocos aserraderos utilizan la sierra de cinta para el proceso.

Según el Ministerio del Ambiente, en la provincia de Chimborazo en el año 2009 se aprobó un volumen de 251300m<sup>3</sup> de madera en pie para su aprovechamiento equivalente al 8,56% de contribución al país, siendo la provincia con más volumen aprobado en la región Sierra. En cuanto a las especies con las que se trabaja principalmente son eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Pino (*Pinus radiata*, *Pinus patula*) y ciprés (*Cupressus macrocarpa*).

El término rendimiento se refiere a la relación entre el volumen de madera en rollo y el volumen resultante en productos aserrados en donde hay relación con: el diámetro, clase, calidad y forma de las trozas a procesar, los tiempos empleados en los procesos, el patrón de corte, el tipo de sierra, la calidad y dimensiones de los productos generados, la habilidad y capacidad del operario y las condiciones de mantenimiento del equipo; por lo que algunos estudios se han centrado en conocer el efecto que tienen esas variables sobre el rendimiento de la madera aserrada y sugerir acciones correctivas.

La eficiencia operacional y económica en los procesos de transformación del recurso forestal en productos maderables son factores básicos para su desarrollo.

La industria de transformación de la madera que no se ocupa en mejorar los rendimientos y minimizar costos de producción, asume un serio riesgo de perder competitividad, inclusive llegando a paralizar sus actividades por ineficiente.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

Se conoce que alrededor del 90% de madera rolliza es transformada a madera aserrada a través de la industria del aserrío donde se utilizan sierras de diferente tipo entre las principales están la sierra circular y la sierra de cinta, que son herramientas que realizan diferentes tipos de corte lo cual hace que existe diferencias principalmente en el ancho del corte lo que determina un mayor o menor rendimiento de las trozas.

El Ministerio del Ambiente preocupado por el bajo rendimiento de la madera en los aserraderos, ve la necesidad de realizar esta investigación que permita conocer el desperdicio que existe en la transformación de madera rolliza a madera escuadrada; de esta forma informar a propietarios de aserraderos la importancia que tiene seleccionar el tipo de sierra como instrumento para obtener una mayor productividad y conocer sus costos de producción.

## **B. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

Determinar el rendimiento en el proceso de transformación de madera rolliza a madera escuadrada de pino (*Pinus radiata D. Don*), con dos tipos de aserradero, en la ciudad de Riobamba.

## **2. Objetivos Específicos**

- a. Evaluar el rendimiento de los dos tipos de aserradero
- b. Determinar la eficiencia y el análisis económico de los dos tipos de aserradero.

## **C. HIPOTESIS**

### **1. Hipótesis Nula**

La sierra de cinta no presenta mayor rendimiento en la transformación de madera rolliza en madera aserrada en comparación con la sierra circular.

### **2. Hipótesis Alternante**

La sierra de cinta presenta mayor rendimiento en la transformación de madera rolliza en madera aserrada en comparación con la sierra circular.

### **III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **A. PROCESO**

Un proceso (del latín processus) es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) con un fin determinado. Este término tiene significados diferentes según la rama de la ciencia o la técnica en que se utilice.

#### **1. Procesos Productivos**

Los procesos productivos son una secuencia de actividades requeridas para elaborar un producto (bienes o servicios).

Esta definición “sencilla” no lo es tanto, pues de ella depende en alto grado la productividad del proceso.

Generalmente existen varios caminos que se pueden tomar para producir un producto, ya sea este un bien o un servicio. Pero la selección cuidadosa de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos nos ayudarán a lograr los principales objetivos de producción.

- Costos (eficiencia)
- Calidad
- Confiabilidad
- Flexibilidad

Una decisión apresurada al respecto nos puede llevar al “caos” productivo o a la ineficiencia.

Se recomienda nunca tomar a la ligera la definición de su proceso productivo.

([www.comoadministrar/proceso.com](http://www.comoadministrar/proceso.com))

## **B. EL RENDIMIENTO EN LA TRANSFORMACIÓN DE LA MADERA**

El incremento de los costos de la madera agudiza la necesidad de aprovechar la troza con mayor eficacia. La industria del aserrío se caracteriza por su escasa eficacia de conversión. La proporción del insumo de trozas que se transforma en madera aserrada rara vez alcanza el 60-70 por ciento. El resto queda en forma de costeros, recortes y testas, virutas y aserrín. Los informes del Japón acusan índices medios de recuperación nada menos que del 60 al 70 por ciento. Pero la elevación del índice de recuperación no mejora necesariamente el rendimiento económico, ya que éste puede significar sencillamente un incremento de la producción de las calidades inferiores de madera aserrada. Más bien se logrará esta mejora, por ejemplo, con un aserrío más preciso, con la reducción de la vía de sierra y cortando la troza con el máximo aprovechamiento (Zabala D. 1991).

### **1. Transformación de la madera**

La forma más simple de industrializar la madera a partir de la troza, es su aserrado mediante gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual hasta los aserríos sumamente automatizados.

La posible evaluación de las industrias del aserrío está sujeta a la interacción de un sin número de variables, a las que se agregan constantemente nuevos factores que pueden modificar considerablemente las operaciones iniciales.

El desarrollo de este sector está influenciado directamente por la materia prima, por la evaluación de la demanda de los productos y de la disposición de absorber cambios técnicos, además influirán de manera determinante los efectos del hombre sobre el medio ambiente.

Egas 1998, expresa que estas tendencias tienen consecuencias importantes sobre la industria del aserrado actual, por lo que a nivel mundial se han implementado diferentes tecnologías que permiten mejorar los indicadores de la eficiencia en los aserraderos, desde las basadas en

la aplicación de prácticas de aserrado, apoyándose fundamentalmente en la pericia y habilidad del personal técnico del aserradero y en las características de la materia prima, hasta las que parten de programas de optimización que son capaces de analizar diferentes variables y tomar decisiones de aserrado en un corto intervalo de tiempo.

Por lo tanto, el objetivo es brindar algunas consideraciones para elevar la eficiencia del proceso de transformación mecánica en los aserraderos a partir de la utilización de la estadística.

## **2. ¿Qué es un estudio de rendimiento en el aserrío de trozas?**

Un estudio de rendimiento, es la evaluación del volumen de madera aserrada que se obtiene de cada troza procesada. Es decir, es la relación entre el volumen producido de madera aserrada y el volumen en troza. También se define como la determinación del volumen de productos obtenidos versus el volumen de troza empleada.

## **3. Eficiencia del proceso de Aserrado**

Los indicadores de la eficiencia de conversión de las trozas en madera aserrada se pueden dividir en dos grandes grupos:

Los indicadores relacionados con la eficiencia de conversión en volumen:

- Rendimiento volumétrico total
- % de desperdicio de aserrín
- % de desperdicio de otros residuos

Los indicadores de la eficiencia de conversión en valor, también denominados indicadores del rendimiento en valor:

- Valor por m<sup>3</sup> de madera aserrada
- Valor por m<sup>3</sup> de trozas

#### **a. Rendimiento Volumétrico Total**

Egas 1998, expresa que existen un grupo de autores que consideran dos formas de expresar el rendimiento volumétrico: rendimiento volumétrico por surtidos y rendimiento volumétrico total. El primer indicador no es más que la relación entre el volumen de madera aserrada de un pedido específico o de una clase de calidad determinada y el volumen total de madera aserrada obtenida de una troza o grupo de trozas (ambos volúmenes en m<sup>3</sup>) expresado en porcentaje.

El rendimiento volumétrico total caracteriza el nivel de utilización de la madera de la troza sin considerar las dimensiones ni la calidad de madera aserrada obtenida por lo que es un indicador importante pero no suficiente para caracterizar la eficiencia de conversión en un aserradero.

Igualmente existe otro grupo de autores que mencionan tres formas de expresar el rendimiento volumétrico: el % de conversión, el factor de conversión de madera aserrada y el factor de conversión cúbico.

- 1) El % de conversión (PC), es el volumen actual de madera aserrada, expresado en pies tablas, obtenido por pié-tabla de madera aserrada de una troza estimada por la escala neta de Scribner, multiplicado por 100.

$$PC = \frac{\text{Volumen actual de madera aserrada (pie tabla)}}{\text{Volumen estimado por escala de Scribner (pies-tabla)}} \times 100$$

Obsérvese que un pié tablar de madera aserrada equivale a 0,0023597 m<sup>3</sup>

- 2) El factor de conversión de madera aserrada (FCMA) no es más que la cantidad de pies-tablares nominales de madera aserrada obtenidos por pie cúbico de volumen de una troza multiplicado por 100.

$$\text{FCMA} = \frac{\text{Volumen nominal de madera aserrada}}{\text{Volumen de la troza}} \times 100$$

Obsérvese que un pie cúbico equivale a  $0,0283168 \text{ m}^3$ .

- 3) El factor de conversión cúbico (FCC) es el por ciento de volumen cúbico de madera aserrada que se obtiene por unidad de volumen cúbico de una troza.

$$\text{FCC} = \frac{\text{Volumen de madera aserrada (m}^3\text{)}}{\text{Volumen de la troza (m}^3\text{)}} \times 100$$

El volumen de madera aserrada total en cada troza en los aserraderos, se determina sobre la base de las mediciones lineales obtenidas de madera aserrada de acuerdo con las expresiones que se exponen a continuación.

$$\mathbf{Vma} = \sum_{i=1}^n (\mathbf{a}_i * \mathbf{g}_i * \mathbf{li})$$

En donde:

**Vma**= Volumen de madera aserrada de una troza,  $\text{m}^3$ .

**ai ,gi, li**= ancho, grueso y longitud de la pieza *i* obtenida de una troza o grupo de troza, m.

**n**=Número de piezas aserradas de una troza.

## **C. FACTORES QUE INCIDEN SOBRE EL RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO DE MADERA ASERRADA.**

### **1. Diámetro de las trozas.**

La opinión de los especialistas coincide con diversas investigaciones realizadas por Fahey y Ayer-Sachet 1993 indican que el diámetro de la troza es uno de los factores de mayor incidencia en el aserrío; demostrándose que en la medida que el diámetro aumenta también se incrementa el rendimiento de las trozas en el aserrío; por lo tanto el procedimiento de trozas de pequeñas dimensiones implica bajos niveles de rendimiento y menor ganancia en los aserraderos.

El efecto del diámetro sobre el rendimiento nos obliga a pensar en la necesidad del perfeccionamiento del aserrado de trozas de pequeñas dimensiones y trazar, además, una política que garantice en lo posible un mayor desarrollo de las existencias maderables con el objetivo de obtener trozas de grandes dimensiones y calidad destinadas a los aserraderos.

### **2. Longitud, conicidad y diagrama de troceado.**

Se puede afirmar que el rendimiento de las trozas en el proceso de aserrío es afectado por la longitud y por la conicidad de las trozas. En la medida que aumenten ambos parámetros se incrementa la diferencia entre los diámetros en ambos extremos de la troza.

Por lo tanto una de las formas de incrementar el rendimiento volumétrico es mediante la optimización del troceado, produciendo lógicamente madera aserrada de dimensiones requeridas.

### **3. Calidad de las trozas**

Uno de los factores a tener en cuenta, particularmente en la sierra principal, para maximizar el volumen es la calidad de la troza. Las dimensiones y el volumen de la madera aserrada bajo las prácticas corrientes del procesamiento tienen una relación directa con las diferentes clases de calidad de trozas; por lo que se apoya por diferentes autores la relación de las características de la superficie de las trozas y el rendimiento de madera aserrada para establecer normas para la clasificación de trozas.

El efecto de la calidad de la troza, especialmente la incidencia de trozas torcidas en la calidad y volumen de la madera aserrada. Todoroki (1995) expresa que existe una regla general de que un incremento en 0.1 de la proporción torcedura-diámetro conduce al decrecimiento del rendimiento volumétrico en un 5 %.

### **4. Tipo de Sierra**

El ancho de corte influye sobre el rendimiento de madera aserrada ya que una vía de corte ancha se traduce en más pérdida de fibras de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria.

La influencia del tipo de sierra sobre el rendimiento suscita la necesidad de adquirir aserraderos de sierra principal de banda, en lugar de sierra alternativa múltiple o circular, para un mejor aprovechamiento de la materia prima; aspecto este que se logra entre otros aspectos a partir de la regulación del ancho de corte.

Una vía de corte ancha se traduce en más pérdidas de fibra de madera en forma de aserrín y la disminución de la eficiencia de la maquinaria.

## **5. Diagrama de corte**

Las opiniones de los especialistas coinciden con diferentes autores, que afirman que los diagramas de corte tienen gran incidencia sobre la eficiencia de la conversión de madera aserrada; dependiendo de la calidad de la troza, del diseño del aserrío y de los gradientes de precio de la madera existente.

La aplicación de diagramas de corte teniendo en cuenta el diámetro, longitud, calidad y conicidad de las trozas; así como el tipo de sierra y otros factores, es una variante que favorece el incremento en calidad y cantidad de la producción de madera aserrada. Ello ha sido la base de los programas de optimización que permiten obtener resultados relevantes en la industria del aserrado.

El análisis integral de toda esta información debe contribuir de cierta forma para que los empresarios forestales puedan elaborar estrategias que permitan contrarrestar el efecto negativo o favorecer el efecto positivo de los factores que más influyen sobre el rendimiento volumétrico, condición necesaria para elevar los niveles de aprovechamiento de la materia prima y la eficiencia industrial en general.

## **D. LOS ASERRADEROS**

Zabala 1991, expresa que las instalaciones industriales donde se efectúa la elaboración de la madera en rollo para obtener madera aserrada, reciben el nombre de serrerías o aserraderos.

En los aserraderos, aunque es recomendable que la operación de elaboración se complemente con la de secado en cámaras de los productos obtenidos, no tienen por qué incluir necesariamente esta última. Generalmente, los productos finales de aserrado, tablonés, tablas, vigas y viguetas se venden con una humedad del 15 al 20 %.

Reciben el nombre de aserríos porque los elementos o máquinas principales que intervienen en este proceso industrial están constituidos exclusivamente por sierras.

Es un lugar o espacio destinado a la transformación de las trozas del árbol en tablas o tablones y en donde se puede encontrar maquinarias simples o sofisticadas; es decir, aserradero simplemente.

Un aserradero es una instalación industrial o artesanal dedicada al aserrado de madera. Los aserraderos son industrias de primera transformación de la madera; proveen de productos semi-acabados que generalmente son destinados a una industria de segunda transformación (carpintería, ebanistería, construcción, etc.) encargada de fabricar objetos o partes de objetos de consumo.

Las primeras sierras mecánicas eran movidas por molinos; por lo que, los aserraderos estaban situados tradicionalmente en las proximidades de los cursos de agua. La forma más simple de industrializar la madera a partir de la troza, es su aserrado mediante gran variedad de máquinas y herramientas que pueden ser desde manual hasta los aserríos sumamente automatizados, capaces de producir 250 m<sup>3</sup> de madera aserrada en sección de trabajo, alcanzando un índice del 47% al 51% de aprovechamiento, siendo un índice aceptable de rendimiento.

La posible evaluación de las industrias del aserrío está sujeta a la interacción de un sin número de variables, a las que se agregan constantemente nuevos factores que pueden modificar considerablemente las operaciones iniciales.

El desarrollo de este sector está influenciado directamente por la materia prima, por la evaluación de la demanda de los productos y de la disposición de absorber cambios técnicos, además influirán de manera determinante los efectos del hombre sobre el medio ambiente.

Se pueden citar una serie de fenómenos que están influyendo sobre los elementos antes mencionados, entre los que se destacan:

Una disponibilidad mundial decreciente de madera de buena calidad y fácil accesibilidad, por lo que cada vez resulta más difícil obtener la materia prima necesaria.

Una mayor productividad y bajos costos, una flexibilidad que permita la producción económica de serie cortas. Un valor añadido en la fuente misma de la materia prima, con la finalidad de crear empleo en aquellos países en los que hay grandes recursos madereros y es necesario mantener a una población numerosa.

Estas tendencias tienen consecuencias importantes sobre la industria del aserrado actual, por lo que a nivel mundial se han implementado diferentes tecnologías que permiten mejorar los indicadores de la eficiencia en los aserraderos, desde las basadas en la aplicación de prácticas de aserrado, apoyándose fundamentalmente en la pericia y habilidad del personal técnico del aserradero y en las características de la materia prima, hasta las que parten de programas de optimización que son capaces de analizar diferentes variables y tomar decisiones de aserrado en un corto intervalo de tiempo.

## **1. Tipos de aserraderos**

### **a. Aserraderos por maquinaria**

#### **1) Aserraderos de riel**

Con algunas variaciones, los aserraderos de riel se componen de un pequeño accesorio que se fija a la espada, y que se desplaza a lo largo de un “riel” fijado a lo largo de la troza. Puede que hayan sido desarrollados por innovadores aserraderos de motosierra libres como ayuda para hacer cortes verticales derechos en las trozas. Algunos de los accesorios necesitan

atornillarse a la espada a través de unos agujeros previamente practicados en la misma, otros simplemente se fijan con abrazaderas.

Los rieles pueden ser piezas metálicas especialmente suministradas (listones, barras, ángulos metálicos, etc.) o piezas de madera, normalmente de tamaños habituales como 10 x15 cm o 15 x 5 cm (4 x 2" o 6 x 2"), que se clavan o atornillan a la troza. Algunos aserraderos de riel tienen características adicionales, como la posibilidad de colocar la motosierra a ángulos distintos de 90 grados (vertical), ingletes, control de la profundidad del corte, o corte de líneas curvas.



## 2) Aserraderos de bastidor

Los aserraderos de bastidor son probablemente los accesorios para el aserrado con motosierra originales y los mejor conocidos, y más fácilmente disponibles. Normalmente se les llama “aserraderos de Alaska” o “aserraderos de bloques”, se trata de simples bastidores o guías que se fijan a la espada de la motosierra y que se pueden ajustar para trabajar a diferentes distancias de la espada. Esto permite varias profundidades de corte. Se usan casi siempre, y con más eficiencia, con la espada y el bastidor horizontales para aserrar “en verde”, “bloques” o aserrado “continuo”, para producir tablones, tablas sin cantar o vigas de diversas dimensiones.

Estos bastidores están hechos de tubos cuadrados de acero o aluminio, con o sin rodillos; algunas marcas disponen de varios tamaños para adecuarse a las distintas longitudes de espada, y consiguientemente a diferentes diámetros de troza. Si se usa un aserradero de bastidor, los rieles o tableros de desbastado son accesorios necesarios para realizar el primer corte.



### 3) Aserraderos de carro

Los aserraderos de carro difieren de los de bastidor y de los de riel en que la motosierra se fija sobre o dentro de cierto tipo de carro, que corre a lo largo de una especie de bastidor o un juego de rieles, montados bajo, sobre o al lado de la troza o bien se lleva la troza al aserradero. Una de las principales diferencias es el ángulo de corte, siendo la mayoría de corte horizontal, si bien unos pocos modelos son de corte vertical (o casi vertical). Son todos más largos, más pesados, más caros y necesitan más tiempo para el montaje que las alternativas más simples mencionadas anteriormente. De todas formas, permiten cortar más madera en un tiempo determinado, reducen la tensión y el cansancio muscular y eliminan casi completamente el riesgo de accidentes.

Los sistemas de carro no se pueden transportar por una sola persona, sino que necesitan un equipo o un vehículo, y comparten muchas características con los aserraderos portátiles de cinta o circulares existentes. De hecho, varios de los aserraderos de carro se pueden mejorar hasta llegar a ser aserraderos de cinta; por ejemplo, se puede usar el mismo bastidor con una gama de distintos carros y motosierras.

Los tipos de sierras se pueden diferenciar de varias maneras, incluyendo la máxima longitud y diámetro admisibles de la troza, la altura a la que se tiene que elevar la troza, y si el corte es vertical u horizontal.



## **b. Aserraderos por su permanencia**

### **1) Aserradero móvil**

Es aquel que es de fácil transportación desde un lugar hacia el bosque (aserradero de montaña). En este aserradero se encuentra la sierra circular, canteadora, el carro de trozas o plataforma es la que lleva la troza hacia la sierra.

Este aserradero puede estar 2, 3, 4 semanas y se lo considera hasta 2 años de permanencia este aserradero en esas condiciones tiene una producción de 5000 m<sup>3</sup> por año. El piso debe ser lo más horizontal.



## 2) Aserradero Semi-Permanente

Requiere de una mayor infraestructura ya que va a contar con mayor número de maquinaria como: la sierra múltiple o circular, cabeceadora, canteadora y otros. Se les considera semipermanente cuando se encuentra en el bosque más de dos años y que puede producir más de 1000 m<sup>3</sup> por año, su producción puede ser tablas, tablones, duelas, etc. (para todos estos aserraderos dependerá del tamaño del bosque).



### 3) Aserradero Permanente

Es aquel que se instala para un tiempo indefinido, en donde hay suficiente abastecimiento de madera que permita tener trabajo durante todo el año. Este aserradero requiere de una mayor inversión por poseer mayor número de equipos y herramientas, cepilladora, tapi, machimbradora, canteadora, lijadora etc., en donde las bases de las máquinas tienen que ser de hormigón armado. Se considera que un aserradero de este tipo debe tener entre 15000-20000 m<sup>3</sup> sobre año si tiene una cierra circular, pero si tiene una sierra de banda múltiple es de unos 30000 m<sup>3</sup> sobre año.

La principal ventaja y el origen de las instalaciones móviles es que los residuos y desperdicios quedan en el mismo lugar de elaboración, y lo que se transporta en lugar de ser madera en rollo es producto elaborado o semielaborado, con la consiguiente economía de transporte. La integración de la industria aserradora con la de tableros de partículas anula, en un cierto porcentaje, esta ventaja.



## **E. TIPOS DE SIERRA**

### **1. Sierra de Cinta**

Es la sierra que está siendo utilizada preferentemente en la industria maderera gracias a su rendimiento, altura de corte y una buena precisión. Se considera el medio más económico y racional para aserrar trozas de grandes diámetros.

