

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente

ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO DE UNA MAQUINA (PROTOTIPO)
REAPROVECHADORA DE LAMPAZOS DE Pinus radiata D. Don.



CARLOS MAURICIO CATALÁN MARDONES

MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION — CHILE

2000

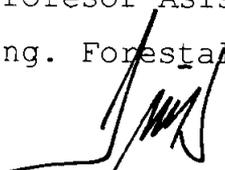
**ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO, DE UNA MAQUINA (PROTOTIPO)
REAPROVECHADORA DE LAMPAZOS DE Pinus radiata D. Don.**

Profesor Asesor



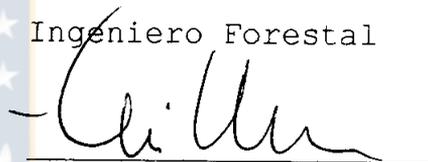
Manuel Lineros Parra
Profesor Asistente
Ing. Forestal, M. Sc.

Profesor Asesor



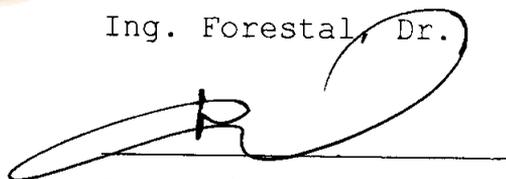
Eduardo Acuña Carmona
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal

Director de Departamento
Manejo de Bosques y Medio Ambiente



Jaime Millán Herrera
Profesor Titular
Ing. Forestal, Dr.

Decano Facultad de Ciencias
Forestales



Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Manuel Lineros Parra : 93 puntos (noventa y tres).

Eduardo Acuña Carmona: 85 puntos (ochenta y cinco).

DEDICATORIA

A mí madre, Luz, por su inagotable paciencia, comprensión, incondicionalidad y perseverancia, durante toda mi vida.

A mí padre, Washington, que desde el cielo ha sido mi inspiración.

A mi adorada hija, María Jesús, motivación para alcanzar mis metas.



Con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi gran amigo.

A mi familia, mi mamá, mi hermano Gerardo y su familia, mi hermana Alejandra y su familia por su ayuda y comprensión.

A Manuel y su señora Darcy, por acogerme como amigo y ayudarme en la realización de este trabajo.

A mis profesores asesores Manuel y Eduardo.



Gracias.

ÍNDICE DE MATERIAS

CAPÍTULOS		PÁGINA
I	INTRODUCCIÓN	1
II	MATERIALES Y MÉTODOS	3
	2.1 Descripción del lugar de estudio.	3
	2.2 Estudio de mercado.	5
	2.2.1 Definición del producto.	5
	2.2.2 Análisis de demanda.	6
	2.2.3 Análisis de oferta	7
	2.2.4 Análisis de precios.	7
	2.2.5 Canales de comercialización y distribución.	8
	2.3 Estudio técnico.	8
	2.3.1 Tamaño.	8
	2.3.2 Localización.	9
	2.3.3 Maquina reaprovechadora componentes y partes.	9
	2.3.4 Determinación de potencia	17
	2.3.5 Análisis y determinación de la producción	19
	2.3.5.1 Definición de actividades.	20
	2.3.5.2 Rendimiento.	21
	2.3.5.3 Tamaño de la muestra.	21
	2.3.6 Análisis de la materia prima	24
	2.4 Estudio económico	24
	2.4.1 Costos de inversión	25
	2.4.2 Costos de operación.	25
	2.5 Evaluación de rentabilidad.	26
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28

3.1	Mercado.	28
3.1.1	Análisis de la demanda.	28
3.1.2	Análisis de la oferta	29
3.1.3	Análisis de precios	30
3.2	Estudio técnico.	31
3.2.1	Potencia	31
3.2.2	Producción	31
3.3	Análisis de materia prima.	33
3.4	Estudio económico.	35
3.5	Rentabilidad.	37
IV	CONCLUSIONES	39
V	RESUMEN	41
VI	SUMMARY.	42
VII	BIBLIOGRAFÍA.	43
VIII	APÉNDICES.	46



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°		PÁGINA
<u>En el texto</u>		
1	Dimensiones de las piezas a obtener de los lampazos.	6
2	Valores de resistencia de corte (K) para las sierras circulares, en maderas blandas. .	19
3	Valores de Zc, correspondientes a niveles de confianza utilizados en la práctica. . . .	23
4	Demanda de madera para la fabricación de Pallets.	28
5	Demanda de tablas terminadas.	29
6	Precio en dólares (US\$), por metro cúbico de tablas terminadas.	30
7	Necesidades de potencia de los elementos de corte de la máquina reaprovechadora. . . .	31
8	Resultado de aplicación del método Tasa de Demora con detalle de tiempo perdido, utilizando valores promedios.	32

9	Producción diaria en metros cúbicos por pieza, utilizando valores promedios.33
10	Basas y lampazos obtenidos según diámetro del trozo, su clasificación y la altura de corte que se generará para las sierras paralelas.34
11	Flujos de ingresos y egresos para la evaluación económica.	38
12	Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.37



En apéndices

1.A	Formulario de recolección de datos, método Tasa de Demora.	47
2.A	Consulta a empresas.	49
3.A	Determinación del CUA.	51
4.A	Determinación del costo de oportunidad.	52
5.A	Determinación de la pérdida de capital.	52
6.A	Determinación del CAE.53

- 7.A Resultado de encuesta realizada a las
empresas que se dedican a la fabricación
de Pallets en la Sexta Región.54
- 8.A Producción diaria por tipo de pieza y el
promedio total diario en metros cúbicos. . . .60



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PÁGINA
<u>En el texto</u>		
1	Producción de basas, lampazos y vista general.	4
2	Unidad motriz.	10
3	Transmisión del motor al eje motriz de las sierras.	10
4	Transmisión del eje motriz de las sierras al eje de las sierras paralelas.	11
5	Transmisión del eje motriz de las sierras a la caja inversora del sentido del movimiento.	11
6	Transmisión de la caja inversora al eje motriz de la sierra horizontal.	12
7	Transmisión del motor al primer eje motriz de la despuntadora.	12
8	Acoplamiento directo, del primer eje motriz de la despuntadora a la caja inversora del movimiento, y transmisión de la caja inversora al segundo eje motriz de la despuntadora.	13

