



Universidad de Pinar del Río
“Hermanos Saíz Montes de Oca”
Facultad de Forestal y Agronomía



Tesis en opción al Título Académico de Master en Ciencias Forestales. Mención Aprovechamiento Forestal.

Título: Evaluación de los indicadores de productividad de la línea de corte de trozas de grandes dimensiones de *Pinus caribaea* var *caribaea* en el Aserrío Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).

Autor: Ing. Frank Ernesto González Cabrera.

2013
“Año 55 de la Revolución”



Universidad de Pinar del Río
"Hermanos Saiz Montes de Oca"
Facultad de Forestal y Agronomía



**Tesis presentada en opción al título académico de
Máster en Ciencias Forestales**

Mención Aprovechamiento Forestal

Título: Evaluación de los indicadores de productividad de la línea de corte de trozas de grandes dimensiones de *Pinus caribaea* var *caribaea* en el Aserrió Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).

Autor: Ing. Frank Ernesto González Cabrera.

Tutor: Ms C. Andrés Díaz Pita.

2013
"Año 55 de la Revolución"

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

CUMPLIMIENTO DE LA RESOLUCIÓN RECTORAL No. 17/98

Se declara que soy el único autor de este trabajo y los resultados que se exponen en el mismo se han alcanzado como consecuencia de la faena realizada por el autor, respaldado por la Universidad de Pinar del Río en la persona del Tutor. Por tanto, los resultados y las aplicaciones que pudieran derivarse son propiedad intelectual del Tutor y de forma conjunta con la Universidad de Pinar del Río como institución docente del Estado Cubano, la que está autorizada para recibir los beneficios que se deriven de la posible utilización de los resultados que aquí se exponen.

Para que así conste firmo la presente a los 18 días del mes de Junio del año 2013.

Autor: Frank Ernesto González Cabrera. **Tutor:** Ms.C Andrés Loreto Díaz Pita

PENSAMIENTO

"Contemplar la magia de la naturaleza, es sembrar en el alma lo especial de la vida..."

José Martí



DEDICATORIA

El resultado de este trabajo, en el cual está puesto todo mi empeño y sacrificio, quiero dedicarlo de forma especial:

- A mi querida Esposa, por entenderme en todos los momentos de mi vida.
- A mi pequeña hija, Rocío que me inspira día a día a seguir luchando por un Mundo Mejor.
- A mis madre, Hilda Cabrera, que siempre me guío por el camino correcto y quiso lo mejor de mí.
- A mis abuelos que me enseñaron el Camino a seguir con su dedicación y esfuerzo a través de mi crianza.
- A mis hermanos.
- A mi familia.
- A todos los profesores que de una forma u otra han colaborado para que esto se convierta en realidad.
- A la Dirección de la Empresa que me han apoyado en todo lo que he necesitado para materializar este objetivo.
- A todo aquel que de una forma u otra ha colaborado para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Toda obra humana por muy humilde que sea necesita el curso de varios, jamás el hombre alcanzó la meta por sí solo, siempre fue de alguna manera asistido en el empeño, y si algo lo enaltece es la gratitud.

Con gran afecto y cariño agradezco a todas las personas que dieron un gran aporte para desarrollar este trabajo.

Primeramente agradezco a la Revolución cubana y nuestro invicto comandante en Jefe, Fidel Castro Ruz por haber consolidado la maravillosa idea de llevar las Universidades a todos los hijos de este pueblo.

A mis familiares y a mis hijos

Agradezco de forma incondicional al esfuerzo realizado por mi tutor, el Ms.C Andrés Loreto Díaz Pita profesor asistente de la Universidad de Pinar del Río, por su enseñanza, esfuerzo, ejemplo y dominio en esta especialidad.

A los Consejos de Dirección de la Empresa y del Aserrío Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas), a todos los trabajadores por haberme dado la oportunidad de hacer este trabajo y en particular a los del aserrío

A todos, gracias.

RESUMEN

En la actualidad los procesos de transformación primaria de la madera de *Pinus caribaea* var *caribaea* en los aserraderos se caracterizan por presentar una eficiencia por debajo de los parámetros establecidos; lo cual unido a la baja productividad de las máquinas que intervienen en el proceso tecnológico de aserrado; provoca un uso inadecuado de la madera como materia prima, incrementando las pérdidas en las actividades de aprovechamiento forestal relacionados con la cadena productiva bosque-industria y que la presente investigación tiene como objetivo desarrollar una metodología para la evaluación de los indicadores de productividad en la línea de grandes dimensiones de *Pinus caribaea* var *caribaea*, a partir del cronometraje del tiempo de trabajo dentro del proceso productivo, para de esta forma elevar los niveles de rendimiento de madera y la calidad de la madera aserrada de pinos mediante el uso de una adecuada metodología que evalué los principales indicadores de las máquinas para así incrementar la calidad de la madera aserrada a partir del análisis de los diferentes indicadores de productividad de m^3 por hora, rendimiento en m^3 de madera en bolo y aserrada y coeficientes de aprovechamiento del tiempo dentro de la jornada laboral, lo que dio como resultado que la $W_{\text{exp/h}}$ de tiempo explotativo de la máquina fue de 7.59; el rendimiento en m^3 de madera en bolo y madera aserrada fue de 63.23 y 32.25 respectivamente y el coeficiente de aprovechamiento del tiempo es de 0.30. Además la calidad de madera aserrada de forma general es del 64 % de calidad A en el día ocho.

Palabras clave: Industria, productividad de m^3 por hora, rendimiento en m^3 de madera en bolo y aserrada, coeficientes de aprovechamiento del tiempo.

SUMMARY

At the present time the processes of primary transformation of the wood of *Pinus caribaea* var *caribaea* in the sawmills are characterized to present an efficiency below the established parameters; that which together to the drop productivity of the machines that you/they intervene in the technological process of having sawed; it causes an inadequate use of the wood like matter prevails, increasing the losses in the activities of forest use related with the chain productive forest-industry and that the present investigation has as objective to develop a methodology for the evaluation of the indicators of productivity in the line of big dimensions of *Pinus caribaea* var *caribaea*, a to leave of the timing of the time of work inside the productive process, for this way to elevate the levels of wooden yield and the quality of the sawed wood of pines by means of the use of an appropriate methodology that I evaluated the main indicators of the machines stops this way to increase the quality of the wood sawed starting from the analysis of the deferential indicators of m³ productivity per hour, yield in wooden m³ in skittle and sawed and coefficients of use of the time inside the labor day, what gave as a result that the $W_{exp/h}$ of time explotativo of the machine was of 7.59; the yield in wooden m³ in skittle and sawed wood was respectively of 63.23 and 32.25 and the coefficient of use of the time is of 0.30. the sawed wooden quality in a general way is Also of 64% of quality TO in the day eight.

Words key: Industry, m³ productivity per hour, yield in wooden m³ in skittle and sawed, coefficients of use of the time.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULOS Y EPIGRAFES	No. Pág.
Capítulo .I. INTRODUCCIÓN.	1
Capítulo .II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA.	6
2.1. Generalidades del género <i>Pinus</i> .	6
2.1.1. Distribución geográfica en la Provincia de pinar del Río.	6
2.2. Importancia económica y ambiental.	7
2.2.1. La madera	7
2.2.2. Características de la madera	9
2.2.3. Utilización de la madera	12
2.3. Industria del Aserrío	13
2.3.1. Surgimientos de los aserraderos.	14
2.3.2. Los aserraderos en Cuba	18
2.4. Proceso de aserrado de la madera	19
2.4.1. Clasificación de las trozas	24
2.4.2. Clasificación de madera en bolo	25
2.4.3. Preparación de la materia prima	26
2.4.4. Además, es necesario tener en mente las siguientes consideraciones sobre la madera	28
2.4.5. Recomendaciones sobre aspectos operativos	29
2.5 Calidad de la madera aserrada	30
2.5.1. En la calidad de la madera aserrada influyen directamente	32
2.6. Evaluación tecnológica explotativa de las máquinas que intervienen	36

en el proceso de aserrado:	
CAPITULO III. DESARROLLO.	38
3.1. Ubicación Geográfica.	38
3.2. Para el diagnostico se realizó una encuesta por Método Delfi para Expertos.	39
3.2.1. Diagnóstico de los factores que afectan el rendimiento en el Aserrío “Álvaro Barba Machado”, perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).”	39
3.3. Materiales	40
3.4. Métodos empleados.	40
3.5. Métodos Empíricos:	41
3.6. Metodología tecnológica explotativa de las máquinas agrícolas y forestales.	42
3.6.1. Metodología para la elaboración de los datos del cronometraje.	42
3.6.2. Determinación de los índices de productividad	43
3.6.3. Coeficientes de explotación.	44
3.7. Evaluación de la calidad de la madera aserrada.	45
3.7.1 Rendimiento de la madera aserrada.	45
3.7.2. Calidad de la madera aserrada.	47
3.8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.	48
3.8.1 Resultados del Diagnóstico del aserrío “Álvaro Barba Machado”.	48

3.8.2. Caracterización de la máquina	<i>49</i>
3.8.2.1. Principales afectaciones de la máquina que procesa las trozas de grandes dimensiones y que inciden directamente sobre el cumplimiento de los planes de producción.	<i>49</i>
3.8.2.2. Importancia de la calidad del mantenimiento a la hoja o cinta.	<i>50</i>
3.8.3. Resultados de la encuesta a expertos.	<i>53</i>
3.8.4. Comparación de la metodología propuesta con la metodología planteada por manual de rendimiento.	<i>54</i>
3.8.5 Evaluación de técnica y explotativa de la máquina en la línea de grandes dimensiones.	<i>60</i>
3.8.5.1. Resultados del tiempo de trabajo real de la máquina.	<i>60</i>
3.8.5.2. Análisis de la productividad de la máquina para madera en m ³ /h	<i>61</i>
3.9. Evaluación de la calidad de la madera aserrada.	<i>63</i>
3.9.1. Influencia del diámetro de las trozas y su calidad sobre el la calidad de la madera aserrada.	<i>63</i>
3.10. Análisis del costo de venta de la madera aserrada y su influencia en la productividad de la madera aserrada.	<i>65</i>
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	<i>68</i>
BIBLIOGRAFIA.	<i>70</i>
ANEXOS.	

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

En Cuba, las especies del género *Pinus* tienen un peso fundamental en el plan de fomento forestal para la etapa 1997-2015, estando determinada su preferencia por el rápido crecimiento que presentan y los múltiples usos que tienen sus maderas (MINAG, 1996).

El 46 % de la composición de las especies forestales cubanas actualmente empleadas en la reforestación son coníferas (Marrero et al, 1998). La conífera *Pinus caribaea var. caribaea*, endémica del occidente de Cuba, es una valiosa especie de rápido crecimiento y además por la calidad de su madera para múltiples usos y su plasticidad ecológica representa un patrimonio de incalculable valor forestal.

A pesar del desarrollo alcanzado por el hombre, la madera y especialmente la aserrada, sigue siendo un producto de gran demanda debido a sus características que la hacen insustituible para determinados usos, además de tener un carácter multipropósito y ser obtenida de fuentes de materias primas naturales renovables.

Con el incremento de la población unido al aumento de la demanda de la construcción de vivienda y otras necesidades para el hombre a partir de la madera aserrada, permiten esperar un incremento notable del consumo de madera principalmente aserrada en los próximos años, según las estadísticas de la FAO (1993).

Por tanto aprovechar deficientemente la materia prima que llega a los aserraderos principalmente las trozas y en este caso particular las de *Pinus caribaea var. caribaea*. Atenta contra el rendimiento en volumen de madera aserrada ya que la efectividad del proceso de aserrío (conversión) se expresa comúnmente como el rendimiento obtenido de la troza, es decir, la cantidad de madera aserrada neta respecto del volumen bruto del trozo. Esto está relacionado estrechamente con el tipo de aserrío, pero también influyen el tamaño la curvatura y el diámetro de las trozas.

En los diagnósticos realizados a la industria del aserrío en el país se han detectado que durante el proceso productivo del aserrado de la madera, se trabaja con una baja eficiencia operativa (gran nivel de desperdicio) que afecta los niveles de costos y dificulta la diversificación hacia una línea de productos con mayor valor agregado que la existente en el país. Por otra parte, tal como se verá más adelante, la tecnología de los aserraderos en el país no está en los niveles de la frontera internacional.

Ello significa que la industria del aserrado debería realizar un esfuerzo inversor importante para fabricar productos de mayor aceptación, lo que no parece estar ocurriendo en términos generales.

Por otra parte, el esquema de incentivos a los productores previsto en la ley, no contempla el manejo más adecuado de los bosques para el aserrío. A su vez, el riesgo de costear dicho manejo por parte de los productores forestales podría ser alto en un contexto de falta de dinamismo en la industria del aserrado.

En general, la industria del aserrado en este país cuenta con equipos bastante antiguos, lo cual conlleva a los bajos niveles de producción de madera aserrada, además de problemas relacionados con la calidad de la misma e irregularidades existentes en las infraestructuras y flujos tecnológicos en los establecimientos encargados de producir esta madera aserrada.

La carencia de existencias maderables, el elevado costo de la materia prima lo cual es importante para el presupuesto de los aserraderos, y la baja eficiencia de conversión en las industrias del aserrado en el país, especialmente en establecimientos de sierra principal de banda; suscita la necesidad de tomar medidas organizativas y técnicas relacionadas con el flujo tecnológico de la producción de madera aserrada en dichos establecimientos; para con ellos incrementar la productividad y calidad de la madera aserrada en el caso del *Pinus caribaea*, *Var. Caribaea*, particularmente en el aserrio Alvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas), donde esta especie es la de mayor perspectiva económica. (Amaro. SINFOR, 2002).

El nivel de aprovechamiento de la materia prima en general de un aserradero depende en grado considerable de los métodos utilizados para la elaboración de la madera aserrada. Es importante mencionar que el costo de la materia prima puede sobre pasar el 60 % de los costos de la producción total de los aserraderos si se incluye el costo de transporte (FAO 1989) y por ende si la materia prima se utiliza de forma inadecuada va a influir negativamente en la eficiencia económica del establecimiento de producción de madera aserrada.

Paralelo a esto el procesamiento ineficiente de las trozas aumenta la necesidad de la materia prima y puede conducir al incremento de la tala con posibles afectaciones al medio ambiente (Alvarez, Lazo 2004).

Por lo que deben establecerse planes de corte que tienen entonces una importancia vital sobre la utilización de las trozas, ya que para cada clase diamétrica se determina un diagrama de corte óptimo, según el tipo de producto a obtener. De ellos dependen las pérdidas de madera que se producen en la forma de aserrín, u otros subproductos. Estos planes de corte dependen del tipo de maquinaria y los defectos que presente la materia prima con que cuenta el aserradero. Por lo que una correcta aplicación de estos planes de corte influyen en el rendimiento y eficiencia económica de los establecimientos de producción de madera aserrada.

Se han realizado diferentes estudios entre los que se destacan los de García (1982), Egas (1998), Fosado (1999) y Garofago (2004), relacionados con la determinación de los rendimientos de madera aserrada, teniendo en consideración las características de la madera en bolo y la utilización de la estadística y la programación matemática, pero no tienen en consideración las variables relacionadas con el proceso de aserrado y rendimiento de las maquinas durante el corte de la madera aserrada.

Por lo planteado anteriormente se identifica el siguiente **Problema científico**: El deficiente aprovechamiento de las máquinas en la línea de corte de trozas de grandes dimensiones de *Pinus caribaea* var *caribaea* en el Aserrío Álvaro Barba Machado.

El **Objeto de esta Investigación** es el proceso de aserrado de trozas de *Pinus caribaea var. caribaea* .

El Campo de Acción: El aprovechamiento de la línea de corte de trozas de grandes dimensiones de la especie *Pinus caribaea* Var. *Caribaea*.

Como Aportes de la Tesis se cuentan:

Aporte teórico: A partir del estudio de eficiencia de las máquinas se determina una metodología acorde para este tipo de máquinas.

Aporte práctico: Metodología para la evaluación de los indicadores de productividad en las máquinas que intervienen en el proceso de madera aserrada.

Como Hipótesis de la Investigación se propone:

Si se desarrolla una metodología para la evaluación de los indicadores técnicos y explotativos de la máquina de la línea de grandes dimensiones de madera aserrada, a partir del cronometraje del tiempo, nos permitirá determinar el rendimiento y eficiencia económica en el aprovechamiento de las trozas así como la calidad de la madera aserrada.

Partiendo de lo planteado anteriormente se propone como **Objetivo General:**

Desarrollar una metodología para la evaluación de los indicadores de productividad de la línea de corte de trozas de grandes dimensiones de *Pinus caribaea var caribaea*, a partir del cronometraje del tiempo de trabajo en el proceso productivo.

Objetivos específicos:

1. Diagnosticar el proceso de aserrado en el aserrío Álvaro Barba Machado de la Empresa Forestal Integral (EFI) Minas.
2. Desarrollar una metodología que nos permita la evaluación de la productividad de las máquinas en el proceso de obtención de madera aserrada y la calidad del producto final.
3. Evaluar los diferentes indicadores de la máquina de cada clase diamétrica en el proceso de aserrado.

4. Evaluar la calidad de la madera aserrada con cada una de las trozas procesadas y su rentabilidad en el proceso productivo.

CAPITULO II – ANTECEDENTES Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Generalidades del género *Pinus*.

Según Chardon (1941), citado por Sprich (1996) en el Caribe el género *Pinus* se distribuye originalmente en la parte de las Islas Bahamas, en Cuba y la Española (Haití y República Dominicana). Algunos pinos pueden ser considerados en el rango de especie, subespecie, variedad e inclusive de forma. Anteriormente los pinos del Caribe fueron divididos en cuatro especies y a partir de los años 60 se hicieron dos modificaciones importantes, una se refirió a *Pinus caribaea* Morelet y la otra a *Pinus occidentalis* Swartz. Muchos especialistas forestales opinaban que existían ciertas diferencias dentro de *Pinus caribaea* en estos lugares y había gran confusión en cuanto a su sistemática. Los argentinos Barret y Golfari (1962), citado por Sprich (1996) hicieron un minucioso estudio y dieron solución al problema, subdividiendo la especie en tres variedades: *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* Barret y Golfari (Cuba); *Pinus caribaea* Morelet var. *bahamensis* Barret y Golfari (Bahamas); *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* Barret y Golfari (América Central), cada una de las cuales posee un ámbito de distribución y características fenológicas muy propias (Betancourt 1987, Rojas 1991 y Lamprecht 1990, citados por Sprich 1996).

2.1.1. Distribución geográfica en la Provincia de pinar del Río.

Pinus caribaea var. *caribaea* tiene su área de distribución geográfica en la provincia de Pinar del Río, la más occidental de Cuba, y en la Isla de la Juventud. Geográficamente, el área de dispersión de la variedad está comprendida entre los paralelos 21º 40' N (Isla de la Juventud) y 22º 50' N (Pinar del Río) y los meridianos 82º 56' W y 84º 20' W.