Está compuesta esencialmente de dos volantes, dispuestos en un mismo plano, soportados por un bastidor o columna, y cuya separación puede regularse por una hoja de sierra soldada en sus extremos.

#### **a. Características de la sierra de cinta**

Dentro de las características generales de la sierra cinta se encuentran las de las hojas de sierra cinta y las de sus dientes.

## 1). Características de las hojas de sierra cinta

Dentro de las características de las hojas de sierra cinta se encuentran las siguientes:

- a) Longitud.
- b) Ancho.
- c) Calibre o espesor.
- d) Otras características.
- a) Longitud de la sierra cinta.

- **Longitud**

La longitud de la sierra cinta está en función de la máxima y mínima separación o abertura posible de los volantes o poleas de la sierra principal; es decir, el volante superior se eleva por medio de algún sistema, hasta cierto límite tolerante, con objeto de que cuando se tenga la sierra cinta montada, ésta, se tense sobre los volantes hasta una fuerza de montaje determinada por el esfuerzo de tracción de los mismos, según la estructura de construcción de la máquina y la potencia motriz, así como el ancho y el espesor de la sierra. La fórmula para obtener la tensión de montaje de la máquina es la siguiente:

$$T_m = 2 a e E_t.$$

Dónde:

$T_m$  = tensión de montaje de la sierra (en libras o Kilogramos).

$a$  = ancho de la sierra (ya sea en pulgadas o en centímetros).

$e$  = calibre de la sierra (ya sea en pulgadas o en centímetros).

$E_t$  = esfuerzo de tracción (en libras/pulgadas cuadradas o Kilogramo/centímetro cuadrado).

La longitud máxima y mínima de la sierra cinta de un aserradero se obtiene midiendo el doble de la distancia máxima y mínima de los ejes de ambos volantes y sumándole la circunferencia de un volante.

Cuando se va a solicitar una sierra nueva ya preparada, se solicita el doble de la distancia de los ejes de los volantes, cuando están en la máxima separación tolerante, más la circunferencia de un volante; lo anterior es con el objeto de sanear la sierra y recortarle pequeños segmentos, cuando se requiera.

- **Ancho de la sierra cinta.**

El ancho de la sierra cinta está en función del ancho de la pista o bordes de los volantes o poleas, aceptando como máximo el ancho de la pista, más la altura del diente (o profundidad de garganta), y como mínimo seguro el ancho que abarque las dos terceras partes de la pista del volante.

Las sierras cinta nuevas se piden con el ancho máximo y se desecha cuando su ancho se ha reducido por las frecuentes afiladas al ancho mínimo seguro (dos tercios de la pista del volante más la altura del diente).

- **Calibre o espesor de la sierra cinta.**

El calibre de las sierras cintas es el espesor o grueso de la hoja de acero en su sección transversal y se mide en decimales (décimos de milímetro o centímetro) o fracciones de pulgada.

El espesor o calibre de la sierra de un aserradero banda se relaciona directamente con el diámetro de sus volantes; para hojas con un espesor inferior a 1.47 mm, el espesor adecuado no debe ser superior a 1/1000 del diámetro del volante o cuando más un

décimo más del espesor indicado ( $1/1000 + 1/10000$ ), con cierto riesgo de deterioro si se excede en trabajo o maltrata la sierra cuando está en operación. Para hojas más gruesas de 1.47 mm, el espesor adecuado no debe ser superior a  $1/1200$  del diámetro del volante, con la misma tolerancia y riesgo indicados en cuanto a exceso en espesor.

El espesor de la hoja influye, entre otras cosas, sobre la duración de la hoja y la precisión de corte. En teoría, una hoja fina (más delgada de lo indicado) durará más, dado que está sometida a menores tensiones de doblado.

- **Otras características.**

Otras características a considerar en las hojas de la sierra de cinta se encuentran las siguientes: tipo de acero de la hoja; tipo de soldadura, ya sea soldadura fuerte o por fusión, a tope o con bordes biselados; y grado de preparación que se requiere tener, sobre todo cuando se van a adquirir hojas de sierra cinta nuevas.

## **2). Características de los dientes de las hojas de la sierra de cinta**

Dentro de las características de los dientes de las hojas de la sierra de cinta se encuentran las siguientes:

- a) Tipo de diente.
- b) Forma de diente.
- c) Paso de diente.
- d) Profundidad de garganta.
- e) Ángulos de diente.

- **Tipo de diente.**

Dentro de los tipos de diente en las hojas de la sierra de cinta, sin considerar su forma, se tienen los dientes triscados (o trabados) y los dientes recalcados (o suajeados).

-Triscado.

Los dientes de las hojas de sierra de cinta se doblan alternativamente a la derecha y a la izquierda, con una herramienta llamada triscador; el triscado de los dientes también se puede hacer con pinzas especiales de triscar o con una máquina triscadora.

- Recalcado.

El recalcado o suajeadado del diente de las hojas de la sierra de cinta presenta la ventaja de proporcionar un corte mejor y más uniforme, además de unas puntas de los dientes más resistentes y duras. En las hojas nuevas, los dientes deben esmerilarse, para eliminar los posibles defectos de troquelado de los dientes y obtener la forma más adecuada de los mismos antes de su recalcado. También debe vigilarse que las hojas no presenten una "mala posición" por el troquelado de los dientes.

- **Forma del diente.**

La forma y el tamaño de los dientes tienen una influencia decisiva en el resultado del aserrado, por lo que la selección de la forma del diente esté determinada por los siguientes factores:

- **Tipo de madera.**

La madera dura, seca y congelada requiere de una forma de diente gruesa y fuerte. La madera suave y la madera verde no admiten esta forma y sí permiten mayor paso entre dientes.

**- Dirección del corte, en relación con las fibras.**

Los dientes de sierra para corte transversal a través de las fibras están sometidos a mayor esfuerzo o tensión, que aquéllos usados para corte longitudinal.

**- Velocidad de la hoja.**

La alta velocidad de la hoja, normalmente, se asocia con el corte de maderas suaves y el uso de altas velocidades de alimentación, por lo que se requieren gargantas más amplias.

**- Alimentación.**

Las altas velocidades de alimentación exponen a los dientes a una carga pesada, por lo que se necesita una forma de dientes robusta. A su vez, dichas velocidades hacen que se requieran gargantas del diente con espacio más amplio.

**- Espesor de la hoja.**

Una hoja delgada requiere de un diente más robusto que el que necesita una hoja gruesa.

**- Profundidad de corte.**

Al presentarse constantemente condiciones como las antes mencionadas, un incremento en la profundidad de corte también requerirá mayor espacio de garganta; sin embargo, la hoja se somete a mayor tensión, por lo cual esto debe compensarse reduciendo la velocidad de alimentación.

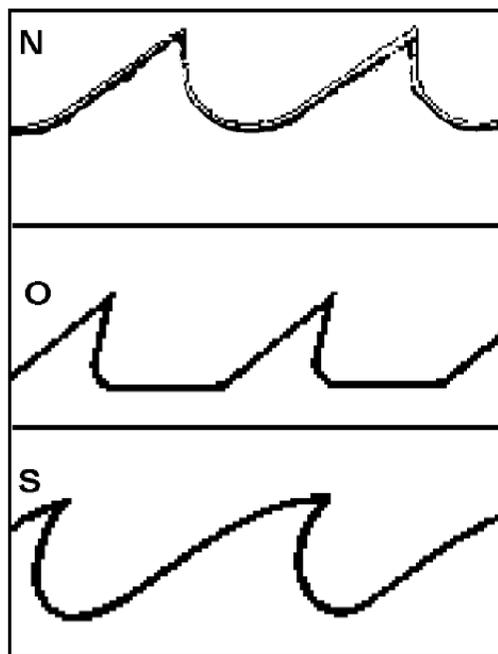
### - Formas básicas del diente.

En cuanto al perfil general o forma de la garganta del diente en las hojas de la sierra de cinta, hay de tres tipos básicos, los cuales cubren las condiciones generales del aserrado de madera, incluyendo las maderas verdes, las curadas y las semi-secas. La principal diferencia estriba en el área o forma de la garganta, la cual debe modificarse de acuerdo con las condiciones de trabajo existentes:

Por lo general la forma "N" se usa para hojas de sierra cinta angosta de hasta 50 mm de ancho (2"). Es un diente fuerte, el cual se recomienda para maderas excesivamente duras. El área de la garganta es pequeña. También se recomienda para el diente triscado:

La forma "O" tiene la base de la garganta plana y un área de la misma grande. Se recomienda para maderas de grano grueso y fibroso y, en general, también para maderas suaves. En opinión de muchos especialistas en sierras, la garganta plana del diente reduce el riesgo de agrietamiento.

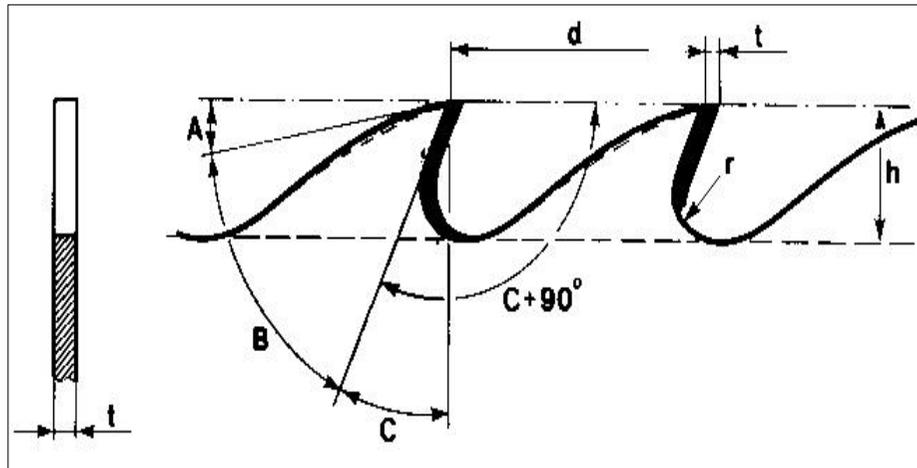
La forma "S" es la usual para hojas de sierra cinta anchas, especialmente aquéllas con dientes recalcados. Debido a su lomo convexo, el ángulo de alivio se reduce al mínimo.



Formas básicas del diente de hojas de sierra cinta

- **Paso del diente.**

El paso del diente es la distancia entre punta y punta de dos dientes contiguos medida en la línea punteada que está trazada a través de las puntas de los dientes. Es una proyección de perfil; dicha línea debe ser recta.



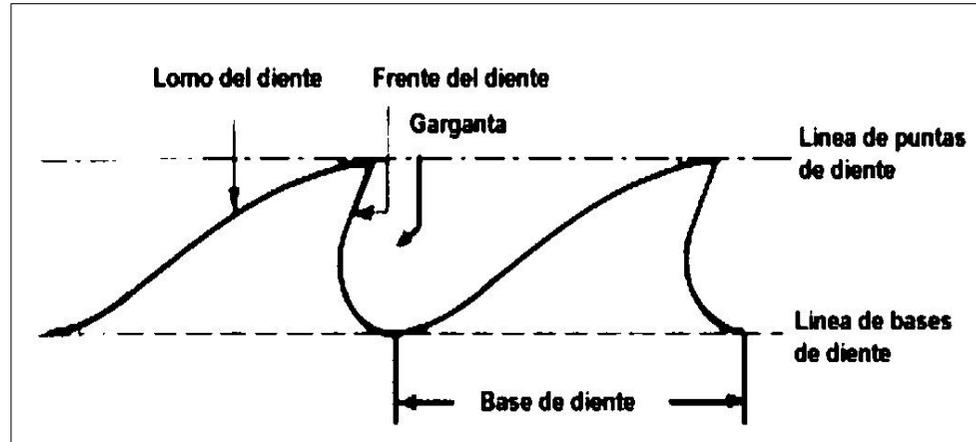
Silueta de una hoja de sierra cinta mostrando diferentes características del diente

Dónde:  $t$  = Espesor,  $d$  = paso del diente.,  $h$  = profundidad de la garganta (altura del diente),  $r$  = radio de la garganta,  $A$  = ángulo libre (ángulo del lomo),  $B$  = ángulo de diente (ángulo de filo).  $C$  = ángulo de corte.  $C + 90^\circ$  = ángulo frontal y  $A + B + C = 90^\circ$ .

- **Profundidad de garganta.**

La profundidad de garganta, también denominada altura del diente, es la distancia que existe entre las líneas rectas que pasan por las puntas y las bases de los dientes.

La profundidad de garganta está relacionada con el paso del diente y por ende con las demás características de la hoja de sierra cinta y velocidades de operación, de acuerdo con las características de la madera por aserrar.



Algunas características de la forma del diente de una hoja de sierra de cinta.

- **Ángulos del diente.**

Los ángulos del diente son ángulo de corte, ataque o desprendimiento; el ángulo del diente, de filo, afilado, agudeza o de punta; el ángulo de alivio, incidencia, posterior o claro angular; y el ángulo frontal. Otro elemento de la garganta del diente es el radio de la garganta, de la base o raíz.

**- Angulo de corte.**

El ángulo de corte, también llamado ángulo de ataque, es un factor muy importante para un corte eficaz y puede tener un efecto decisivo en la capacidad de producción. El ángulo de corte escogido debe ser el adecuado, tanto para el tipo de madera que se cortará, como para la velocidad de la sierra, la alimentación, el tipo de diente y la forma del mismo.

Un ángulo de corte pequeño da como resultado una superficie de aserrado más uniforme que al usar un ángulo de corte grande.

**- Ángulo del diente.**

El ángulo del diente, también llamado ángulo de punta del diente, determina la resistencia de éste y debe ser amplio. Por lo general, no debe ser menor de 40 grados; con maderas duras puede acercarse a 50 grados y con maderas suaves es posible que descienda a 35 grados.

**- Ángulo de alivio.**

El ángulo de alivio, también llamado de incidencia o de desahogo, no debe ser menor de 5 grados y la separación debe empezar justo en la punta del diente, para que la sierra funcione con libertad. Si el ángulo es pequeño, el lomo del diente presionará contra la madera, causando fricción y sobrecalentamiento de la sierra.

**- Ángulo frontal.**

El ángulo frontal está formado por el ángulo de ataque más 90 grados, de tal forma que sumado a los ángulos del diente y de alivio, sume 180 grados.

**- Radio de la base.**

El radio de la base, también llamado radio de la garganta, se sitúa en el fondo de la misma; tiene un tamaño que corresponde a las dimensiones de la garganta.

**3). Ventajas de la sierra de cinta**

- Permite una buena orientación de los cortes de acuerdo con las características negativas de las trozas, se puede aserrar trozas deformes.
- No es incompatible con las deformaciones que se producen en la madera durante el corte por efecto de las tensiones.

- Presentan menos limitaciones en cuanto a altura de corte que las sierras circulares y las sierras alternativas múltiples.
- Las pérdidas por aserrín son menores que en los otros tipos de sierras.
- Pueden aserrar maderas duras y abrasivas con relativa facilidad, sobre todo si se trata de un equipo pesado.
- Se presentan para instalaciones permanentes y mecanizadas pero también puede ser utilizado en aserraderos portátiles y semiportátiles.
- El consumo de energía es menor que en sierras de cadenas, circulares e inclusive en sierras alternativas.
- La protección del operador puede ser mejor que en las sierras circulares pero nunca tan bueno como en las alternativas.

#### **4). Desventajas de la sierra de cinta.**

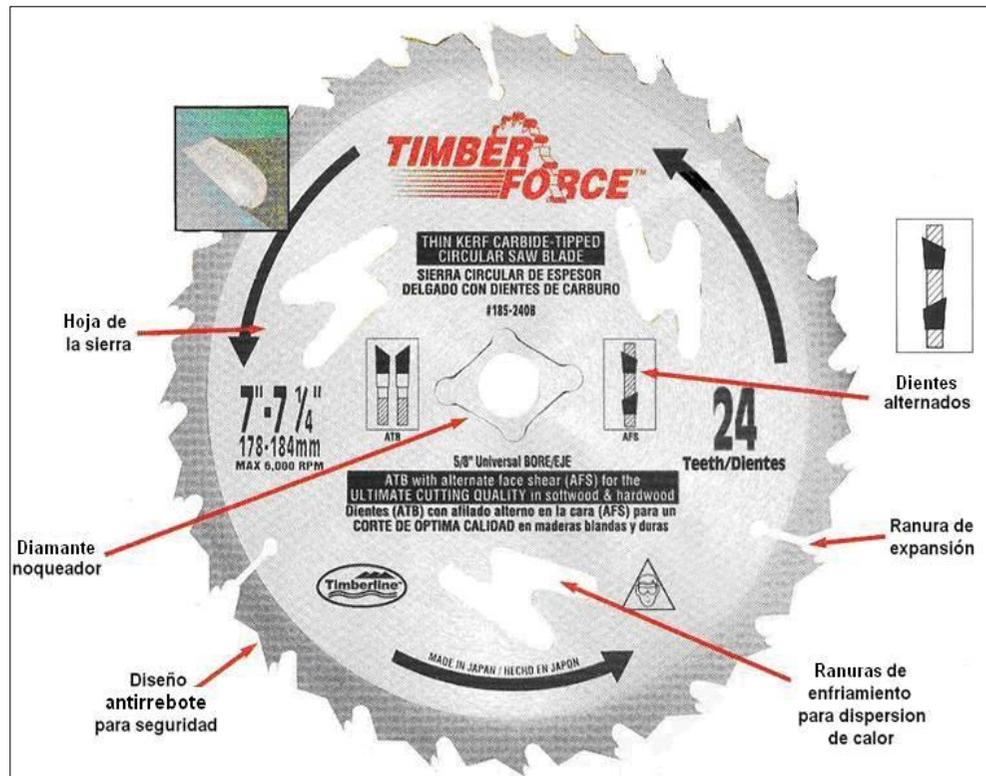
- El mantenimiento de salas de afilado es más complejo que para otras sierras; exige más implementación y personal más calificado.
- Su capacidad de producción es inferior a las de sierras alternativas múltiples.
- No permite el uso de dientes insertados como el aserradero de disco. Sin embargo, los dientes pueden ser reforzados con estilete.
- Su capacidad de corte es muy inferior a la sierra de disco.

## **2. Sierra Circular**

La sierra circular es una de las herramientas más utilizadas en la carpintería, también puede aplicarse para cortar materiales como plásticos, metales no ferrosos, yeso, o incluso concreto.

Consiste en un disco dentado que al girar rápidamente, permite el corte de los materiales.

La estructura básica de una sierra circular está formada por:



Partes de la sierra circular (Timberline, 2003).

- Un **disco metálico**, la sierra propiamente dicha, que tiene en su borde dientes afilados. Por lo general, están hechos de acero inoxidable. Algunos modelos incorporan a los dientes puntas de carburo que las hacen más resistentes. El tamaño del disco determina la profundidad del corte que puede realizarse, mientras que el tamaño y disposición de los dientes varía de acuerdo al material y el tipo de corte con el que se quiera trabajar.

- Un **motor**, que acciona el mecanismo que permite que la sierra gire para efectuar el movimiento de corte. Por lo general, se utilizan motores eléctricos, aunque hay algunos modelos impulsados por motores a nafta, y grandes sierras en aserraderos impulsados por agua, utilizando el mismo principio que se utilizaba en los molinos.

- Una **estructura** que permite manipular la herramienta, acceder a sus controles, y protege al usuario de los peligros más comunes.

Los diferentes tipos de sierras circulares difieren sobre todo en su estructura y forma, ya que todos accionan sobre el principio de hacer girar un disco metálico dentado a grandes velocidades.

### **a. Características generales de las sierras circulares**

#### **1). Tipos de caras de los discos.**

-De caras paralelas

Se utilizan para abrir o subdividir tablas, tablones o cuadrados a lo largo de la fibra.

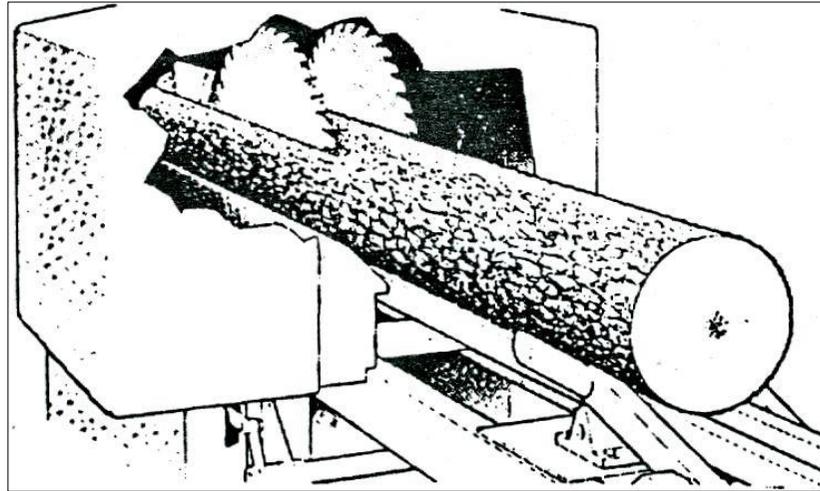
-De caras cónicas

En una sierra circular la conicidad es el aumento en grosor hacia el centro de la misma, este tipo de cara de la sierra tiene la finalidad de abrir o separar la tabla al paso de la sierra y evitar que sea prensada por la misma, ya que algunas maderas, por defectos presentes en su estructura, como ocurre en la madera de reacción, tienden a cerrarse al paso de la sierra, dando como resultado que ésta se pare y, en casos extremos, se forcé el motor hasta quemarlo.