9	Transmisión del segundo eje motriz de la despuntadora al eje de la sierra de esta. . .13
10	Sierras orilladoras paralelas, con corte en línea vertical y con ajuste mediante separadores, para los distintos anchos de piezas (250 mm de diámetro, 40 dientes, 3.2 mm de espesor de corte). 14
11	Sierra lampeadora, con corte en línea horizontal y con ajuste para los distintos espesores de las piezas (450 mm de diámetro, 20 dientes, 4.5 mm de espesor de corte). . . 15
12	Sierra de la despuntadora, con corte en línea vertical (200 mm de diámetro, 36 dientes, 3.0 mm de espesor de corte).15
13	Sistema de avance, vista superior. 16
14	Sistema de avance, vista lateral izquierda. .16
15	Vista de corte transversal de un lampazo. . .17

I INTRODUCCIÓN

El aserrío es una actividad que se viene realizando por muchos años, con diferentes tipos de máquinas y métodos de producción, teniendo como objetivo principal la obtención de piezas de madera a partir de trozos, generando el proceso numerosos subproductos, que son o no aprovechados dependiendo del grado de industrialización del aserradero. Lagos (1996), propone que hay que integrar avances tecnológicos que aumenten el rendimiento, mejoren la calidad de los productos y promuevan la utilización de material de descarte, mejorando la competitividad.

En un proceso de aserrío se obtienen tres subproductos directos: corteza, lampazo y aserrín. En aserraderos que poseen la infraestructura para la producción de astillas, el lampazo es aprovechado en dicho proceso; no así la corteza y el aserrín, los cuales son comercializados o aprovechados como combustible, o se consideran residuos. En los otros, estos subproductos se pierden (FAO N° 28,1982).

Refiriéndose específicamente al lampazo, históricamente, al no ser aprovechado en la producción de tablas de menores dimensiones, se trozaban para producir leña que se utilizaba como combustible del locomóvil. Con la incorporación del motor Diesel estos lampazos quedaron sin utilidad (Lignum, 1997).

En la actualidad, los aserraderos deben introducir modificaciones en sus líneas de producción, adaptándose hasta donde sea posible a los modernos métodos de corte, optimizando el rendimiento volumétrico de su producción y

en las cuales el aprovechamiento de los subproductos debe ser considerado (Gutiérrez, 1986).

El objetivo de este estudio fue evaluar técnica y económicamente una máquina reaprovechadora de lampazos de *Pinus radiata* D. Don., para la obtención de piezas utilizadas en la industria de fabricación de *Pallets* nacional.



II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción del lugar de estudio

Se trabajó en el aserradero de la empresa Servicios Forestales G y C Ltda., ubicada en la comuna de Marchigüe, provincia de Cardenal Caro, VI región, empresa que posee la máquina a evaluar.

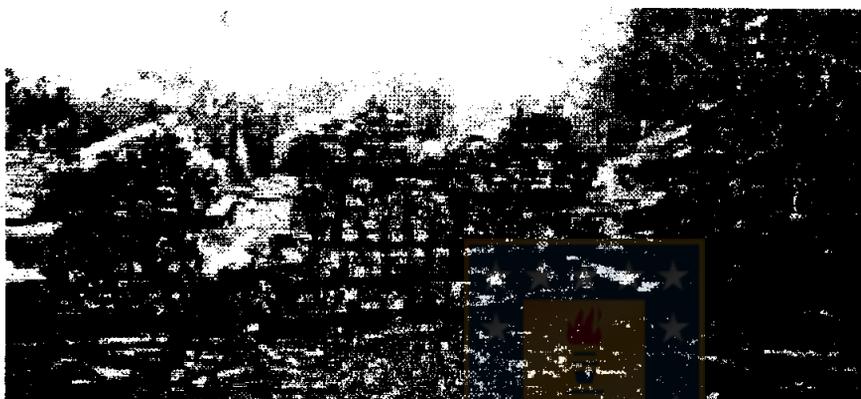
En el proceso estudiado en este aserradero, los trozos utilizados como materia prima tienen un largo de 1,22 metros (comúnmente llamados Pinihue), obteniendo madera aserrada en basas como producto principal, lampazo como subproducto y aserrín como desecho. Para un mejor aprovechamiento de la madera la empresa introdujo una máquina reaprovechadora del subproducto lampazo, éste se clasificó por tamaño y fue apartado en aprovechable y no aprovechable, siendo el primero la materia prima para la máquina y para la posterior producción de piezas para la fabricación de *Pallets* nacional, optimizando de esta manera el rendimiento de los trozos y disminuyendo el material no aprovechable.

La máquina funciona con un motor Diesel, que mueve los elementos de corte, y con un motor eléctrico que mueve su sistema de avance, teniendo la alternativa de ser incorporada a una línea de producción mas industrializada.

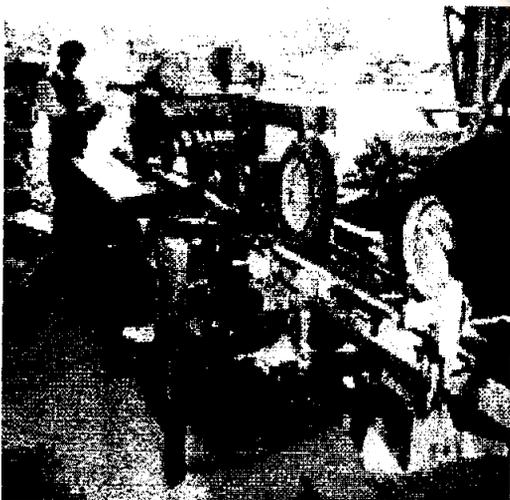
En la Figura 1, se muestra: (a) producción de basas; (b) subproducto lampazo y (c) vista general de la máquina a evaluar.



(a) Producción de basas.



(b) Subproducto del aserrio, lampazo.



(c) Vista general de la máquina.

Figura 1. (a) Producción de basas, (b) Subproducto lampazos y (c) Vista general de la máquina.

El personal que opera la máquina lleva trabajando en ella 10 meses, por lo que posee la experiencia práctica que les permite dominar cada uno de sus puestos. El material y equipo que se utilizó para el estudio fue: cronómetros, huincha de distancia, material de marcación, formularios, huinchas diámetricas y otros.