En la Isla de la Juventud y en gran parte de la provincia de Pinar del Río, *Pinus caribaea* está mezclado con *Pinus tropicalis* Morelet en unos lugares y formando rodales puros en otros. Existen masas homogéneas de *Pinus caribaea* en los siguientes lugares: Cajálbana, El Valdés, Mameyal, Los Palacios, La Güira, Cayajabos, etc. (Betancourt, 1999).

2.2. Importancia económica y ambiental.

2.2.1. La madera

La madera es probablemente la única materia prima renovable que se utiliza a gran escala y que tradicionalmente se destaca por ser un buen material estructural. El procesamiento de la madera es ecológicamente amigable y su producto crea un buen sentimiento y tiene alto valor estético. Cinco de las necesidades más importantes del hombre - albergue, combustible, ropas, alimento y transporte - pueden satisfacerse hasta cierto punto con la madera (Díaz et al 1986).

La madera como materia prima es una de los recursos que hay que tener en cuenta en el proceso de transformación en los aserraderos. En el mundo, el mercado cambia, la competencia internacional y el aumento del costo de la materia prima está apresurando a los aserraderos a ser más eficiente. Para tener un aserradero con una operación eficiente se debe ser capaz de maximizar el valor y volumen de la madera aserrado a partir de la materia prima.

La madera como materia prima presenta varias cualidades entre las cuales se puede destacar:

- 1) *Ahorro energético*: la energía necesaria para su fabricación es nula ya que el árbol utiliza la solar (función clorofílica). El consumo de energía en el proceso de transformación de la madera es muy inferior cuando se compara con los del acero, aluminio o cemento: 1 tonelada de aluminio 17.000 Kwh, 1 tonelada de acero 2.700 Kwh, frente a 1 tonelada de madera que tan sólo precisa 430 Kwh.
- 2) *Respeto al medioambiente acorde con un desarrollo sostenible*: el aprovechamiento de los bosques ordenados conjuga el aspecto productivo con el respeto al medioambiente y la conservación del equilibrio ecológico. La tecnología desarrollada permite procesos de fabricación en los que se han incorporado los más sofisticados controles para asegurar la calidad en todas sus fases y en el producto final, así como para evitar el deterioro del medio ambiente.

- 3) *Reciclabilidad y ahorro de materia prima*: una vez finalizado su ciclo de vida, la madera se recicla o se revaloriza como abono o energía calorífica sin contaminar el medio ambiente. Las mejoras en las técnicas de fabricación y los nuevos productos aprovechan todos los residuos. Se puede hablar de un aprovechamiento integral de la madera, incluso la corteza se usa transformándola en energía
- 4) El *paso del tiempo* no le perjudica, como material natural se ennoblece, aumentando incluso su belleza.
- 5) *La madera es uno de los materiales de construcción más sanos que existen*. Actúa como regulador natural del ambiente interior; "respira" y así ayuda a la ventilación; estabiliza la humedad y filtra y purifica el aire; es cálida al tacto y absorbe el sonido; y tampoco trastorna los sutiles campos eléctricos y magnéticos naturales

Además de las cualidades es importante señalar los siguientes factores que distinguen la madera de los demás materiales (Díaz, 1986 citado en Álvarez, 2005):

1. La madera es bastante liviana y por tanto de manejo fácil. Cuando está seca puede transportarse a largas distancias con un costo relativamente bajo.
2. La madera puede trabajarse fácilmente en diversas formas con herramientas sencillas y relativamente con poca destreza.
3. Por su porosidad y por la naturaleza de las sustancias que conforman las paredes de la célula, la madera es una de las pocas materias primas que pueden unirse con clavos y tornillos.
4. La naturaleza porosa de la madera, posibilita la absorción de pinturas y otros acabados.
5. La madera caracterizada por ausencia de defectos y bajos niveles de humedad, puede compararse, y muy favorablemente, en resistencia con el acero y otros materiales de construcción.
6. La madera es mala conductora del calor, del sonido y de la electricidad, por lo que resulta un excelente material aislante.

7. La madera se dilata y contrae muy poco con los cambios de temperatura.
8. La madera absorbe choques y vibraciones mejor que otros materiales con que compite, por lo que se prefiere para construir ejes de carros, radios de ruedas, traviesas de ferrocarril, entre otras aplicaciones fundamentales.
9. La madera no se oxida y resiste la acción del ácido y del agua salada mejor que la mayoría de los materiales.
10. Los defectos presentes en la madera pueden descubrirse frecuentemente en la superficie, lo que posibilita rechazarla o darle un destino específico según sea su grado de debilitamiento.
11. La madera no cristaliza ni se vuelve quebradiza como los metales, ni pierde sus características de cohesión como el hormigón, cuando se somete a temperaturas muy bajas.
12. Antes de quebrarse presenta síntomas que lo anuncian; hecho de suma importancia en algunas construcciones como son los puentes y soportes de minas.

2.2.2. Características de la madera

Según Martinuzzi (2007), la sustancia acumulada llamada madera presente características tecnológicas peculiares que puede facilitar o dificultar su procesamiento y que influye en su valor estético,

y son:

- *Características organolépticas*

Incluye los aspectos que aportan propiedades estéticas (color, brillo, veteado); limitaciones de uso (olor desagradable), o que afectan los procesos industriales (textura, grano), ya sea facilitándolos o creando problemas sobre los elementos cortantes y de laboreo.

- *Durabilidad natural*

Es el comportamiento natural que acusan las maderas con respecto a la acción biológica de agentes destructores, tales como hongos, insectos, etc.

- *Características químicas*

Incluye la evaluación de la presencia de sustancias extractivas (cristales, saponinas, aceites esenciales, taninos, resinas, kinos, gomas, etc.), que pueden

afectar el comportamiento de las maderas en los procesos de maquinado terminación, impregnación y uso. También comprende el grado de combustibilidad que acusarán las maderas, en función de la existencia de sustancias que puedan retardar o favorecer la acción del fuego.

- *Propiedades físicas*

Comprende las diferentes características derivadas de la estructura leñosa, porcentuales de material celulósico, disposición de los elementos vasculares y contenido de agua. Los indicadores habituales son: el peso específico, que permite estimar dureza, porosidad, comportamiento a los esfuerzos mecánicos y probables condiciones de trabajabilidad; los índices de contracción y retractabilidad, que señalan la aptitud ante el secado; y el grado de penetrabilidad de los líquidos, relacionada con la posibilidad de impregnación con vistas a mejorar la durabilidad.

- *Propiedades mecánicas*

Incluye el conocimiento de módulos de rotura, elasticidad a los esfuerzos de flexión y compresión, dureza y desgaste de la madera.

- *Estabilidad dimensional*

Permite conocer el comportamiento de las diferentes especies frente a los cambios de humedad del medio en que se hallan expuestas.

- *Condiciones de trabajabilidad*

La facilidad de laboreo de la madera está influida por su densidad, orientación del grano, textura, presencia de cristales y humedad.

Finally y Shigo (1983), publicaron una guía de información con foto sobre los defectos internos y externos similar a la de la publicación de Lockard pero se enfocó en la asociación de pudrición interna con varios tipos de defectos.

Según Sepulveda (2003) y Säll (2002), se puede decir que los defectos son los cambios del aspecto exterior de la madera, las alteraciones en la integridad de los tejidos y membranas celulares, en la irregularidad de su estructura y los deterioros

de la madera que reducen su calidad y limitan las posibilidades de su empleo, también lo planteó (Temnerud 1997). Los defectos de la madera de procedencia mecánica que surgen en ella durante la tala, el transporte, la clasificación y el maquinado, se llaman defectos por daño (Usenius, 2002).

Según Diaz (1986) y Álvarez (2005), los defectos de la madera que generalmente influyen en la calidad y eficiencia son:

--Tronco cónico, madera de reacción, fendas anulares o acebolladuras, fendas irregularidades en la estructura de los anillos de crecimiento, doble albura, falso duramen, bolsa de resina, maderas de fibras torcidas, oquedades, nudos, tableadura, excentricidad, conicidad y ahorquillado. Entrecasco y corazón múltiple, curvatura del fuste

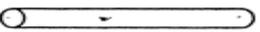
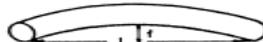
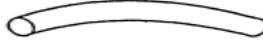
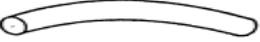
TIPO DESCRIPCION	PLANO A	PLANO B
0 No hay curvatura		
1 Curvatura simple en un plano		
2 Curvatura doble en un plano		
3 Curvatura simple en dos planos		
4 Curvatura doble en dos planos		
5 Curvatura simple en un plano y doble en otro		

Figura 2.1. Tipos de curvatura. A, plano longitudinal donde se localiza la mayor desviación. B, plano longitudinal perpendicular al plano A. Fuente: Sierra de Grado, et al., 1999.

2.2.3. Utilización de la madera

La madera siempre ocupó un lugar destacado dentro de los diversos materiales utilizados por el hombre debido a un amplio espectro de importantes características físicas y mecánicas. También a esta materería la utilidad que se le da en las diversas industrias son muchas (Coronel, 1994 citado por Alvarez,

2005). El esquema siguiente demuestra la utilización de la madera en los diferentes aserraderos.

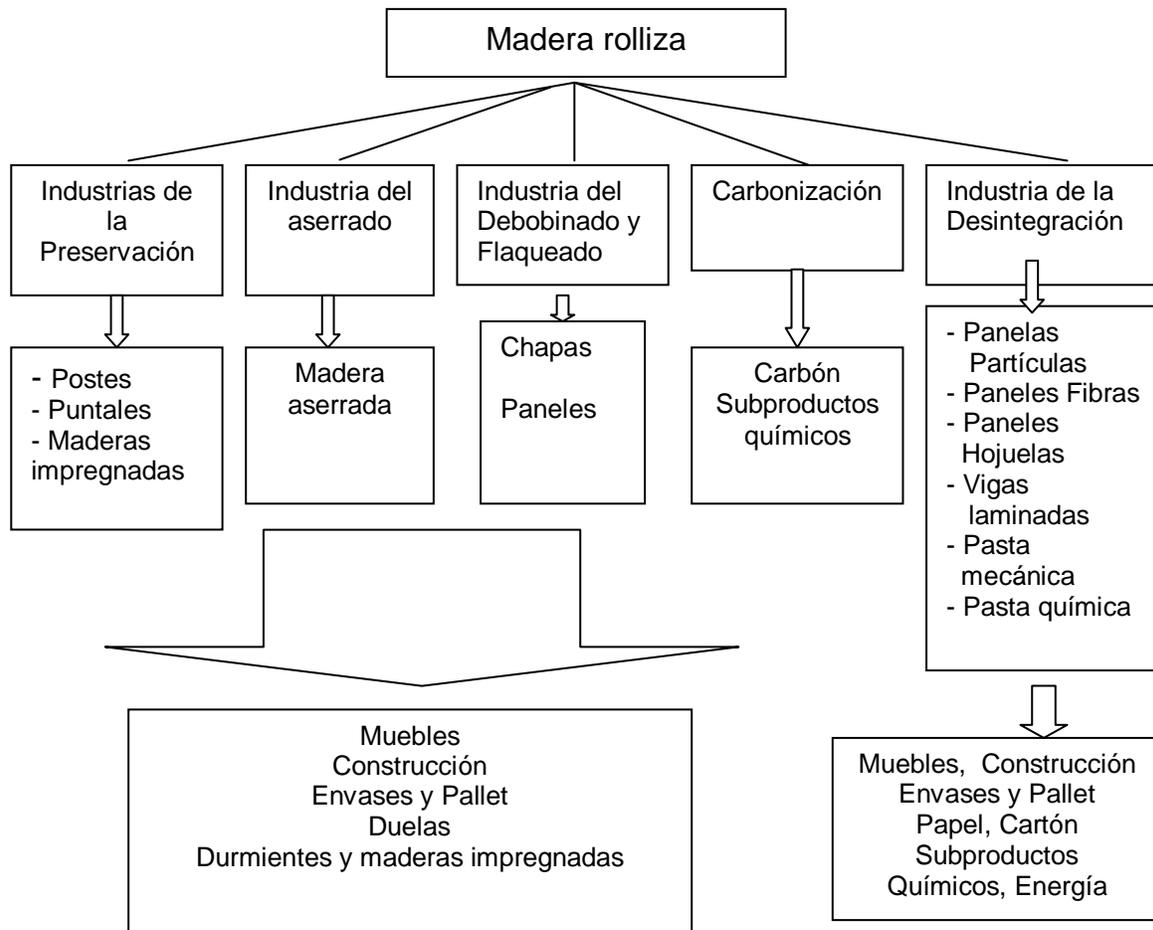


Figura 2.2. Esquemas de las aplicaciones de la madera. Fuente: Coronel, 1994.

En los últimos años una mayor demanda de calidad de la materia prima por parte de las industrias (Cortizo *et al*, 2004), han obligado a los mejoradores a introducir en sus programas criterios de selección de calidad de madera.

2.3. Industria del Aserrío

La industria maderera es una de las más importantes en todo el mundo dentro del ámbito del aprovechamiento de los recursos naturales. La industria del aserrado ha existido en formas sencillas desde hace siglos, aunque ha sido estas últimas décadas cuando se han producido importantes avances tecnológicos con la

introducción de la electricidad, la mejora en el diseño de las sierras y, más recientemente, la automatización de la clasificación y otras operaciones.

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.

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

1. 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.
2. Un afán en el mundo de conseguir:
 - o Una mayor productividad y bajos costos
 - o Una flexibilidad que permita la producción económica de serie cortas
 - o 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.

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.

García et al. (2002), expresó 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.

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

2.3.1. Surgimientos de los aserraderos.

Para el aserrío de madera en las condiciones del neotrópico se ha utilizado desde el aserradero convencional estacionario de sierra circular, de banda o sin fin, hasta la sierra manual de viento. En el primer caso se requiere de infraestructura sofisticada, un alto nivel de destreza, buen dominio de la operación y elevada inversión. En el segundo, se necesita un equipo sencillo, de bajo costo e infraestructura artesanal; su principal desventaja, sin embargo, es el gran impacto en la vegetación circundante. Entre estos extremos hay otros tipos de aserraderos; la mayoría de ellos, versiones adaptadas para enfrentar situaciones específicas (Quirós 1998, Sabogal *et al.* 2001).

Las instalaciones industriales donde se efectúa la elaboración de la madera en bollo para obtener madera aserrada, reciben el nombre de aserraderos. (Brown y Bethel 1975).

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.

En los años XX comenzaron a utilizarse aserraderos móviles de modo que el campamento aserradero pudiera cambiar de posición, estos tenían movimiento propio gracias al calentamiento de agua dentro de sí para convertirlo en vapor (como los ferrocarriles). Luego de la baja en maderas nativas estos aserraderos que tenían costos muy altos de mantención y manejados por más de 12 personas, pasaron a ser los nuevos aserraderos que se utilizan en faenas de menor producción debido a la falta de madera y que solo son manejados por no más de 3 personas.

En el ámbito mundial se han implementado diferentes tecnologías que permiten mejorar los indicadores de eficiencia, desde los basados en la aplicación de prácticas sencillas de troceados y de aserrado, apoyándose fundamentalmente en la pericia y habilidad del personal técnico del aserradero, hasta las que parten de programas de optimización que son capaces de analizar diferentes variables y tomar decisiones de troceados o aserrados en un corto intervalo de tiempo.

Los aserraderos como ya habíamos dicho son las industrias de transformación de la madera en rollo en madera aserrada. Estos pueden encontrarse de dos formas o dos tipos de aserraderos, que son:

- **Instalaciones fijas**
- **Instalaciones móviles**

Las instalaciones fijas son aquellas que tienen una ubicación permanente y por tanto todos sus elementos responden a esta idea. Sus ciclos de producción suelen ser completos, es decir, sus productos finales, entre otros, pueden ser los siguientes:

- Tablón, en bruto
- Tablón canteado y retestado
- Tablón canteado, retestado y calibrado
- Tablón canteado, retestado, calibrado y clasificado
- Tablón canteado, retestado, calibrado, secado y clasificado.



Figura 2.3 a). Aserradero móvil horizontal. Fuente: Okay. 2001; b). Aserradero permanente. Fuente: Alvarez 2005

Así como los mismos productos para la tabla, viga o viguetas. Su producción puede necesitar o no del escalón de reaferrado intermedio.

Las instalaciones móviles montadas sobre chasis pueden desplazarse hasta las mismas fuentes de abastecimiento de materias primas. Sus productos elaborados suelen ser generalmente tablones, tablas, viguetas y vigas en bruto. Generalmente necesitan de la industria reaserradora.

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.

La FAO (2004), expresa que la industria del aserradero de madera es, prácticamente, la única industria forestal existente en Cuba y a ella se destina, aproximadamente el 12,4% de la producción forestal del país.

En general, la industria del aserrado en este país cuenta con equipos bastante antiguos, lo cual conlleva una baja eficiencia en el aserrado y limita la calidad de la madera obtenida. No obstante, en los últimos años se han puesto en marcha aserríos más modernos, con una tecnología más avanzada que favorece la calidad de la madera obtenida, permite elevar la productividad industrial y la

eficiencia técnica y económica. Ahora bien, no podemos olvidar que el estado en el que se encuentra el país ha provocado limitaciones en el acceso a tecnologías avanzadas y, aun cuando disponga del conocimiento de éstas, no las puede implementar por la falta de fondos financieros en divisas.

Los aserraderos actuales son industrias de transformación de la madera en bollo en madera aserrada a base de máquinas cuyo útil trabajo son las sierras. Tradicionalmente se han estudiado los aserraderos basándonos en una línea de flujo en la que cada fase de aserrado es variable según el tipo de madera que se asierre y los productos que se quieran obtener, incluso efectuándose cada fase con diversas máquinas, dependiendo la elección de muchos factores tales como la disponibilidad de madera en calidad y cantidad, la existencia de otros tipos de industrias de la industria de madera, los requerimientos establecidos por la demanda, entre otros.

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, tablones, tablas, vigas, viguetas que 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. (González 2008).

2.3.2. Los aserraderos en Cuba

A pesar del desarrollo alcanzado hasta el presente, la madera y especialmente la aserrada, sigue siendo un producto de gran apreciación debido a sus características que la hacen insustituible para determinados usos, además de tener un carácter multipropósito y ser obtenida de fuentes de materias primas naturales renovables.

El incremento continuo de la población junto al consecuente aumento de la demanda de vivienda y otras necesidades, auguran un incremento notable del consumo de madera aserrada en los próximos años, según las estadísticas de la (FAO 1993).

Esta industria en Cuba está muy alejada de los resultados de productividad medios mundiales, son muchas las causas que provocan esto, pero sin dudas la inadecuada infraestructura juega un papel predominante. Los aserraderos se caracterizan por presentar un período de trabajo amplio, ya que los mismos fueron construidos en su mayoría en la década de 1940, encontrándose equipos que poseen membretes del siglo pasado. Los diseños son inadecuados salvo algunas excepciones. (Egas, A. F 1998)

Actualmente se destinan para la satisfacción de estos fines unos 188 000 m³ de madera aserrada (aproximadamente el 9.6% del total), lo cual solo es superado por los 1 120 000 m³ de madera en rollo destinada para combustible y 350 000 m³ de madera rolliza, (MINAGRI, 1997).