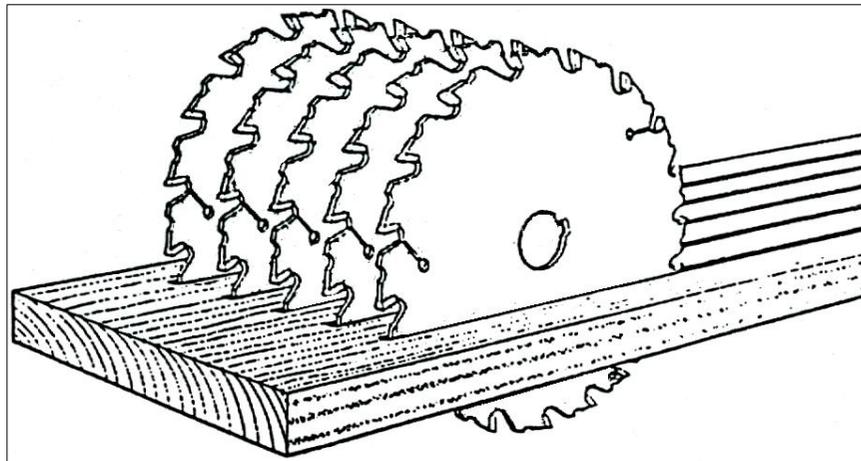
#### **2) Diámetro**

El diámetro de las sierras circulares es variable, éste depende, principalmente, del equipo en el que se está empleando. El diámetro que, por lo general, se usa para el aserrado de trozas es de 600 mm (24 pulgadas), pero aumenta cuando dicho diámetro es grande y llega a ser de hasta poco más de 1250 mm (50 pulgadas). También se usan

sierras circulares para aserrar trozas delgadas de menor diámetro, a veces como sierras rajadoras o sierras múltiples.



Sierras circulares rajadoras en el aserrado (Leinonen, 1992).



Sierras circulares múltiples (Leinonen, 1992).

Para el caso del aserradero, el diámetro de la sierra será una limitante para aserrar trozas de grandes dimensiones, ya que el corte efectivo de estas sierras es menos de la mitad de su diámetro, esto debido a que existe un eje o flecha y un collarín y tuerca que impiden usarla en su totalidad.

Las sierras circulares no se pueden usar en su totalidad debido a varios factores como la flecha que la sostiene, la robustez que presenta el disco y la obstaculización de las

guardas, razón por la cual sólo se debe usar 1/3 de su capacidad de corte, la sobreutilización de su capacidad puede ocasionar desviaciones en el corte y vibración en la sierra, lo que generaría fisuras en el disco.

### **3) Espesor**

El espesor es un factor que tiene que ver con el diseño del disco, principalmente se considera su diámetro y el número de dientes que presenta; hay que tomar en cuenta que a mayor número de dientes o mayor diámetro del disco el espesor aumenta. Actualmente, las sierras ya vienen calibradas en este aspecto. Asimismo, a mayor dureza y densidad de la madera, mayor será el grosor del disco y viceversa.

### **4) Medios de fijación.**

Las sierras tienen medios de fijación, de forma circular, situados en el centro de la hoja; éstos son bujes o rondanas especiales (collarines) que se ensamblan al eje o flecha de la máquina, por ambos lados de la sierra, sostenida al interior por el borde o tope de la flecha y al exterior por una tuerca.

### **5) Otras características.**

En la búsqueda de mayor estabilidad y duración de la hoja, se han desarrollado nuevos implementos en la misma. Entre éstos destacan las fendas de dilatación térmica que se encuentran entre los dientes de los discos, dispuestas en dirección radial, y cumplen la función de absorber las posibles deformaciones, ya que las sierras, al estar en operación, sufren fricción y se calientan, lo que hace lleguen a destemplarse y hacerlas inservibles.

## **b. Características de los dientes de las hojas de sierra circular.**

Las formas de los dientes de la sierra circular son variables, en relación con el tipo de material que se vaya a cortar, ya sea tablero o madera; sólida, también depende del tipo de corte, el cual puede ser longitudinal o transversal.

### **1). Tipos de acero.**

El uso de aleaciones de acero con otros materiales es una práctica habitual en los elementos de corte para madera, ya que les confiere un mayor campo de aplicaciones, así como mayor resistencia al desgaste y la corrosión. Las aleaciones más utilizadas son de cromo-cobalto, carburo de tungsteno, diamante y cerámicos (García et al., 2002).

### **2). Tipos de disco**

-Discos de acero de sierra aleado para herramientas.

Los dientes forman parte del cuerpo del disco; a los discos con esta característica se conocen como sierras recortadas; son apropiados para trabajar maderas blandas, materiales aislantes (corchos) y espumas.

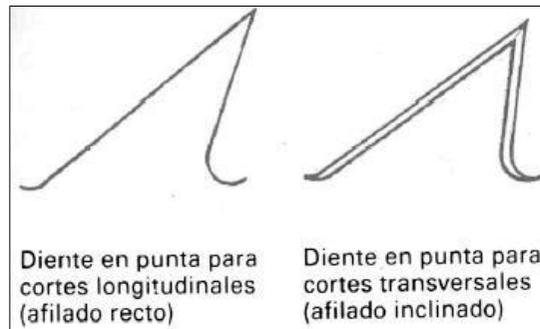
-Discos de sierra compuestos.

Estas sierras se usan para maderas duras; están formadas por un disco, al cual se unen mecánicamente los dientes; éstos se pegan, sueldan o atornillan al disco; comúnmente se llaman dientes postizos.

### 3). Formas del diente

- **Diente con ángulo agudo.**

Diente de afilado recto, se usa para cortes longitudinales de madera blanda.



Diente con ángulo agudo de afilado recto e inclinado (Nutsch, 2000).

- **Diente de lobo.**

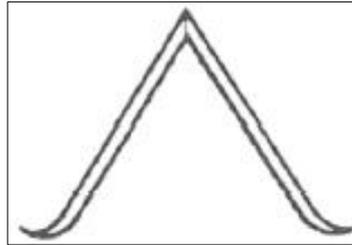
Existen dos tipos de diente de lobo, para cortes longitudinales y para cortes transversales de madera dura. El afilado de los dientes para cortes longitudinales es recto y para cortes transversales el afilado es inclinado, ya que para este último caso el esfuerzo que ejerce la sierra sobre la madera es mayor debido a la orientación de la fibra.



Diente de lobo de afilado recto e inclinado (Nutsch, 2000).

- **Diente triangular.**

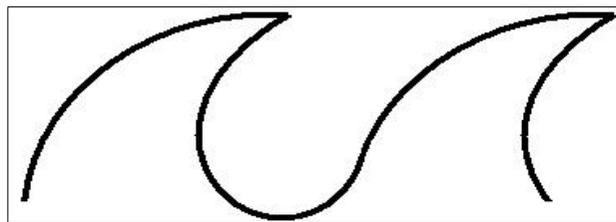
Las sierras que presentan este tipo de diente se usan para cortes transversales; es el más usado para esta dirección de corte y se practica un afilado inclinado, debido al esfuerzo que se genera durante el corte.



Diente triangular (Nutsch, 2000).

- **Diente de gancho o pico de loro.**

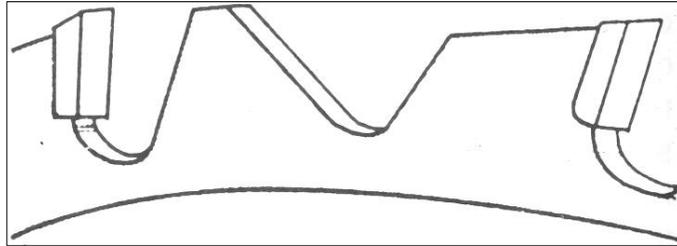
Este tipo de diente se emplea en cortes longitudinales.



Diente de pico de gancho o pico de loro.

- **Diente plano.**

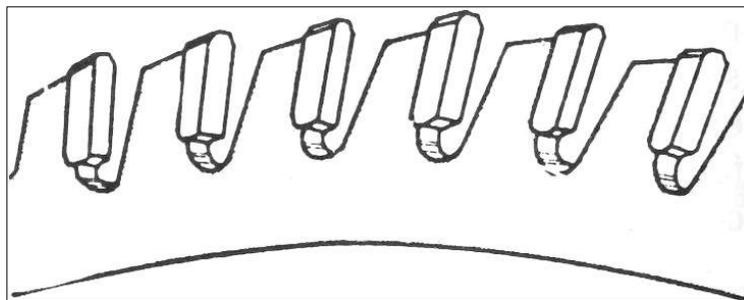
Este diente se usa para cortes longitudinales de maderas blandas y duras, así como para tableros enchapados.



Diente plano (Nutsch, 2000).

- **Dientes alternos.**

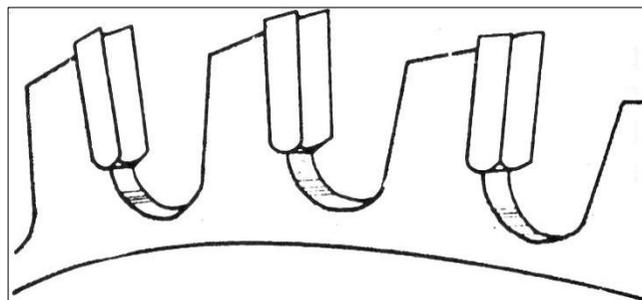
Se emplean en el corte longitudinal y transversal de maderas blandas, así como en el corte de chapas.



Diente alternativo (Nutsch, 2000).

- **Dientes huecos.**

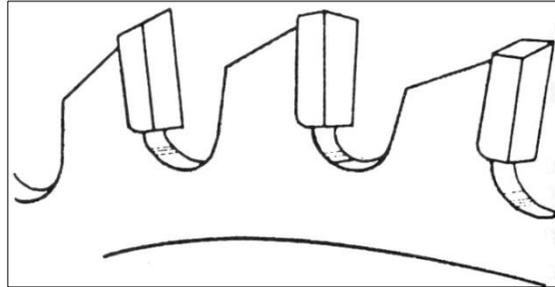
Este diente se usa para cortes longitudinales de maderas suaves y duras, y tableros contrachapados.



Diente hueco (Nutsch, 2000).

- **Dientes trapezoidales con superficies de ataque inclinadas alternativamente.**

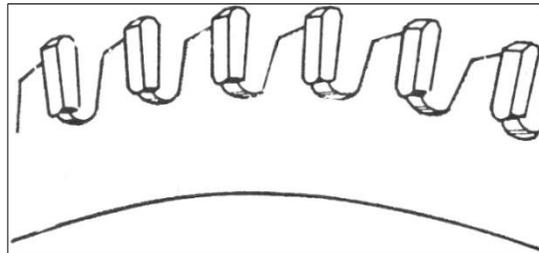
Este diente se emplea para el corte de tablero aglomerado recubierto.



Dientes trapezoidales con superficies de ataque inclinadas alternativamente (Nutsch, 2000).

- **Diente trapezoidal.**

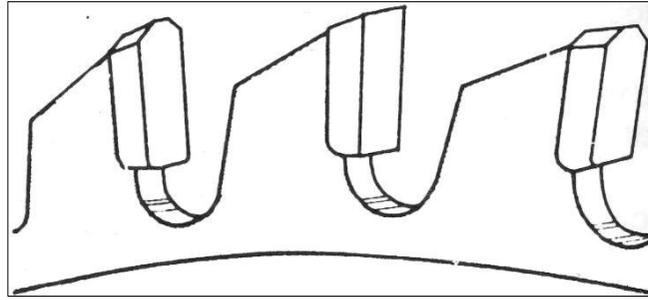
El diente trapezoidal se usa para el corte de tableros aglomerados recubiertos.



Diente trapezoidal (Nutsch, 2000).

- **Diente trapezoidal y diente plano.**

Esta combinación de dientes se utiliza cuando se desea cortar materiales de plástico o materiales forrados.



Diente trapezoidal y diente plano intercalado (Nutsch, 2000).

## 2). Ventajas de la sierra de disco

- Relativa simplicidad de la operación (sobre todo en lo que se refiere al afilado)
- Costo más bajo que el de cinta.
- Elevada velocidad avance (con sierras calzadas).
- No requiere de personal altamente cualificado para el afilado.
- Es un sistema apto para producir bloque a partir de trozas.
- Existe la posibilidad de intercambiar dientes, con diferentes materiales de refuerzo, de forma rápida según la madera a procesar.

## 3). Desventajas de la sierra de disco

- El rendimiento en volumen de aserradero se ve muy afectado debido a los espesores que presentan sus dientes. Con discos grandes la pérdida por corte es del orden de 7 a 10 mm.
- La altura del corte se reduce debido a que trabaja en función del diámetro del disco.
- No es compatible con las deformaciones de la madera durante el corte. Por lo que exige la aplicación de buenas técnicas para liberar tensiones.
- Mayor consumo de energía.

## **F. ESTUDIO DE TIEMPO Y MOVIMIENTOS**

### **1. Definición del Estudio de Tiempos**

Se lo define como la técnica especialmente del estudio de métodos y medidas de trabajo para el examen sistemático del trabajo humano en todos sus contextos, así como de todos los factores que afectan su eficiencia y economía.

El estudio de los movimientos de una determinada operación consiste básicamente en el análisis del proceso de producción utilizado, con el fin de mejorar la eficiencia, optimizar el costo y utilizar el personal necesario (menor riesgo, menos cansancio, mayor ingreso).

### **2. Elementos sobre el estudio de tiempos**

La planificación de las operaciones de aprovechamiento implica un esfuerzo e inversión extra que de alguna manera puede verse justificada. Esta justificación se encuentra al poder optimizar los costos de operación y facilitar el control de la producción durante la ejecución.

Una herramienta que contribuye a la planificación es el estudio del trabajo.

El estudio de tiempo se divide de acuerdo al diseño en:

- Tiempo Trabajado, que a la vez se subdivide en Trabajo Productivo y Trabajo No Productivo.
- Tiempo No Trabajado, que se subdivide en Tiempo Justificado y Tiempo No Justificado.

Estos Tiempos de Trabajo consisten en:

- Tiempo Total (T T): es el tiempo total incluido dentro del período considerado.
- Tiempo Programado (S H): es el número de horas que se programa para trabajar en una determinada actividad en un día; normalmente son 8 horas y se expresa en horas programadas.

- Tiempo Productivo (T P): es el número de horas en que la cuadrilla, yunta, máquina u otro elemento está verdaderamente trabajando; se expresa en horas efectivas.
- Tiempo No productivo o Atrasos (T I): en esta categoría se incluye el tiempo durante el cual la máquina o cuadrilla no está produciendo.
- Porcentaje de Eficiencia (%U): es el porcentaje del tiempo programado en que verdaderamente la cuadrilla o máquina estuvo produciendo.

### **3. Métodos y Tiempos de Trabajo**

#### **a. Método de Tiempo Total**

Se basa en la producción obtenida sobre un período de tiempo determinado (hora, día, mes, etc.).

#### **b. Método por muestreo**

El Método por muestreo está basado en principios estadísticos según el cual se hacen observaciones instantáneas al azar o sistemáticamente.

Es decir, en este método se hacen observaciones puntuales a intervalos establecidos al azar o en forma sistemática. No se toma el tiempo de toda la operación, sino que al hacer la observación al azar o sistemáticamente, se anota el tipo de movimiento que se está llevando a cabo en ese preciso instante (ROMERO. M. A, 1991).

## **G. LA ESTADÍSTICA COMO HERRAMIENTA**

La estadística es la herramienta básica que se usa en la vida cotidiana. Los métodos estadísticos permiten describir las características de una población, por medio de valores tales como la media, desviación estándar, llamados valores estadísticos. La población se define como el conjunto de unidades o elementos de la misma naturaleza cuya definición debe ser claramente expresada. Un bosque se considera como un conjunto de un número finito de parcelas de igual o desigual tamaño, o como el conjunto de todos los árboles que viven en el bosque.

La muestra está formada por colecciones no traslapadas de elementos que cubren la población completa, estas son tomadas para la inferencia. Los elementos son los objetos sobre los cuales se realizan las predicciones.

El valor estadístico (descriptivo), es el valor calculado, que representa ciertas características y que se llama parámetro cuando se calcula de la población. Cuando se toma de una muestra se llama estadístico.

### **1. Estadística descriptiva**

La estadística descriptiva analiza, estudia y describe los individuos de una población. Su finalidad es obtener información, analizarla, elaborarla y simplificarla lo necesario para que pueda ser interpretada cómoda y rápidamente y, por tanto, pueda utilizarse eficazmente para el fin que se desee. El proceso que sigue la estadística descriptiva para el estudio de una cierta población consta de los siguientes pasos:

- Selección de caracteres dignos de ser estudiados.
- Mediante encuesta o medición, obtención del valor de cada individuo en los caracteres seleccionados.

- Elaboración de tablas de frecuencias, mediante la adecuada clasificación de los individuos dentro de cada carácter.
- Representación gráfica de los resultados (elaboración de gráficas estadísticas).
- Obtención de parámetros estadísticos, números que sintetizan los aspectos más relevantes de una distribución estadística.

### a. Media aritmética

Es una media de tendencia central para describir una característica de la población y se define por la fórmula:

$$X = \frac{\sum xi}{n}$$

En donde:

$X_i$  = valor observado de la  $i$ -ésima unidad muestral

$N$  = Número de unidades de la muestra (tamaño de la muestra)

### b. Desviación estándar

Es el índice de dispersión más usado para medir la desviación de los valores individuales con respecto a la media. Un valor bajo indica una población homogénea, un valor alto indica una población heterogénea. La desviación estándar se puede estimar por dos fórmulas.

Fórmula conceptual

$$S = \sqrt{\frac{\sum XI^2 - (\sum XI)^2}{n-1}}$$

$S$  = desviación estándar

$x_i$  = valor observado de la  $i$ -ésima muestral

$n$  = tamaño de la muestra

### c. Coeficiente de variación

Es el índice usado para la dispersión en términos relativos y equivale a expresar la desviación como porcentaje de la media. El coeficiente de variación permite comparar la variabilidad de población que tiene diferentes medias y se calcula por:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}}$$

En donde:

CV = Coeficiente de variación en %

S = Desviación estándar

x = Media aritmética

### d. Error estándar

En un muestreo lo que más nos interesa, aparte de la media, es conocer su exactitud. Se sabe que cada media es estimada con base en un muestreo. Tiene un error estadístico, el cual también hay que calcular. A diferencia de la desviación que mide el promedio de las desviaciones de las observaciones individuales respecto de la media muestra, el error estándar mide el desvío de las medias muestrales respecto de la media. Esta se calcula por la fórmula:

$$Sx = \frac{S}{\sqrt{nx(1-n/N)}}$$

En donde:

S = desviación estándar

n = tamaño de la muestra (número de unidades muestrales)

N = tamaño de la población (expresado en parcelas)

## 2. Calculo del número de muestras

Para determinar el tamaño de muestra se realiza un muestreo previo para poder determinar la varianza y la media de los datos recopilados para poder hacer uso de la fórmula del MSA (muestreo simple aleatorio) que se muestra a continuación:

$$n = \frac{PQxN}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + PQ}$$

En donde:

n= tamaño de la muestra

PQ= constante de la varianza de la población (0.25)

N= tamaño de la población

E= error máximo admisible expresado como decimal (0.05)

K= coeficiente de corrección que es una constante 2.

## 3. Regresión

Para el proceso de estimar una de las variables (la variable dependiente) de la otra (la variable independiente), se pueden utilizar las siguientes:

Tipo de regresión:

- lineal
- logarítmica
- exponencial
- parabólica
- y de potencias.

## H. DESCRIPCION BOTANICA DEL PINO (*Pinus radiata*)

### 1. Clasificación Taxonómica:

**Nombre científico:** *Pinus radiata* D.Don

**Familia:** *Pinaceae*

**Nombre comunes:** Pino insigne, Pino de Monterrey

### 2. Distribución geográfica

“Especie originaria de Monterrey (México), región ubicada dentro de las Costas Californianas, en los Estados Unidos. Fuera de su distribución natural ha sido plantado con buenos resultados en Canadá, Perú, Uruguay, Chile, Argentina, Ecuador, Bolivia, Australia, Nueva Zelanda, Inglaterra y España.

### 3. Descripción del árbol

Alcanza una altura hasta de 40 m. más de 1.0 m. de diámetro a la altura del pecho (DAP). Tronco cónico, recto, con un sistema radicular tupido, raíces laterales bien desarrolladas y muy extendidas. La corteza externa es de color café y apariencia agrietada. La corteza interna de color crema rosácea, segrega una resina transparente. Presenta acículas en grupos o fascículos de tres. Flores en forma de conos y agrupadas. El fruto es un cono leñoso, grande, parecido a una piña.

#### 4. Propiedades de la madera de *Pinus radiata*

##### a. Propiedades físicas

Cuadro 1. Propiedades físicas de la madera de pino

DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	VERDE	SECA AL AIRE	ANHIDRA	BÁSICA
		1.04	0.48	0.45
CONTRACCIÓN NORMAL (%)	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMÉTRICA	T/R
	5.2	3.0	8.2	1.73
CONTRACCIÓN TOTAL (%)	7.7	4.6	12.3	1.67

##### b. Propiedades mecánicas

Cuadro 2. Propiedades mecánicas (1) de la madera de pino

CONDICIÓN CH%	FLEXIÓN ESTÁTICA			COMPRESIÓN				
				PARALELA			PERPENDICULAR	
	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE x 10 <sup>3</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOE x 10 <sup>3</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )	ELP (Kg/cm <sup>2</sup> )	MOR (Kg/cm <sup>2</sup> )
VERDE + 30%	314	465	72.6	167	208	83.2	44	74
SECO AL AIRE 12%	555	1780	110.2	299	434	107.8	74	136

Cuadro 3. Propiedades mecánicas (2) de la madera de pino

CONDICIÓN CH%	DUREZA			CIZALLADURA Kg/cm <sup>2</sup>		TENACIDAD Kg-m		EXTRACCIÓN DE CLAVOS Kg.	
	Lados	Extrem		Tang.	Rad.	Rad.	-----	Lateral	Extremos
VERDE + 30%	240	257	-----	71	64	2.74	-----	79	48
SECO AL AIRE 12%	348	472	-----	88	81	1.58	-----	76	54

**ELP:** Esfuerzo en el límite proporcional

**MOR:** Módulo de ruptura

**MOE:** Módulo de elasticidad

### **c. Resistencia Mecánica**

Las características mecánicas de la madera muestran su aptitud y capacidad de resistir fuerzas externas. Fuerza externa es cualquier fuerza aplicada a la madera que actúa sobre un pedazo dado del material que tiende a deformarlo de cualquier manera.