2.2 Estudio de mercado

Consta básicamente de la determinación y cuantificación de la demanda y la oferta, el análisis de los precios y el estudio de la comercialización (Baca, 1995). Tanto la demanda como la oferta de un bien o servicio que se proyecta puede referirse a una zona o región de un país, a todo el territorio nacional, o al exterior. Este estudio se enmarcó en la región donde se encuentra la empresa que posee la máquina en cuestión. Por otro lado, el estudio del mercado también permite generar una política adecuada de precios y estudiar la mejor forma de comercializar el producto.

2.2.1 Definición del producto. El producto resultante del reaprovechamiento de los lampazos en la máquina, será una tabla de medianas dimensiones utilizada en la industria del embalaje, principalmente por los fabricantes de *Pallets*, los cuales exigen para este producto medidas en su espesor, ancho y largo. No necesita baño antimancha aceptándose un cierto grado de mancha. Por ser un bien empleado en la producción de otros bienes, se define como un bien intermedio (Odeplan, 1985). En la Tabla 1, se muestran las

medidas de cada una de las piezas que se produjeron en la máquina durante el estudio.

Tabla 1. Dimensiones de las piezas obtenidas de los lampazos.

	Dimensiones (mm)
Pieza N°	(espesor • ancho • largo)
1	18 • 80 • 1200
2	18 • 80 • 1000
3	20 • 95 • 1200
4	20 • 95 • 1000

2.2.2 Análisis de demanda. Para efectos de este estudio, será la cantidad de piezas (expresadas en m³) requeridas por el mercado para satisfacer sus necesidades, a un precio determinado. La cantidad demandada dependerá del precio que se le asigne, de la capacidad de compra de sus consumidores, del precio de los bienes sustitutos o complementarios y de las preferencias del consumidor.

Para la obtención de datos y cuantificación de la demanda se empleó investigación de terreno, debido a que no existen estadísticas referentes a este tipo de producto, con la excepción de la información proveniente de la empresa.

La recopilación de esta información se realizó consultando en forma directa, a cada uno de los fabricantes de *Pallets* y *Bins* de la región analizada, las siguientes preguntas:

¿ Con qué materia prima se abastece para la producción de *Pallets*?

¿ Que volumen de esta materia prima compra para este fin?

¿ Compraría tablas predimensionadas para la fabricación de *Pallets*?

¿ Que volumen estaría dispuesto a adquirir?

¿ Cuánto estaría dispuesto a pagar por m³ de tablas?

2.2.3 Análisis de oferta. Para este estudio, será la cantidad de piezas expresadas en m³ (metros cúbicos), que un cierto número de productores estarían dispuestos a poner a disposición del mercado a un precio determinado. La cantidad ofrecida al igual que la demanda, también es función de una serie de factores, como son los precios, los apoyos a la producción y otros (Baca, 1995).

Para obtener información en términos cualitativos y cuantitativos de la oferta, se empleó la investigación de terreno, ya que no existen estadísticas referente a este tipo de producto, con la excepción de la información proveniente de la empresa.

Al igual que en la demanda, el análisis de los resultados de la investigación en terreno, orientara el análisis de la oferta de estos productos.

2.2.4 Análisis de los precios. Es la cantidad monetaria a la cual se transa un bien. Por no existir antecedentes estadísticos referente a los precios de este producto, se realizó una investigación preliminar de terreno, obteniéndose el precio al cual estarían dispuestos a comprar los fabricantes de *Pallets* las piezas producidas

por la empresa. Para los efectos del cálculo de los ingresos se utilizó el precio promedio que dieron los fabricantes encuestados.

Baca (1995), en su análisis de "Proyección del precio del producto" concluye que, no existe un método estadístico que proporcione la curva señalada como "real", por lo que no debe usarse un método de ajuste para proyectar los precios. La mejor alternativa es hacer variar los precios conforme a la tasa de inflación esperada, obtenida de los índices económicos nacionales.

2.2.5 Canales de comercialización y distribución. Esta actividad permite al productor hacer llegar un bien o servicio al consumidor. Para este estudio, el canal de comercialización será directo entre la empresa y los fabricantes de *Pallets*, no existiendo ningún tipo de intermediario. Esta situación se ve justificada por la cobertura del mercado que le interesa a la empresa, para lo cual no tiene que contratar ningún servicio externo y además, tiene un gran control sobre el producto.

2.3 Estudio técnico.

2.3.1 Tamaño del proyecto. La capacidad de producción potencial de la máquina reaprovechadora de lampazos, es de 10 metros lineales por minuto, lo que está determinado por la velocidad de avance de ésta y que también se ve influenciada por las dimensiones de los lampazos a procesar, situación que se analizará en la discusión.

2.3.2 Localización. La máquina se instaló en un lugar adyacente a donde se procesan los trozos, con la finalidad de minimizar los tiempos por traslado de lampazos seleccionados.

2.3.3 Máquina reaprovechadora, componentes y partes. El proceso de producción de tablas con esta máquina, consta de tres etapas: (1) alimentación, los lampazos seleccionados serán transportados a la máquina y dejados en un punto predeterminado, para que el operador pueda trabajar cómodamente con ellos, (2) proceso, el lampazo será procesado en la máquina, primero dimensionando en su ancho, después en su espesor y finalmente en su largo y (3) selección, las piezas serán seleccionadas por medidas, formando paquetes de una sola de estas. Los desperdicios de este proceso será retirados por los mismos operadores de la máquina.

La máquina se puede dividir en cuatro partes o sistemas principales: (1) sistema motriz, (2) sistema de transmisión, (3) sistema de corte y (4) sistema de avance.

Sistema motriz. Esta compuesto por un motor diesel marca Mercedes Benz, modelo N° 314 del año 1975 y de 90 HP de potencia, a la potencia requerida entrega 1600 r.p.m. Se encuentra montado en un chasis sobre ruedas para su traslado (Figura 2).



Figura 2. Unidad motriz.

Sistema de transmisión de potencia. Esta compuesto por 17 poleas del tipo "B", 18 correas del tipo "B" y 7 ejes de transmisión, los que se muestran en las Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. Se calculó la relación de diámetro entre las poleas, para lograr las revoluciones por minuto en las sierras de corte de acuerdo a las recomendadas por el fabricante.