La industria del aserrado es, prácticamente, la única industria forestal existente en Cuba. A ella se destina, aproximadamente el 12,4% de la producción forestal del país (FAO, 2004).

En general, la industria del aserrado en este país cuenta con equipos bastante antiguos, lo cual conlleva a los bajos niveles de producción de madera aserrada, además de problemas relacionados con la calidad de la misma e irregularidades existentes en las infraestructuras y flujos tecnológicos en los establecimientos encargados de producir esta madera aserrada.

La capacidad de producción de estos aserríos, considerando un turno de trabajo, es de 788.8 m³/día, representando 231 000 m³/año de acuerdo al régimen de trabajo de cada unidad. (Fosado 1999).

2.4. Proceso de aserrado de la madera

Durante el proceso de aserrado es conveniente hacer al menos dos cubicaciones, una inicial que determina la cuantificación inicial en rollo y la segunda que determina el total de madera obtenida una vez procesada. Para ambas cubicaciones se utilizan diversas formas de medición y el resultado final también se determina en diversas unidades.

Tales cubicaciones también son útiles cuando queremos conocer el **rendimiento** alcanzado. Dicho rendimiento se obtiene por medio de una razón o factor, denominado **factor de recuperación de la madera (FRM)**, el cual multiplicado por cien nos indica el porcentaje de rendimiento que se obtuvo al final del proceso de aserrío. El FRM determina el porcentaje de madera aserrada con relación al volumen real de troza empleado.

El éxito de un aserradero radica, en gran parte, en lograr los mejores rendimientos posibles sin perjudicar al producto deseado, tanto en calidad como en dimensiones. La tecnología moderna se orienta así, por un lado, a perfeccionar el corte en cuanto a velocidad, delgadez y precisión para minimizar la producción de aserrín y, por otro, a analizar la materia prima, pieza por pieza, tanto a su entrada como en las diferentes etapas de su procesamiento con el fin de llegar al máximo aprovechamiento de la madera útil contenida en cada troza. En este sentido, es esencial respetar los siguientes principios:

- Armonizar la geometría de una troza con las dimensiones del producto final, es decir aplicar un correcto plan de corte buscando para cada troza el tipo y dimensión de producto que optimicen su rendimiento.
- Posicionar perfectamente las piezas con respecto a las líneas de corte, lo que implica la instalación de sofisticados dispositivos que combinen alta tecnología mecánica y electrónica.
- Aplicar tecnologías que permiten disminuir considerablemente el impacto de la curvatura y conicidad de los rollizos en el aprovechamiento de la materia prima. En realidad este punto es una extensión del primero, considerando que las trozas no son perfectamente rectas y cilíndricas. La primera de estas técnicas - las cuales hoy en día son absolutamente operacionales - es el "aserrado curvo", que permite que las líneas de corte sigan exactamente la forma del rollizo, sea éste recto o curvo; incluso, se han perfeccionado técnicas para enfrentar la doble curvatura. La segunda técnica de punto, el "aserrado cónico", permite minimizar las pérdidas por conicidad al trasladarlas a la zona de menor valor (centro) mediante el corte de las tablas de la periferia en línea paralela a la

superficie. Esta técnica se practica desde hace tiempo, en particular con las sierras sinfín, pero actualmente también las canteadoras pueden ser equipadas con cabezales móviles que permiten seguir la conicidad (hasta 1,5 cm/m).

La industria del aserrado consta de una serie de operaciones que son necesarias para que la conversión de trozas en madera aserrada sea un proceso factible al menos desde el punto de vista económico. (Brown y Bethel, 1977; Vignote y Peris 1997 y Alvarez et al 2005)

El número y la complejidad de estas operaciones varían en dependencia de factores como el tamaño del aserradero, la tecnología empleada, la especie o grupo de especies utilizadas en el proceso, las características de la materia prima, el destino de los desperdicio de la madera procesada, dimensiones y grado de acabado del producto final, entre otros.

La carencia de existencias maderables, el elevado costo de la materia prima lo cual es importante para el presupuesto de los aserraderos, y la baja eficiencia de conversión en las industrias del aserrado en el país, especialmente en establecimientos de sierra principal de banda; suscita la necesidad de tomar medidas organizativas y técnicas relacionadas con el flujo tecnológico de la producción de madera aserrada, además de la implementación y uso de elementos de la investigación de operaciones en dichos establecimientos; para con ellos incrementar la productividad y calidad de la madera aserrada en el caso del *Pinus caribaea*, Var. *Caribaea*, particularmente en la provincia de Pinar del Río, donde esta especie es la de mayor perspectiva económica. (Kissi, 2008).

Las principales operaciones que se realizan en los aserraderos se esquematizan a continuación en la Figura 14.

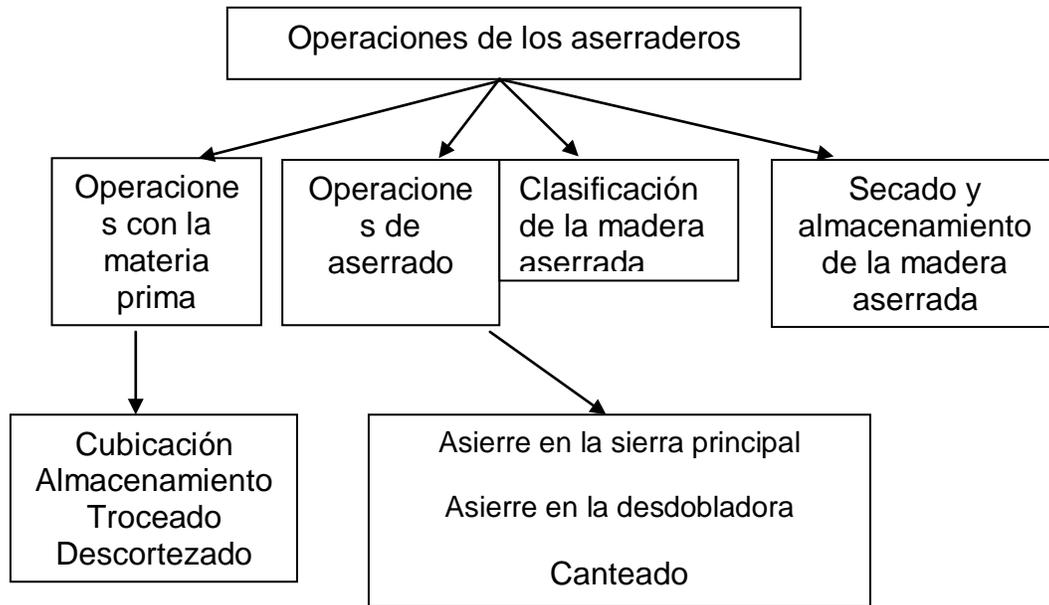


Figura 2.4. Operaciones de los aserraderos. Fuente: Alvarez, 2005.

Por otra parte el control de calidad hace referencia a un proceso o un conjunto de actividades y técnicas operacionales que se usan para cumplir los requerimientos de calidad. Esta definición podría implicar que cualquier operación que sirva para mejorar, dirigir o asegurar la calidad podría ser una actividad de control de calidad (Bertrand y Prabhakar 1990; Galgano 1993). Básicamente se podría resumir como todo aquello que significa comprobar que lo realizado se ajusta a lo planificado. Hoy el aseguramiento de la calidad en pequeñas y medianas empresas es tan imprescindible como la gestión de las finanzas o la de las ventas (Velazco, 1997).

El comportamiento de las dimensiones de la madera aserrada está determinada por un grupo de factores (sobre o subestimación de las dimensiones, variación de corte y dimensiones de los surtidos) que al igual que los esquemas de corte y troceado, los especialistas pueden transformarlos con la finalidad de aumentarla eficiencia del aserrío sin tener que realizar cambios sensibles en las tecnologías existentes (Álvarez, Lazo 2004).

La gran variación de grosor dentro de las piezas se debe no solo a las desviaciones excesivas de la hoja de sierra respecto a su trayectoria normal, sino también a la deficiente alineación de las escuadras del carro, lo que propicia la

obtención de todas las piezas interiores (piezas pegadas a las escuadras del carro) con notable defecto de cuña hacia un sola dirección y de piezas exteriores (piezas alegadas de las escuadras del carro) libres o aleatorias afectadas por este defecto hacia una u otra dirección.

Los aserraderos contemporáneos se caracterizan por una gran variación de corte en el aserrío que puede propiciar la disminución de la eficiencia del proceso de conversión de la madera aserrada por lo que es necesario realizar reparaciones en la máquina que lo requiera de acuerdo con la magnitud y naturaleza de la variación de grosor detectada (Álvarez, Lazo 2004).

La efectividad del proceso de aserrío se expresa comúnmente como el rendimiento obtenido de la troza, es decir, la cantidad de madera aserrada neta respecto del volumen bruto del trozo. Según (Somerville 1988), la efectividad del proceso de conversión está estrechamente relacionada con el tipo de aserradero. Para (Cown 1984), también influyen el tamaño y la curvatura de la troza.

Según (Biaggio 1987), el mayor rendimiento de madera aserrada es producida en las clases diamétricas superiores, las cuales no sólo involucran un aumento del valor de las trozas por su mayor volumen producido, sino que aumentan su valor potencial debido al ancho de las piezas producidas.

Es importante considerar que el costo de la materia prima representa aproximadamente un 70% del costo total de manufactura de la madera aserrada. Cuando el costo de los trozos aumenta, los aserraderos deben tomar todas las medidas necesarias para incrementar el rendimiento del proceso (Uddeholm. 1996).

Los planes de corte tienen entonces una importancia vital sobre la utilización de los trozos, ya que para cada clase diamétrica se determina un diagrama de corte óptimo, según el tipo de producto a obtener. De ellos dependen las pérdidas de madera que se producen en forma de aserrín, lampazos u otros. Estos planes de corte dependen del tipo de maquinaria y los defectos que presente la materia prima con que cuenta el aserradero (Denig, J. 1993).

La industria del aserrado en Cuba está muy alejada de los resultados de productividad medios anuales, son muchas las causas que provocan esto, pero sin dudas la inadecuada infraestructura juega un papel predominante. Los aserraderos se caracterizan por presentar un período de trabajo amplio, ya que los mismos fueron construidos en su mayoría en la década de 1940. (Macdonald 1972 y (Mangueya -Levsque 2009).

Dentro del ciclo de trabajo productivo, el momento de corte representa el mayor porcentaje de tiempo. Éste puede ser mejorado actuando sobre variables como método de aserrío, manejo de trozos, rapidez en el retiro de las piezas aserradas, calidad del afilado de huinchas y potencia del motor. Estas dos últimas variables influyen directamente en la velocidad de corte y en la calidad de la madera terminada.

El estudio de tiempo es la base para determinar el rendimiento del aserrío. Sobre éste derivan todos los costos y planificaciones que existen para una faena determinada

El estudio de tiempo constituye una herramienta fundamental para la determinación de los rendimientos y los costos, los cuales se verán fuertemente influenciados de acuerdo con las variaciones experimentadas por los diferentes componentes del ciclo de trabajo.

Los planes de corte tienen entonces una importancia vital sobre la utilización de los trozos, ya que para cada clase diamétrica se determina un diagrama de corte óptimo, según el tipo de producto a obtener. De ellos dependen las pérdidas de madera que se producen en la forma de aserrín, lampazos u otros. Estos planes de corte dependen del tipo de maquinaria y los defectos que presente la materia prima con que cuenta el aserradero (Denig, J. 1993).

En la práctica se ha detectado una deficiencia importante en la evaluación preliminar para las operaciones de estos equipos. Es decir, no existe una cuantificación precisa de todos los costos presentes en la operación de una faena determinada, por un control inadecuado tanto de los tiempos muertos como del detalle de todos los costos involucrados en el proceso, desconociendo, entonces,

el productor cuál será el nivel real de rentabilidad de su negocio para una situación precisa.

2.4.1. Clasificación de las trozas

Para la clasificación de la madera en bolo se debe tener en cuenta los siguientes defectos de la madera, que inciden directamente sobre la calidad y la eficiencia del proceso de aserrado.

Se consideran como defectos de la madera, todas las anomalías de su estructura, textura y color que perjudiquen su utilización, pues en algunos casos estas anomalías pueden elevar considerablemente su valor. Además en la industria de transformación mecánica de la madera las exigencias en cuanto a características son tan diversas que una cualidad se considera en ocasiones como una ventaja y en otros casos un inconveniente.

Los bolos muy curvados que no son útiles para un ebanista pueden ser los preferidos por el constructor de carruajes o barcos. Análogamente, una madera que se raje con facilidad no puede emplearse en la ebanistería, será muy apreciada en la fabricación de objetos que requieran dicha característica; mientras que las maderas que han variado de color, son rechazadas con razón por la mayoría de los consumidores y en cambio muy apreciadas por el ebanista. No obstante, la demanda general se refiere a madera normal y sana de modo que con arreglo a la costumbre, llamaremos defectos de la madera a todas sus anomalías.

2.4.2. Clasificación de madera en bolo

Esta clasificación es un método que determina la calidad de madera producida basándose en la forma del bolo y los indicadores externos de defectos. La mayoría de los aserraderos de madera dura compran bolos teniendo en cuenta su clasificación y categorización, la clasificación por categoría está asignada a un bolo basándose en la cantidad de defectos, tales como, nudos y pudrición visibles en la superficie. Los defectos afectan la calidad y cantidad de madera que puede ser producida de un bolo. Mientras más alto sea la clasificación de un bolo mayor es la cantidad de madera de mejor calidad (Rast et al., 1973). Consecuentemente,

un bolo de alta clasificación vale más que un bolo de baja clasificación del mismo volumen. The U.S. Forest Service ha desarrollado una clasificación estándar para madera dura con especificación basada en la posición del bolo en el árbol, el diámetro, rectitud, el tamaño y la cantidad de materia libre de defectos en la cara seleccionada en la clasificación (Rast et al., 1973).

No hay ninguna organización o agencia gubernamental que tenga control sobre medición de bolos (Freese, 1973). Como consecuencia, cada individuo que compra madera puede desarrollar una regla de acuerdo a un grupo de condiciones de operaciones en una región respectiva.

Según Ese-Etam (2006), la mayoría de los aserraderos de madera dura desarrolla y usa su propia especificación en la regla de clasificación de bolo en vez de usar la de The U.S Forest Service. Estas especificaciones de reglas de clasificación se basan típicamente en el número de cara clara, diámetro y longitud. También planteó que es importante usar especificaciones de clasificación de bolo uniforme porque la clasificación tiene un impacto en la clasificación de madera aserrada y el control del rendimiento. Es importante mantener clasificación uniforme para evitar variabilidad entre muestras o entre grupos de muestra.

2.4.3. Preparación de la materia prima

- **Apeo, corte o tala:** leñadores con hachas o sierras eléctricas o de gasolina, cortan el árbol, le quitan las ramas, raíces y corteza para que empiece a secarse. Se suele recomendar que los árboles se les corte en invierno aunque generalmente en nuestro país se realiza mayor parte del año. Es obligatorio replantar más árboles que los que se cortaron.
- **Transporte:** es la segunda fase y es en la que la madera es transportada desde su lugar de corte al aserradero y en esta fase dependen muchas cosas como la orografía y la infraestructura que haya. Normalmente se hace tirando con animales o maquinaria pero hay casos en que hay un río cerca y se aprovecha para que los lleve, si hay buena corriente de agua se sueltan los troncos con cuidado de que no se atasquen pero si hay poca corriente se atan haciendo balsas que se guían hasta donde haga falta.

- **Aserrado:** en esta fase la madera es llevada a unos aserraderos. El aserradero divide en trozos el tronco, según el uso que se le vaya a dar después. Suelen usar diferentes tipos de sierra como por ejemplo, la sierra alternativa, de cinta, circular o con rodillos. Algunos aserraderos combinan varias de estas técnicas para mejorar la producción.
- **Secado:** este es el proceso más importante para que la madera esté en buen estado.

Secado natural: se colocan los maderos en pilas separadas del suelo, con huecos para que corra el aire entre ellos, protegidos del agua y el sol para que así se vayan secando. Este sistema tarda mucho tiempo y eso no es rentable al del aserradero que demanda tiempos de secados más cortos.

Secado artificial: se dividen en los siguientes:

Secado por inmersión: en este proceso se mete al tronco o el madero en una piscina, y debido al empuje del agua por uno de los lados del madero, la savia sale empujada por el lado opuesto, consiguiendo eliminar la savia interior, evitando que el tronco se pudra. Esto priva a la madera de algo de dureza y consistencia, pero lo compensa en longevidad. El proceso dura varios meses, tras los cuales, la madera secará más deprisa debido a la ausencia de savia.

Secado al vacío: en este proceso la madera es introducida en unas máquinas de vacío. Es él más seguro y permite conciliar tiempos extremadamente breves de secado con además:

Bajas temperaturas de la madera en secado.

Limitados gradientes de humedad entre el exterior y la superficie.

La eliminación del riesgo de fisuras, hundimiento o alteración del color.

Fácil utilización.

Mantenimiento reducido de la instalación.

La madera es usada para todo tipo de construcción; también es fuente de producción de pasta papelera de fibra larga, de uso cada vez más extendido en

todas las naciones. La madera rolliza preservada se puede emplear para postes de servicio público, carpintería u obtener resina, como materia prima para pintura, barnices, plásticos, aceites, gomas, resina sintética, productos químicos y farmacéuticos. Se emplea y tiene gran demanda en estructuras de toda clase como son: puentes, muelles, almacenes, fábricas de toda clase de construcciones que requieren maderas resistentes de grandes dimensiones, postes, pilotes, carros de ferrocarril, traviesas, además se obtienen magníficos resultados en la fabricación de pulpa para papel (Velázquez 1982), citado por (Viera y León, 1998).

Cada árbol ó troza que se va a aserrar debe ser preparada para tal fin. Es recomendable limpiarlo quitándole el barro, piedras, clavos u otro material adherido que podrían desafilar la cadena y atrasar el proceso. No se debe eliminar la corteza ya que esta ayuda al agarre del codal en una superficie firme. El paso siguiente es el troceo de dimensiones que busca sacar trozas de buen tamaño. Si vamos a procesar árboles enteros, las dimensiones de longitud se deben de ajustar a los requerimientos del mercado. En Costa Rica, por ejemplo, se prefieren trozas de 3 a 4 varas de largo (2,58 m a 3,44 m); en Honduras el transporte se hace con mulas, entonces las trozas se cortan con dimensiones de 4 a 8 pies (1,25 m a 2,44 m). Si se procesan residuos, en cambio, las dimensiones de longitud se ajustan al tamaño aprovechable del mismo. Cuando se trabaja con madera residual, las exigencias en cuanto a dimensiones diamétricas y longitudinales son menores. En esta etapa es conveniente contar con una motosierra adicional pequeña para realizar los diferentes cortes sin demora.