### **d. Maquinado**

La mayoría de los productos de madera requieren ser trabajados con máquina en una forma u otra. Las características de maquinado de cualquier especie de madera pueden ser tan importantes como su resistencia, dureza, o durabilidad en la decisión respecto de la mejor especie para un uso final dado. La forma más común de maquinado es el cepillado, seguido de cerca por el moldeado y torneado. El corte transversal, taladrado, y lijado son también tipos comunes de maquinado.

Las características del maquinado son determinadas por la suavidad de las superficies después del mismo (cepillado, encolado, moldeado, torneado o agujereado).

Las pruebas de maquinado han confirmado que la madera de Pino se compara favorablemente con una gran variedad de otras especies internacionalmente comercializadas.

La densidad media del *Pinus radiata* es de 415 kg/m<sup>3</sup> en madera temprana y 450 kg/m<sup>3</sup> en la madera tardía, reflejando una textura comparativamente uniforme de la madera. Es esta variación pequeña en densidad dentro del anillo de crecimiento y de la transición gradual de la madera temprana a madera tardía lo que confiere al pino sus excelentes características de maquinado, pintado, y teñido.

La facilidad de moldeado, de torneado, de formado y de cepillado son características particularmente fuertes del *Pinus radiata*.

#### **e. Cepillado**

El cepillado es uno de los usos de maquinado más comunes en la industria que utiliza la madera para la creación de productos de alto valor final (revestimiento de madera, carpintería y muebles), y por ello, la calidad del final es crítica.

El *Pinus radiata* se trabaja en forma bastante fácil y responde bien frente a cortes muy delgados y filos muy agudos. El área alrededor de nudos puede rasgarse, pero la mayoría de las operaciones de maquinado, incluyendo cepillado, torneado, moldeado, y agujereado generalmente producen un acabado final limpio. Las pruebas cuantitativas para comparar la maquinabilidad del *Pinus radiata* con otras especies de madera, han confirmado la facilidad del maquinado tanto de la madera madura como de la madera juvenil en el torneado y el cepillado, que constituyen los procesos más comunes de maquinado de las maderas.

#### **f. Moldeado y lijado**

El moldeado es un procedimiento extensamente utilizado en la fabricación de muebles. El lijado es utilizado para producir una calidad aceptable en muebles y carpintería. El *Pinus radiata* es una madera blanda de plantación que consiste principalmente en albura blanca cremosa, con canales resiníferos finos y prominentes. Tiene fibras de grano recto y textura fina y uniforme. Por ello posee buenas propiedades de maquinado y acabado, lo que la hace ser apropiada para todos los tipos de moldurado y de carpintería.

#### **g. Torneado**

El torneado se utiliza extensivamente hoy en día en la industria de la madera para fabricar una variedad amplia de productos, incluyendo componentes de muebles, barandillas de escaleras, utensilios de madera, mercancías para el deporte, manijas y juguetes.

El *Pinus radiata* se compara bien con otras maderas coníferas de densidad similar para este tratamiento.

#### **h. Corte transversal**

El corte transversal es una etapa básica para preparar la madera de construcción para cualquier uso final. Este procedimiento es utilizado en todas las áreas de la producción para la eliminación básica de defectos, generar cortes más finos, etc. Los criterios más importantes en el corte transversal son un corte liso, limpio con un mínimo de astillado de la superficie de corte o cara.

El *Pinus radiata* tiene buena maquinabilidad, y cumple con los criterios mencionados anteriormente. Altas tasas de producción pueden ser alcanzadas y el desgaste en los cuchillos de las máquinas de corte es bajo.



### **i. Hoyos y uniones**

Ambos, el agujerear y la escopladura se utilizan comúnmente para formar empalmes entre los componentes de la madera. El agujerear se utiliza típicamente en empalmes del pasador o para unir las piernas a las sillas. Un empalme de mortaja y de espiga se utiliza generalmente para ensamblar los carriles superiores a los montantes de las puertas.



### **j. Dureza**

La dureza superficial indica la capacidad de la madera de soportar golpes en su uso diario y es, a menudo, un requisito básico en usos tales como mueblería, carpintería y pisos.

La dureza muestra la resistencia de la madera frente a ser comprimida, rasguñada o mellada.

Generalmente cuanto más alta es la densidad de la madera, más dura es ésta. También se relaciona con la dureza la facilidad con la cual los clavos o los tornillos se pueden introducir en la madera.

Cuanto más dura es la madera, mejor resiste el desgaste, menos se daña bajo carga y mejor puede ser pulida, la madera de *Pinus radiata* en los lados es de 348 kg y en los extremos 472kg.

#### **k. Encolado**

La capacidad de proporcionar un empalme fuerte es crítica para muchas aplicaciones de alto valor (muebles, carpintería y una gama de productos de madera).

La facilidad de pegar la madera se mide de acuerdo a la capacidad del pegamento para adherir los pedazos y, en definitiva, juntarlos.

Las maderas blandas de densidad media tienen, en general, una buena capacidad de ser pegadas y el *Pinus radiata* confirma esta regla.

El *Pinus radiata* puede ser pegado con muchos tipos de adhesivos, a condición de que se establezca el control correcto de las variables de las características de la madera, de la formulación adhesiva y de la presión.

El encolado se está utilizando extensivamente en una gama de productos de madera desde aplicaciones estructurales a muebles de gran valor y guarniciones interiores.

#### **l. Clavado**

Es importante indicar las propiedades de clavado de una especie de madera, ya que hoy en día existen diversos métodos para generar unión es de tipos mecánicos en la industria manufacturera. La tendencia de partirse al ser clavada, es una característica indeseable en cualquier madera. El *Pinus radiata* es muy fácil de clavar, ya sea en verde o seco con un

espaciado relativamente cercano de 10 veces el diámetro del clavo a lo largo del grano y de 5 veces el espaciado del clavo a través del grano sin partir la madera.

### **m. Estabilidad**

La estabilidad se relaciona con el movimiento de la humedad entrando o saliendo de la madera. Este cambio de humedad hace que la madera se hinche o contraiga.

Esta es una característica crucial de la madera. Sin embargo, la estabilidad también es afectada por otras características, como la rectitud del grano, el grano espiral, el índice de absorción de humedad y la permeabilidad a los líquidos y gases.

### **n. Secado**

El *Pinus radiata* es una de las especies de madera más fácil de secar. Con el equipo de secado apropiado, puede ser secada rápidamente con poco rechazo. Sin embargo, la madera del centro del trozo (madera juvenil) puede tender a torcerse debido al grano espiral. Si el pino se seca correctamente hasta la humedad apropiada para el uso final (12%), será estable en su aplicación.

La albura (madera lateral) es altamente permeable y, por lo tanto, capaz de secarse rápidamente.

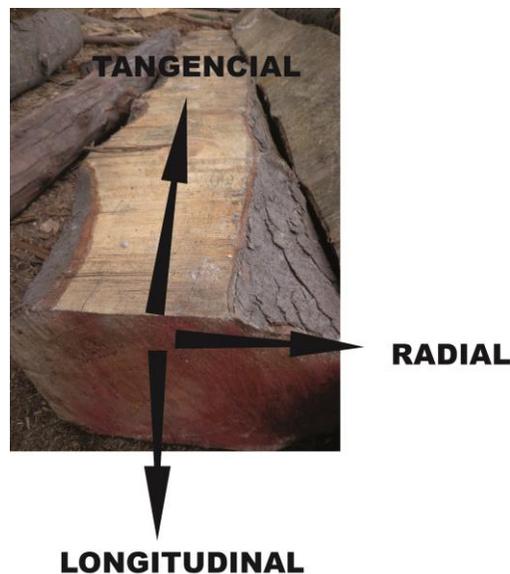
El duramen (madera central), aunque es menos permeable, tiene un contenido de humedad inicial más bajo y el secado toma levemente menos tiempo que para la albura.

La madera es generalmente secada en horno directamente desde la condición verde. La estabilidad del producto secado es mejorada cuando se realiza un pre-vaporizado por varias horas.

#### **o. Impregnación**

Como la mayoría de las maderas blandas, el *Pinus radiata* no es una especie naturalmente durable y su uso para propósitos estructurales ha ido de la mano con el desarrollo de una eficiente industria de preservación de la madera.

La albura (madera lateral) del *Pinus radiata* es muy permeable a los preservantes de madera, particularmente en la dirección radial.



La penetración completa de la albura siempre se logra, dando como resultado una vida útil muy larga para productos tales como postes de transmisión de energía eléctrica o de telecomunicaciones. Tal penetración total del preservante se alcanza raramente con otras especies de madera blanda.

**p. Atornillado, pintado y lijado**

La propiedad de retener tornillos y las características de pulido son clasificadas como satisfactorias o buenas.

La madera responde bien al teñido. El *Pinus radiata* es una madera extremadamente versátil y acepta cualquier tipo de tinte o pintura. La madera, al ser clara, incluso puede ser teñida con el objetivo de imitar a una madera de otra especie, siendo el color final adquirido, particularmente parecido.

**5. Usos**

La madera de *Pinus radiata* es fácil de trabajar y presenta condiciones adecuadas para las operaciones de clavado y atornillado. Tiene propiedades favorables frente al cepillado moldurado, soporta bien el torneado, se mecaniza con facilidad, permite la unión entre piezas sin dificultades y las operaciones de lijado y acabado se realizan sin problemas. Estos son sus principales usos:

**a. Aserrío**

Las propiedades físico-mecánicas de la madera de *Pinus radiata*, como se menciona en los cuadros 1, 2 y 3 así como la buena forma que en general presentan sus troncos, hacen que sus rendimientos en los procesos de aserrado sean muy altos. Las piezas obtenidas con largos superiores a los tres metros, sin excentricidades y con buen porcentaje de madera de albura, obtienen un alto valor en el mercado.

## **b. Chapa y desenrollo**

La chapa de madera, láminas de pequeño grosor (2 - 3mm), se obtienen generalmente por dos procedimientos: corte a la plana o corte por desenrollo periférico o tangencial. La obtención de chapa mediante aserrado es un método artesanal que solamente se utiliza en la actualidad para la producción de chapa destinada a instrumentos musicales o piezas singulares.

La producción industrial de chapas se orienta fundamentalmente a la fabricación de tableros contrachapados o a la cubrición decorativa de toda clase de tableros.

La madera de pino presenta cualidades sobresalientes para la obtención de chapa destinada a tableros contrachapados o estructurales.

## **c. Tableros aglomerados**

Las características de la madera de *Pinus radiata* la sitúan en una calidad media para la producción de tableros de partículas. Sin embargo, su bajo contenido en resina añade un factor positivo ya que favorece el encolado de las partículas.

En cuanto al tablero de fibras su rendimiento es muy bueno debido a la esbeltez de sus fibras y a la blancura.

## **d. Pasta de celulosa**

En la industria de la pasta de celulosa el *Pinus radiata* está especialmente indicado en la fabricación de pasta mecánica, pasta producida mediante desfibrado mecánico del rollizo aunque pierde calidad debido a las manchas producidas por la elevada presencia de nudos, lo que encarece el proceso de blanqueo.

## **I. COSTOS DE PRODUCCIÓN EN EL ASERRADERO**

### **1. Composición de los costos industriales**

La composición de los costos industriales responde a la siguiente clasificación de costos, según su naturaleza:

- Materia prima
- Mano de obra directa
- Mano de obra indirecta
- Materiales
- Insumos
- Mantenimiento, conservación y reparación
- Amortización
- Administración
- Seguros, patentes, impuestos
- Financieros

Esta clasificación es la utilizada para la determinación de los costos de producción. Es decir que, si hubiera que emprender una estimación de un costo industrial, los diez componentes antes mencionados constituyen los elementos relevantes y prioritarios para su cálculo.

#### **a. Materia prima**

Son los materiales que de hecho entran y forman parte del producto terminado. Estos costos incluyen los fletes de compra, almacenamiento y manejo. Es un típico costo variable y uno de los más importantes por su incidencia, entre un 10 y un 50% del costo total. En el caso de un aserradero, la materia prima básica son los rollizos.

**b. Mano de obra directa**

Es la que se utiliza para transformar la materia prima en producto final. Se puede identificar en virtud de que su monto varía casi proporcionalmente con el número de unidades producidas. En general representa un 15% del costo total.

**c. Mano de obra indirecta**

Es la necesaria en el departamento de producción, pero que no interviene directamente en la transformación de la materia prima. Aquí se incluye personal de supervisión, jefes de turno, personal de control de calidad y otros.

**d. Materiales indirectos**

Forman parte auxiliar en la presentación del producto terminado, sin ser el producto en sí. Se incluyen aquí, por ejemplo, envases y etiquetas.

**e. Insumos**

Excluyendo los rubros antes mencionados, todo proceso productivo requiere una serie de insumos auxiliares para su funcionamiento.

Estos pueden ser energía eléctrica, agua, combustible (diesel, gas, nafta), detergentes, reactivos químicos o mecánicos (para control de calidad). La lista puede extenderse; en general representan entre un 10 y un 20% del costo total, dependiendo del tipo de proceso industrial.

**f. Mantenimiento**

Es un servicio que se contabiliza por separado, en virtud de las características especiales que puede presentar. Se puede tratar de un mantenimiento preventivo o de un mantenimiento correctivo del equipo y la planta industrial. El costo de los materiales y la mano de obra que se requieren se cargan directamente a mantenimiento, pues puede variar mucho en ambos casos. En general se considera un porcentaje del costo de adquisición de los equipos (este dato normalmente lo proporciona el fabricante). Se estima en un 3-5% del capital fijo, siendo la mitad materiales y el resto mano de obra.

**g. Amortización**

La amortización, en costos, significa el cargo anual que se hace para recuperar la inversión.

**h. Administración**

Son los costos generales provenientes de realizar la función de administración dentro de la empresa. Sin embargo, tomados en sentido amplio, pueden no sólo significar los sueldos del gerente y el contador, los auxiliares, secretarias, y los gastos de oficina. Una empresa de gran envergadura puede contar con gerencias de planeación, investigación y desarrollo, recursos humanos y selección de personal, finanzas, etc.

Esto implica que fuera de las otras dos grandes áreas de una empresa (producción y ventas), los gastos de todos los demás departamentos o áreas que pudieran existir en una empresa, se cargarán a administración y gastos generales.

### **i. Seguros, patentes, impuestos**

Son las primas que se pagan por concepto de seguro de incendios, accidentes de trabajo, rodados, cargas tributarias, etc.

Para los seguros, un valor promedio podría ser un 1% de la inversión. Si se trata de empresas con alta probabilidad de incendios, este porcentaje aumenta considerablemente.

### **j. Costos financieros**

Incluyen no solamente los intereses reales que se pagan por el capital obtenido en préstamo, sino también los intereses calculados que se imputan por el uso del capital propio.

A fin de calcular el costo total por unidad de producción y comparar con el precio de venta del producto terminado, al costo de producción debe añadirse el costo de comercialización y transporte. Esto es:

**Costo unitario total (\$/u) = Costo unitario de producción + Costo de transporte + Costo de comercialización**

## **2. Factores que influyen en el costo del aserrado**

Para un mismo producto o una misma actividad se pueden obtener diferentes valores de costos, pues éstos responden a cada situación particular, como son:

- Precio de la materia prima
- Rendimiento de la materia prima
- Precio de los diferentes insumos y materiales
- Estado de máquinas y equipos

- Nivel tecnológico utilizado
- Escala de producción
- Estructura de la empresa
- Conformación del capital de la empresa
- Horas efectivas de trabajo
- Productividad de la mano de obra:
- Lay-out del aserradero
- Capacitación del personal
- Motivación del personal
- Organización de la empresa

Para intentar mantener los costos de un aserradero tan bajos como sea posible, cabe la pregunta: ¿sobre qué aspectos se necesita focalizar a fin de minimizar los costos? Entre las variables sobre las cuales se debe focalizar el esfuerzo para reducir los costos del aserrado se pueden citar las siguientes:

#### **a. Compra de madera rolliza**

El aspecto más importante es minimizar el costo de madera rolliza y, por lo tanto, el propietario del aserradero deberá ser un experimentado comprador de trozas: adquirir las trozas tan baratas como pueda, pero al mismo tiempo, asegurarse que la calidad de lo adquirido sea buena y que paga la cantidad de madera que efectivamente adquiere.

En muchos aserraderos, la principal causa de la obtención de bajos beneficios es la falta de habilidad para comprar la materia prima.

**b. Costos de aprovechamiento y transporte de rollizos**

Si el aserradero compra madera en pie, se necesitará estimar luego los costos del aprovechamiento y transporte de los rollizos hasta el aserradero.

Este costo puede ser hasta de un 50% o más del costo de la madera enviada. Esta proporción se incrementará en tanto que la distancia de transporte sea mayor y que el aprovechamiento sea más dificultoso.

**c. Economías de escala**

El principio de las economías de escala sostiene que los costos unitarios de producción decrecen cuando la escala de la operación se incrementa. Las economías de escala son más importantes en las industrias que necesitan usar capital intensivo por razones tecnológicas, como por ejemplo la industria de la pulpa y el papel.

Los aserraderos, en cambio, no tienen que ser de capital intensivo. Éstos pueden operar exitosamente en muchas partes del mundo, con bajos aportes de capital. Sin embargo, hay algunas partes del proceso de aserrado donde los costos por unidad de producción son considerablemente menores para un aserradero grande que para uno pequeño. Como ejemplos se pueden citar el manejo de residuos, la clasificación automática de madera, la clasificación de rollizos y las facilidades para el secado artificial de la madera.

En el rubro del aserrado, cuanto más grande sea el aserradero, más grande será la necesidad de adquirir rollizos, si se quiere contar con la cantidad suficiente que demanda la planta. Esto significa que los costos de transporte se incrementan y, por lo tanto, aumenta el costo del rollizo puesto en la playa del aserradero. Así, el tamaño de un aserradero incrementa el costo promedio de un rollizo puesto en playa y, después de un punto, puede compensar cualquier ahorro en los costos unitarios resultante del mayor tamaño de la planta.

#### **d. Costos de mantenimiento de stock**

Estos costos son significativos, sobre todo, si los valores de las tasas de interés son altos.

En la industria del aserrado, los costos del mantenimiento de stocks aumentan, principalmente, por tener rollizos y madera aserrada terminada en existencias. Mantener algún stock de madera aserrada es casi inevitable debido a que algunas piezas producidas no son de la calidad o el tamaño requerido por el cliente. Muchos aserraderos transforman este material, generalmente de menor calidad, en productos más vendibles como pallets. Esto les permite minimizar las acumulaciones de stock de madera aserrada de baja calidad y también agregar valor a su materia prima.

#### **e. Uso eficiente de maquinaria y mano de obra**

Uno de los secretos del éxito en el aserrado de madera está en la interacción entre el hombre, las máquinas y el tipo de madera a aserrar. Para lograr un buen resultado económico, la maquinaria debe estar adaptada al tipo de madera a trabajar y la operación de aserrado debe estar comprobada y revisada. Los resultados nunca serán mejores que los que la mano de obra y la maquinaria pueda prestar. La inversión realizada en equipos y herramientas de alta calidad tiene una gran influencia sobre el rendimiento y los costos de producción.

Por otro lado, un buen diseño del aserradero asegura que haya un flujo uniforme de productos a través del aserradero y que la mano de obra y las máquinas sean usadas eficientemente. Esto logra mantener el costo unitario en un mínimo. El diseño de la planta industrial es un aspecto de crucial importancia en los aserraderos de capital intensivo.

**f. Producción de productos de tamaño normalizado**

En general, la producción de un operario, por hora y por máquina, se maximiza si el aserradero puede ser programado para cortar productos de tamaño normalizado en un turno. En este caso, las sierras no necesitaran ser reajustadas y se pueden lograr altas tasas de rendimiento. Esto es particularmente importante en aserraderos de capital intensivo; por esta razón estos tipos de aserraderos seleccionan sus rollizos por tamaño.

**g. Minimización de los tiempos muertos**

Cuando un aserradero no está en funcionamiento, igualmente tiene que pagar sus costos fijos y posiblemente también los costos de mano de obra. En los aserraderos de capital intensivo es crucial operar con la menor cantidad posible de tiempos muertos, si se pretende maximizar las ganancias.