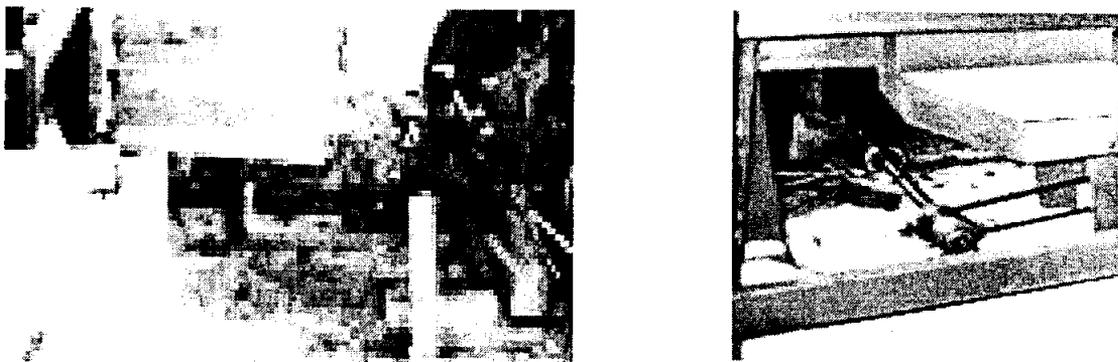


Figura 3. Transmisión del motor al eje motriz de las sierras.

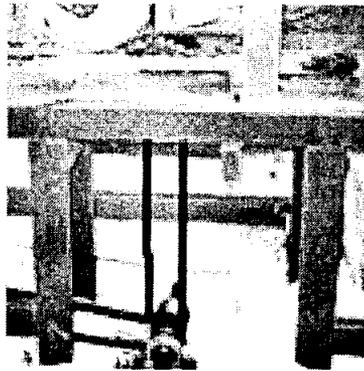


Figura 4. Transmisión del eje motriz de las sierras al eje de las sierras paralelas.

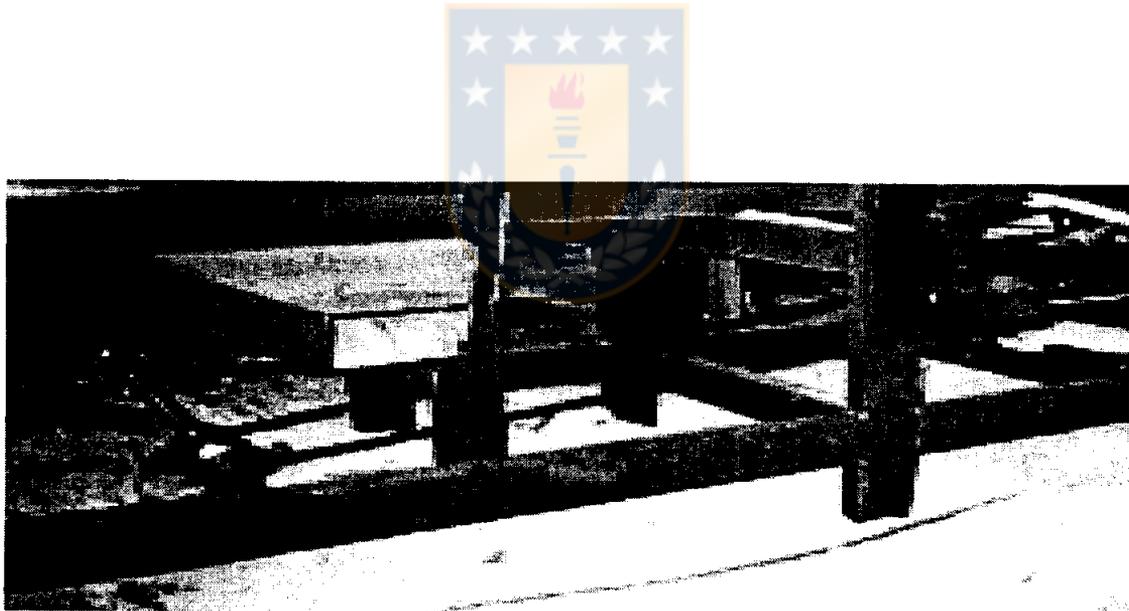


Figura 5. Transmisión del eje motriz de las sierras a la caja inversora del sentido del movimiento.

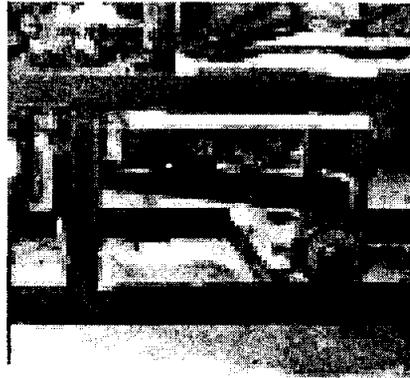


Figura 6. Transmisión de la caja inversora al eje motriz de la sierra horizontal.



Figura 7. Transmisión del motor al primer eje motriz de la despuntadora.

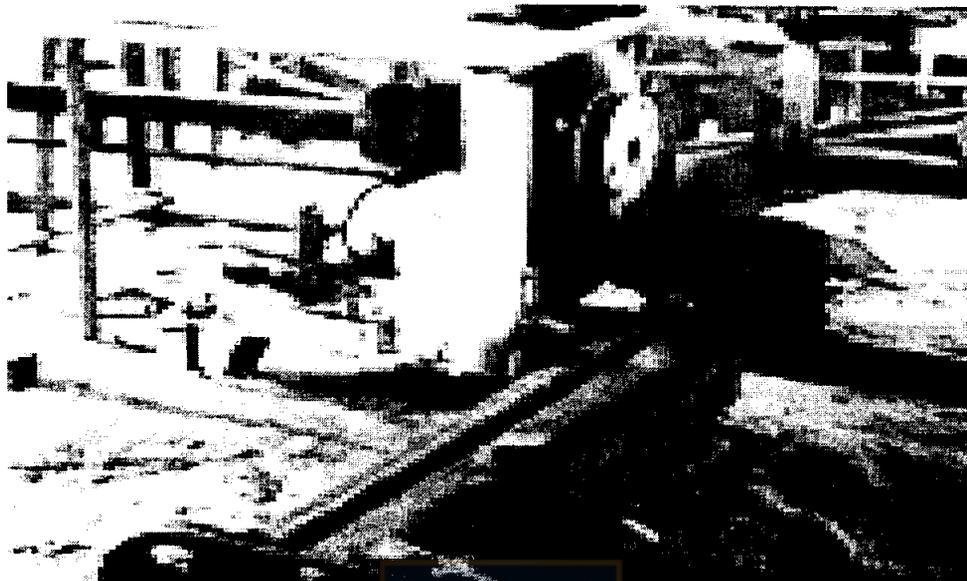


Figura 8. Acoplamiento, directo del primer eje motriz de la despuntadora a la caja inversora del movimiento y transmisión de la caja inversora al segundo eje motriz de la despuntadora.