La troza se coloca en la mejor posición para trabajar cómodamente y sin peligro. Se deben buscar superficies planas que faciliten el manipuleo; la troza debe de quedar bien asentada en la banca o tarima. (Fonseca y Quirós 1999). La experiencia indica que con medidas simples de seguridad se previenen accidentes como majaduras en pies y manos y daños a la columna vertebral por malas posturas o excesos de esfuerzo.

2.4.4. Además, es necesario tener en mente las siguientes consideraciones sobre la madera:

- Evaluar la base (cabeza) y punta (extremo menor) de las trozas antes del aserrío para detectar defectos como torceduras, rajaduras, presencia de patógenos y excentricidad.

Con base en la evaluación, se define la posición más recomendable y se acomoda el fuste para planificar los cortes; con la ayuda de una cinta métrica se definen los productos que se pueden obtener.

- Dimensionar y controlar el troceo. Por lo general las piezas se sobre dimensionan para cumplir con las exigencias de los compradores. En ancho y espesor las piezas deben tener un ¼" de más para tener superficie para poder pulir y cubrir posibles daños por mal manipulación y secado de los productos; esta exigencia puede ser mayor o menor, según la calidad de aserrío.
- Las trozas o bloques deben acomodarse y calzarse para lograr la mejor posición y facilitar la calibración del marco. En este proceso, las palancas son de mucha utilidad y pueden ser simples varas de madera o instrumentos industriales, como los ganchos metálicos llamados perros.
- Si la troza es de grandes dimensiones, se procede a rajarla en sentido longitudinal para reducir la medida de corte y luego se asierran las medias trozas. La calidad del corte a la hora de rajar la troza por la mitad influye mucho en el aprovechamiento posterior. Además, hay que hacer otro corte perpendicular al corte de rajado longitudinal, con el fin de obtener una superficie plana donde asentar posteriormente el codal.

2.4.5. Recomendaciones sobre aspectos operativos

En todo proceso se generan experiencias y aspectos relevantes que merecen ser puntualizados para asegurar el éxito y evitar las prácticas de ensayo y error. Una buena capacitación al personal encargado del aserrío garantiza el buen desempeño y el perfeccionamiento de la técnica. A continuación se presentan algunas recomendaciones válidas para la operación de aserrío *in situ*,

independientemente de las dimensiones de las trozas y del producto aserrado, así como posibles problemas y maneras de enfrentarlos.

Evaluación de la troza antes de hacer los cortes básicos, para obtener un mayor rendimiento y definir los productos que se quiere obtener se debe ver si hay partes podridas, torceduras o rajaduras.

Colocación y calibración del codal sobre la troza según las características de la troza (curvatura, daños y rajaduras).

Armado y desarmado del marco, calibración y revisión de los diferentes elementos (aplomado de las partes verticales y horizontales, guías, esquinas en ángulos rectos, socado de tornillos, tuercas y gasas).

Uso adecuado de equipo básico (codal, escuadras, niveles, cintas métricas, cuñas, soportes de madera).

Coordinación y comunicación entre los dos (o más) operarios durante el trabajo. El aserrío se retrasa y ocurren inconvenientes si falla la coordinación entre el operario y el ayudante.

Durante el trabajo hay que controlar todos los elementos para detectar posibles desajustes.

En el momento del aserrío, **el marco no debe golpear contra la troza** pues se descalibran las escalas que determinan el grosor del producto y se puede dañar la hoja de sierra y en consecuencia, con la vibración hasta podría romperse.

El acelerado correcto del carro durante el avance en los cortes es de suma importancia. Hay que evitar la aceleración excesiva al inicio y finalización del corte y cuando la máquina avanza muy poco. Lo recomendable es salir despacio para evitar accidentes.

Control del peso de la máquina, que el motor no levante los rodillos ni las guías.

La buena posición del cuerpo es muy importante para evitar problemas de salud. Las posiciones que más afectan al organismo son el cuerpo recargado a la derecha o a la izquierda, la espalda arqueada en vez de trabajar con las piernas y

rodillas en el suelo, el motor de la motosierra muy cerca del cuerpo, con lo cual se recibe mucho ruido y vibración.

La caída y desnivelado del equipo al salir del corte de la troza hace que las piezas obtenidas tengan un grosor inferior en ese extremo

Las costillas de las trozas se deben aprovechar para aumentar el rendimiento.

Una vez finalizado el proceso, **la madera aserrada debe apilarse** para que seque bien.

2.5 Calidad de la madera aserrada

Si no hubiera ninguna correlación entre los defectos del bolo y la calidad de la madera producida habría poca justificación en la describiendo la relación defectos–bolo. La clasificación de bolo sería irrelevante como que un principio tras la clasificación de bolos es analizar la calidad. Cada bolo, a pesar de la frecuencia del defecto, tamaño, localización, tendría el mismo potencial para producir madera aserrada de valor. Un estudio realizado por (Hanks *et al.* 1980), para determinar la relación entre la clasificación bolos y la recuperación de madera aserrada de la madera clasificada da como resultado que la calidad está directamente relacionada con la clasificación de bolos. Como se sabe que la clasificación está directamente relacionada con el tipo de defecto, la frecuencia, tamaño y locación, se puede plantear que la información de los defectos de los bolos contribuye a la calidad de la madera aserrada producida (Winn, 2002).

Bertrand y Prabhakar (1990) expresan que el control de calidad hace referencia a un proceso o un conjunto de actividades y técnicas operacionales que se usan para cumplir los requerimientos de calidad. Esta definición podría implicar que cualquier operación que sirva para mejorar, dirigir o asegurar la calidad podría ser una actividad de control de calidad. Básicamente se podría resumir como todo aquello que significa comprobar que lo realizado se ajusta a lo planificado.

Denig (1990) expresa que el aseguramiento de la calidad en pequeñas y medianas empresas es tan imprescindible como la gestión de las finanzas o la de las ventas.

La escasa práctica a la hora de realizar controles de calidad en las industrias del sector forestal condiciona la complejidad de los mecanismos de control que se deben plantear.

Las causas fundamentales que influyen en el control de calidad son las siguientes:

1. Incorrecta tensión del elemento de corte.
2. Recalcado demasiado pequeño
3. Inadecuada velocidad de avance en relación a la forma y capacidad del diente
4. Guías deterioradas de la sierra o alineamiento incorrecto de ellas.
5. Aserrín y resina en los volantes de la máquina, falta de limpieza.
6. Balanceo incorrecto de los volantes o rodamientos en mal estado
7. Mal alineamiento de los volantes
8. Inestabilidad de las ruedas del carro de alimentación
9. Falta de alineamiento del carro y los rieles o cadena de alimentación
10. Inadecuado alineamiento de los rodillos de alimentación de la reaserradora
11. Diámetros desiguales de los rodillos de alimentación
12. Falla del carro o la cadena; la troza no es sujeta lo suficientemente firme.

Según (Biaggio 1987), el mayor rendimiento de madera aserrada es producida en las clases diamétricas superiores, las cuales no sólo involucran un aumento del valor de las trozas por su mayor volumen producido, sino que aumentan su valor potencial debido al ancho de las piezas producidas.

De esta manera al comparar los rendimientos promedios por clase diamétrica, para una escuadría determinada, se pudo apreciar que existe un mayor rendimiento al aumentar el diámetro del trozo.

2.5.1. En la calidad de la madera aserrada influyen directamente:

- a.) **Las dimensiones obtenidas no responden a las preestablecidas.** El espesor es la dimensión más crítica y la que mayor importancia reviste en el producto terminado. Por lo general, responde a una incorrecta puesta a punto de la máquina, especialmente en lo que se refiere al desplazamiento del carro.
- b.) **Espesor irregular.** Este defecto puede deberse a causas Imputables a la propia máquina o a defectos inherentes de la troza. Entre los primeros se encuentran: una velocidad de alimentación por encima de la óptima, la utilización de una hoja inadecuadamente mantenida, o el desplazamiento de la hoja o del carro, especialmente cuando el esfuerzo de corte es importante. En cuanto a las causas propias de la naturaleza de la troza, son las tensiones internas las responsables de este defecto.
- c.) **Piezas Curvas.** La curvatura, el alabeo y el abarquillado de la pieza, además de obedecer a las causas inherentes a la propia naturaleza del árbol, en ocasiones son generados por causas ligadas al aserrado. Factores como puesta a punto de la máquina en cuanto a los dispositivos de avance y fijación, la posición de la troza en la máquina, e incluso una inadecuada operación de aserrado, pueden acarrear piezas curvas. La recuperación de estas piezas conlleva en todo los casos una disminución notable de sus dimensiones.
- d.) **Superficie repelosa.** Las causas técnicas que provocan este defecto se atribuyen a una velocidad de alimentación excesiva y a un mantenimiento inadecuado de la hoja, acentuándose aún más cuando la velocidad de la hoja es muy baja. Este defecto se presenta habitualmente en especies ligeras como el chopo y el tilo, cuyo desgarramiento de fibra se produce con facilidad debido al reblandecimiento de la madera, especialmente durante el verano, y la tendencia que tienen estas especies a generar madera de tensión. Este defecto puede mitigarse sustancialmente aumentando el ángulo de ataque.

En sierras alternativas, la zona de las hojas causantes de este defecto es la parte superior de las mismas, zona próxima al punto muerto de corte, correspondiente al cambio de la intervención descendente –ascendente.

e.) **Madera ondulada.** Este defecto se manifiesta como una superficie fuertemente marcada por la intervención del diente. Se debe a una mala puesta a punto de la máquina, y en especial a un inadecuado afilado de la hoja. La vibración es provocada por una mala alineación, tensionado o equilibrado, provocando fuertes vibraciones en la hoja, que se manifiestan en una superficie ondulada. También es causa de ondulación un elevado triscado de la hoja.

En cuanto a este defecto, la sierra alternativa ofrece mejores superficies aserradas que la sierra de cinta. En la sierra circular un inadecuado afilado o una alimentación inadecuada provoca marcas de aserrado siguiendo el cicloide que desarrolla su avance.

A todos estos defectos se les suman los inherentes al desgaste de los dientes, pérdida de tensión, etc., debido al trabajo prolongado. Esto se resuelve con un adecuado mantenimiento.

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 es por ello que (Hanley 1972 y Woodfim 1978), se han apoyado en 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.

Por otra parte podemos expresar que el rendimiento disminuye con el deterioro de la calidad de las trozas, ya que al eliminarse o evitar efectos en el aserrado de trozas de baja calidad, se pierde gran cantidad de madera en forma de desperdicio en la sierra principal y en la canteadora. (Casado 1997), también confirma el efecto de la calidad de la troza sobre el volumen y calidad de la madera aserrada.

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%, (Todoroki 1995)

Tecnificar el trozado: El patio ofrece una primera y decisiva posibilidad de mejorar la calidad del producto final mediante cortes que pueden, por una parte, disminuir

el impacto de los defectos (curvatura, pudrición, nudos, etc.) y, por otra, limitar los efectos de pérdidas por conicidad;

Tener patios, limpios y ordenados, lo que facilita los cálculos efectivos y los controles para efectos de rendimiento y calidad.

Ordenar las trozas por clases diamétrica de acuerdo con la capacidad de ajuste de las máquinas dentro de la planta; y cuidar el diseño de los flujos de materia prima de tal forma que, al entrar a la planta, todos los rollizos tengan la misma orientación en cuanto a su conicidad.

De acuerdo con los resultados de un programa de control de dimensiones, se permite igualmente el incremento del rendimiento; corroborando los planteamientos de (Denig, 1990).

Los pocos estudios realizados en Cuba en esta importante temática Pacheco y Pacheco, (1988) y Segura y Londres, (1990), están relacionados solo con el análisis del comportamiento de las dimensiones de la madera aserrada mediante gráficos de control, empleando la metodología expuesta por (García 1991), y no tienen en cuenta elementos tan importantes como la variación de aserrado.

De acuerdo con los resultados de un programa de control de dimensiones, se permite igualmente el incremento del rendimiento; corroborando los planteamientos de (Denig 1990)

Funck y Holbo (2001), plantearon que el control de calidad y programa de control proceso ha sido implementada para monitorear y determinar capacidad de sistema de del aserradero. Se ha realizado investigaciones para determinar los mejor métodos y componentes para una buena calidad y programa de control del proceso, y las programas de control debería maximizar el valor de materia prima y madera aserrada a lo largo de las fases del proceso de transformación y asegura la calidad de los productos producidos (Brown et al 2002).

El listado siguiente de elementos claves ha sido exitosamente comprobado en programas de control de la calidad de madera: participación en la administración política de calidad, objetivos alcanzables listada, método medible, entrenamiento de trabajadores, evaluación de trabajadores y centro de producción,

retroalimentado (feed back), y mantenimiento, comunicaciones, precognición, y revisión de los programas periódicamente (Brown 2000).

La realización de investigaciones profundas en este campo que permiten la toma de decisiones concretas es de suma importancia no solo para elevar la eficiencia de conversión volumétrica, sino también para mejorar la calidad dimensional de la madera aserrada en una época en la cual la competencia de la industria de la madera aserrada con otros productos es cada vez más reñida.

Arias (2000), señalaba que la calidad de la madera aserrada se hace y que realmente en Cuba mucho queda por hacer en este importante línea de trabajo

En la actualidad los procesos de transformación primaria de la madera de latifolias en los aserraderos se caracterizan por presentar una eficiencia por debajo de los parámetros establecidos; lo cual unido a la baja calidad de la madera producida, provoca un uso inadecuado de la madera como materia prima, incrementando los impactos ambientales de los actividades de aprovechamiento forestal relacionados en la cadena productiva bosque-industria.

2.6. Evaluación tecnológica explotativa de las máquinas que intervienen en el proceso de aserrado:

Fosado (1999) expresa que por muy sencillo que resulte un sistema de aserrado son muchas las alternativas que se pueden presentar en toda la toma de decisiones. Pues no basta el conocimiento de diagramas de corte que logren máximos rendimientos, se necesita vincularlos con un grupo de requerimientos técnicos-económicos muy difíciles de coordinar eficientemente.

La planificación del proceso de aserrado conlleva la consideración de diversos elementos como un sistema estrechamente ligado en el momento de la planificación operativa (Álvarez y Fernando 2002):

Las características de la maquinaria instalada resultan importantes ya que el tipo de maquinaria instalada para la obtención del producto final, no sólo por el nivel de productividad sino también por el tipo de tecnología ya sea (circular, banda, alternativa). Un cambio en el tipo de sierra implicaría diferencias significativas en las posibilidades de cortes y tiempo de aserrado.

La evaluación tecnológica explotativa abarca todas las operaciones que incluye el proceso de aprovechamiento de madera en el cual se usan las diferentes máquinas y herramientas. Esta evaluación permite conocer en detalles la utilización del tiempo durante la jornada laboral para una tecnología determinada, a partir de la cual se pueden hacer las evaluaciones de las tecnologías y recomendar los métodos a utilizar para aumentar los rendimientos y reducir los costos de las operaciones (Cándano, 2004)

De forma general, las evaluaciones no difieren mucho entre ellas a nivel mundial cuando se trata de procesos similares. Para facilitar el estudio de tiempo dentro de la evaluación la jornada de trabajo se divide en *tiempo de explotación* y *tiempo muerto o perdido* (Cándano, 2004)

Los costos de las tecnologías determinan su eficiencia, los niveles de rentabilidad y las ganancias del aprovechamiento de madera, por ello este aspecto es abordado en varias investigaciones realizadas por (Shaffer et al, 1993 y Lanford et al., 1995a).

A estas insuficiencias en la infraestructura se le debe añadir un grupo de deficiencias de índole organizativo que conspira con el buen funcionamiento y aprovechamiento pleno de las capacidades instaladas. Para ello se realizó un recorrido por la instalación observando las características de cada parte del proceso, desde el patio de acopio, clasificación, plataforma de corte y flujo de aserrado, hasta el almacenamiento del producto final.

La industria maderera comprende la tala, el aserrado. La tala incluye derribar los árboles y cortarlos en troncos de longitud apropiada que constituyen la materia prima en los aserraderos.

En los Aserraderos se transforman las trozas en diversos tipos de vigas, tablones, planchas y listones. Los avances tecnológicos actuales, han permitido que la tala mecanizada y los aserraderos más modernos aprovechan hasta el 90% de los árboles cortados (Encarta, 2002).

CAPITULO III. DESARROLLO.

3.1. Ubicación Geográfica.

El presente trabajo se desarrolló en el aserradero ``Álvaro Barba Machado``, perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas de Matahambre el cual está ubicado en el poblado de Pons, de dicho municipio.

Mapa de la ubicación geográfica de la empresa y la del aserrío.

3.2. Para el diagnóstico se realizó una encuesta por Método Delfi para Expertos.

Según la necesidad que tiene la EFI Minas para el incremento de sus producciones en cuanto a madera aserrada de alta calidad, a partir de los surtidos que les son pedidos se realizó una encuesta con el objetivo de determinar cuáles son los elementos o factores que más inciden en el proceso de aserrado para incrementar el volumen m^3 por parte de la empresa, además de incrementar el rendimiento en más de un 57%.

Se utilizó el método Delfi en la comisión de expertos que darían su aval a partir de su experiencia, conocimiento y años de trabajo en la entidad.

Otro de los aspectos de esta encuesta fue la decantación de los mismos hasta quedarnos con 16 especialistas a los que se le fue aplicado el instrumento, los mismos son trabajadores de la empresa, son especialistas en este tipo de industria, en la actividad de silvicultura, y otros trabajan en las brigadas extractivas, los cuales tienen como promedio de 25 años de experiencia.

Se seleccionaron 16 expertos a los cuales se les aplicó una encuesta cuyos aspectos fundamentales fueron:

Flujo de entrada de materia prima, calidad de las trozas, del proceso tecnológico de aserrado. Todo ello para que los especialistas determinaran que o cuales son los factores que más inciden en el aprovechamiento y rendimiento productivos de la máquina de la línea de grandes dimensiones.

3.2.1. Diagnóstico de los factores que afectan el rendimiento en el Aserrío “Álvaro Barba Machado” perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).”

En la realización del diagnóstico se tuvo en cuenta, de forma general, los factores internos y externos que pueden incidir en el normal desarrollo de la producción de madera aserrada, el mismo se desarrolla a través de entrevistas, recorridos, revisión de base de datos y sobre todo con el criterio de los productores con mayor experiencia y conocimiento en la entidad.

Se realizó un inventario del comportamiento de los principales indicadores de producción, los factores limitantes de las unidades silvícolas con menores resultados y los problemas en el manejo de los recursos naturales y de respuesta productiva, así como del estado actual de la infraestructura de la unidad de producción con el objetivo de observar cómo se manifiesta la interacción de los factores fundamentales que rigen la producción de madera aserrada, (suelo-clima-planta-hombre).