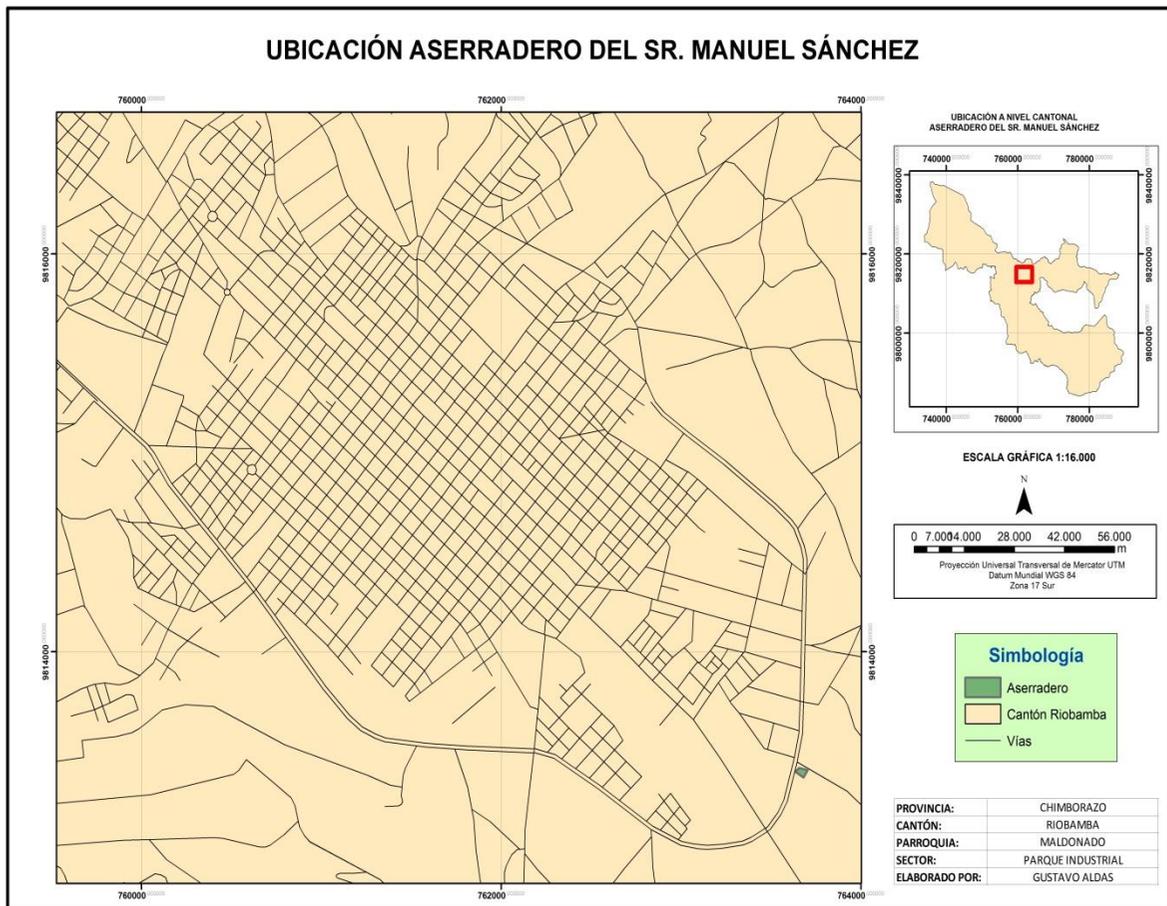
## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

#### 1. Localización

La presente investigación se realizó en el aserradero del Sr. Manuel Sánchez en la ciudad de Riobamba, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

**Mapa 1.** Ubicación geográfica del área de estudio



### **1. Ubicación geográfica**<sup>1</sup>

El aserradero está ubicado en la zona 17 sur con las siguientes coordenadas UTM:

**Norte:** 9813416m

**Este:** 763656m

**Altitud:** 2750 m.s.n.m.

### **2. Características Climáticas**

Temperatura: máxima absoluta promedio es de 26,8°C y la mínima promedio es de 12,7°C.

### **3. Clasificación ecológica.**

Según Holdrige, 1982, la clasificación del lugar en estudio pertenece a Bosque seco montano bajo (BsMb).

## **B. MATERIALES**

### **1. Materiales**

Flexómetro, aerosol, libreta de campo, lápiz, hojas de papel, crayón.

### **2. Equipos**

Computador, impresora, calculadora, GPS, cámara digital, visores, tapones de oído.

---

<sup>1</sup> DATUM WGS 84

### 3. Materiales informáticos

Excel, Arc Gis 9.3.

## C. METODOLOGÍA

### 1. Evaluación del rendimiento de los dos tipos de aserrado

#### a. Recopilación de la información

Esta actividad se realizó a través de visitas al aserradero, en cada una de los cuales se recabó la información de las variables necesarias para determinar la eficiencia del proceso de transformación de la madera en rollo a madera aserrada, siendo estas el volumen en metros cúbicos de madera en rollo y posteriormente el volumen de madera aserrada obtenida.

Esta información se recopiló de su fuente original, como información básica de soporte para ser utilizada en la metodología de organización y análisis para el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación.

#### b. Tamaño de la muestra

Para la selección de la muestra se utilizó la siguiente fórmula, partiendo de la población obtenida de un vehículo que ingresó al aserradero transportando madera rolliza.

$$n = \frac{PQ \times N}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + PQ}$$

(LOPEZ B., 2004)

En donde:

$n$ = tamaño de la muestra

$PQ$ = constante de la varianza de la población (0.25)

$N$ = tamaño de la población

$E$ = error máximo admisible expresado como decimal (0.05)

$K$ = coeficiente de corrección que es una constante 2.

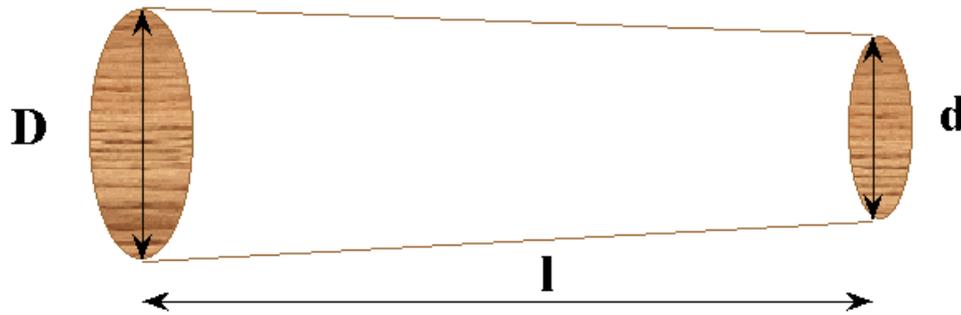
### c. Selección y marcado de las trozas

La selección de las trozas se realizó al azar con la finalidad de tener una representatividad de la población total. Una vez elegida las trozas se marcaron sus extremos con spray de color rojo, mientras en el aserradero son utilizados los colores azul y amarillo, esto nos permitió evitar confusiones en el ingreso de otras trozas a las sierras.



#### d. Cubicación de Trozas

Para la cubicación de las trozas seleccionadas se aplicó la fórmula de Smalian.



$$Vt = \frac{\pi (D^2 + d^2)}{4} * l$$

En donde:

Vt = volumen total

D = diámetro mayor

d = diámetro menor

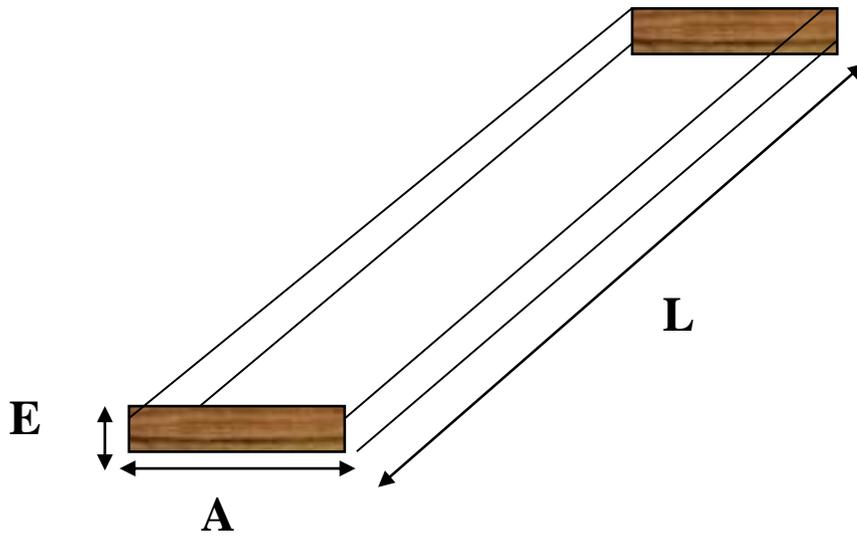
l = largo de troza

$\pi = 3,1416$



### e. Cubicación de madera aserrada

Para la cubicación de madera aserrada se aplicó la siguiente fórmula:



$$V = L * A * E$$

En donde:

L= largo (metros)

A= ancho (metros)

E= espesor (metros)



## f. Determinación del Rendimiento

### 1) Proceso sierra circular

La troza ingresa en la sierra circular, para ser transformada en bloque, para luego ser convertido en tablas; para este proceso se utilizan cuatro obreros: dos en el traslado de las trozas a la sierra, uno para manejar y calibrar la sierra circular, otra persona para extraer y acomodar las tablas.

ACTIVIDAD		Obreros	Responsable del Aserradero	Observaciones
Núm.	Descripción			
1	Recepción la madera			Recepción de la madera tomando en cuenta que el vehículo debe poseer su respectiva guía de circulación otorgada por el Ministerio del Ambiente
2	Cubicación del viaje			Cubica la madera que viene en el camión siguiendo los parámetros del aserradero; el sistema de cubicación utilizado es el de Smalian
3	Arreglo de las trozas en el patio			Los obreros ordenan las trozas en el patio de almacenamiento si es necesario se diferencian las trozas de mejor calidad
4	Ingreso de la troza a la sierra circular para ser transformada en bloque			Para la operación se requiere de dos obreros adicional un obrero prepara la sierra circular
5	El bloque es transformado en tablas			Adicional a los tres obreros utilizados, uno se encarga de la extracción de las tablas
6	Ubicación del producto terminado			Un obrero es responsable de la colocación de las tablas en pilas triangulares para obtener un secado natural en el patio de producto terminado
7	Verificación del producto terminado			El responsable del aserradero verifica y hace el conteo del producto terminado.
8	Almacenamiento del producto terminado			Se cuenta con suficiente producto terminado para abastecer el mercado local

Simbología:  Operación  Transport  Inspección  Almacenamiento  Demora  Condición  Conector

## 2) Proceso sierra de cinta

La troza primeramente es transformada en bloque en la sierra circular, el mismo es trasladado a la sierra de cinta en donde es convertida en tablas; para el proceso se utilizan tres obreros: dos para trasladar la troza transformada en bloque y una persona para extraer las tablas de la sierra de cinta.

ACTIVIDAD		Obreros	Responsable del Aserradero	Observaciones
Núm.	Descripción			
1	Recepción la madera			Recepción de la madera tomando en cuenta que el vehículo debe poseer su respectiva guía de circulación otorgada por el Ministerio del Ambiente
2	Cubicación del viaje			Cubica la madera que viene en el camión siguiendo los parámetros del aserradero; el sistema de cubicación utilizado es el de Smalian
3	Arreglo de las trozas en el patio			Los obreros ordenan las trozas en el patio de almacenamiento si es necesario se diferencian las trozas de mejor calidad
4	Ingreso de la troza a la sierra circular para ser transformada en bloque			Para la operación se requiere de dos obreros adicional un obrero prepara la cierra circular
5	El bloque es llevado a la zona de productos semielaborados			Adicional a los tres obreros utilizados, uno se encarga del traslado del bloque
6	Los bloques ingresan a la sierra de cinta			Se puede trabajar con dos bloques a la vez, se requiere de tres obreros
7	Ubicación del producto terminado			Un obrero es responsable de la colocación de las tablas en pilas triangulares para obtener un secado natural en el patio de producto terminado
8	Verificación del producto terminado			El responsable del aserradero verifica y hace el conteo del producto terminado.
9	Almacenamiento del producto terminado			Se cuenta con suficiente producto terminado para abastecer el mercado local

**Simbología:** Operación Transporte Inspección Almacenamiento Demora Condición Conector



## **2) Depuración de datos**

Se realizaron gráficos y tablas, con la finalidad de determinar datos anómalos o comportamientos atípicos para eliminarlos de la base de datos.

## **3) Análisis de datos**

Para presentar y evaluar las características principales de los datos obtenidos se realizaron tablas, gráficos y medidas resúmenes, con el objetivo de apreciar los datos como un todo e identificar sus características sobresalientes.

### **Determinación de la eficiencia y el análisis económico de los dos tipos de aserrado.**

#### **a. Eficiencia de los aserraderos.**

Para determinar la eficiencia se aplicó la siguiente fórmula:

$$E\% = MA/IMR \times 100$$

En donde:

E%= Porcentaje de eficiencia de la sierra

MA= Madera aserrada

IMR= Ingreso de madera rolliza

## b. Obtención y comparación de los costos de producción.

Para los dos tipos de aserrado se empleó la metodología descrita por F. Cándano (2004), en el que se tomó en cuenta los costos fijos y variables del aprovechamiento.

### 1) Costos fijos o costos de propiedad de la máquina.

- Costo de Depreciación

Para el cálculo de la depreciación se utilizó la expresión:

$$Cd = \frac{Va - Vr}{N}$$

(CONTRERAS J., 1985)

Dónde:

Cd: Costo de depreciación de la máquina, (\$/año)

Va: Valor de adquisición de la máquina, (\$)

Vr: Valor residual de la máquina, (\$)

N: Vida útil de la máquina, (años)

$$Cd = \frac{Va - Vr}{N}$$

$$Cd = \frac{\$15000 - \$1500}{10 \text{ años}}$$

$$Cd = \frac{\$13500}{10 \text{ años}}$$

$$Cd = \$ 1350 / \text{año}$$

## 2) Costos variables o costos de operación de la máquina.

- **Costo de combustibles**

Se obtuvo multiplicando el valor de consumo de combustible de las máquinas por el precio de los combustibles.

$$Cc = Cmc.Pc$$

Dónde

Cc: costo del combustible, (\$/h)

Cmc: consumo combustible, (gl/h)

Pc: precio del combustible, (\$/gl)

$$Cc = Cmc.Pc$$

$$Cc = 1,39gl * 1,03 \$/gl$$

$$Cc = 1,39gl/h * 1,03 \$/gl$$

$$Cc = 1,43 \$/h$$

- **Costos de reparación y mantenimiento**

El propietario del aserradero proporcionó los valores en cuanto al mantenimiento de la maquinaria para cada aserrado, dentro de esto constan lubricantes, filtros, sierras, entre otros.

Cuadro 4. Costos de mantenimiento de la sierra circular

<b>COSTOS SIERRA CIRCULAR - MANTENIMIENTO</b>						
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>CANT</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COST. UNIT</b>	<b>COSTO. TOTAL</b>	<b>COSTO ANUAL</b>
Afilado	Semanal	44	Unidad	0,25	11	605
Afilado de gancho	Semanal	1	Unidad	1	1	55
Cambio de banda	Mensual	1	Unidad	70	70	840
Cambio de gancho	Semestral	1	Unidad	150	150	300
Cambio de filtro del motor	Bimensual	1	Unidad	150	150	900
Cambio chumaseros del tambor	Anual	2	Unidad	50	100	100
Engrasado	Mensual	1	Unidad	4	4	48
Cambio media luna	Trimestral	1	Unidad	8	8	32
Bastidor (chumaseros)	Anual	1	Unidad	80	80	80
Cable de tensión	Anual	20	Metros	0,5	10	10
Cambio de dientes de la sierra	Semestral	44	Unidad	2	88	176
<b>Total</b>						<b>3146</b>

### 3) Costos de labor.

Se obtuvo el costo total de labor por cada empleado. El valor se presenta en \$/hr

#### 4) Costo total de producción.

Para la obtención del costo de producción se debe realizar la sumatoria de los costos:

$$Ct = Cd + Cc + Ceo + Celb$$

(CANDANO F., 2004)

Ct= costo total

Cd= costos de depreciación

Cc: costo del combustible

Ceo= costos de reparación

Celb= costos de labor

$$Ct = Cd + Cc + Ceo + Celb$$

$$Ct = \$1350/año + \$3003/año + \$3146/año + \$18000/año$$

$$Ct = \$25499/año$$

## **V. RESULTADOS**

### **A. RENDIMIENTO EN DOS TIPOS DE ASERRADERO**

#### **1. Ingreso de trozas**

Cuadro 5. Ingreso de madera rolliza y aprovechamiento

<b>Fecha de ingreso</b>	<b>Nro. de trozas (muestra)</b>	<b>Volumen de madera Rolliza (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen de madera Aserrada (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Desperdicio (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. de tablas obtenidas</b>	<b>Tiempo Trabajado (horas)</b>
04-05-2013	79	13,70	5,48	8,22	441	6h50 min
11-05-2013	76	13,01	5,02	7,99	394	6h45 min
18-05-2013	76	13,19	5,21	7,98	399	6h40 min
25-05-2013	76	13,79	5,44	8,35	419	6h45 min
01-06-2013	74	12,04	4,73	7,31	378	6h25 min
08-06-2013	72	12,58	4,94	7,64	394	6h44 min
15-06-2013	69	14,59	5,61	8,98	371	6h24min
22-06-2013	73	13,60	5,35	8,25	428	6h45 min
29-06-2013	72	12,51	4,97	7,54	381	6h30 min
06-07-2013	71	11,82	4,75	7,07	383	6h35 min
13-07-2013	72	11,67	4,72	6,95	365	6h20 min
20-07-2013	70	12,49	4,94	7,55	389	6h30 min
27-07-2013	70	12,20	4,83	7,37	394	6h35 min

El ingreso de madera rolliza de pino (*Pinus radiata*) se realizó de un vehículo tipo camión durante trece sábados, tomando en cuenta que el aserradero trabaja en su mayor parte con madera de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), el promedio de trozas ingresadas fue de 73 por viaje.

El volumen ingresado por viaje fue de 12,86 m<sup>3</sup>, siendo el mes de junio donde se registró una mayor entrada en relación a los meses de mayo y julio. El volumen de madera aserrada promedio es de 5,08m<sup>3</sup> teniendo un desperdicio promedio de 7,78 m<sup>3</sup>. El promedio de tablas obtenidas por día de trabajo es de 395.

El tiempo de trabajo promedio en el aserradero alcanzó 6h36min, el día donde se presentaron menos inconvenientes corresponde al 04 de mayo, debido a que se explicó previamente el trabajo a realizarse teniendo un tiempo de trabajo de 06h50min; en cuanto a las dificultades que se presentaron durante la operación fueron el desalojo de los desperdicios, acomodo de las costaneras, conversación entre los operarios, abastecimiento de madera en bloque para la sierra de cinta, mantenimiento y afilado de las sierras. El 13 de julio tuvimos el menor tiempo de trabajo debido al cambio de banda de la sierra circular.

## 2. Sierra de cinta

Cuadro 6. Resumen mensual datos obtenidos en la sierra de cinta.

	<b>Volumen Madera Rolliza (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Mayo</b>	26,75	14,80	11,95
<b>Junio</b>	31,44	17,40	14,04
<b>Julio</b>	24,17	13,26	10,91

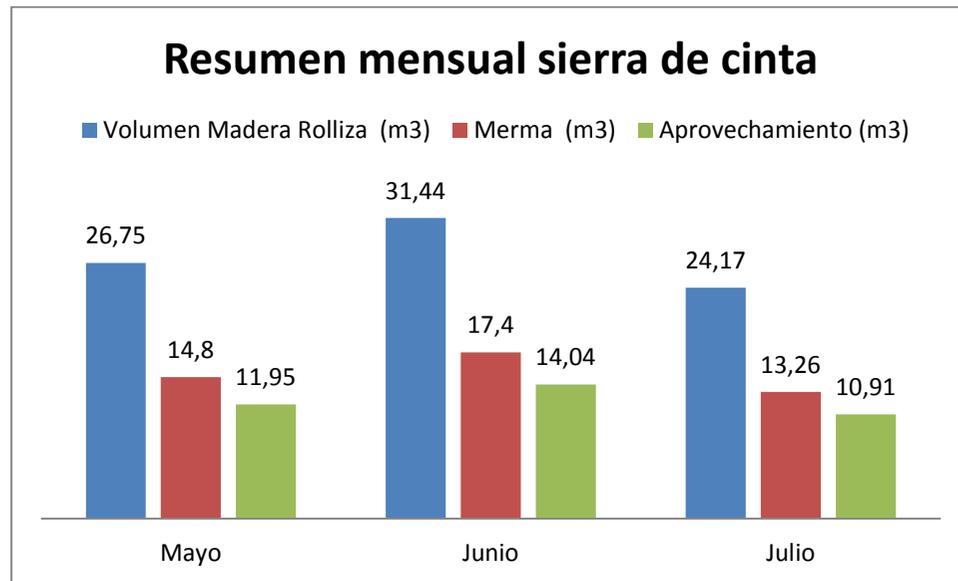


Grafico 1. Resumen mensual datos obtenidos en la sierra de cinta.

Según el Cuadro 6 y el gráfico 1, en la sierra de cinta en el mes de mayo se obtuvo un volumen de madera rolliza de  $26,75\text{m}^3$ , con una merma de  $14,80\text{m}^3$  teniendo un aprovechamiento de  $11,95\text{m}^3$ ; en el mes de junio se registró  $31,44\text{m}^3$  de madera rolliza con una merma de  $17,40\text{m}^3$  dándonos un volumen de madera aserrada de  $14,04\text{m}^3$  finalmente en el mes de julio se obtuvo un volumen de madera en rollo de  $24,17\text{m}^3$  con una merma de  $13,26\text{m}^3$  dando un volumen de madera escuadrada de  $10,91\text{m}^3$ .

En el mes de junio se registró un mayor volumen de madera aserrada en relación a los meses de mayo y julio, esto debido a que las trozas con diámetros superiores a los 25cm ingresaron en mayor proporción en relación a las trozas con diámetros entre los 17 – 24cm; en cuanto al aprovechamiento en  $\text{m}^3$  se puede evidenciar que en los tres meses hay una relación similar.

Cuadro 7. Análisis estadístico del volumen obtenido en metros cúbicos en la sierra de cinta.