Figura 9. Transmisión del segundo eje motriz de la despuntadora al eje de la sierra de ésta.

Sistema de corte. Esta compuesto por cinco sierras circulares, todas con diente duro de Widia, marca AKE, de procedencia Alemana, las que se describen en las figuras 10, 11, 12.

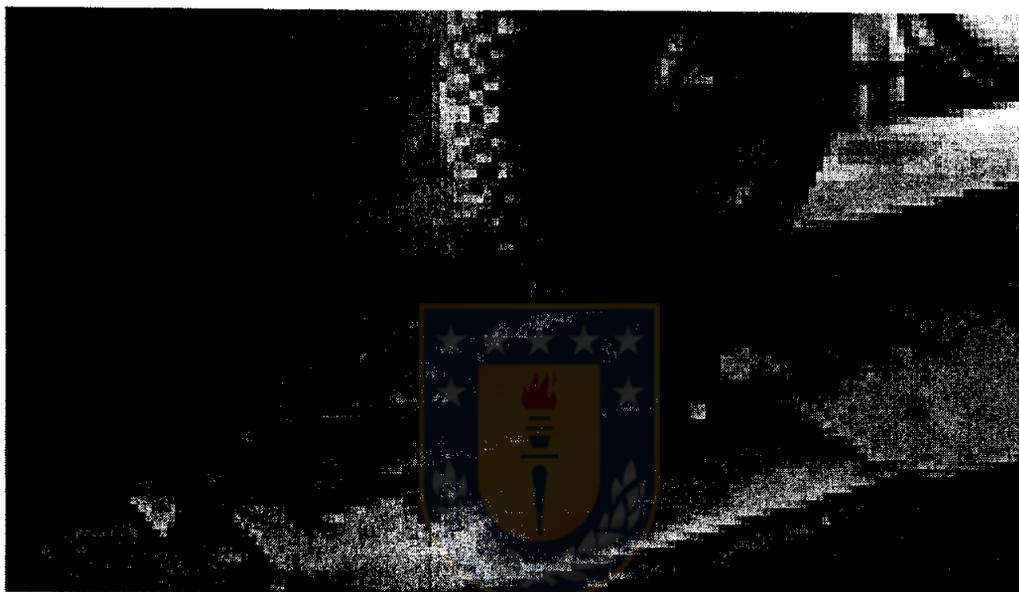


Figura 10. Sierras orilladoras paralelas, con corte en línea vertical y con ajuste mediante separadores entre las sierras, para los distintos anchos de las tablas (250 mm de diámetro, 40 dientes, 3.2 mm de espesor de corte).



Figura 11. Sierra lampeadora, con corte en línea horizontal y con ajuste para los distintos espesores de las tablas (450 mm de diámetro, 20 dientes, 4.5 mm de espesor de corte).

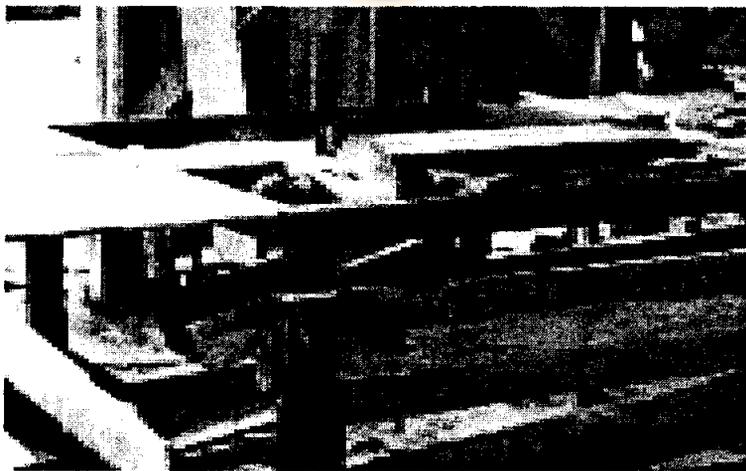


Figura 12. Sierra de la despuntadora, con corte en línea vertical (200 mm de diámetro, 36 dientes, 3.0 mm de espesor de corte).

Sistema de avance. Esta compuesto por: un motor eléctrico monofásico de 1,5 HP de potencia, marca Pedrollo de procedencia italiana, un reductor de revoluciones, piñones para cadenas, cadenas de transmisión, ejes de transmisión ruedas de gomas con tracción motriz y una correa transportadora. El sistema se muestra en las Figuras 13 y 14.



Figura 13. Sistema de avance, vista superior.

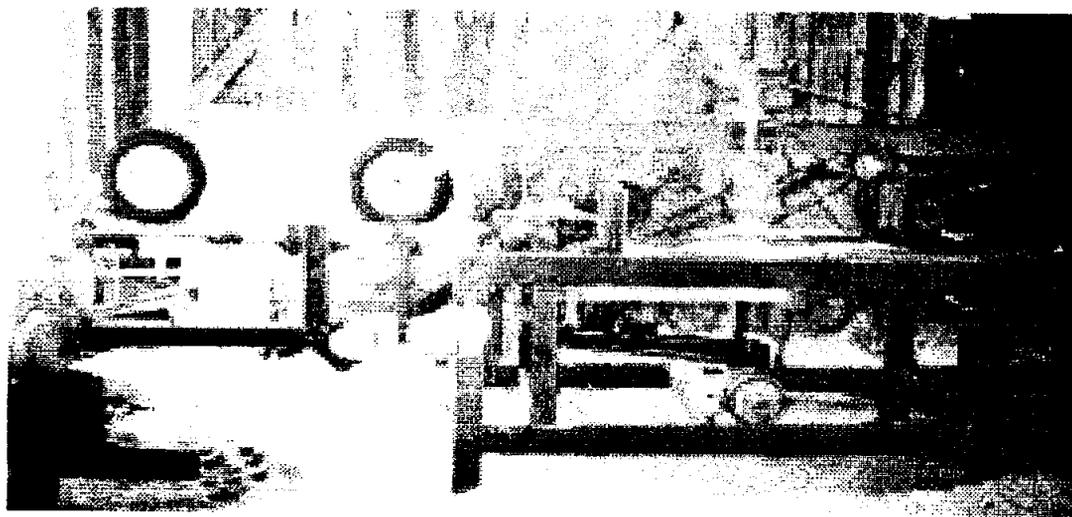


Figura 14. Sistema de avance, vista lateral izquierda.