El diagnóstico permite caracterizar el sistema de gestión del aserrío y para ello se utilizaran los criterios que permiten evaluar los principales elementos que inciden en este sistema de producción. Para ello fue necesario tener en cuenta: la caracterización del flujo de entrada de materia prima, calidad de las trozas, del proceso tecnológico de aserrado.

3.3. Materiales

El presente trabajo tiene como finalidad mejorar la eficiencia en el proceso tecnológico de aserrado de la madera del *Pinus caribaea var Caribaea*, en el aserrío “Álvaro Barba Machado” perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).

1-Papel ALBA

2-Lápiz

3-Librete

4-Regla de T

5-Cinta métrica

6-Calculadora

7-Cronometro

8-Computadora

3.4. Métodos empleados.

- ❖ Históricos: Aplicado para reseñar el desarrollo de las actuales valoraciones de la producción de madera aserrada, sus particularidades, así como el comportamiento tendencial de sus principales indicadores, en función del proceso tecnológico de aserrado para la transformación de la madera en bolo para cumplir con los surtidos.
- ❖ Lógicos: En la contextualización y determinación de los fundamentos teóricos del proceso tecnológico de aserrado a partir de la valoración de diferentes criterios y sustentaciones científicas.
- ❖ Dialéctico: Se tendrán en cuenta los factores de todo tipo que han condicionado el desarrollo de las actuales valoraciones del proceso tecnológico de aserrado en la empresa.
- ❖ Sistémico: Se desarrollará para considerar los elementos endógenos y exógenos que determinan la concepción sistémica del proceso tecnológico de aserrado desde las atenciones silviculturales hasta que llegue al aserrío.
- ❖ Modelación: Se empleará para representar, a partir de identificar los principales indicadores que inciden en el proceso tecnológico, una valoración de los impactos socio-ambientales y económicos, ocasionados por este proceso, que evalúe de forma simultánea todos los criterios necesarios.

3.5. Métodos Empíricos:

- ❖ Observación científica: Se utilizan para la toma de información referente a los principales elementos o factores que afectan el buen desarrollo del proceso tecnológico en sus indicadores productivos y que se manifiestan en el estado de rendimiento y en especial la calidad de la madera aserrada. Se realizará una consulta documental a los inventarios de aptitud de las máquinas en las líneas de grandes dimensiones del aserrío "Álvaro Barba Machado" perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas), los que se corroborarán a través de este método de investigación.

- ❖ Medición: Se aplicarán las técnicas de construcción de tablas y resúmenes que permitan entender y fundamentar la base para el cronometraje del tiempo de trabajo en la jornada laboral, en las condiciones de explotación partiendo de la valoración de los principales indicadores económicos y productivos.

3.6. Metodología tecnológica explotativa de las máquinas agrícolas y forestales.

El objetivo de esta evaluación es el análisis del comportamiento de la línea de grandes dimensiones en condiciones de explotación, comprobar el cumplimiento del proceso tecnológico de trabajo para que fue diseñada, determinar y evaluar los índices de explotación de la misma; realizando las comparaciones correspondientes con los medios utilizados para determinar las ventajas o desventajas de explotación de estos.

Nos basamos en la NC 34-37 del (2003) y adecuada a la línea de grandes dimensiones en el aserrío “Álvaro Barba Machado” perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).

3.6.1. Metodología para la elaboración de los datos del cronometraje.

Los factores que afectan el trabajo de las máquinas de aserrado se determinan por el Cronometraje de la jornada de trabajo en todo el proceso, con la ayuda de un reloj y un cronómetro (Díaz, 2007). La determinación del balance del tiempo se ejecutó de la siguiente forma:

Clasificación de los tiempos cronometrados en la jornada de trabajo:

T1 = Tiempo limpio de trabajo: Este será el tiempo en que la máquina, modifica el objeto de trabajo, o sea las trozas.

T2 = Tiempo auxiliar:

Representado por:

$$T_2 = T_{21} + T_{22} \quad (1)$$

T21 = Tiempo de retroceso.

T22 = Tiempo para servicio tecnológico.

T3 = Tiempo de mantenimiento técnico y preparación de la máquina.

Representado por:

$$T 3 = T 31 + T 32 + T 33 \quad (2)$$

T3 1 = Tiempo para la ejecución del mantenimiento técnico diario.

T3 2 = Tiempo para la preparación de la máquina para el trabajo.

T3 3 = Tiempo para realizar las regulaciones pertinentes.

T4 = Tiempo para la eliminación de fallos.

Representado por:

$$T 4 = T 41 + T 42 \quad (3)$$

T41 = Tiempo para la eliminación de fallos tecnológicos. (Máquina)

T42 = Tiempo para la eliminación de fallos técnicos. (Hombre)

T5 = Tiempo para descanso del personal de servicio (Merienda y Almuerzo).

T6 = Tiempo de paradas por causas organizativas.

Representado por:

$$T 6 = T 61 + T 62 + T 63 \quad (4)$$

T 61 = Tiempo de paradas por causas organizativas.

T 62 = Tiempo de paradas por causas meteorológicas.

T 63 = Tiempo de paradas por otras causas.

3.6.2. Determinación de los índices de productividad

En base a los datos primarios del cronometraje reflejados en el resumen, procesados por tipo de labor y para cada máquina durante el período de prueba se determinan los siguientes índices:

Productividad por hora de tiempo limpio, (W 1)

$$W 1 = \frac{Q}{T 1} \quad (5)$$

Dónde: Q = volumen de trabajo realizado con la máquina en ha, kg y otros

T 1 = tiempo de trabajo limpio, (h).

Productividad por hora de tiempo operativo. (W 02)

$$W 02 = \frac{Q}{T 02} \quad (6)$$

$$T 02 = T 1 + T 2$$

Dónde: Q = volumen de trabajo realizado con la máquina en ha, kg y otros

T 02 = tiempo operativo, (h).

Productividad por hora de tiempo productivo. (W 04)

$$W 04 = \frac{Q}{T 04} \quad (7)$$

$$T 04 = T 1 + T 2 + T 3 + T 4$$

Dónde: Q = volumen de trabajo realizado con la máquina en ha, kg y otros

T 04 = tiempo productivo, (h).

Productividad por hora de tiempo turno sin fallo. (W t)

$$W t = \frac{Q}{T t} \quad (8)$$

$$T t = T 1 + T 2 + T 3 + T 5 + T 6 + T 7$$

Dónde: Q = volumen de trabajo realizado con la máquina en ha, kg y otros

T t = tiempo turno sin fallo, (h).

Productividad por hora de tiempo de explotación. (W 07)

$$W\ 07 = \frac{Q}{T\ 07} \quad (9)$$

$$T\ 07 = T\ 1 + T\ 2 + T\ 3 + T\ 4 + T\ 5 + T\ 6$$

Dónde: Q = volumen de trabajo realizado con la máquina en ha, kg y otros

T 07 = tiempo de explotación, (h).

3.6.3. Coeficientes de explotación.

Coeficiente de pases de trabajo (K 21)

$$K\ 21 = \frac{T\ 1}{T\ 1 + T\ 21} \quad (10)$$

Coeficiente de servicio tecnológico (K 23)

$$K\ 23 = \frac{T\ 1}{T\ 1 + T\ 23} \quad (11)$$

Coeficiente de mantenimiento técnico (K 3)

$$K\ 3 = \frac{T\ 1}{T\ 1 + T\ 3} \quad (13)$$

Coeficiente de seguridad tecnológica (K 41)

$$K\ 41 = \frac{T\ 1}{T\ 1 + T\ 41} \quad (14)$$

Coeficiente de seguridad técnica (K 42)

$$K\ 42 = \frac{T\ 1}{T\ 1 + T\ 42} \quad (15)$$

Coeficiente de utilización del tiempo productivo (K 04)

$$K\ 04 = \frac{T\ 1}{T\ 1 + T\ 04} \quad (16)$$

Coefficiente de utilización del tiempo explotativo (K 07)

$$K\ 07 = \frac{T\ 1}{T\ 1 + T\ 07} \quad (17)$$

3.7. Evaluación de la calidad de la madera aserrada.

3.7.1 Rendimiento de la madera aserrada.

Después de tener cada uno de los tiempos en el proceso, se determina el volumen de madera que procesa la máquina a partir del rendimiento obtenido en el proceso, (el volumen total de las trozas que procesa la máquina y el volumen total obtenido de madera aserrada).

La efectividad del proceso de aserrado está estrechamente relacionada con el rendimiento obtenido de la troza pero en esto influyen el tamaño, la curvatura y la conicidad de la troza (Romero 1991).

En este caso se cuentan las trozas a procesar en la jornada se les miden tanto en longitud como en diámetro de la troza (el mayor y el menor) y se calcula el volumen de cada troza por la Fórmula planteada por Smalion:

$$V = \frac{(G_0 + G_1)}{2} * L \quad (18)$$

$$G = \frac{\Pi}{4} * d_b^2 \quad (19)$$

Dónde:

Grosor de la troza en:

G = Grosor

G_0 = Extremo Fino

G_1 = Base

d = diámetro

Π = Pí

L = Largo

V = Volumen

El volumen de madera aserrada se cuantificará midiendo las piezas en, largo, alto y ancho para poder determinar el volumen de producción de madera aserrada.

Y para el cálculo del volumen de la madera aserrada se utiliza la siguiente Formula según Manual de Rendimiento.

$$V = L * H * A * N \quad (20)$$

Dónde:

V = Volumen

L = Largo

H = Alto

A = Ancho

N = Número de piezas

3.7.2. Calidad de la madera aserrada.

Las causas fundamentales que influyen en el control de calidad de la madera aserrada son las siguientes

1. Incorrecta tensión del elemento de corte.
2. Recalcado demasiado pequeño
3. Inadecuada **velocidad** de avance en relación a la forma y capacidad del diente
4. Guías deterioradas de la sierra o alineamiento incorrecto de ellas.
5. Aserrín y resina en los volantes de la máquina, falta de limpieza.
6. Balanceo incorrecto de los volantes o rodamientos en mal estado
7. Mal alineamiento de los volantes
8. Inestabilidad de las ruedas del carro de alimentación
9. Falta de alineamiento del carro y los rieles o cadena de alimentación
10. Inadecuado alineamiento de los rodillos de **alimentación** de la reaserradora

11. Diámetros desiguales de los rodillos de alimentación
12. Falla del carro o la cadena; la troza no es sujeta lo suficientemente firme

Todos los elementos antes referidos están en correspondencia con los trabajos desarrollados por Brown (1979), Denig (1990) y Zavala (1991).

3.8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

3.8.1 Resultados del Diagnóstico del aserrío “Álvaro Barba Machado”.

Como se aprecia en la figura 3.5 la estructura organizativa de la industria del aserrío “Álvaro Barba Machado” está compuesta de la siguiente forma.

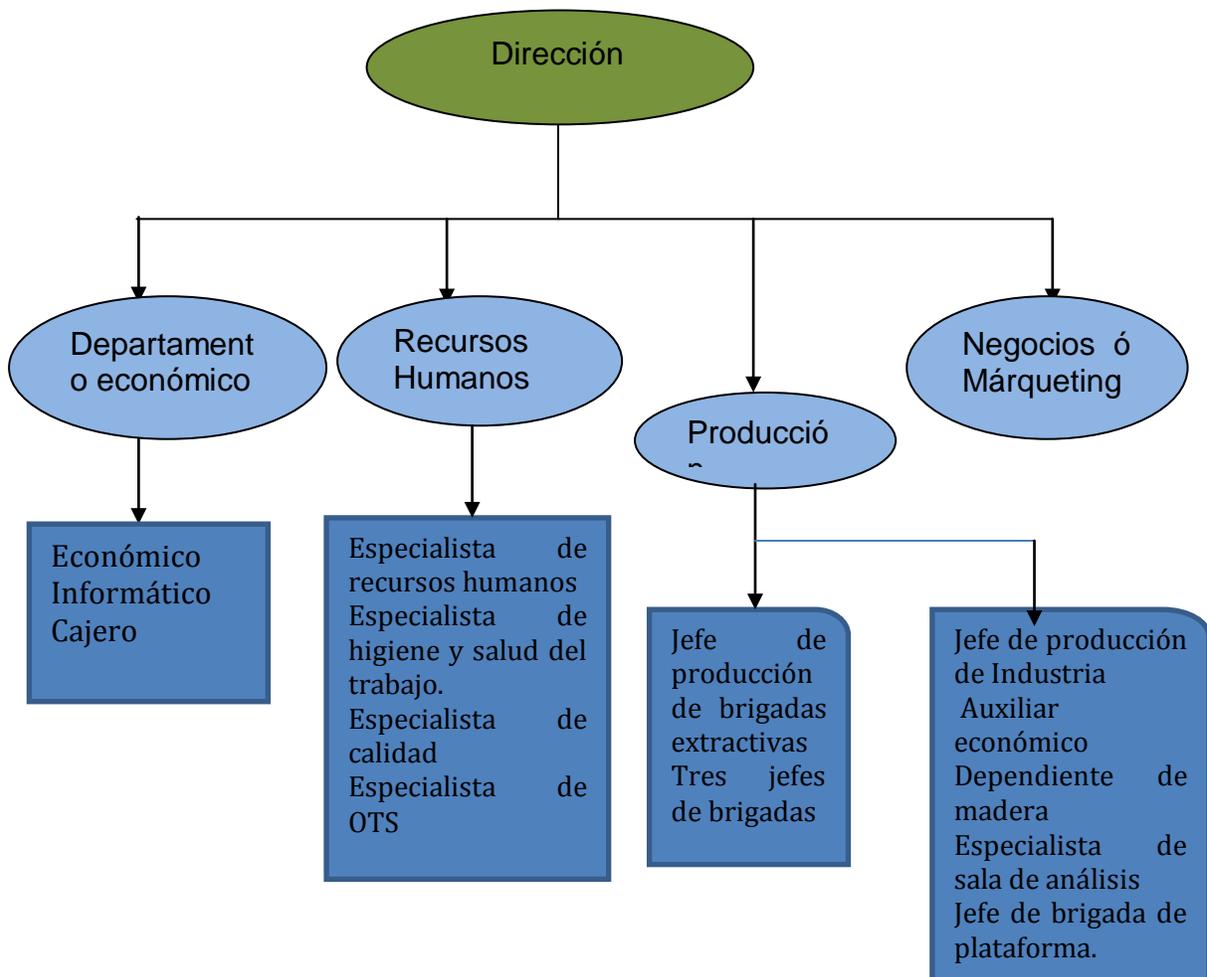


Figura 3.2. Estructura organizativa del aserrío Álvaro Barba Machado de la EFI Minas.

La cantidad de trabajadores con que cuenta la industria son 244 incluyendo las brigadas de extracción y acopio de madera de este total de trabajadores 32 son mujeres y de ellas 18 son directas a la producción. Con relación a la cantidad de trabajadores que laboran en la línea donde se procesan las trozas de grandes dimensiones para la producción de madera aserrada estos son 21 hombres con una edad promedio de 41 años, el nivel escolar es en la gran mayoría de 12 grados aunque algunos presentan el 9no grado. Esto se muestra en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Composición de la fuerza de trabajo en la industria y específicamente en la línea de grandes dimensiones.

Total de Trabajadores de la industria	Total de mujeres	Mujeres Directas a la producción	Trabajadores que laboran en la línea de grandes dimensiones	Edad promedio	Nivel escolar
244	32	18	21	41	12 y 9no grados vencidos.

3.8.2. Caracterización de la máquina.

La máquina que procesa las trozas de grandes dimensiones pertenecientes la Aserradero Álvaro Barba Machado de la Empresa Forestal Integral Minas es de marca Armentia y procedencia española la misma se instaló en la industria de la EFI Minas en el año 2000 ya de segunda mano. La línea está compuesta en primer lugar por esta máquina que es la principal además de una canteadora, una retestadora de péndulo y el área de clasificación de la madera aserrada. Tiene un turno de trabajo al día con un operario principal.

3.8.2.1. Principales afectaciones de la máquina que procesa las trozas de grandes dimensiones y que inciden directamente sobre el cumplimiento de los planes de producción.

Los principales problemas que presenta la máquina están dados entre otras cosas porque la máquina ha sufrido varias averías que en este momento de la investigación aun no se han podido resolver ya que las cintas sinfín que tiene la máquina se encuentran en mal estado por el desgaste de los dientes perdiendo eficiencia el proceso y esto por tanto influye en el rendimiento de la máquina ya que en el perfil normal de la cinta la sumatoria de los ángulos de incidencia, de afilado y de ataque debe ser de un ángulo de 90° para un mejor rendimiento. (Colectivo de autores 2007).

Dientes de sierra sinfín:

Partes de una cinta sinfín, de perfil normal:

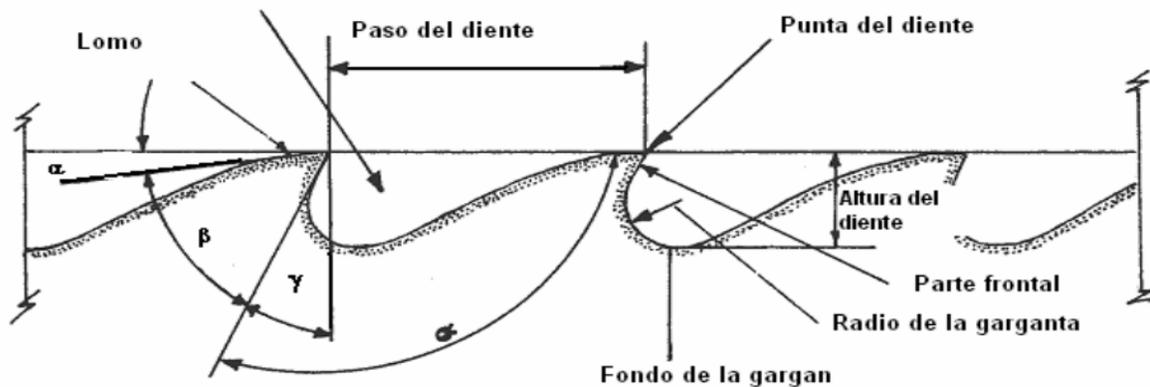


Figura 3.3. Estructura de los dientes del sinfín. Fuente Manual de Afilado **2010.**

Todo esto se debe a que estas tienen varios años de explotación por lo que en ocasiones una misma hoja presenta varios empates dientes en mal estado por lo que constituye una falla tecnológica.



Figura 3.4. Estado en que se encontraban los dientes del sinfín en la máquina. Fuente. González, 2013.

3.8.2.2. Importancia de la calidad del mantenimiento a la hoja o cinta.

Con relación a la hoja o cinta en entrevista realizada a los afiladores vimos que los dos tienen 27 años de experiencia en esta labor por lo que tienen conocimientos y abundante practica en el oficio de afilado de sierras y cintas sin fin.

También observamos que en el momento que se realizaba esta investigación solamente contaban con 2 hojas o cintas en buen estado, cuando para 1 año completo necesitan para llevar a cabo el proceso productivo con la menor cantidad de interrupciones posibles por defectos o deterioro de la cinta 8 cintas o lo que es lo mismo 4 juegos nuevos.