<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	
Media	0,1745
Mediana	0,1666
Moda	0,0800
Desviación estándar	0,0778
Varianza de la muestra	0,0060
Mínimo	0,0600
Máximo	0,3251
Suma	82,3575
Cuenta	472

Media para cinta

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} = \frac{82.36}{472} = 0.17$$

La n es par la mediana muestral es el promedio de valores  $\frac{n}{2}$  y  $\frac{n}{2} + 1$

$$m = \frac{0.16 + 0.16}{2} = 0,166$$

La varianza de la muestra

$$s^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1} = \frac{2,857}{271} = 0,0060$$

La desviación estándar

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{0,0060} = 0,077$$

De acuerdo al cuadro 7, el promedio mensual de volumen de las 472 trozas estudiadas para el aserrado con sierra de cinta es de  $0.1745\text{m}^3$ , tiene un valor máximo de  $0.3251\text{m}^3$ , una mínima de  $0.0600\text{m}^3$ , tiene una dispersión de 0.0778 respecto a la media.

Cuadro 8. Análisis estadístico de la merma en la sierra de cinta.

<b>Merma (<math>\text{m}^3</math>)</b>	
Media	0,0963
Mediana	0,0910
Moda	0,0500
Desviación estándar	0,0443
Varianza de la muestra	0,0020
Mínimo	0,0273
Máximo	0,1904
Suma	45,4591
Cuenta	472

El cuadro 8 indica que el desperdicio medio mensual de las 472 muestras de madera rolliza de pino (*Pinus radiata*) con sierra de cinta es de  $0.0963\text{ m}^3$ , una mínima de  $0.0273\text{m}^3$ , una máxima de  $0.1904\text{m}^3$ , tiene una dispersión 0.0443 respecto a la media.

Cuadro 9. Análisis estadístico del aprovechamiento de la sierra de cinta

<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	
Media	0,0782
Mediana	0,0714
Moda	0,0700
Desviación estándar	0,0345
Varianza de la muestra	0,0012
Mínimo	0,0239
Máximo	0,1571
Suma	36,8984
Cuenta	472

Según el cuadro 9 el promedio de rendimiento mensual del aserrado con sierra de cinta es de  $0.0782 \text{ m}^3$ , máxima de  $0.1571 \text{ m}^3$  una mínima de  $0.0239 \text{ m}^3$  y el valor que más se repite es  $0,0700 \text{ m}^3$ , tiene una dispersión de 0.0345 con respecto a la media.

## **2. Sierra Circular**

Cuadro 10. Resumen mensual datos obtenidos en la sierra circular.

	<b>Volumen Madera Rolliza (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>
<b>Mayo</b>	26,94	17,76	9,18
<b>Junio</b>	31,11	20,54	10,58
<b>Julio</b>	23,92	15,63	8,29

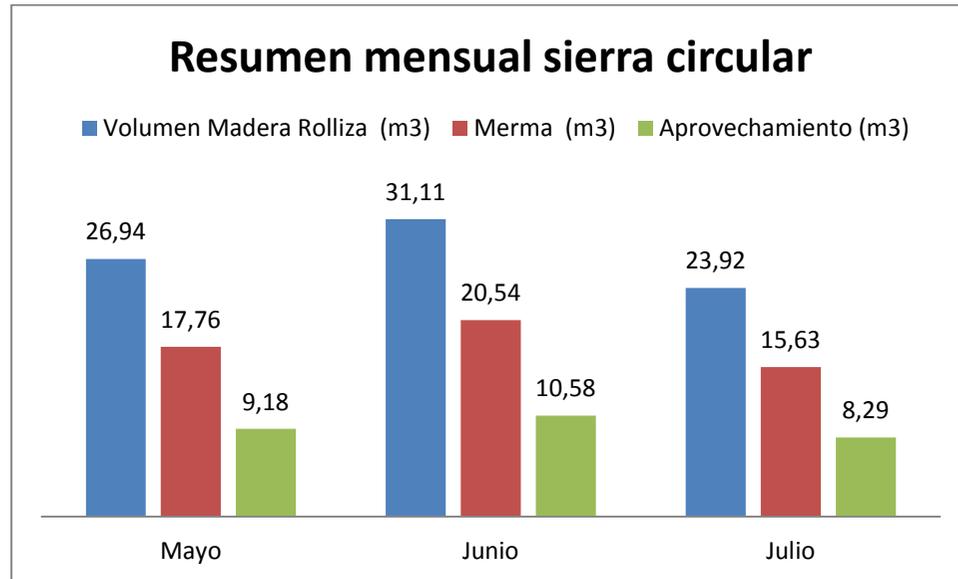


Gráfico 2. Resumen mensual datos obtenidos en la sierra circular.

Según el Cuadro 10, gráfico 2 en la sierra circular en el mes de mayo se obtuvo un volumen de madera rolliza de  $26,94\text{m}^3$ , con una merma de  $17,76\text{m}^3$  teniendo un aprovechamiento de  $9,18\text{m}^3$ ; en el mes de junio se registró  $31,11\text{m}^3$  con una merma de  $20,54\text{m}^3$  dándonos un volumen de madera aserrada de  $10,58\text{m}^3$  finalmente en el mes de julio se obtuvo un volumen de madera en rollo de  $23,92\text{m}^3$  con una merma de  $15,63\text{m}^3$  dando un volumen de madera escuadrada de  $8,29\text{m}^3$ .

En el mes de junio se registró un mayor volumen de madera aserrada en relación a los meses de mayo y julio, esto se debió a que las trozas con diámetros superiores a los 25cm ingresaron en mayor proporción en relación a las trozas con diámetros entre 17-24cm; en cuanto al aprovechamiento en  $\text{m}^3$  se puede evidenciar que en los tres meses hay una relación similar.

Cuadro 11. Análisis estadístico del volumen obtenido en metros cúbicos en la sierra circular.

<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	
Media	0,1744
Mediana	0,1623
Moda	0,0700
Desviación estándar	0,0793
Varianza de la muestra	0,0063
Mínimo	0,0600
Máximo	0,3316
Suma	81,9707
Cuenta	470

De acuerdo al cuadro 12, el promedio mensual de volumen en  $m^3$ , usando la sierra circular es de  $0.1744 m^3$ , tiene una dispersión de 0.0793 respecto a la media, el volumen más alto es de  $0.3316 m^3$ , una mínima de  $0.0600 m^3$ .

Cuadro 12. Análisis estadístico de la merma en la sierra circular.

<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	
Media	0,1147
Mediana	0,1096
Moda	0,0500
Desviación estándar	0,0530
Varianza de la muestra	0,0028
Mínimo	0,0339
Máximo	0,2256
Suma	53,9200
Cuenta	470

El cuadro 12 indica que el promedio mensual de disminución de aserrado utilizando la sierra circular es de  $0.1147 \text{ m}^3$ , la disminución mínima es de  $0.0339$  en cambio la máxima de  $0.2256 \text{ m}^3$ , tiene una dispersión de  $0.0530$  con respecto a la media.

Cuadro 13. Análisis estadístico del aprovechamiento de la sierra circular

<b>Aprovechamiento (<math>\text{m}^3</math>)</b>	
Media	0,0597
Mediana	0,0535
Moda	0,0400
Desviación estándar	0,0272
Varianza de la muestra	0,0007
Mínimo	0,0197
Máximo	0,1316
Suma	28,0506
Cuenta	470

Según el cuadro 13 el promedio mensual de rendimiento es de  $0.0597 \text{ m}^3$  siendo el máximo de  $0.1316 \text{ m}^3$ , el mínimo de  $0.0197 \text{ m}^3$  a demás tiene una dispersión de  $0.0272$  respecto a la media, el valor que se repite con mayor frecuencia es  $0.0400 \text{ m}^3$ .

### 3. Comparación de rendimiento entre la sierra de cinta y la sierra circular

Cuadro 14. Resumen mensual del aprovechamiento en  $\text{m}^3$  en la sierra de cinta y circular.

	<b>Volumen Rolliza (<math>\text{m}^3</math>)</b>	<b>Sierra de Cinta (<math>\text{m}^3</math>)</b>	<b>Volumen Rolliza (<math>\text{m}^3</math>)</b>	<b>Sierra Circular (<math>\text{m}^3</math>)</b>
<b>Mayo</b>	26,75	11,95	26,94	9,18
<b>Junio</b>	31,44	14,04	31,11	10,58
<b>Julio</b>	24,17	10,91	23,92	8,29

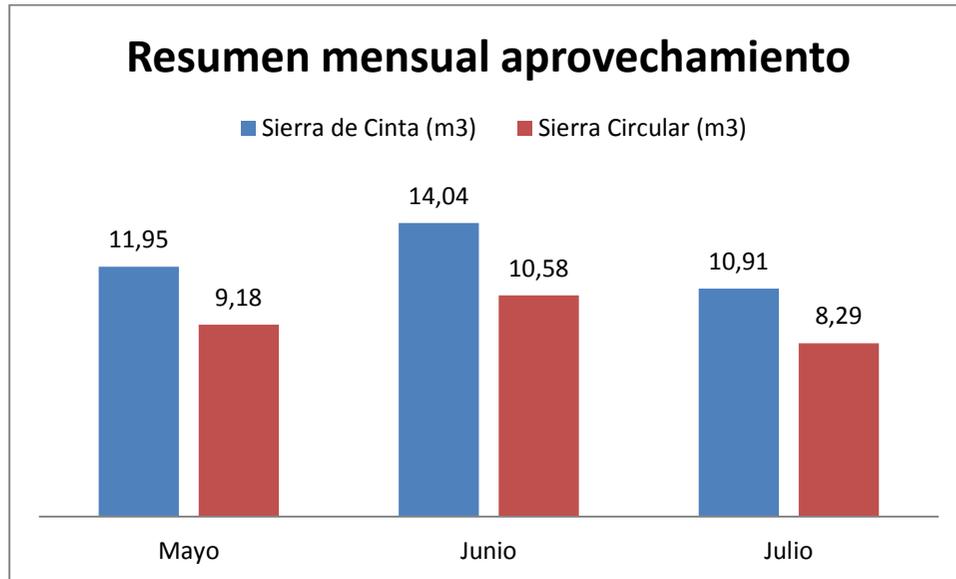


Gráfico 3. Resumen mensual datos obtenidos en la sierra de cinta y en la sierra circular.

El cuadro 14, gráfico 3 se evidencia que en los meses de mayo, junio y julio el aprovechamiento en la sierra de cinta es mayor al obtenido en la sierra circular con un promedio de  $2,95\text{m}^3$  más de aprovechamiento en cada mes, esto se debe a que el espesor del diente de la sierra de cinta es de 2mm, lo que implica que el desperdicio es menor que el diente de la sierra circular cuyo espesor es de 4mm, si el diente es nuevo puede llegar a 1 cm.

Cuadro 15. Volumen aprovechado entre la sierra de cinta y la sierra circular

	Volumen Promedio Troza ( $\text{m}^3$ )	Merma ( $\text{m}^3$ )	Aprovechamiento ( $\text{m}^3$ )
<b>Cinta</b>	0,17	0,10	0,078
<b>Circular</b>	0,17	0,11	0,060

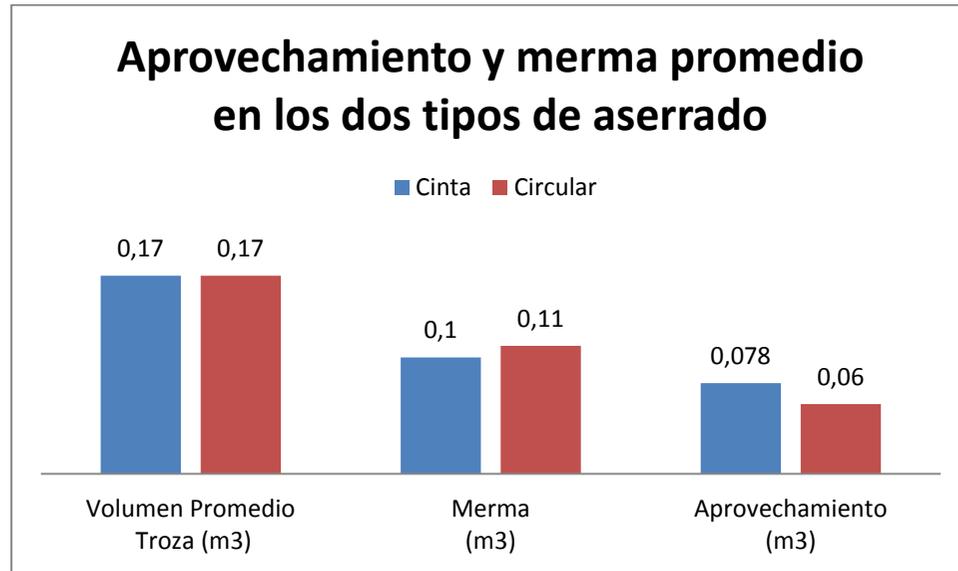


Grafico 4. Aprovechamiento y merma promedio en los dos tipos de aserrado.

En el cuadro 15, gráfico 4 se observa que de un volumen de  $0.17 \text{ m}^3$  promedio por troza transformada a madera aserrada utilizando la sierra de cinta y circular se obtuvo una merma de  $0,10$  y  $0,11 \text{ m}^3$  respectivamente, por lo tanto tenemos un mayor volumen de madera aserrada empleando la sierra de cinta que usando la sierra circular.

#### 4. Prueba de hipótesis

##### a. Hipótesis

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 > \mu_2$$

Se desea probar para un nivel de significancia del 5% las hipótesis esto es un  $\alpha = 0.05$

Datos:

$$\bar{x}_1 = 0.0782 \quad \bar{x}_2 = 0.0597$$

$$S_1^2 = 0.0012 \quad S_2^2 = 0.0007$$

$$n_1 = 472 \quad n_2 = 470$$

Cálculos

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad t = \frac{0.0782 - 0.0597}{\sqrt{\frac{0.0012}{472} + \frac{0.0597}{470}}}$$

$$t = 9.13$$

Según el valor  $t = 9.13$  es mayor que el valor crítico  $t = 1,64$  cae en la zona de rechazo, por lo que se acepta la hipótesis alternativa  $H_1$  que dice que tenemos más rendimiento de madera aserrada usando la sierra cinta.

Cuadro 16. Estadísticas de regresión sierra de cinta.

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,983
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0,965
R <sup>2</sup> ajustado	0,965
Error típico	0,006
Observaciones	472

Cuadro 17. Análisis de Varianza Sierra de Cinta.

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	0,5417	0,5417	13148,016	0
Residuos	470	0,0194	4,120E-05		
Total	471	0,5611			

Cuadro 18. Análisis estadístico de varianza de aprovechamiento

	<b>Coefficientes</b>	<b>Error típico</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Inferior 95%</b>	<b>Superior 95%</b>
Intercepción	0,0021	0,0007	2,8567	0,0045	0,0006	0,0035
Volumen	0,4361	0,0038	114,6648	0,0000	0,4287	0,4436

Partiendo del cuadro 18, tenemos que alrededor del 97% de variación de aprovechamiento de madera, es explicada por la variable volumen, y 3% de la variabilidad debe ser explicada por otros factores que no han sido considerados en este análisis

La ecuación de regresión es  $Y = 0,44x$ , la misma que representa el aprovechamiento promedio, ante un incremento de  $1\text{m}^3$  de volumen de madera.

Cuadro 19. Estadísticas de regresión sierra circular.

<b>Estadísticas de la regresión</b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,978
Coefficiente de determinación $R^2$	0,956
$R^2$ ajustado	0,956
Error típico	0,006
Observaciones	470

Cuadro 20. Análisis de varianza sierra circular.

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	0,3313	0,3313	10268,923	0
Residuos	468	0,0151	3,2261E-05		
Total	469	0,3464			

Cuadro 21. Análisis estadísticos de variación de aprovechamiento

	<b>Coefficientes</b>	<b>Error típico</b>	<b>Estadístico t</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Inferior 95%</b>	<b>Superior 95%</b>
Intercepción	0,001	0,001	1,957	0,051	0,000	0,002
Volumen	0,335	0,003	101,336	0,000	0,329	0,342

Según el cuadro 21, alrededor del 96% de variación de aprovechamiento de madera, es explicada por la variable volumen mientras que el 4% restante de la variabilidad debe ser explicada por otros factores.

La ecuación de regresión es  $Y = 0,34x$ , la misma que representa el aprovechamiento promedio, ante un incremento de  $1\text{m}^3$  de volumen de madera.

## **B. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS DOS TIPOS DE ASERRADO.**

Cuadro 22. Análisis costos de la sierra de cinta.

<b>Costos</b>	<b>Sierra de Cinta</b>
<b>Costos de Depreciación</b>	2250
Costos de Mantenimiento	4118
<b>Costos de Labor</b>	13500
<b>Costo Total</b>	19865

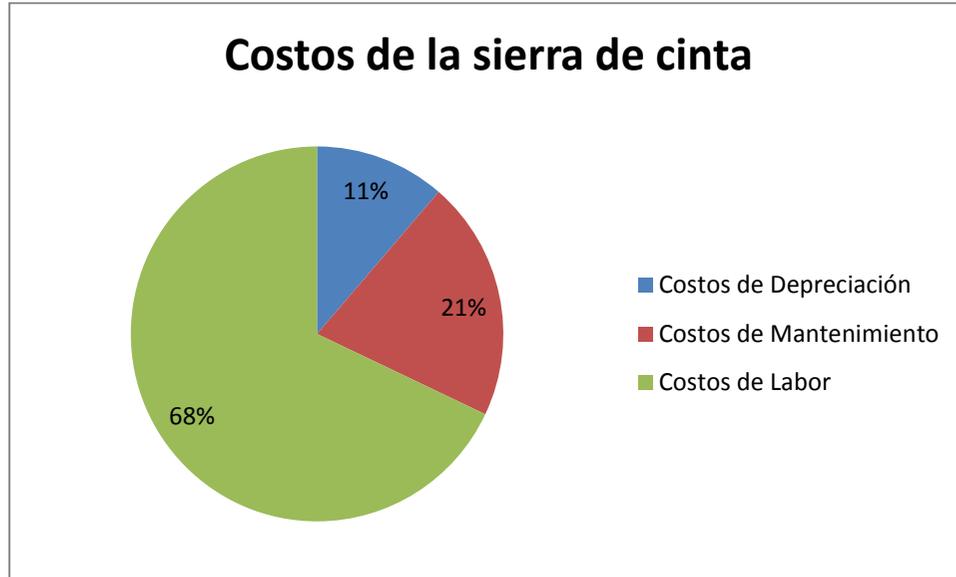


Gráfico 5. Análisis de costos de la sierra de cinta.

Según el cuadro 22, gráfico 5 el mayor gasto que se realiza para la operación de la sierra de cinta es el costo de labor con un 68%, el menor costo corresponde al depreciación con un 11%, mientras de los costos de mantenimiento pertenecen al 21%. En la sierra de cinta no tenemos costos por consumo de combustible pero tenemos consumo de energía que ingresa dentro de los costos de mantenimiento.

Cuadro 23. Análisis costos de la sierra circular.

<b>Costos</b>	<b>Sierra Circular</b>
<b>Costos de Depreciación</b>	1350
Costos de Combustible	3003
Costos de Mantenimiento	3146
<b>Costos de Labor</b>	18000
<b>Costo Total</b>	25559

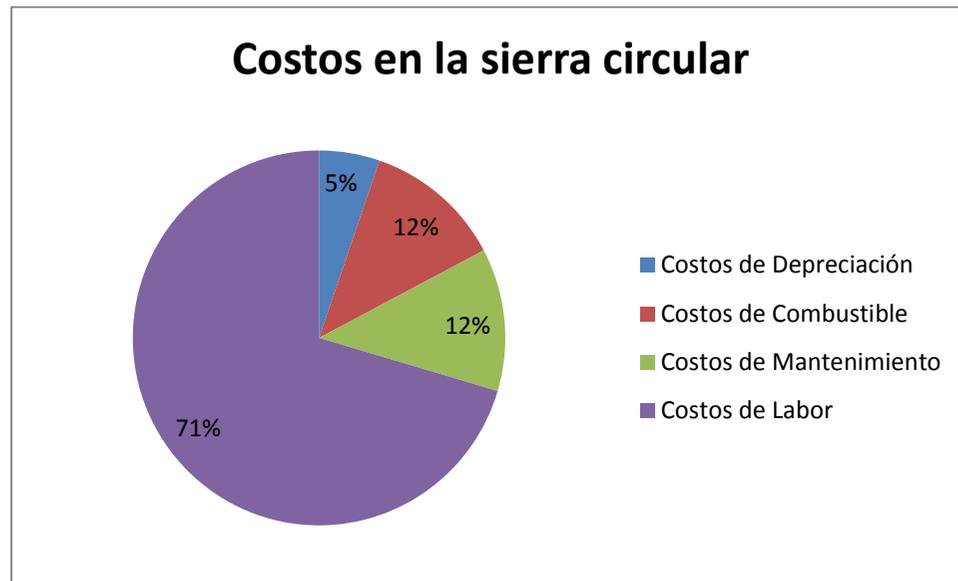


Gráfico 6. Análisis de costos de la sierra circular.

El cuadro 23, gráfico 6 indica que el mayor gasto que se realiza para la operación de la sierra circular es el costo de labor con un 71%, el menor costo corresponde al de depreciación con un 5%, mientras de los costos de mantenimiento pertenecen al 12%. El consumo de combustible corresponde al 12% este valor no tenemos en la sierra de cinta, implicando un mayor costo de producción.

Cuadro 24. Análisis económico de los dos tipos de aserrado.