2.3.4 Determinación de potencia. La empresa utilizó la máquina en estudio para producir piezas de diferentes medidas, por lo que la potencia necesaria fue aquella requerida para producir la pieza de mayor dimensión, más una tolerancia por la altura de corte improductivo que deben realizar las sierras orilladoras, explicado por la superficie irregular de los lampazos haciendo que ésta sea variable, generalmente por sobre el espesor de la pieza a obtener, como se observa en la Figura 15. Se determinó una altura de corte improductivo promedio para cuantificar esta tolerancia (Tabla 10).

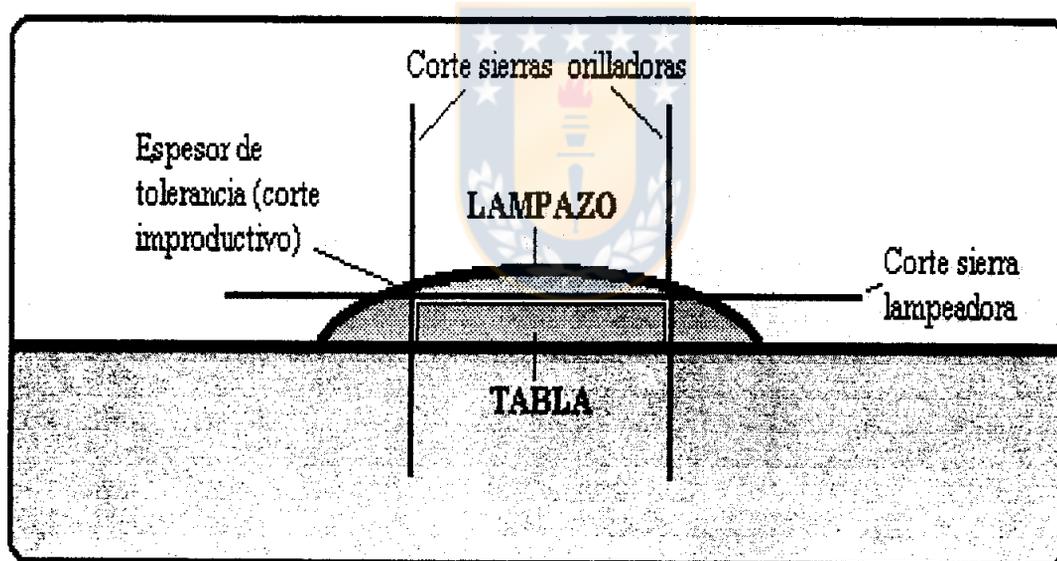


Figura 15. Vista de corte transversal de un lampazo.

En la sierra horizontal no se produce la situación descrita anteriormente, por que la pieza ya viene dimensionada en su ancho, y tampoco se produce en la sierra despuntadora, porque la tabla viene terminada en su ancho y espesor.

La potencia requerida para cortar debe ser la suma de los procesos: (1) marcha en vacío, (2) corte de la madera.

Además, se debe considerar para determinar la potencia del motor, los siguientes factores: (1) especie maderera, (2) altura máxima de corte, (3) ancho de corte.

La potencia necesaria para cortar, se determinará con la siguiente fórmula (Moya, 1986).

$$N_c = K \cdot b \cdot h \cdot U$$

donde:

N_c = potencia de corte, W

K = resistencia específica de corte, N/m²

b = ancho de corte, m

h = altura de corte, m

U = velocidad de avance, m/s

Formula que se empleó en cada una de las sierras, para obtener el total de la máquina.

Como se deseaba saber la potencia necesaria para la máquina, ésta se calculó por:

$$N = \frac{N_c}{n}$$

donde:

n = rendimiento del motor, de los elementos de transmisión y factor de seguridad.

La determinación de la resistencia específica es compleja, puesto que depende de muchos factores, como: especie maderera, humedad de la madera, ángulo de corte, desgaste

del filo del elemento de corte, espesor de viruta, velocidad de corte y avance (INFOR/CORFO, 1989).

Diferentes autores han elaborado tablas de valores para "K", que pueden ser utilizadas en forma práctica (Tabla 2). Estas tablas se han obtenido en función del avance por diente de la madera (U_z), que se calcula mediante la siguiente formula:

$$U = U_z \cdot z \cdot n$$

donde:

U = velocidad de avance de la madera, m/s

U_z = avance por diente, m

z = número de dientes de la sierra

n = número de vueltas del eje motriz, 1/s

Tabla 2. Valores de resistencia de corte (K) para las sierra circular, en maderas blandas.

$U_z \cdot 10^{-3} \text{ m}$											
U_z	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	1,00
$K \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$											
K	105	80	64	55	49	45	41	39	38	37	34

2.3.5 Análisis y determinación de la producción. Según la O.I.T (1986), el estudio de tiempo es una técnica para registrar los tiempos y ritmos de trabajo, correspondientes

a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para realizar la tarea según normas de ejecución preestablecidas.

Una variación al estudio de tiempo es el método "Tasa de Demora" (INFOR, 1989); éste es un procedimiento de muestreo para obtener datos acerca de las operaciones de las máquinas y actividades humanas en procesos de producción organizada, donde no se controla el tiempo a máquinas o trabajadores, sino que se hace un muestreo de observaciones y se verifica que está haciendo el trabajador o máquina al momento de ser observado. El método fue desarrollado en los años 1930 por L.C.H. Tippett y aplicado en sus inicios a los problemas productivos en la industria textil inglesa.

El método continuo de toma de datos, habitualmente produce quejas de los operadores y es más costoso que el método "tasa de demora", siendo un procedimiento simple y fácil de aplicar a cualquier empresa.

En un estudio de tasa de demora, se toma un gran número de observaciones a intervalos aleatorios, registrando si la máquina está operando o no y anotando la razón de la demora. El porcentaje de tiempo de operación, se determina dividiendo el número de observaciones durante el cual la máquina estaba operando, por el número total de observaciones.

2.3.5.1 Definición de actividades. Los elementos a observar para la máquina y operadores son: (1) trabajo

productivo y (2) tiempo perdido (trabajo no productivo, demoras, tiempo ocioso).