Con respecto a la de la calidad de la cinta y su afilado pudimos de terminar que el estado en que se encuentran estas al final del año o el deterioro progresivo de las mismas con el paso del tiempo se debe en gran medida tanto a los afiladores como a los operarios y también a los directivos encargados del proceso productivo.

Pues tanto los afiladores como los operarios y directivos saben que las hojas se deben cambiar cada 4 horas, pero esto nunca se cumple ya que solo se cambia la cinta cuando esta presenta un problema o defecto, incluso en ocasiones trabajan más de 12 horas con una misma cinta cuando esta no sufre partiduras u otro problema.

Por la experiencia y conocimientos de los afiladores ello saben que deben esperar al menos 4 horas después de quitadas para poder afilarlas hojas nuevamente. Otra de las cosas que no se cumplen debido al mal estado de las otras cintas y la escasez de cintas en la industria. También pudimos ver que ello saben que después de afilada la hoja se debe esperar al menos 24 hora para colocarlas nuevamente en la máquina para comenzar a trabajar lo cual tampoco se cumple por las causas antes mencionadas. Además los directivos de la empresa no velan por que requerimientos técnicos con relación al uso y mantenimiento de la cinta se cumplan y al final todo ello atenta contra la baja productividad de la industria y la poca eficiencia de proceso productivo.

El cuadro que se presenta a continuación contiene los defectos más comunes encontrados en las cintas sinfín de dicha Industria y los posibles motivos que lo causaron. (Colectivo de autores 2007)

Otra cosa que propicia que sufra la hoja es que la troza al llegar con cáscaras al carro esta viene con tierra y piedras y también que en ocasiones la madera que llega a la máquina es seca y esto puede dañar la hoja de sierra porque a menor humedad mayor dureza por tanto con una troza así esta sufre más que si la madera estuviera verde. También podemos ver que la guía de la hoja no funciona pues el motor de esta no funciona por falta de cuñas las cuales se pueden hacer en un torno y el funcionamiento de esta guía es importante porque protege la cinta propiciando que se parta menos al dejar un margen adecuado entre la altura de la guía y el borde superior de la troza.

La separación de las mismas debe ser de 0,2 a 0,5 mm de ambos lados de la cinta.

Existen dos guías: una fija por debajo de la mesa de corte y otra telescópica, la cual debe estar lo más cerca de la troza en el momento de corte (Colectivo de autores 2007).

Tabla 3.2. Problemas frecuentados por la cinta en la etapa de evaluación.

DEFECTOS	MOTIVOS
Aparición de grietas en el borde dentado	Problemas de la cinta
	- Por un exceso de tensión en general y en particular sobre el borde dentado. - La cinta puede estar mal afilada o desafilada. - Defectos en el recalado.
	Problemas de la sierra
Aparición de grietas en el borde dentado y/o en el dorso	- Guías ubicadas en forma incorrecta (inclinadas demasiado juntas, la telescópica muy alta).
	- Desgaste excesivo o desparejo de los volantes. Es necesario rectificarlo luego de 3.000-5.000 horas de trabajo efectivo.
La cinta se desvía Durante el corte	- Defectos de aplanado o de torceduras.
	- Tensión insuficiente en el borde dentado.
Rotura en la soldadura o empalme	- El empalme quedó demasiado grueso o muy fino respecto al espesor de la cinta.
	- El tensionado/ aplanado está mal realizado.
	- Deficiencias en la soldadura o empalme.
Perdida rápida del filo	- Traba o recalque desparejo.
	- Excesiva velocidad de corte y avance.
	- Elementos abrasivos (tierra, piedras) adheridos a la corteza de los troncos.

Otros problemas que pudimos determinar es que el carro presenta problemas con una de las escuadras para alinear el bolo y también con el sistema hidráulico en una de las uñas para sostener el bolo. Todo esto atenta contra la calidad de la madera aserrada y con el rendimiento de la misma además de que incide sobre la hoja.

La gran variación de grosor dentro de las piezas se debe no sólo a las desviaciones excesivas de la hoja de sierra respecto a su trayectoria normal, sino también a la deficiente alineación de las escuadras del carro, lo que propicia la obtención de todas las piezas interiores (piezas pegadas a las escuadras del carro) con notable efecto de cuña hacia una sola dirección y de piezas exteriores

(piezas alejadas de la escuadra del carro) libres o aleatorias afectadas por este defecto hacia una u otra dirección, por lo que se coincide con lo planteado por (Álvarez Lazo D. Andrade Fernando E. (2004).

3.8.3. Resultados de la encuesta a expertos.

Según la encuesta a los expertos se determinó que la mayor influencia en el rendimiento de madera aserrada, está dada por el estado técnico de la máquina y la calidad de las trozas.

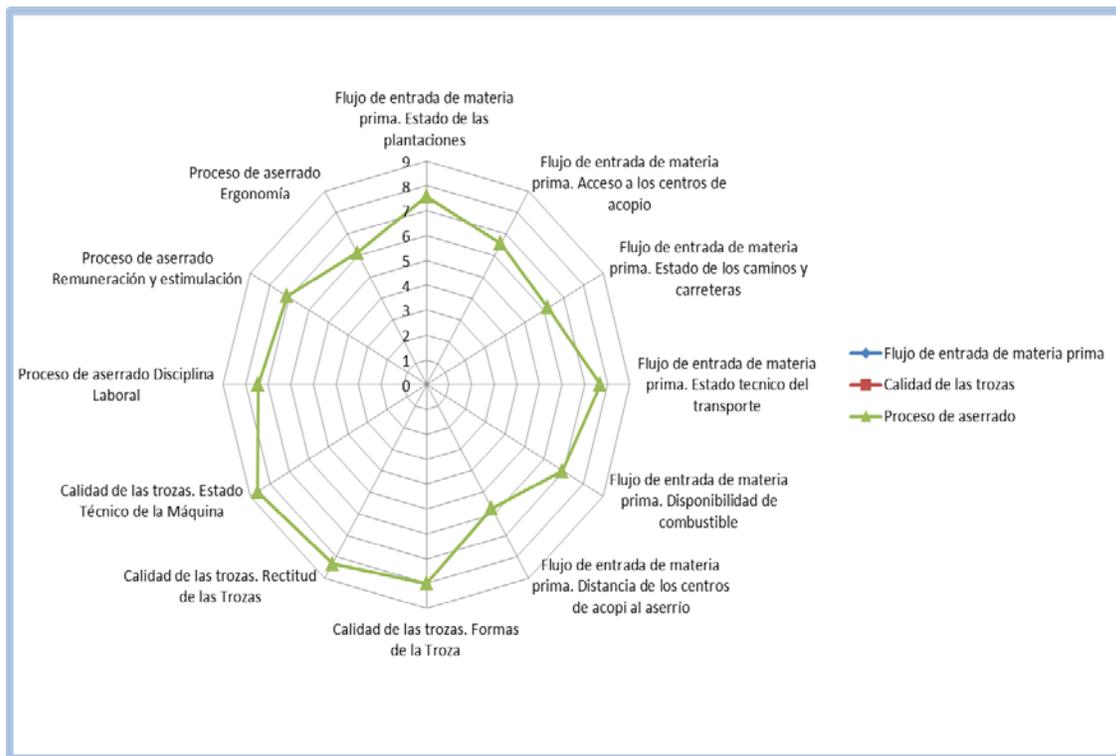


Figura 3.5. Modelo radial de la encuesta a expertos de los principales aspectos que inciden en el proceso de aserrado.

3.8.4. Comparación de la metodología propuesta con la metodología planteada por manual de rendimiento.

El manual de Rendimiento:

A. 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.

B. Propósito y Objetivos

Los propósitos de hacer estudios de trabajo son para generar nuevos o mejores métodos para llevar a cabo una tarea, para desarrollar los métodos ya existentes, para obtener información y conocimiento sobre el consumo de tiempo para mejorar las condiciones de trabajo.

Con los estudios de tiempo se pretende determinar el tiempo que un operario requiere para realizar un trabajo determinado. El objetivo es que el estudio de tiempos muestre cómo se está utilizando el mismo.

C. 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:

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

h. Tiempo No Trabajado, que se subdivide en Tiempo Justificado y Tiempo No

Justificado Estos Tiempos de Trabajo consisten en:

1. Tiempo Total (T T): es el tiempo total incluido dentro del período considerado.
2. 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.

3. 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.

4. Tiempo No productivo o Atrasos (T I): en esta categoría se incluye el tiempo durante el cual la máquina o cuadrilla no está produciendo.

5. Porcentaje de Eficiencia (%U): es el porcentaje del tiempo programado en que verdaderamente la cuadrilla o máquina estuvo produciendo; matemáticamente será:

$$\%U = \frac{\text{Tiempo Productivo (T P)}}{\text{Tiempo Programado (S H)}} \times 100$$

Por la metodología que planteamos proponemos para una mejor comprensión y veracidad del estudio y análisis de los tiempos la clasificación mostrada en el

D. Métodos y Tiempos de Trabajo

Método de Tiempo Total

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

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.

La fórmula para determinar el número de observaciones es la siguiente:

$$N = \frac{Z^2 * Q}{E^2 * D}$$

Dónde:

N = Número de observaciones

Z = Desviación normal dependiendo del nivel de confianza deseado

% confianza	Z
90	1.94
95	1.96
99	2.58

D = Porcentaje del Tiempo Programado en que ocurren atrasos, expresado como decimal.

Q = (1-D) Porcentaje del Tiempo Programado en que no ocurren atrasos, expresado como decimal.

E = Error de muestreo, expresado como decimal.

E. Pasos para Realizar un Estudio de Tiempos y Movimientos

E1. 1er. paso: Definir el Flujo de Aserrío y el Método de Estudio

En fase de gabinete, lo primero que se debe definir es cuales secciones del flujo del proceso de aserrío de la madera estarán involucradas en el estudio y que método de estudio se aplicará. Una vez definido estos dos factores se procederá a la elaboración de planillas de campo, donde se tomarán en cuenta las principales actividades de una jornada de aserrío.

E2. 2do. paso: Determinar el Número de Observaciones que para efectos de esta guía se recomienda el Método por Muestreo.

Primeramente, se debe realizar un pequeño pre-muestreo de una jornada de trabajo a las secciones en estudio. En base a la información obtenida con este pre-muestreo, se conocerá en qué proporción las secciones desarrollan el trabajo

y a las cuales se les realizará proporcionalmente las observaciones. Es decir, que el mayor número de observaciones estará en función a la sección de mayor actividad laboral y al nivel de confianza en que se requiere la información.

E3. 3er. Paso: Toma de Datos (Observaciones)

La información necesaria para llevar a cabo este estudio procederá de las secciones definidas en fase de gabinete. En el caso de un aserradero las secciones principales son:

C Sierra principal

C Desorilladora

C Despuntadora

Como se ha indicado anteriormente, el Método por Muestreo será utilizado para la descripción de los diferentes movimientos que componen la faena de aserrío.

En este paso se usará el modelo de planilla para estudio de Tiempos y Movimientos (ver anexo Planilla de Tiempos y Movimientos).

La **primera actividad** previa a las observaciones, es registrar la hora de inicio del estudio y al finalizar la hora de conclusión.

En el manual de rendimiento se plantea registrar las horas de inicio y de conclusión del trabajo pero además nosotros planteamos recoger los tiempos de mantenimientos, de las paradas y sus causas, así como el tiempo de eliminación de fallos tecnológicos, sea hombre o máquina.

La **segunda actividad** es realizar una observación instantánea sistemática en intervalos de dos minutos en la que se anotará el tipo de movimiento que se está ejecutando en ese preciso instante en las secciones en estudio (que en este caso son los tres arriba citados).

En nuestra propuesta metodológica lo que planteamos es que cuando la máquina trabaja una troza desde el momento del servicio tecnológico hasta que termina de transformarla es una observación, o sea que el trabajo con cada una de las trozas de forma independiente constituye una observación. Además se debe hacer por

clases diamétricas para determinar el tiempo de trabajo real de la máquina con cada una de las clases diamétricas que la alimentan.

Todas las observaciones deben estar direccionadas al responsable de cada sección, porque funcionalmente de él depende el movimiento que ejecute todo el grupo de trabajo.

Tercera actividad. En forma paralela a las observaciones se debe registrar todas las trozas que están siendo aserradas en el período de las observaciones usando la planilla modelo.

Se deberá registrar los siguientes datos de las trozas:

- Número de troza
- Especie
- Longitud de la troza
- Diámetros mayor y menor

Las observaciones se deben llevar a cabo desde el inicio del trabajo de aserrío hasta concluir una jornada normal.

En esta actividad lo que planteamos es que debemos tomar las medidas de las trozas, antes de entrar a la máquina y numerarlas por clases diamétricas que alimentan la máquina así como el recoger el tiempo que se realiza la máquina con cada una de ellas.

E4. 4to. paso: Procesamiento de los Datos

Del total de las observaciones realizadas se deberá obtener:

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

Estos serán los tiempos que se deberán medir para cada una de las secciones estudiadas.

Para obtener cada uno de estos tiempos en cifras porcentuales, se debe aplicar la siguiente relación:

$$\text{Obs.}\% = \frac{\text{Total individual de cada observación}}{\text{Total de todas las observaciones}} \times 100$$

Para obtener el volumen de las trozas registradas en los períodos de observaciones se debe aplicar la fórmula utilizada para Estudio de Rendimiento.

Resultados que se deben obtener.

- Porcentaje de los Tiempos Trabajados y No Trabajados
- Número total de observaciones realizadas
- Horas de observación
- Jornadas de trabajo muestreadas
- Número y volumen de trozas aserradas
- Trabajadores que intervienen en la planta de aserrío
- Rendimiento en horas/m³
- Rendimiento en trozas/hora
- Rendimiento en m³/hora/hombre

En el caso de la clasificación de los tiempos recomendamos que el tiempo trabajado, o como planteamos en nuestra metodología el tiempo limpio de trabajo debe ser todo el trabajo de la máquina con la troza desde que llega a la máquina hasta que esta termina con ella. Para poder determinar realmente el tiempo trabaja que emplea la máquina con cada troza.

E5. 5to. paso: Análisis de los Resultados

Toda la información será analizada por sección de trabajo y también en forma general, haciendo resaltar los aspectos más sobresalientes encontrados en las jornadas de trabajo. Se debe identificar si existen o no fallas, sean estas humanas

o de máquina, y si esto repercute de manera positiva o negativa en las demás secciones de trabajo.

En el caso del análisis de los resultados estos se realizarán partiendo de tiempo de trabajo de la máquina con cada clase diamétrica. Además se podrá determinar a partir del resultado este análisis en qué condiciones tecnológicas se encuentra la máquina. También se determinarán las fallas en el proceso productivo y el tiempo que lleva la eliminación de las mismas ya sea de tipo técnicas (hombre) o tecnológicas (máquina). Y otras pérdidas de tiempo que pueden afectar la eficiencia del proceso productivo...

3.8.5. Evaluación de técnica y explotativa de la máquina en la línea de grandes dimensiones.

3.8.5.1. Resultados del tiempo de trabajo real de la máquina.

Con respecto al tiempo de trabajo diario de la máquina no es constante ya que generalmente solo trabaja como promedio 5 horas diarias de 8 horas de jornada laboral que tienen diariamente, pues en la mayoría de las jornadas de trabajo presenta dificultades principalmente por roturas de la hoja, ya sean por partiduras de la misma o por defectos en sus dientes causados por el deterioro de estos, otra cosa que pudimos determinar es el tiempo limpio de trabajo de la máquina con cada clase diamétrica pues con las clases de 18 a 22 el tiempo en que la máquina, modifica las trozas, es mucho menor que con el resto de las clases diamétricas.

Además con las otras clases ubicadas entre los 24 a 30 cm o más esta sufre más roturas principalmente por el mal estado de las hojas, y aunque con mayores diámetros de las de las trozas la máquina debiera tener mayor rendimiento no es así puesto que esta sufre menos paradas con las clases más pequeñas y por tanto hay menor pérdida de tiempo lo que se traduce en mayores rendimientos y producción. Esto se debe principalmente al mal estado tecnológico en que se encuentra trabajando la máquina, causado por la falta de piezas y de mantenimientos en el momento que lo necesita.

Como dijimos anteriormente el tiempo en que la máquina modifica trozas de 28–30 cm de diámetro podría modificar más de dos trozas de 18 – 20 así como de 22

cm. Debemos mencionar que la máquina aumenta los rendimientos hasta las clases diamétricas menores de 24 cm de diámetros, pues como se dijo anteriormente a medida que va aumentando el diámetro de la troza la paradas por roturas de la hoja son más frecuentes por lo que decimos que la máquina obtiene mejores resultados con trozas entre 18 – 22 cm de diámetro como promedio.

3.8.5.2. Análisis de la productividad de la máquina para madera en m³/h

En la siguiente grafica mostramos la productividad de la máquina con la madera en bolo donde podemos ver que la productividad por tiempo productivo es mayor en el día 8 ya que es el día menos afectado por las paradas de fallos tecnológicos y por otras causas. Lo contrario sucede con el día 5 donde hubo varias afectaciones que provocaron la disminución de la productividad de la máquina en cuanto a la productividad por tiempo productivo, productividad por tiempo explotativo, productividad por tiempo total.

Como se puede apreciar en la figura 3.6

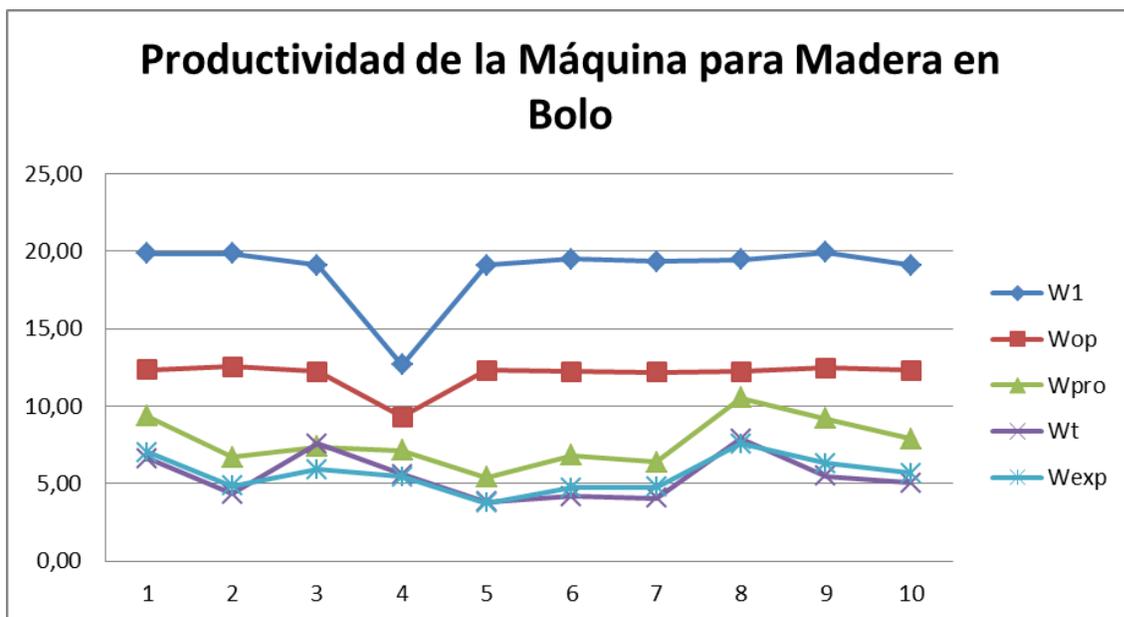


Figura 3.6. Productividad de la máquina para la madera en bolo por hora.