Costos	Sierra de Cinta (\$)	Sierra Circular (\$)
<b>Costos de Depreciación</b>	2250	1350
Costos de Combustible	0	3003
Costos de Mantenimiento	4118	3146
<b>Costos de Labor</b>	13500	18000
<b>Costo Total</b>	19868	25565

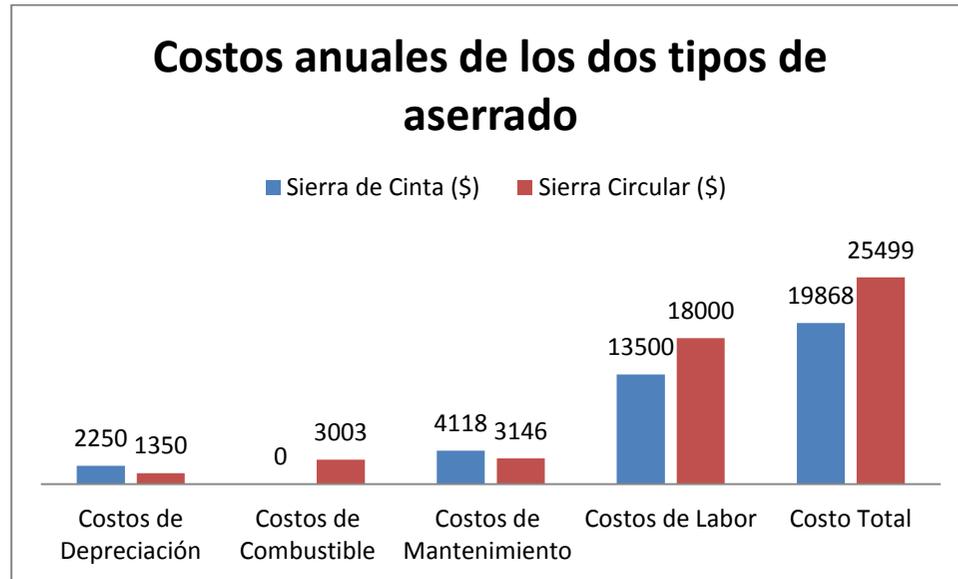


Gráfico 7. Análisis económico de los dos tipos de aserrado.

Según el cuadro 24, gráfico 7 la sierra de cinta tiene un costo anual de producción de \$19868 sumados los costos de depreciación, costos de operación de la máquina y costos de labor siendo este valor menor en relación a los \$25565 que cuesta producir anualmente con la sierra circular.

El costo de labor es uno de los rubros donde hay una mayor diferencia entre ambas sierras, debido al número de personas que se requiere para operar la sierra de cinta (3 personas) y la sierra circular (4 personas), otro rubro importante es el consumo de combustible la sierra de cinta no requiere de este elemento para ser operativa.

## VI. CONCLUSIONES

1. La sierra de cinta permite obtener un mayor rendimiento en el aserrado de la troza con un aprovechamiento del 45%, en relación al 35% que obtenemos utilizando la sierra circular.
2. La forma y efectos naturales de la troza tienen una mayor influencia en el rendimiento utilizando la sierra de cinta, debido a que no se puede trabajar en esta sierra la madera rolliza sino en bloque.
3. La correlación para el tipo de aserrado con la sierra de cinta es  $Y=0,44x$ ; mientras que para la sierra circular tenemos una correlación de  $Y= 0,34x$ , teniendo en cuenta las características que presentan la especie *Pinus radiata* y el aserradero del Sr. Manuel Sánchez.
4. El costo de producción para la operación de la sierra de cinta es menor en relación al de la sierra circular, siendo el costo de labor el de mayor representatividad tomando en cuenta el número de operarios requeridos para la operación de las máquinas.
5. Dentro de las actividades en el aserradero, los operarios no cuentan con el equipo de protección personal necesario para la utilización de las máquinas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. La industria del aserrío debe tecnificarse a través de la utilización de la sierra de cinta con la finalidad de obtener un mayor rendimiento de la madera rolliza, garantizando la inversión realizada.
2. El aserradero debe estar constantemente abastecido de madera rolliza para tener un mayor flujo de producción.
3. Realizar un mantenimiento trimestral de las máquinas destinadas a la producción de la línea principal del aserradero y a la vez realizar un estudio constante de rendimiento y tiempos de cada una de ellas, para encontrar los mecanismos para mejorar la producción.
4. Se debería destinar a los trabajadores a una tarea y maquina específica con la finalidad que el desempeño en el trabajo mejore y los tiempos muertos disminuyan, acompañado de constantes capacitaciones y monitoreo.

## VIII. RESUMEN

La presente investigación propone: determinar el rendimiento en el proceso de transformación de madera rolliza a madera escuadrada de Pino (*Pinus radiata* D.Don), con dos tipos de aserradero, en la ciudad de Riobamba; se tomaron los datos de diámetros y largo de la troza para determinar su volumen aplicando la fórmula de Smallian, como los datos de ancho, espesor y largo de las tablas con la finalidad de determinar el volumen de madera aserrada resultante utilizando la sierra circular como la sierra de cinta, mediante la relación entre los volúmenes obtenidos se determinó el desperdicio y el volumen aprovechado; los datos de los diferentes costos se obtuvieron a través de información primaria del propietario del aserradero. Se registraron 950 trozas de las cuales se obtuvieron 5136 tablas, durante los meses de mayo a julio de 2013; a partir de un volumen de  $0.17 \text{ m}^3$  promedio por troza transformada a madera aserrada utilizando la sierra de cinta y circular se obtuvo una merma de 0,10 y  $0,11 \text{ m}^3$  respectivamente. Para la sierra de cinta se obtuvo la correlación  $Y=0,44x$  mientras que en la sierra circular la correlación es  $Y= 0,34x$ , teniendo en cuenta las características que presentan la especie *Pinus radiata* y el aserradero del Sr. Manuel Sánchez. Los costos de producción para la operación de la sierra de cinta y la sierra circular son similares existiendo una principal diferencia en los costos de labor y el costo de combustible. La sierra de cinta permite obtener un mayor rendimiento en el aserrado de la troza con un aprovechamiento del 45%, en relación al 35% que obtenemos utilizando la sierra circular.



## SUMMARY

The present investigation proposes: to determine the yield in the process of plump wooden transformation to square wood of Pine (*Pinus radiata* D. Don), with two sawmill types, in the city of Riobamba; the data of diameters and long of the log were taken to determine their volume applying the formula of Smalian, as the data of wide, thickness and long of the planks with the purpose of determining the volume wooden sawed resultant using the circular saw as the bandsaw, by means of the relationship among the obtained volumes was determined the waste and the utilized volume; the data of the different costs were first obtained through the information of the owner of the sawmill . 950 logs were registered of which 5136 planks were obtained, during the months of May to July 2013; starting from a volume of 0.17 m<sup>3</sup> average per log transformed to sawed wood using the bandsaw and circular saw getting a reduction of 0,10 and 0,11 m<sup>3</sup> respectively. For the bandsaw the correlation  $Y=0.44x$  was obtained while in the circular saw the correlation is  $Y= 0,34x$ , keeping in mind the characteristics that have the species *Pinus radiata* and Mr. Manuel Sánchez's sawmill. The costs of production for the operation of the bandsaw and the circular saw are similar existing a main difference in the work costs and the cost of fuel. The bandsaw allows to obtain a bigger yield in the one sawed of the log with an use of 45%, in relation to 35% that we obtain using the circular saw.



## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ARIAS, D. 2002. Propiedades físicas y mecánicas con uniones de la madera de Pinus radiata con uniones tipo “Finger-joint”. Tesis para obtener el título de Ingeniero de ejecución en maderas. Escuela Tecnológica Equinoccial. Consultado el: 12 de junio 2013. Disponible en:  
[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10965/1/18505\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/10965/1/18505_1.pdf)
2. ARREAGA, J. 2007. Rendimiento en la transformación de madera en rollo a madera aserrada de la especie de caoba (Swietenia macrophylla), en dos aserraderos del municipio de Flores” USAC Guatemala. Disponible en:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_0952.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0952.pdf). Consultado el: 02 de mayo, 2013.
3. CAILLIEZ, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento, con referencia especial a los trópicos. Vol. 1 – estimación del volumen. FAO
4. CASTELO , A. 2011. Estudio Cualitativo y Cuantitativo de las Trozas de Pino (Pinus radiata) para la elaboración de Pallets en la Industria Haro Madera, parroquia Calpi, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Consultado el: 12 de junio 2013.
5. CORONEL, M. 2007. Costos Forestales. Disponible en:  
<http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-30-Costos-forestales-RENOLFI.pdf>. Consultado el: 22 de octubre, 2013.
6. DENIG, J. 1990. Control de la calidad en aserraderos de pino del sur. North Carolina Cooperative Extension Service.

7. FAHEY, T. D. & Sachet, J. K. 1993 Lumber recovery of ponderosa pine in Arizona and New Mexico. USDA Forest Service Paper PNW-RP-467. Pacific Northwest Research Station. Portland Oregon.
8. FULLOP y Vaquez, W. 1989. Guía de cubicación industrial de maderas en trozas. Proyecto de Desarrollo Industrial Forestal. Perú Canadá Lima 16 p.
9. GÓMEZ M. y Chinchilla O. 2004. Proyecto Situación actual de los aserraderos portátiles en Costa Rica. Programa Aprovechamiento, Industrialización y Comercialización de la Madera. Heredia - Costa Rica. Disponible en: <http://www.una.ac.cr/inis/docs/proy/Aserrader.pdf>. Consultado el: 15 de julio 2013.
10. LLANGA, P. 2012. Evaluación de los Sistemas de Cosecha en Plantaciones de Pino (*Pinus patula*) en forma Mecanizada y Semi-mecanizada en la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A. Tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Consultado el: 20 de julio 2013.
11. LÓPEZ B, EA. 2004. Introducción a la estadística general: unidad 1: Estadística General. Guatemala, USAC; Facultad de Agronomía.
12. OLGATI, J. 2012 Optimización del rendimiento de la materia prima, Infomadera Francia, disponible en: [www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo\\_2445\\_22333.pdf](http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2445_22333.pdf). Consultado el: 23 de septiembre, 2012.
13. PINO RADIATA. Disponible en: <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/PDF/Pino%20radiata.pdf>. Consultado el 20 de septiembre 2013.

14. RAINFOREST ALLIANCE 2010. Manual de buenas prácticas en aserraderos de comunidades forestales. México DF - México. Disponible en: [http://www.inti.gob.ar/ambiente/pdf/mbp\\_aserraderos.pdf](http://www.inti.gob.ar/ambiente/pdf/mbp_aserraderos.pdf). Consultado el 20 de septiembre 2013.
15. ROMERO, M. A. 1991. Estudio de Costos y Rendimientos de la Industria del Aserrío en Bolivia. LABONAC.
16. ROMERO, M. 2011. Descripción de las Cadenas Productivas de Madera en el Ecuador. AndinaGraph. Quito – Ecuador. Pág.98
17. SALAZAR, J. 2006. Implementación de indicadores de productividad en aserríos El Caobo Tesis para obtener la Especialización en Alta Gerencia. Universidad de Medellin. Consultado el: 20 de julio 2013. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_0952.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0952.pdf)
18. SANCHEZ, L. 2008. Mantenimiento de sierras de cinta y sierras circulares. Consultado el: 25 de agosto 2013. Disponible en: [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.chapingo.mx%2Fdicifo%2Fpublicaciones%2Fmantenimiento\\_sierras\\_cintas\\_y\\_circulares\\_2008.pdf&ei=ZRvQUpGPAZK\\_sQS0ooKgDA&usg=AFQjCNHRz\\_NWdfIXyKuN4CvUF6AxT1zgCQ&bvm=bv.59026428,d.cWc](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCkQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.chapingo.mx%2Fdicifo%2Fpublicaciones%2Fmantenimiento_sierras_cintas_y_circulares_2008.pdf&ei=ZRvQUpGPAZK_sQS0ooKgDA&usg=AFQjCNHRz_NWdfIXyKuN4CvUF6AxT1zgCQ&bvm=bv.59026428,d.cWc)



## Anexo # 2. Datos validos mayo 2013

Nro. Troza	d (m)	D (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Merma (m <sup>3</sup> )	Aprovechamiento (m <sup>3</sup> )	Nro. tablas
1	0,39	0,40	2,51	0,31	0,18	0,13	13
2	0,37	0,40	2,53	0,29	0,15	0,14	14
3	0,19	0,19	2,55	0,07	0,04	0,03	3
4	0,21	0,18	2,54	0,08	0,05	0,03	3
5	0,30	0,28	2,54	0,17	0,09	0,08	5
6	0,17	0,19	2,52	0,06	0,03	0,03	3
7	0,22	0,25	2,53	0,11	0,06	0,05	4
8	0,24	0,26	2,53	0,12	0,07	0,05	4
9	0,34	0,36	2,51	0,24	0,13	0,11	10
10	0,24	0,27	2,51	0,13	0,07	0,06	4
11	0,28	0,31	2,51	0,17	0,09	0,09	5
12	0,2	0,22	2,52	0,09	0,05	0,04	4
13	0,39	0,4	2,53	0,31	0,17	0,14	14
14	0,3	0,33	2,52	0,20	0,11	0,08	5
15	0,34	0,36	2,5	0,24	0,14	0,10	10
16	0,34	0,37	2,52	0,25	0,15	0,10	8
17	0,19	0,21	2,51	0,08	0,05	0,03	3
18	0,36	0,37	2,52	0,26	0,13	0,13	12
19	0,27	0,28	2,53	0,15	0,08	0,07	4
20	0,34	0,36	2,54	0,24	0,14	0,11	10
21	0,35	0,36	2,5	0,25	0,14	0,11	10
22	0,37	0,39	2,52	0,29	0,16	0,13	12
23	0,18	0,21	2,51	0,08	0,04	0,03	3
24	0,37	0,38	2,51	0,28	0,13	0,15	14
25	0,33	0,34	2,52	0,22	0,13	0,10	9
26	0,29	0,3	2,51	0,17	0,10	0,07	4
27	0,23	0,25	2,5	0,11	0,06	0,05	4
28	0,3	0,32	2,53	0,19	0,10	0,09	5
29	0,31	0,33	2,51	0,20	0,12	0,09	5
30	0,28	0,31	2,51	0,17	0,10	0,07	4
31	0,39	0,4	2,52	0,31	0,18	0,13	12
32	0,27	0,28	2,52	0,15	0,08	0,07	4
33	0,36	0,38	2,51	0,27	0,15	0,12	12
34	0,37	0,37	2,53	0,27	0,14	0,13	12
35	0,28	0,29	2,5	0,16	0,09	0,07	4
36	0,27	0,28	2,53	0,15	0,08	0,07	4

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
37	0,3	0,31	2,52	0,18	0,09	0,09	5
38	0,19	0,21	2,52	0,08	0,04	0,04	4
39	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
40	0,34	0,37	2,520	0,25	0,15	0,10	10
41	0,18	0,20	2,54	0,07	0,04	0,03	3
42	0,32	0,35	2,53	0,22	0,12	0,11	6
43	0,28	0,30	2,52	0,17	0,09	0,07	4
44	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
45	0,23	0,25	2,53	0,11	0,06	0,06	4
46	0,34	0,35	2,53	0,24	0,13	0,11	10
47	0,23	0,25	2,52	0,11	0,06	0,05	4
48	0,21	0,23	2,51	0,10	0,05	0,04	3
49	0,39	0,42	2,52	0,33	0,18	0,15	14
50	0,36	0,37	2,4	0,25	0,15	0,10	10
51	0,34	0,36	2,51	0,24	0,14	0,11	10
52	0,33	0,35	2,52	0,23	0,13	0,10	10
53	0,19	0,21	2,52	0,08	0,05	0,03	3
54	0,28	0,29	2,5	0,16	0,09	0,07	4
55	0,23	0,23	2,52	0,10	0,06	0,04	3
56	0,19	0,21	2,51	0,08	0,05	0,03	3
57	0,24	0,26	2,54	0,12	0,07	0,06	4
58	0,34	0,36	2,53	0,24	0,13	0,11	10
59	0,33	0,35	2,52	0,23	0,12	0,11	10
60	0,28	0,3	2,52	0,17	0,10	0,07	4
61	0,33	0,35	2,53	0,23	0,12	0,11	10
62	0,3	0,33	2,51	0,20	0,11	0,09	5
63	0,19	0,21	2,51	0,08	0,04	0,04	4
64	0,28	0,29	2,53	0,16	0,09	0,07	4
65	0,36	0,38	2,54	0,27	0,16	0,11	10
66	0,18	0,19	2,53	0,07	0,04	0,03	3
67	0,31	0,33	2,53	0,20	0,11	0,09	5
68	0,25	0,27	2,53	0,13	0,08	0,06	4
69	0,18	0,21	2,51	0,08	0,04	0,03	3
70	0,2	0,2	2,53	0,08	0,05	0,03	3
71	0,24	0,26	2,52	0,12	0,07	0,06	4
72	0,29	0,3	2,52	0,17	0,10	0,07	4
73	0,19	0,22	2,53	0,08	0,04	0,04	4
74	0,28	0,31	2,53	0,17	0,10	0,07	4
75	0,23	0,24	2,53	0,11	0,05	0,06	4

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
76	0,27	0,3	2,52	0,16	0,09	0,07	4
77	0,31	0,34	2,52	0,21	0,12	0,09	5
78	0,19	0,21	2,53	0,08	0,04	0,04	4
79	0,24	0,25	2,55	0,12	0,06	0,06	4
80	0,24	0,25	2,53	0,12	0,06	0,06	4
81	0,18	0,21	2,52	0,08	0,04	0,03	3
82	0,28	0,29	2,51	0,16	0,09	0,07	4
83	0,35	0,37	2,54	0,26	0,14	0,11	10
84	0,29	0,32	2,51	0,18	0,09	0,09	4
85	0,19	0,22	2,51	0,08	0,04	0,04	4
86	0,34	0,35	2,52	0,24	0,13	0,11	10
87	0,28	0,32	2,51	0,18	0,09	0,09	5
88	0,37	0,38	2,53	0,28	0,15	0,13	12
89	0,18	0,2	2,53	0,07	0,04	0,03	3
90	0,27	0,29	2,53	0,16	0,08	0,07	4
91	0,35	0,38	2,52	0,26	0,16	0,10	10
92	0,28	0,31	2,54	0,17	0,10	0,07	4
93	0,19	0,2	2,51	0,08	0,04	0,03	3
94	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
95	0,19	0,23	2,53	0,09	0,05	0,04	4
96	0,29	0,34	2,53	0,20	0,11	0,09	5
97	0,35	0,36	2,5	0,25	0,14	0,11	10
98	0,28	0,32	2,52	0,18	0,09	0,09	5
99	0,24	0,28	2,51	0,13	0,08	0,06	4
100	0,19	0,23	2,51	0,09	0,05	0,04	4
101	0,36	0,39	2,53	0,28	0,15	0,13	12
102	0,27	0,29	2,51	0,15	0,09	0,07	4
103	0,29	0,32	2,53	0,19	0,09	0,09	5
104	0,29	0,32	2,52	0,18	0,11	0,07	4
105	0,19	0,22	2,51	0,08	0,05	0,03	3
106	0,22	0,24	2,53	0,11	0,06	0,04	3
107	0,29	0,31	2,52	0,18	0,11	0,07	8
108	0,36	0,38	2,54	0,27	0,16	0,11	10
109	0,18	0,2	2,54	0,07	0,04	0,03	3
110	0,34	0,36	2,52	0,24	0,13	0,11	10
111	0,27	0,3	2,53	0,16	0,09	0,07	4
112	0,19	0,23	2,53	0,09	0,05	0,04	4

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
113	0,36	0,39	2,52	0,28	0,15	0,13	12
114	0,19	0,23	2,530	0,09	0,04	0,04	4
115	0,36	0,39	2,54	0,28	0,16	0,13	12
116	0,22	0,24	2,55	0,11	0,05	0,05	4
117	0,32	0,34	2,52	0,22	0,11	0,10	10
118	0,38	0,42	2,54	0,32	0,17	0,15	14
119	0,19	0,22	2,53	0,08	0,04	0,04	4
120	0,29	0,31	2,52	0,18	0,11	0,07	4
121	0,28	0,31	2,51	0,17	0,10	0,07	4
122	0,38	0,42	2,53	0,32	0,19	0,13	12
123	0,34	0,36	2,53	0,24	0,14	0,10	10
124	0,25	0,27	2,52	0,13	0,07	0,06	4
125	0,34	0,36	2,54	0,24	0,13	0,11	10
126	0,19	0,21	2,53	0,08	0,04	0,04	4
127	0,38	0,4	2,52	0,30	0,17	0,13	12
128	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
129	0,18	0,19	2,52	0,07	0,03	0,03	3
130	0,19	0,22	2,52	0,08	0,05	0,03	2
131	0,27	0,31	2,52	0,17	0,09	0,08	5
132	0,38	0,42	2,54	0,32	0,16	0,16	4
133	0,3	0,33	2,52	0,20	0,11	0,08	5
134	0,36	0,38	2,54	0,27	0,16	0,11	4
135	0,34	0,37	2,53	0,25	0,14	0,11	10
136	0,33	0,35	2,51	0,23	0,12	0,11	6
137	0,23	0,22	2,54	0,10	0,06	0,04	3
138	0,38	0,4	2,52	0,30	0,17	0,13	12
139	0,24	0,26	2,51	0,12	0,07	0,06	4
140	0,27	0,3	2,52	0,16	0,09	0,07	4
141	0,38	0,41	2,53	0,31	0,18	0,13	12
142	0,28	0,32	2,52	0,18	0,09	0,09	5
143	0,22	0,24	2,52	0,10	0,06	0,04	3
144	0,19	0,22	2,53	0,08	0,04	0,04	4
145	0,39	0,41	2,53	0,32	0,19	0,13	12
146	0,37	0,39	2,52	0,29	0,16	0,13	12
147	0,27	0,29	2,51	0,15	0,08	0,07	4
148	0,21	0,23	2,52	0,10	0,05	0,04	3
149	0,28	0,31	2,53	0,17	0,12	0,05	3
150	0,18	0,21	2,53	0,08	0,04	0,03	3