Estos elementos se definen como:

- Trabajo productivo: es el complemento entre hombre y máquina para producir madera.
- Trabajo no productivo: actividades del operador diferentes a la producción de madera, tales como reparación y mantención.
- Demoras: atraso por la mala operación del sistema, tales como los atochamientos en algún tramo del transporte o abastecimiento.
- Tiempo ocioso: se debe fundamentalmente a falta de materia prima.

Los datos se registrarán en planillas o formularios de recolección de datos (Apéndice 1, Tabla 1.A).

2.3.5.2 Rendimiento. En estas planillas, en la columna de Observaciones, se registró las producciones de piezas en metros cúbicos, por cada tipo de éstas, obteniéndose así la producción diaria de la máquina en términos de metros cúbicos por hora, o bien por jornada de trabajo.

2.3.5.3 Tamaño de la muestra. La teoría de muestreo estudia la relación entre una población y las muestras tomadas de ellas, que son de gran utilidad para estimar parámetros de una población (Miller, 1995).

Una forma de obtener una muestra representativa es mediante muestreo aleatorio, de acuerdo con el cual, cada miembro de la población tiene la misma probabilidad de ser incluido en la muestra. La toma de información se realizó en una semana de trabajo (seis días), en el cual la máquina trabajó a plena capacidad, para cumplir con una orden de compra solicitada a la empresa. Se consideró como única variable a la unidad de tiempo minuto, sobre esta variable se ejecutó el proceso aleatorio, así, los seis días se transformaron en minutos. Estos minutos fueron transformados en: día, hora, minuto, los que se registraron en el formulario de recolección de datos (Apéndice 1, Tabla 1.A) y fueron los puntos de observación.

En este estudio, se tiene una población infinita (número total de observaciones posibles) y, la posibilidad de que ocurra el suceso a observar (tiempo perdido) es "p", mientras la posibilidad de que no ocurra (tiempo productivo) es "q = 1 - p". Considerando todas las posibles muestras de tamaño "N" de tal población y para cada una de ellas la proporción de ocurrencia del suceso es "P". Se obtiene así una "Distribución de muestreo de proporciones", cuya desviación (error) típica esta dada por:

$$Sp = \sqrt{\frac{p \cdot (1-p)}{N}}$$

Los límites de confianza donde se puede esperar encontrar a "p", están dado por:

$$P \pm Z_C \cdot S_P$$

donde:

P = proporción de ocurrencia de un suceso en la muestra de tamaño "N".

Z_c = coeficiente de confianza o valor crítico (Tabla 3).

S_p = desviación típica.

Tabla 3. Valores de Z_c , correspondientes a varios niveles de confianza usados en la practica (Miller, 1995).

Nivel de confianza %	99,73	99,00	98,00	96,00	95,45	95,00	90,00	80,00	62,27
Z_c	3,00	2,58	2,33	2,05	2,00	1,96	1,64	1,28	1,00

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizó la formula de "desviación típica. Resolviéndola para "N", es necesario conocer el porcentaje de ocurrencia del elemento observado (tiempo perdido). Valor que se obtuvo mediante un premuestreo, además se necesita de un error necesario a aceptar (Apéndice 2).

$$N = \frac{p \cdot (1-p)}{S_p^2}$$

donde:

N = Tamaño de la muestra.

P = Proporción de ocurrencia de un suceso.

S_p = Desviación típica.

2.3.6 Análisis de la materia prima. Con la finalidad de poder contar con información, para inferir algunas conclusiones, con relación a las características de los trozos y lampazos, que puedan ir en contra o a favor del trabajo con la máquina, se midió los siguientes parámetros: (1) largo y diámetro del trozo, (2) dimensiones de las basas, según diámetro del trozo, (3) tamaño de los lampazos, obtenidos de cada trozo (Tabla 10).

2.4 Estudio económico.

Para que distintos estudios sean comparables, tienen que expresarse en magnitudes homogéneas. Ello se consigue traduciendo en costos las magnitudes físicas de los varios elementos o ítem de cada alternativa. Los costos se expresan en unidades monetarias mediante el uso de los precios, los que deben estar siempre referidos a una base común (Sapag y Sapag, 1995). Estos a su vez, están divididos en costos de inversión y costos de operación.

Para los efectos de cálculo, tanto de los costos de inversión como de los de operación, se hace necesario disponer de la siguiente información (Apéndice 3):

- a) Valor de adquisición de la máquina.
- b) Valor de reventa, se calculó como un porcentaje del valor inicial de la máquina, determinado por consulta directa a vendedores de maquinaria relacionada.
- c) Vida útil, se utilizó el método tradicional para determinar vida económica.
- d) Tasa de interés.
- e) Valores de tiempo (trabajo anual, mensual y trabajo diario), obtenidos en el estudio de tiempo.

Vida económica. Se determinó encontrando el mínimo costo anual equivalente para un periodo determinado, a través de la siguiente expresión:

$$CAEn = VAC (A/F, i, n)$$

donde:

$CAEn$ = costo anual equivalente en el periodo n .

VAC = valor actual de los costos.

$(A/F, i, n)$ = factor de depósito fondo de amortización.

2.4.1 Costos de inversión. Son los costos en que se incurren, por el hecho de adquirir o poseer la máquina y estos son: (1) inversión en activo fijo físico, (2) inversión en activo fijo intangible, (3) inversión en puesta en marcha y (4) capital de trabajo.

2.4.2 Costos de operación. Son todos los costos necesarios para el funcionamiento de la máquina, y se incurren en ellos en forma continua a lo largo de periodos determinados. Se clasifican en costos fijos y costos variables, los primeros independientes de la operación de

la máquina, y los segundos presentan una relación con los niveles de operación del equipo.

Costos Fijos: (1) gastos de administración, (2) salario (base imponible), (3) depreciación, (4) arriendo de maquinaria, (5) arriendo de sitio, (6) patente municipal.

Costos Variables: (1) bonos (imponible), (2) insumos por mano de obra (casco, guante, zapato, ropa), (3) materia prima (lampazo), (4) combustible, (5) energía eléctrica, (6) lubricantes, (7) repuestos, (8) mantención (un trabajador con bono por mantención) y (9) empaquetado.

Todos estos costos se transformaron a una unidad común de valor por unidad de producción, siendo ésta, dólar por metro cúbico de piezas producidas: $US\$/m^3$ de madera aserrada.