En la siguiente grafica mostramos la productividad de la máquina para la Madera Aserrada donde podemos ver que la productividad por tiempo productivo,

productividad por tiempo explotativo, productividad por tiempo total son mayores que el resto de los días debido a la cantidad de trozas que proceso la máquina. Además también coincide con el día 5 en cuanto a la disminución de estos parámetros pues la cantidad de madera procesada fue mucho menor en el mismo tiempo de trabajo o jornada laboral.

Como se puede apreciar en la figura 3.7

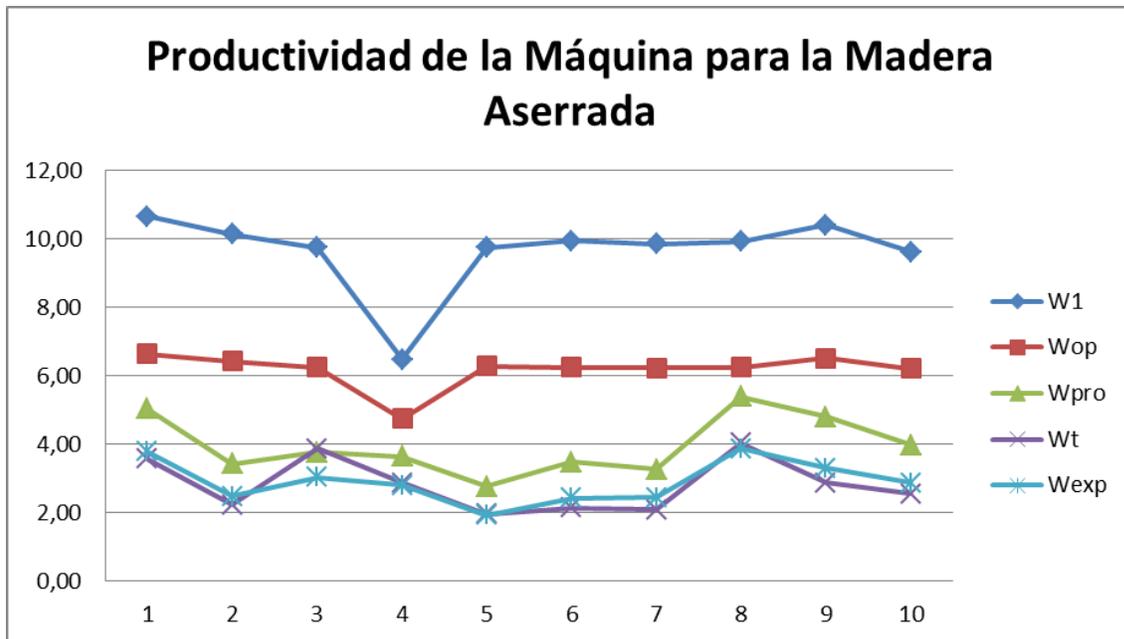


Figura 3.7. Productividad de la máquina para la madera aserrada por hora.

En la proxima grafica tenemos el Rendimiento de la máquina para madera en bolo y madera aserrada en m³ por dias, donde la mayor producción se optuvo el día 8 debido a la cantidad de m³ que proceso la maquina, ver figura 3.8

Además si analizamos el flujo de entrada de la materia prima esto nos dice que hubo un incremento con respecto a los demás días, por lo que la máquina mantuvo una disponibilidad técnica favorable para las condiciones de explotación, pero el indicador que nos dice como se comportó la máquina fue el de calidad de la madera aserrada que tuvo un valor 32,25 m³ de madera y de este el 62 % con la calidad de A, por los que se demuestra que la clase diamétrica no incide tanto en la calidad de la madera aserrada, corroborando lo planteado por Alvares en 2005. A pesar que la máquina posee más de 20 años de explotación y que se introdujo

en nuestro país por la década del 90. Lo que nos dice que si le realizamos el mantenimiento que lleva y se logra una disciplina tecnológica adecuada la misma puede llegar a obtener rendimientos cercanos al 60% y los planes de producción se cumplirían.

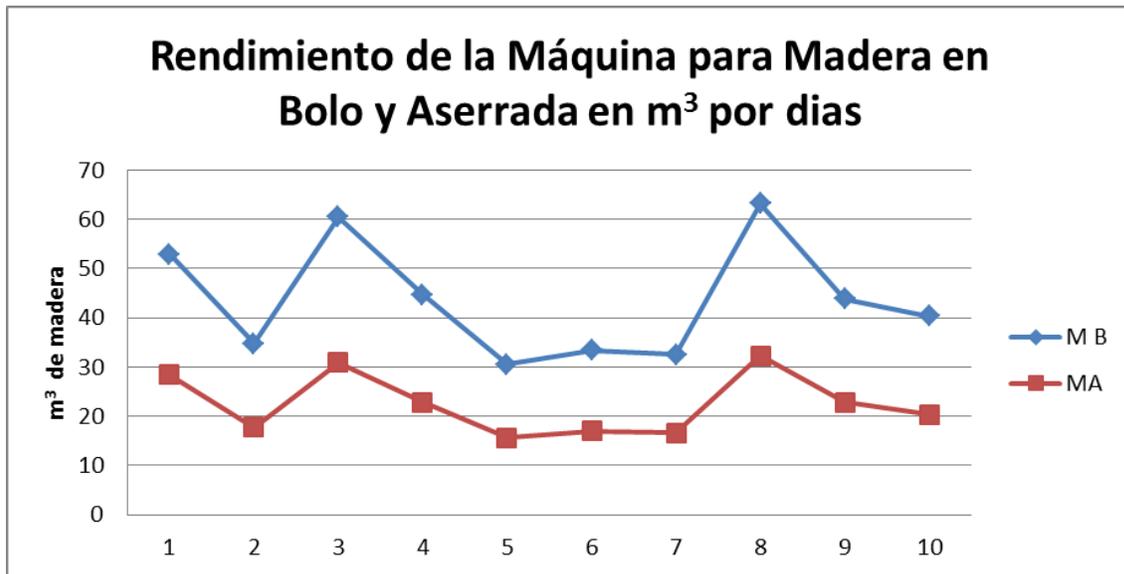


Figura 3.8. Rendimiento de la máquina para madera en bolo y madera aserrada en m³ por días.

Otro de los indicadores a tener en cuenta para un análisis más detallado son los coeficientes de aprovechamiento del tiempo donde como se puede apreciar en la figura 3.9 existe en una diferencia significativa en los días cuatro, cinco, seis, siete y diez con respecto a los demás por lo que hay que verificar y exigir porque los mantenimientos técnicos se cumplan como esta establecido y no sobrepasar el tiempo que esta disponible para ello.

Además son los días que mayor frecuencia de roturas y fallas que presenta la máquina con respecto a los demás días de estudio, por lo que el día que mejor comportamiento tuvo fue el ocho con un valor del coeficiente de aprovechamiento del explotativo 0.30 y el productivo fue de 0.35 respectivamente lo que se corresponde con los coeficientes de mantenimiento técnico y de seguridad tecnológica los cuales estan en el orden de 0.60 para ambos respectivamente.

Esta figura nos dice, que los especialistas deben analizar que o cuales son los problemas que estan incidiendo de forma significativa en el buen desempeño de la máquina ya que estos son tiempos en los cuales la máquina no produce y de los diez días que se laboran solo dos son productivos para el estado técnico en que se encuentra la principal maquina del aserradero lo cual debe preocupar a los directivos de la misma.

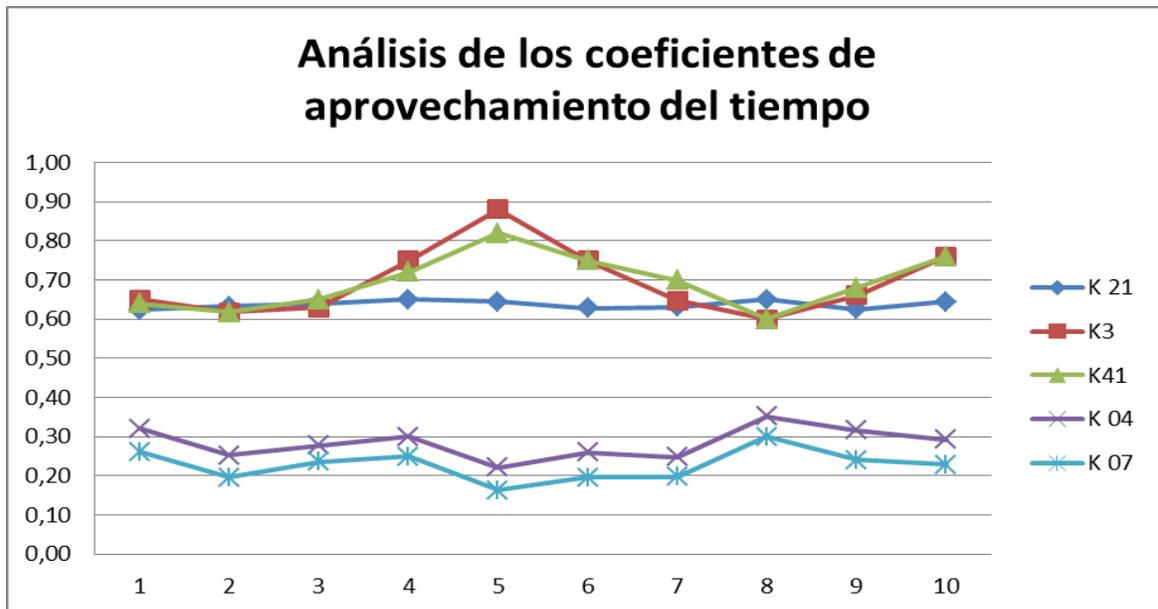


Figura 3.9. Análisis de los coeficientes de aprovechamiento del tiempo.

3.9. Evaluación de la calidad de la madera aserrada.

3.9.1. Influencia del diámetro de las trozas y su calidad sobre el la calidad de la madera aserrada.

Algo que debemos mencionar es que durante el tiempo del estudio del rendimiento de la máquina la calidad de la clase A se encuentra de forma favorable ya que se manifiesta con el 65 % del total de la madera aserrada, lo que se considera bueno, pues la media de esta calidad debe estar por encima del 60 % del total general. Las otras calidades se presentaron en un 11 % y un 24 % para B y C respectivamente, como se muestra en la siguiente figura. 3.9

Con relación a la calidad de la madera aserrada podemos decir que los factores que más influyen en ello son las condiciones técnicas de la máquina pero en

mayor medida la calidad de la troza, que en su mayoría las trozas con que se alimentó la máquina que procesa las trozas de grandes dimensiones de *Pinus caribaea var. caribaea* en el aserradero Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas) cuando se realizó el estudio, son de primera y segunda calidad (Según LABONAC o Chávez 1997) aunque predominaron generalmente las trozas de primera calidad. Es por ello que el por ciento de calidad en la madera aserrada de A es satisfactoria.

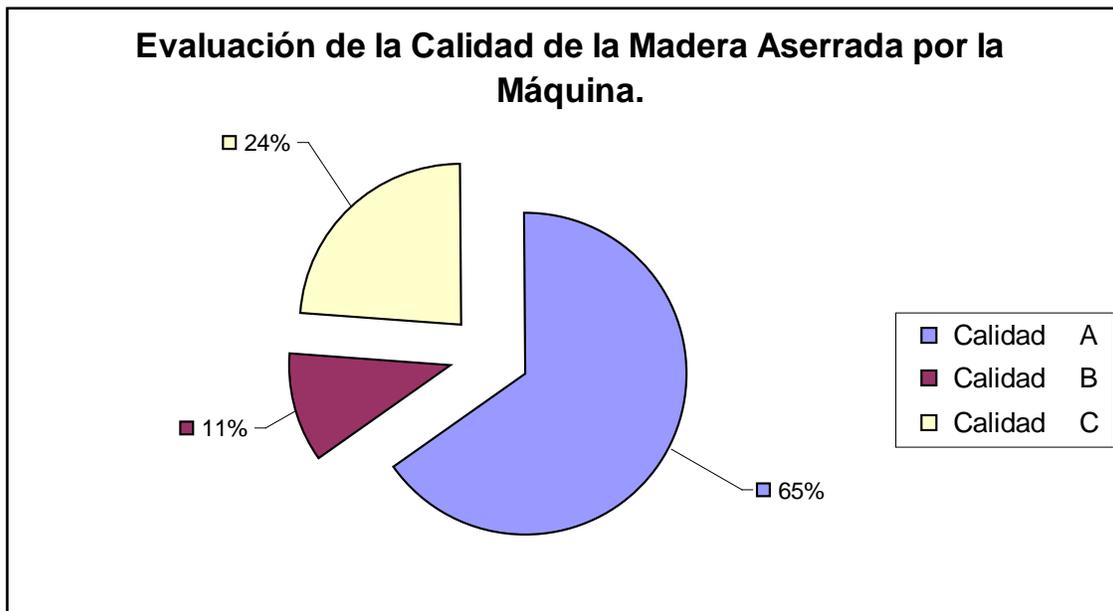


Figura 3.9. Evaluación de la Calidad de la Madera Aserrada.

También podemos decir en cuanto a calidad de la madera aserrada que aunque las trozas que trabaja la máquina sean de diámetros relativamente pequeños esto no quiere decir que se puede afectar significativamente la calidad de la madera aserrada pues durante el estudio se realizaron varias observaciones donde el por ciento de trozas de menor diámetro estaban alrededor del 70 % como promedio y las de mayor diámetro se encontraban cerca del 30 % como promedio y sin embargo en los casos en donde se encontraban la mayor cantidad de trozas más pequeñas la calidad de A en la madera aserrada estuvo sobre el 63 %. Ejemplo de ello lo podemos ver en la siguiente tabla 3

Tabla 3.3. Análisis de la calidad de la madera aserrada.

Casos	% de trozas más pequeñas Entre 18 – 22	% de trozas más grandes Entre 24 – 30	Calidad de la madera aserrada en %		
			A	B	C
1	68	32	61	11	28
2	69	31	65	12	23
3	61	39	64	11	25
4	57	43	62	8	30
5	85	15	68	5	27
6	88	12	63	12	25
7	75	25	67	15	18
8	74	26	70	11	19
9	80	20	56	10	34
10	68	32	70	12	18
% Prom.	73	27	65	11	24
Total					

3.10. Análisis del costo de venta de la madera aserrada y su influencia en la productividad de la madera aserrada.

El salario básico como promedio en el caso de los trabajadores directos a la producción y específicamente a la Línea de Grandes Dimensiones es de 427 pesos.

La forma de pago que tienen es sobre el salario básico y a partir del cumplimiento del plan de producción se paga por Calidad de la Madera Aserrada. De A se les paga a los trabajadores 52 pesos por m³ de B 25 y 15 pesos de C.

Este sistema de pago se realiza para que durante el proceso productivo se priorice la calidad de A.

Tabla3.4. El costo de venta de la madera aserrada por calidad:

Calidad de la madera	Precios por surtidos			
	Tablones		Tablas	
	2x5	2x4	1x5	1x4
A	440.33	440.33	488.77	488.77
B	299.08	299.08	314.80	314.80
C	210.09	210.09	225.90	225.90

Nota: este precio es en m³

El costo de producción 1 metro cúbico es de 200 –300 pesos. Este precio no es fijo varia en dependencia de otros factores.

En la siguiente tabla mostramos el comportamiento que tuvo la industria en el cumplimiento plan de producción de varios meses del año pasado, donde además se muestran las principales afectaciones que han provocado estos incumplimientos según los trabajadores y directivos de la industria.

Tabla 3.5. Principales afectaciones que han provocado estos incumplimientos

Meses	Plan de Producción en M ³	Real	%	Factores que impidieron el cumplimiento
Octubre	8706.9	6663.162	77	Cambio de cinta constantemente por partiduras de la cinta, desgaste de los dientes y caída del volante.
Noviembre	9833.3	7315.501	74	Avería del piñón reductor de la máquina principal
Diciembre	10960	7687.111	70	Falta de materia prima, principalmente por combustible.
Enero	959.1	919.117	96	Cambio de cinta constantemente por partiduras de la cinta, desgaste de los dientes y caída del volante.
Febrero	1032.5	676.771	66	La canteadora ha presentado problemas con la bomba hidráulica.
Marzo	1131.4	805.689	71	Avería del piñón reductor de la máquina principal.
Abril	668.4	418.5	63	Falta de Materia Prima

Nota: El mes de abril lo presentamos hasta el día 18 por lo que solo representamos en la tabla lo que debían tener hasta la fecha y su por ciento de cumplimiento.

Similares comportamientos productivos ha tenido la industria también en los últimos años desde el 2005 – 2012.

Tabla3.6 Cumplimiento del plan de producción de los últimos ocho años

Años	Plan de Producción en M³	Real	%
2005	19611,0	11737,342	60
2006	14210,0	8 488,871	60
2007	17539,2	10397,863	59
2008	13880,0	10 132,4	73
2009	15000,0	7201,828	48
2010	15000,0	7798.911	52
2011	10960	7687.111	70
2012	12842.2	6388.177	50

Como hemos podido ver hasta el momento no han logrado cumplir en los últimos años el plan de producción previsto, principalmente por las causas mencionada en la tabla 3.5

CONCLUSIONES.

1. El diagnóstico realizado en el aserrío Álvaro Barba Machado de la Empresa Forestal Integral (EFI) Minas, arrojó que la máquina empleada en la línea de grandes dimensiones se encontraba en menos de un 50 % de su fiabilidad
2. A partir de la metodología propuesta se puede realizar un estudio más detallado de la máquina de la línea de grandes dimensiones en el proceso tecnológico de aserrado, teniendo en cuenta el cronometraje de todos los tiempos dentro del proceso.
3. En la evaluación de los diferentes indicadores podemos decir que el día 8 es el de mejor resultado, según los indicadores:
 - Productividad/hora de tiempo explotativo de la máquina es de 7.59;
 - Rendimiento en m³ de madera en bolo y madera aserrada fue de 63,23 y 32,25 respectivamente;
 - Coeficiente de aprovechamiento del tiempo es de 0.30.
4. Al evaluar la calidad de la madera aserrada con cada una de las clases diamétricas procesadas se obtuvo una calidad de madera aserrada del 64 % de A; estos resultados se deben fundamentalmente a la calidad de las trozas que alimentaban la máquina que procesa las trozas de grandes dimensiones.