## Anexo # 3. Datos validos junio 2013

Nro. Troza	d (m)	D (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Merma (m <sup>3</sup> )	Aprovechamiento (m <sup>3</sup> )	Nro. tablas
151	0,28	0,30	2,53	0,17	0,10	0,07	4
152	0,28	0,31	2,53	0,17	0,10	0,07	4
153	0,17	0,19	2,53	0,06	0,03	0,03	3
154	0,34	0,36	2,51	0,24	0,14	0,10	10
155	0,23	0,25	2,52	0,11	0,06	0,05	4
156	0,28	0,31	2,52	0,17	0,10	0,07	4
157	0,33	0,35	2,52	0,23	0,12	0,11	10
158	0,21	0,23	2,53	0,10	0,05	0,05	3
159	0,19	0,22	2,53	0,08	0,05	0,03	3
160	0,3	0,31	2,51	0,18	0,11	0,07	4
161	0,23	0,25	2,53	0,11	0,06	0,05	4
162	0,32	0,35	2,52	0,22	0,11	0,11	10
163	0,36	0,38	2,51	0,27	0,16	0,11	10
164	0,18	0,2	2,54	0,07	0,04	0,03	3
165	0,23	0,26	2,54	0,12	0,06	0,06	4
166	0,19	0,2	2,53	0,08	0,04	0,04	3
167	0,28	0,30	2,54	0,17	0,10	0,07	4
168	0,38	0,41	2,51	0,31	0,18	0,13	12
169	0,34	0,36	2,53	0,24	0,13	0,11	10
170	0,33	0,36	2,54	0,24	0,13	0,11	10
171	0,19	0,21	2,52	0,08	0,05	0,03	3
172	0,31	0,32	2,53	0,20	0,11	0,09	5
173	0,33	0,35	2,52	0,23	0,12	0,11	10
174	0,23	0,24	2,54	0,11	0,05	0,06	4
175	0,24	0,25	2,55	0,12	0,06	0,06	4
176	0,27	0,23	2,51	0,12	0,07	0,05	3
177	0,36	0,39	2,53	0,28	0,17	0,11	10
178	0,27	0,3	2,52	0,16	0,09	0,07	4
179	0,19	0,2	2,52	0,08	0,04	0,04	3
180	0,35	0,36	2,5	0,25	0,14	0,11	10
181	0,28	0,3	2,52	0,17	0,10	0,07	4
182	0,24	0,28	2,51	0,13	0,08	0,05	4
183	0,19	0,2	2,51	0,08	0,04	0,04	3
184	0,19	0,21	2,53	0,08	0,04	0,04	4
185	0,38	0,4	2,52	0,30	0,17	0,13	12
186	0,35	0,37	2,53	0,26	0,13	0,13	12
187	0,19	0,22	2,52	0,08	0,05	0,03	3

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
188	0,28	0,31	2,52	0,17	0,10	0,07	4
189	0,23	0,24	2,53	0,11	0,06	0,05	3
190	0,28	0,31	2,51	0,17	0,10	0,07	4
191	0,21	0,24	2,55	0,10	0,06	0,04	3
192	0,19	0,2	2,51	0,08	0,04	0,04	3
193	0,27	0,29	2,51	0,15	0,08	0,07	4
194	0,24	0,25	2,55	0,12	0,06	0,06	4
195	0,21	0,23	2,52	0,10	0,05	0,05	3
196	0,28	0,31	2,51	0,17	0,10	0,07	4
197	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
198	0,29	0,31	2,54	0,18	0,11	0,07	4
199	0,35	0,36	2,51	0,25	0,14	0,11	10
200	0,24	0,28	2,53	0,14	0,08	0,06	4
201	0,19	0,2	2,54	0,08	0,04	0,04	3
202	0,36	0,39	2,53	0,28	0,17	0,11	10
203	0,34	0,37	2,51	0,25	0,14	0,11	10
204	0,27	0,29	2,51	0,15	0,08	0,07	4
205	0,19	0,22	2,51	0,08	0,05	0,03	3
206	0,27	0,31	2,51	0,17	0,09	0,08	4
207	0,35	0,36	2,53	0,25	0,14	0,11	10
208	0,38	0,42	2,51	0,32	0,17	0,15	14
209	0,19	0,22	2,52	0,08	0,05	0,03	3
210	0,38	0,42	2,53	0,32	0,19	0,13	12
211	0,25	0,27	2,52	0,13	0,08	0,05	4
212	0,36	0,38	2,55	0,27	0,16	0,11	10
213	0,19	0,22	2,53	0,08	0,04	0,04	4
214	0,36	0,4	2,51	0,29	0,15	0,14	12
215	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
216	0,18	0,2	2,51	0,07	0,04	0,03	3
217	0,19	0,22	2,52	0,08	0,05	0,03	3
218	0,31	0,33	2,51	0,20	0,11	0,09	5
219	0,36	0,38	2,54	0,27	0,14	0,13	12
220	0,33	0,34	2,51	0,22	0,13	0,09	8
221	0,33	0,35	2,52	0,23	0,12	0,11	10
222	0,38	0,4	2,51	0,30	0,17	0,13	12
223	0,23	0,25	2,52	0,11	0,05	0,06	4
224	0,27	0,3	2,52	0,16	0,09	0,07	4
225	0,36	0,38	2,51	0,27	0,15	0,12	12
226	0,34	0,36	2,51	0,24	0,13	0,11	10

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
227	0,19	0,22	2,52	0,08	0,05	0,03	3
228	0,19	0,21	2,51	0,08	0,05	0,03	3
229	0,35	0,38	2,53	0,27	0,15	0,12	10
230	0,23	0,25	2,52	0,11	0,06	0,05	4
231	0,18	0,21	2,52	0,08	0,04	0,04	3
232	0,36	0,38	2,53	0,27	0,16	0,11	10
233	0,3	0,32	2,51	0,19	0,10	0,09	5
234	0,21	0,23	2,54	0,10	0,05	0,05	3
235	0,24	0,26	2,52	0,12	0,07	0,05	4
236	0,24	0,26	2,54	0,12	0,06	0,06	4
237	0,33	0,34	2,53	0,22	0,11	0,11	10
238	0,19	0,21	2,53	0,08	0,05	0,03	3
239	0,29	0,3	2,53	0,17	0,08	0,09	5
240	0,22	0,23	2,53	0,10	0,06	0,04	3
241	0,34	0,35	2,54	0,24	0,13	0,11	10
242	0,29	0,31	2,53	0,18	0,09	0,09	5
243	0,23	0,24	2,52	0,11	0,05	0,06	4
244	0,35	0,38	2,51	0,26	0,15	0,11	10
245	0,28	0,29	2,54	0,16	0,09	0,07	4
246	0,22	0,24	2,52	0,10	0,06	0,04	3
247	0,27	0,29	2,51	0,15	0,08	0,07	4
248	0,28	0,31	2,52	0,17	0,10	0,07	4
249	0,19	0,2	2,52	0,08	0,04	0,04	3
250	0,35	0,36	2,52	0,25	0,14	0,11	10
251	0,19	0,2	2,53	0,08	0,04	0,04	3
252	0,29	0,3	2,53	0,17	0,10	0,07	4
253	0,38	0,39	2,52	0,29	0,16	0,13	12
254	0,24	0,26	2,52	0,12	0,06	0,06	4
255	0,31	0,32	2,51	0,20	0,10	0,10	5
256	0,38	0,41	2,53	0,31	0,18	0,13	12
257	0,27	0,31	2,52	0,17	0,1	0,07	4
258	0,19	0,19	2,55	0,07	0,04	0,03	3
259	0,24	0,26	2,52	0,12	0,07	0,06	4
260	0,31	0,33	2,53	0,20	0,11	0,09	5
261	0,19	0,22	2,53	0,08	0,04	0,04	4
262	0,37	0,39	2,53	0,29	0,17	0,12	10
263	0,35	0,38	2,52	0,26	0,16	0,11	10
264	0,28	0,31	2,54	0,17	0,10	0,07	4
265	0,28	0,3	2,53	0,17	0,08	0,09	5

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
266	0,36	0,39	2,52	0,28	0,15	0,13	12
267	0,19	0,22	2,51	0,08	0,05	0,03	3
268	0,22	0,25	2,55	0,11	0,06	0,06	4
269	0,38	0,42	2,54	0,32	0,17	0,15	14
270	0,19	0,22	2,53	0,08	0,05	0,03	3
271	0,29	0,31	2,52	0,18	0,11	0,07	4
272	0,38	0,4	2,52	0,30	0,15	0,15	14
273	0,18	0,19	2,52	0,07	0,03	0,03	3
274	0,38	0,41	2,51	0,31	0,15	0,15	14
275	0,33	0,35	2,53	0,23	0,12	0,11	10
276	0,33	0,35	2,51	0,23	0,12	0,11	
277	0,38	0,4	2,52	0,30	0,17	0,13	12
278	0,22	0,24	2,54	0,11	0,06	0,05	3
279	0,22	0,23	2,52	0,10	0,06	0,04	3
280	0,38	0,41	2,53	0,31	0,18	0,13	12
281	0,39	0,41	2,53	0,32	0,19	0,13	12
282	0,37	0,38	2,53	0,28	0,17	0,11	10
283	0,27	0,29	2,52	0,16	0,08	0,07	4
284	0,28	0,31	2,53	0,17	0,10	0,08	4
285	0,31	0,32	2,51	0,20	0,10	0,09	5
286	0,36	0,39	2,52	0,28	0,15	0,13	12
287	0,33	0,35	2,51	0,23	0,13	0,10	10
288	0,33	0,34	2,54	0,22	0,13	0,09	5
289	0,36	0,38	2,51	0,27	0,15	0,12	12
290	0,24	0,27	2,54	0,13	0,07	0,06	4
291	0,24	0,25	2,53	0,12	0,06	0,06	4
292	0,23	0,25	2,53	0,11	0,06	0,06	4
293	0,27	0,29	2,53	0,16	0,08	0,07	3
294	0,27	0,30	2,52	0,16	0,09	0,07	4
295	0,23	0,25	2,53	0,11	0,06	0,06	4
296	0,19	0,2	2,54	0,08	0,04	0,04	3
297	0,24	0,26	2,51	0,12	0,07	0,06	4
298	0,36	0,39	2,52	0,28	0,15	0,13	12
299	0,28	0,3	2,52	0,17	0,10	0,07	4
300	0,28	0,29	2,51	0,16	0,09	0,07	4
301	0,38	0,42	2,53	0,32	0,19	0,13	12
302	0,37	0,39	2,52	0,29	0,15	0,13	12
303	0,37	0,38	2,53	0,28	0,17	0,11	10
304	0,18	0,22	2,51	0,08	0,05	0,03	3

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
305	0,29	0,31	2,52	0,18	0,09	0,09	5
306	0,33	0,34	2,53	0,22	0,11	0,11	10
307	0,35	0,37	2,52	0,26	0,15	0,11	10
308	0,19	0,22	2,52	0,08	0,04	0,04	4
309	0,18	0,2	2,51	0,07	0,04	0,03	3
310	0,19	0,21	2,51	0,08	0,05	0,03	3
311	0,21	0,22	2,52	0,09	0,05	0,04	4
312	0,28	0,30	2,52	0,17	0,09	0,07	4
313	0,27	0,30	2,52	0,16	0,09	0,07	4
314	0,18	0,21	2,51	0,08	0,04	0,03	3
315	0,29	0,33	2,52	0,19	0,10	0,09	5
316	0,24	0,29	2,52	0,14	0,08	0,06	4
317	0,28	0,3	2,53	0,17	0,10	0,07	4
318	0,18	0,2	2,51	0,07	0,04	0,03	3
319	0,35	0,37	2,51	0,26	0,15	0,11	10
320	0,18	0,2	2,51	0,07	0,04	0,03	3
321	0,35	0,37	2,52	0,26	0,15	0,11	10
322	0,24	0,27	2,52	0,13	0,07	0,06	4
323	0,38	0,42	2,54	0,32	0,17	0,15	14
324	0,34	0,36	2,51	0,24	0,13	0,11	10
325	0,32	0,33	2,52	0,21	0,12	0,09	8
326	0,28	0,29	2,51	0,16	0,09	0,07	5
327	0,36	0,38	2,54	0,27	0,14	0,13	12
328	0,34	0,35	2,51	0,23	0,13	0,11	6

## Anexo # 4. Datos validos julio 2013.

Nro. Troza	d (m)	D (m)	Largo (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Merma (m <sup>3</sup> )	Aprovechamiento (m <sup>3</sup> )	Nro. tablas
329	0,17	0,18	2,51	0,06	0,03	0,03	3
330	0,34	0,35	2,52	0,24	0,12	0,11	10
331	0,38	0,41	2,53	0,31	0,18	0,13	12
332	0,21	0,23	2,53	0,10	0,07	0,03	3
333	0,19	0,2	2,51	0,08	0,05	0,02	3
334	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
335	0,34	0,36	2,53	0,24	0,12	0,13	12
336	0,27	0,28	2,51	0,15	0,08	0,07	4
337	0,19	0,21	2,52	0,08	0,05	0,03	3
338	0,27	0,28	2,51	0,15	0,08	0,07	4
339	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
340	0,19	0,22	2,52	0,08	0,04	0,04	4
341	0,38	0,42	2,53	0,32	0,17	0,15	14
342	0,31	0,33	2,52	0,20	0,12	0,08	5
343	0,19	0,22	2,5	0,08	0,04	0,04	4
344	0,35	0,37	2,53	0,26	0,15	0,11	10
345	0,24	0,26	2,53	0,12	0,07	0,06	4
346	0,38	0,41	2,52	0,31	0,18	0,13	12
347	0,21	0,22	2,52	0,09	0,05	0,05	3
348	0,27	0,28	2,51	0,15	0,08	0,07	4
349	0,28	0,3	2,52	0,17	0,09	0,07	4
350	0,18	0,19	2,53	0,07	0,03	0,03	3
351	0,19	0,20	2,55	0,08	0,04	0,04	4
352	0,28	0,29	2,54	0,16	0,09	0,07	4
353	0,24	0,26	2,51	0,12	0,07	0,05	4
354	0,32	0,33	2,5	0,21	0,12	0,09	5
355	0,33	0,34	2,52	0,22	0,12	0,11	6
356	0,22	0,23	2,5	0,10	0,06	0,04	3
357	0,33	0,34	2,52	0,22	0,11	0,11	10
358	0,23	0,24	2,5	0,11	0,05	0,06	4
359	0,36	0,38	2,51	0,27	0,15	0,12	12
360	0,21	0,23	2,54	0,10	0,05	0,04	3
361	0,34	0,36	2,52	0,24	0,13	0,11	10
362	0,23	0,25	2,5	0,11	0,06	0,06	4
363	0,36	0,37	2,51	0,26	0,13	0,13	12
364	0,17	0,20	2,51	0,07	0,04	0,03	3
365	0,28	0,32	2,52	0,18	0,09	0,09	5

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
366	0,24	0,28	2,51	0,13	0,08	0,06	4
367	0,18	0,2	2,51	0,07	0,04	0,03	3
368	0,36	0,39	2,53	0,28	0,15	0,13	12
369	0,19	0,21	2,52	0,08	0,05	0,03	3
370	0,27	0,3	2,54	0,16	0,09	0,07	4
371	0,38	0,41	2,53	0,31	0,18	0,13	12
372	0,39	0,41	2,54	0,32	0,19	0,13	12
373	0,34	0,35	2,52	0,24	0,13	0,11	10
374	0,21	0,23	2,52	0,10	0,05	0,04	3
375	0,27	0,29	2,51	0,15	0,08	0,07	4
376	0,18	0,22	2,51	0,08	0,05	0,03	3
377	0,26	0,22	2,53	0,11	0,05	0,06	4
378	0,24	0,25	2,51	0,12	0,06	0,06	4
379	0,24	0,26	2,51	0,12	0,07	0,06	4
380	0,34	0,36	2,52	0,24	0,13	0,11	10
381	0,24	0,27	2,51	0,13	0,07	0,06	4
382	0,28	0,31	2,51	0,17	0,10	0,07	4
383	0,33	0,35	2,52	0,23	0,12	0,11	6
384	0,33	0,34	2,52	0,22	0,11	0,11	10
385	0,3	0,31	2,52	0,18	0,09	0,09	5
386	0,23	0,25	2,51	0,11	0,06	0,06	4
387	0,36	0,38	2,52	0,27	0,15	0,13	12
388	0,22	0,23	2,51	0,10	0,06	0,04	3
389	0,37	0,40	2,54	0,29	0,14	0,15	14
390	0,19	0,19	2,53	0,07	0,04	0,03	3
391	0,30	0,28	2,54	0,17	0,10	0,07	4
392	0,24	0,26	2,54	0,12	0,07	0,06	4
393	0,34	0,35	2,52	0,24	0,13	0,11	10
394	0,19	0,21	2,51	0,08	0,04	0,04	4
395	0,31	0,33	2,53	0,20	0,11	0,09	5
396	0,17	0,18	2,53	0,06	0,03	0,03	3
397	0,23	0,24	2,52	0,11	0,06	0,05	4
398	0,19	0,21	2,51	0,08	0,04	0,04	4
399	0,22	0,23	2,52	0,10	0,06	0,04	3
400	0,19	0,2	2,51	0,08	0,04	0,03	3
401	0,33	0,34	2,52	0,22	0,13	0,09	8
402	0,38	0,4	2,51	0,30	0,17	0,13	12
403	0,24	0,26	2,51	0,12	0,06	0,06	4
404	0,33	0,34	2,52	0,22	0,11	0,11	10

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
405	0,36	0,37	2,52	0,26	0,16	0,11	10
406	0,24	0,25	2,54	0,12	0,06	0,06	4
407	0,33	0,34	2,52	0,22	0,11	0,11	10
408	0,34	0,35	2,52	0,24	0,13	0,11	10
409	0,22	0,23	2,53	0,10	0,06	0,04	3
410	0,35	0,38	2,52	0,26	0,16	0,11	10
411	0,28	0,29	2,54	0,16	0,09	0,07	4
412	0,24	0,26	2,51	0,12	0,06	0,06	4
413	0,29	0,31	2,53	0,18	0,09	0,09	5
414	0,34	0,36	2,51	0,24	0,13	0,11	10
415	0,28	0,29	2,52	0,16	0,09	0,07	4
416	0,24	0,25	2,51	0,12	0,06	0,06	4
417	0,19	0,2	2,51	0,08	0,04	0,03	3
418	0,27	0,3	2,53	0,16	0,09	0,07	4
419	0,35	0,37	2,54	0,26	0,15	0,11	10
420	0,34	0,36	2,53	0,24	0,14	0,11	10
421	0,19	0,22	2,52	0,08	0,05	0,03	3
422	0,27	0,3	2,52	0,16	0,08	0,08	5
423	0,33	0,34	2,53	0,22	0,13	0,09	8
424	0,38	0,4	2,52	0,30	0,17	0,13	12
425	0,22	0,24	2,54	0,11	0,06	0,04	3
426	0,2	0,22	2,52	0,09	0,04	0,04	4
427	0,27	0,3	2,52	0,16	0,09	0,07	4
428	0,39	0,41	2,54	0,32	0,19	0,13	12
429	0,21	0,23	2,52	0,10	0,05	0,04	3
430	0,27	0,28	2,51	0,15	0,08	0,07	4
431	0,18	0,21	2,54	0,08	0,04	0,03	3
432	0,31	0,33	2,53	0,20	0,11	0,09	5
433	0,18	0,19	2,53	0,07	0,03	0,03	3
434	0,36	0,37	2,51	0,26	0,15	0,11	10
435	0,21	0,23	2,54	0,10	0,07	0,03	2
436	0,27	0,28	2,52	0,15	0,08	0,07	4
437	0,31	0,33	2,51	0,20	0,10	0,10	6
438	0,28	0,29	2,52	0,16	0,09	0,07	4
439	0,27	0,28	2,53	0,15	0,08	0,07	4
440	0,23	0,24	2,52	0,11	0,05	0,06	4
441	0,27	0,29	2,52	0,16	0,09	0,07	4
442	0,28	0,31	2,52	0,17	0,10	0,07	4
443	0,19	0,23	2,51	0,09	0,06	0,03	3

<b>Nro. Troza</b>	<b>d (m)</b>	<b>D (m)</b>	<b>Largo (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Merma (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Aprovechamiento (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Nro. tablas</b>
444	0,19	0,22	2,52	0,08	0,05	0,03	3
445	0,27	0,29	2,52	0,16	0,08	0,07	4
446	0,19	0,21	2,510	0,079	0,05	0,03	3
447	0,36	0,39	2,53	0,28	0,17	0,11	10
448	0,19	0,21	2,53	0,08	0,05	0,03	3
449	0,38	0,41	2,51	0,31	0,16	0,15	14
450	0,25	0,27	2,52	0,13	0,07	0,06	4
451	0,34	0,36	2,55	0,25	0,13	0,11	10
452	0,38	0,4	2,53	0,30	0,17	0,13	12
453	0,35	0,37	2,51	0,26	0,15	0,11	10
454	0,19	0,22	2,52	0,08	0,04	0,04	4
455	0,27	0,31	2,53	0,17	0,10	0,07	4
456	0,33	0,35	2,53	0,23	0,12	0,11	10
457	0,23	0,24	2,54	0,11	0,05	0,06	4
458	0,38	0,4	2,52	0,30	0,17	0,13	12
459	0,24	0,26	2,51	0,12	0,07	0,06	4
460	0,19	0,21	2,52	0,08	0,05	0,03	3
461	0,27	0,3	2,51	0,16	0,09	0,07	4
462	0,38	0,41	2,52	0,31	0,18	0,13	12
463	0,39	0,41	2,51	0,32	0,19	0,13	12
464	0,38	0,39	2,53	0,29	0,16	0,13	12
465	0,18	0,19	2,51	0,07	0,04	0,03	3
466	0,21	0,23	2,52	0,10	0,05	0,04	3
467	0,27	0,29	2,51	0,15	0,08	0,07	4
468	0,22	0,23	2,52	0,10	0,06	0,04	3
469	0,18	0,21	2,52	0,08	0,04	0,03	3
470	0,2	0,2	2,52	0,08	0,05	0,03	3
471	0,23	0,24	2,53	0,11	0,05	0,06	4
472	0,34	0,36	2,53	0,24	0,13	0,11	10