RECOMENDACIONES.

1. Profundizar en el estudio de fiabilidad de la máquina para mejorar el proceso tecnológico de aserrado.
2. Hacer extensivo el estudio de la metodología utilizada y desarrollar otros estudios en aserraderos de la provincia.
3. Que este documento sirva de consulta para estudiantes de pre y postgrado en la carrera de Forestal y en la especialidad de aprovechamiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarez, D. y Egas, A. F. 2002. Factores fundamentales para aumentar los rendimientos de madera aserrada en aserraderos con sierras de banda. CIGET Pinar del Río Vol.4 No.2 abril-junio 2002 *Universidad de Pinar del Río, Cuba*.
2. Álvarez, D. y Egas, A. F. 2002. Factores fundamentales para aumentar los rendimientos de madera aserrada en aserraderos con sierras de banda". Revista Avances, 4, 2.
3. Álvarez D.L, 2005. Tecnología de la madera. 188 p.
4. Arias, Hernaldo. 2000. Conversación personal. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana, Cuba.
5. Bond, B. H. 2000. Understanding Log Scales and Log Rules. Agricultural Extension Service, Publication PB 1650. University of Tennessee. 7pg.
6. Bond, B. H., J. K. Wiedenbeck, and. Esetame. R. 2006. The Occurance of Log Ellipticity in Hardwoods and its Impact on Lumber Value and Volume Recovery. Proceedings of the 15th Central Hardwood Forest Conference February 27-March 1 2006. Knoxville, TN.
7. Broman, N. O. 2000. *Means to Measure the Aesthetic Properties of Wood*. Doctoral Thesis 2000:26, Luleå University of Technology, Skellefteå, Sweden. ISSN: 1402-1544.
8. Brown, T. D. 1979. Determining lumber target sizes and monitoring sawing accuracy. Forest Product Journal. 29 (4): 48-54.
9. Brown, T. D. 1986. Lumber size control. Forestry Business. College of Forestry. Oregon State University. USA. 16 pp.
10. Brown, Terence D. January 2000. How to start a lumber quality control program. Lecture material. Department of Forest Products, Oregon State University.
11. Brown, Terrence D. June 2000. Lumber Size Control. Part 1: Measurement Methods. EM 8730. Oregon State University Extension Service.
12. Brown, Terrence D. June 2000. Lumber Size Control. Part 2: Size Analysis Considerations. EM 8731. Oregon State University Extension Service.

13. Brown, Terry. 2000. Lumber Size Control: Measuring the Health & Wealth of Your Mill. Lecture. Peavy Hall, Oregon State University. Extension Wood Products Specialist, Oregon State University.
14. Buehlmann, U. and R.E. Thomas. 2002. Impact of human error on lumber yield in rough mills. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* 18:197-203.
15. Carpenter, R. D., D. L. Sonderman, E. D. Rast and M. J. Jones. 1989. Defects in hardwood timber. Agriculture Handbook No. 678. USDA Forest Service, Washington, D.C. 88 pp.
16. Casado, M. M. 1997. Tecnología de las industrias forestales. Tomo I. Serie Forestal 26. Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenierías Agrarias. 191 pp.
17. Cassens, D. 2001. Log and Tree Scaling Techniques. Purdue University Cooperative Extension Service. West Lafayette, Indiana. 15pg.
18. Cassens, D. 2001. Log and Tree Scaling Techniques. Purdue University Cooperative Extension Service. West Lafayette, Indiana. 15pg.
19. Condemadera (Confederación Española de Empresarios de la Madera). 2005. "Estandarización de medidas y clasificación de madera aserrada de coníferas. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. España.
20. Demers, PA, P Bofetta, M Kogevinas, A Blair, B Miller, C Robinson, R Roscoe, P Winter, D Colin, E Matos, H Vainio. 1995. A pooled re-analysis of cancer mortality among five cohorts of workers in wood-related industries. *Scand J Work Environ Health* 21(3):179-190.
21. Denig, J. 1990. Control de la calidad en aserraderos de pino del sur. North Carolina Cooperative Extension Service. 47 pp.
22. Denig, J. 1993. Small Sawmill Handbook, Doing It Right and Making Money. Miller-Freeman Publications, USA.
23. Denig, J. 1993. Small sawmill handbook. Miller Freeman, San Francisco. 182pg.
24. Denig, J. 1995. Hardwood sawing fundamentals: key to increasing dollar recovery. North Carolina Cooperative Extension Service. 16 pp.

25. Egas, A, F. 1998. Consideraciones para elevar los rendimientos en aserraderos con sierras de banda. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río, Cuba. 100 pp.
26. Ese-Etame, R. 2006. Impact of Ellipticality on Lumber Grade and Volume Recovery For Red Oak Logs. Pp4-7
27. FAO. 1989. Cuidado y mantenimiento de sierras. Estudios FAO Montes 58. Roma. 117 pp.
28. FAO. 2004. "Estudio de tendencias y perspectivas del Sector Forestal en América Latina. Informe Nacional Cuba. Roma.
29. Fosado, O. 1999. "Tratamiento económico-matemático de la planificación. Tesis presentada para obtener el grado científico de Doctor en Ciencias Forestales. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 100 p
30. Freese, F. 1973. A Collection of Log Rules. General Technical Report FPL 1. U.S.D.A. Forest Service. 65pg.
31. Funck J.W. and Holbo H.R. 2001. Introduction to Process Control. FP 452 lectures. Forest Products Department, Oregon State University.
32. García, R. 1991. Normalización, metrología y control de la calidad para la industria ligera. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad Habana. 947 pp.
33. Dr. Juan Manuel Delgado García *M.Sc. Omar Izquierdo Chala**M.Sc. Modesto González Menéndez*** EL ESPACIAMIENTO INICIAL Y LA CALIDAD DE MADERA ASERRADA DE *Pinus caribaea* Var. *caribaea* CIGET Pinar del Río Vol.6 No.1 ene. - marzo 2004
34. García, L; Guindeo, A; Peraza, C & De Palacios, P. 2002. *La madera y su tecnología. Fundación Conde del Valle de Salazar y Ediciones Multiprensa. AITIM. Madrid. 322 p*
35. Grace. L. A. 1994. Design and evaluation of an optical scanner based tog grading and sorting system for Scots pine (*Pinus sylvestris* L. Karst) sawlogs. Doctoral Thesis. Swedish Univ. of Agric. Sci.. Uppsala. ISBN 91-576- 4848-4.
36. Gronlund, U. 1995. Quality improvements in forest products industry*/Classification of biological materials with inherent variations (Doctoral

- thesis, Division of Quality Technology and Statistics, Lulea° University of Technology). 1995:172 D.
37. Guindeo, A., Lían, L. C.; Alares, J. M.; Peraza, C. 1990. Estructuras varias: Estructuras de Madera. U. D. 3-I-A. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Escuela de la edificación. Madrid.
 38. Huber, H.A., C.W. McMillin, and J.P. McKinney. 1985. Lumber defect detection abilities of furniture rough mill employees. *Forest Prod. J.* 35 (II/12):79-82.
 39. Huber, H.A., S. Ruddel, and C.W. McMillin. 1990. Industry standards for recognition of marginal wood defects. *Forest Prod. J.* 40(3):30-34.
 40. Ibáñez, A. 1975. Informe sobre nueve especies maderables cubanas. Instituto de Investigaciones Forestales. Ministerio de la Agricultura. Ciudad Habana. Cuba. 55 pp.
 41. Felix Martinuzzi 2007., *Instituto Nacional de Tecnología Industrial-Madera y Muebles.*
 42. Jappinen, A. 2000. Automatic sorting of sawlogs by grade. Doctoral thesis, Department of Forest Management and Products, Swedish University of Agricultural Science, Uppsala.
 43. Jappinen. A. 2000. Automatic sorting of sawlogs by grade, Doctoral Thesis. Swedish Univ, of Agricultural Sci., Uppsala. ISSN 1401-6230.
 44. Kent, A. McDonald and D. E. Kretschmann .1999. Commercial Lumber. Forest Products Laboratory. Wood Handbook. -Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPLGTR-113. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 463pg.
 45. Kirbach, Eb. *Principles of Saw Technology for Woodworking.* Value Added Skill Centre. Abbotsford, B.C. 1-114.
 46. Kline, D.E., C. Surak, and P.A. Araman. 2000. Evaluation of a multisensory machine vision system for automated hardwood lumber grading.//;: Proc. 4th Inter. Conf. on Image Processing and Scanning of Wood. pp. 75-87.
 47. Kline, D.E., C. Surak, and P.A. Araman. 2003. Automated hardwood lumber grading using a multiple sensor machine vision technology. *Computers and Electronics in Agri.* 41(1-3):139-155.

48. Klinkhachom, P., J.P. Franklin, C.W. McMillin, and H.A. Huber. 1989. ALPS: Yield optimization cutting program. *Forest Prod. J.* 39(3):53-56.
49. Lehmann, B. 2000a. Setting up a machine alignment program. *Wood Technology Clinic & Show, Conference proceedings, March 15-17, 2000, Portland, Oregon, USA*, pp. 215-227.
50. Lehmann, B. 2000b. Bandsaw wash boarding. 15th Annual Wood Machining Institute Workshop on the Design, Operation and Maintenance of Circular and Band Saws, March 13-14, 2000, Portland, Oregon, USA.
51. Lemieux, H., M. Beaudoin, and F. Grondin. 2000. A model for the sawing and grading of lumber according to knots. *Wood and Fiber Sci.* 32 (2):179-188.
52. Lockard, C. R., J. A. Putnam and R. D. Carpenter. 1950. Log defects in southern hardwoods. *Agriculture Handbook No. 4. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.* 37 pp.
53. Lockard, C. R., J. A. Putnam and R. D. Carpenter. 1963. Grade defects in hardwood timber and logs. *Agriculture Handbook No. 244. USDA Forest Service, Washington, D.C.* 39 pp.
54. Lundgren, C. 2000. Predicting log type and knot size category using external log shape data from a 3D log scanner. *Scand. J. For. Res.* 15: 119-126.
55. Lycken, A. 2000. Sortering och produktmix inom trävaruindustrin— Analys av sorteringssimuleringar. (Sorting and product mix in the wood industry— Analysis of simulated sorting). Licentiate thesis. Trita-Tra R-00-45. Royal Inst. of Tech., Dept. of Wood Tech., Stockholm, Sweden, (in Swedish).
56. Madock, K. 2003. Analysis of Impact on Sawing Yield and Process Efficiency for Elliptical Log Form. Professional report in course WOOD 5974.
57. Malcom, F.B. 1961. Effect of Defect Placement and Taper Setout on Lumber Grade Yields when Sawing Hardwood Logs. U.S.D.A. F.S. FPL. -RN-2221.
58. Markgren, F. and A. Lycken. 2001. Sortering, regler och moral i sågverksmiljö (Sorting, rules and morals in sawmilling), en diskussion om teknik, ekonomi och etik. Träteknik, Report I 0102004, Sweden. (In Swedish) Pp6-7

59. Markgren, F. and A. Lycken. 2001. Sortering, regler och moral in sågverksmiljö (Sorting, rules and morals in sawmilling), en diskussion om teknik, ekonomi och etik. Träteknik, Report I 0102004, Sweden. (In Swedish)
60. National Hardwood Lumber Association. 1998. Rules for the Measurement and Inspection of Hardwood and Cypress. NHLA Memphis TN. 136 pg.
61. Nepveu, G. 2002. , Harrison Hot Springs, British Columbia, Canada.
62. Oja, J. Fredriksson, and P. Berg. 2002. Automatic grading of saw logs: A comparison between X-ray scanning, optical 3D-scanning and combinations of both methods. Scand. J. Forest Res.19 (1):89-95.
63. Oja, J., L. Wallbacks, S. Grundberg, E. Hagerdal, and A. Gronlund.2003. Automatic grading of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)
64. Oja, J., S. Grundberg, and A. Gronlund. 2001. Predicting the stiffness of sawn products by X-ray scanning of Norway Spruce saw logs. Scand. J. Forest Res. 16(1):88-96.
65. Oja, J., Wallbacks, L., Grundberg, S., Hagerdal, E. & Gronlund, A. 2003. Automatic grading of Scots pine (*Pinus sylvestris*).
66. Pacheco, M. M y Pacheco, P. 1988. Análisis del comportamiento de la producción de madera aserrada en el establecimiento Alvaro Barba utilizando gráficos de control. Universidad de Pinar del Río. 80 pp.
67. Pinto I.I .2004. Raw material characteristics of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) and their influence on simulated sawing yield. Thesis doctoral in Technology, Helsinki University of technology (Espoo, Finland) Pp.17-21
68. Rast, E. D., D.L. Sonderman, and G.L. Gammon. 1973. A guide to Hardwood Log Grading. U.S.D.A. Forest Service General Technical Report NE-1.83
69. Regalado, C, D.E. Kline, and P.A. Araman 1992b. Value of defect information in automated hardwood edger and trimmer systems. Forest Prod. J. 42(3):29-34.
70. Regalado, C, D.E. Kline, and P.A. Araman. 1992a. Optimum edging and trimming of hardwood lumber. Forest Prod. J. 42(2):8-14.

71. Säll, H. 2002. *Spiral Grain in Norway Spruce*. Acta Wexionesia 22/2002. Växjö University. Växjö. Sweden. ISBN:91-7636-356-2 sawlogs using an industrial X-ray scanner. Computers and Electronics in Agri. 41(1-3):63-75.
72. Segura, N. A y Londres, L. 1990. Análisis del comportamiento de la producción de madera aserrada en el establecimiento La Jagua utilizando gráficos de control. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 35 pp.
73. Sepúlveda, P. 2003. *Non-destructive Measurement of Spiral Grain with X-rays in Laboratory and in Industry*. Doctoral Thesis LTU 2003:14. Luleå University of Technology, Luleå, Sweden.
74. Shigo, A. L. 1983. Tree defects: a photo guide. GTE-NE-82. USDA Forest Service Northeastern Forest Experiment Station. 167 pp.
75. Steele, P. H., T, El-Radi y S, H, Bullard. 1992. Direct comparison of processing technology in hardwood and softwood sawmills. In: Proceedings of Structural Panels and Composites Lumber Symposium. USA. p 7.
76. Steele, P. H. 1991. Influence of softwood sawmills size on lumber recovery. Forest Products Journal. 41 (4): 68-73
77. Temnerud, E. 1997. *Formation and prediction of resin pockets in Picea abies (L.) Karst*. Doctoral Thesis. The Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden. ISBN:91-567-5310-0
78. Usenius, A. 2002. Experiences from industrial implementations of forest-wood chain models. In: Proc of the fourth workshop IUFRO WP S5.01.04, Connection between silviculture and wood quality through modelling approaches and simulation software, pp 600–610.
79. Wade, M. T. et al. (1992). Estimating hardwood sawmills conversion efficiency based on sawing machine and log characteristics. Forest Products Journal 42 (11-12): 21-26.
80. Warren, W. G. 1973. How to calculate target thickness for green lumber. Canadian Forestry Service, Western Branch, Information Report VP-X-112, Vancouver, Canada.

81. White, M.S. 1980. Procedures for Analyzing Sawmill Performance. Lumber Manufactures' Association of Virginia, Research and Education Foundation, Sandston, Virginia. 39 Pgs.
82. Williston, E. M. 1988. Lumber Manufacturing, Design & Operation of Sawmills & Planer Mills. Miller-Freeman Publications, USA.
83. Willits, S. (1994). "Back Bark" ponderosa pine: tree grade definition and value comparison with old-growth tree. Western Journal of Applied Forestry 9 (1) 8-13.
84. Winn, M. F. 2002. Analysis of Red Oak Timber Defects and Associated Internal Defect Area for the Generation of Simulated Logs Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE IN FORESTRY. Pp 7.
85. Zavala, D. 1981. Análisis of the sawmilling practices in the State of Durango, Mexico. Master Theses. British Columbia University. Vancouver, B. C. Canadá. 91 pp.
86. Zavala, D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico 44. Universidad Autónoma Chapingo. 49 pp.
87. Zavala, D. 1991. Manual para el establecimiento de un sistema de control de la variación de refuerzos en madera aserrada. Serie de apoyo académico 44. Universidad Autónoma Chapingo. 49 pp.
88. Zhang S.Y. 1997. Wood quality: its definition, impact, and implications for valuated timber management and end uses. CTIA/IUFRO International Wood quality Workshop –Timber management towards Wood quality and end product value. Quebec, Aug. Pp 117 – 139

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN DE LOS EXPERTOS.

PRIMERA CIRCULACIÓN

OBJETIVO:

Para valorar las posibilidades de incrementar los rendimientos de la máquina en la línea de grandes dimensiones en el Aserrío Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).

Nombre y apellidos: _____

Calificación profesional: Máster _ ____ Doctor _____ Especialista _____

Años de experiencia vinculada a la labor: _

Estimado (a) colega:

Con el objetivo de complementar la utilización del método de consulta a expertos, se necesita de su colaboración, pues sus opiniones resultarán de gran valor para el proceso de determinación del incremento de la productividad de la máquina en la línea de grandes dimensiones en el Aserrío Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas).

Para determinar el dominio sobre este objeto de estudio se necesita que usted responda de la forma más objetiva posible.

1. Marque con una cruz (x), en la casilla que le corresponde al grado de conocimiento que usted posee sobre el tema, valorándolo en una escala del 1 al 10. La escala es ascendente, por lo que el conocimiento sobre el tema referido crece de 1 a 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Auto-valore el grado de influencia que ha tenido en su conocimiento cada una de las fuentes que a continuación se presentan acerca la producción de madera aserrada.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	A(alto)	M(medio)	B(bajo)
Análisis teóricos realizados por usted.			
Su experiencia práctica obtenida.			
Estudio de trabajos de autores nacionales.			
Estudio de trabajos de autores extranjeros.			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero.			
Su intuición			

3. Emita una puntuación del 1 al 10, en la casilla que le corresponde al grado de conocimiento que usted posee sobre los diferentes aspectos relacionados en la tabla siguiente sobre los elementos que inciden en el aprovechamiento de la jornada laboral en el aserrío r Álvaro Barba Machado perteneciente a la Empresa Forestal Integral Minas (EFI Minas) con vistas a evaluar el rendimiento y productividad de la máquina. La escala es ascendente, por lo que el conocimiento sobre el tema referido crece de 1 a 10 para el incremento en más de un 57%

Flujo de entrada de materia prima.

1. Estado de las plantaciones.
2. Acceso a los centros de acopio de madera.
3. Estado de los caminos y carreteras.
4. Estado técnico del transporte.
5. Disponibilidad de combustible.
6. Distancia de los centros de acopio al aserrío

Calidad de las trozas.

1. Forma de las trozas
2. Rectitud de las trozas.

Del proceso tecnológico de aserrado.

1. Estado técnico de la máquina.
2. Disciplina tecnológica.
3. Remuneración y estimulación.
4. Ergonomía.