Los gastos en lubricantes, repuestos, mantención y reparación fueron determinados considerando los gastos reales en que incurrió la empresa, en el periodo de 10 meses durante la cual la máquina ha estado trabajando.

2.5 Evaluación de rentabilidad.

Para decidir la conveniencia de realizar un proyecto de inversión se pueden adoptar diversos criterios. En general, todos consisten en comparar de alguna forma el flujo de ingresos con el flujo de costos. Los criterios de evaluación más utilizados por los analistas de proyectos son: el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

Para calcular los indicadores de rentabilidad se confeccionó un cuadro (flujo de caja) que presenta los ítemes que componen los ingresos y los costos, con los montos que corresponden a dichos ítems, durante todo el periodo de evaluación. Sobre la base de este cuadro se determinó el VAN y la TIR.

Baca (1995), define al VAN como el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, y define a la TIR como la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, o la tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero.



III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Mercado

El resultado de la encuesta realizada a empresas de la VI región, se encuentra en el Apéndice 4. Estas empresas demandan madera para la elaboración de *Pallets*, la que satisfacen actualmente con un producto no terminado que es ofrecido por un gran número de productores, el cual deben elaborar para obtener las piezas que necesitan para la fabricación de estos. Situación por la cual se genera interés por un material terminado.

3.1.1 Análisis de la demanda. Cuantitativamente la demanda es los metros cúbicos de madera que las empresas encuestadas necesitan para la fabricación de los *Pallets* y con la que actualmente se satisfacen, cantidad que alcanza a un total de 18.000 m³/año. En la Tabla 4, se resumen las necesidades de cada una de las empresas.

Tabla 4. Demanda de madera para la fabricación de *Pallets*.

Empresa	Demanda m ³ /año
Postagro Ltda.	6.500
Madebins Ltda.	5.200
Barraca Tagua Tagua	3.800
Maderas Mella	2.500
Total	18.000

A pesar que las empresas demandantes tienen satisfecha sus necesidades de materia prima, sí les interesa comprar un

producto terminado, pero a un precio al cual les sea más rentable que producirlo directamente, por lo que queda abierto un potencial de compra. Sin embargo, los demandantes no están dispuestos a reemplazar todas sus necesidades de madera para *Pallets* por este producto terminado, esto debido a una situación estratégica particular de cada empresa. Pero si, determinan un porcentaje que están dispuestos a reemplazar por el producto ofrecido (Tabla 5).

Tabla 5. Demanda de tablas terminadas.

Empresas	Porcentaje %	Demanda m ³ /año
Postagro Ltda.	30	1.950
Madebins Ltda.	25	1.300
Barraca Tagua Tagua	20	760
Maderas Mella	20	500
Total		4.510

Se genera de esta manera una demanda de 4510 m³ anuales de piezas terminadas, cumpliendo con las condiciones de precio, calidad y puntualidad en la entrega.

3.1.2 Análisis de la oferta. La oferta de madera para satisfacer las necesidades de las empresas es muy variada, pasando desde pequeños productores con aserraderos tradicionales hasta grandes aserraderos industrializados. Estos oferentes salen y entran al mercado en forma muy flexible, especialmente los pequeños productores, los grandes productores no consideran relevante el mercado

nacional a no ser que las exportaciones se encuentren deprimidas. Además, los fabricantes también tienen la alternativa de comprar bosques y obtener de ellos su materia prima. Por todo esto, se hace extremadamente difícil cuantificar la oferta de piezas para la fabricación de *Pallets*.

Sin embargo, la oferta de piezas terminadas no existe en la región, por lo que su aceptación en el mercado dependerá del interés que despierte entre sus potenciales compradores, como una manera de que su negocio sea más rentable.

3.1.3 Análisis de los precios. Cada una de las empresas consultadas, manifestó que estaba dispuesta a pagar un precio equivalente (Tabla 6) a lo que paga actualmente por la madera con que se abastece (ver Apéndice 4, Tabla 2.A).

Tabla 6. Precio en dólares por m³ de piezas terminadas (valor referencial, 520 \$/US\$).

Empresas	US\$/m ³
Postagro Ltda.	86
Madebins Ltda.	88
Barraca Tagua Tagua	85
Maderas Mella	84
Precio promedio	85

Con estos precios las empresas ahorran todos los costos de producción y las pérdidas por aprovechamiento de las maderas que procesan. Este precio considera que la madera se entrega puesta sobre camión en el aserradero de origen.

3.2 Estudio técnico

3.2.1 Potencia. El cálculo para la determinación de la potencia de corte necesaria se encuentra en el Apéndice 5. La suma de las potencias necesarias para el funcionamiento del sistema de corte de la máquina es de 34 HP (Tabla 7).

Tabla 7. Necesidades de potencia de los elementos de corte de la máquina reaprovechadora.

Elemento de corte	Necesidad de potencia en HP
Sierras orilladoras paralelas	15
Sierras lampeadoras	13
Sierra de la despuntadora	6
Total	34

De acuerdo con los resultados expuestos en la Tabla 7, y considerando la potencia nominal disponible (90 HP), existe un remanente de 56 HP disponible para ser transferidos a otra actividad que pudiera, eventualmente, requerirse. Por otro lado, considerando posibles aplicaciones de estos resultados en la proyección de nuevas instalaciones de este tipo, es posible reducir los requerimientos de potencia, reduciendo drásticamente el costo del equipo empleado.

3.2.2 Producción. Los resultados del estudio de tiempo con la producción diaria de piezas terminadas, se encuentran en el Apéndice 6. De una jornada de trabajo, la máquina tiene un tiempo productivo de entre 6 horas y 6 horas 20 minutos. En la Tabla 8, se muestra el resumen del

resultado de la aplicación del método Tasa de Demora y, en la Tabla 9, el resumen de la producción diaria de la máquina (Apéndice 6, Tabla 3.A).

Tabla 8. Resultado de la aplicación del método Tasa de Demora, con detalle del tiempo productivo y perdido, utilizando valores promedios.

Máquina	Tiempo productivo	Tiempo perdido
Reaprovechador	6 h 10 min	1 h 50 min
Razón tiempo perdido	% del tiem. Perd.	Tiempo Perdido
Trabajo no productivo	62,8	1 h 9 min
Demoras	28,2	31 min
Tiempo ocioso	9,0	10 min

Analizando los datos que proporciona la tabla, se observa que, de la jornada de trabajo de 8 horas, la máquina sólo está siendo productiva durante 6 horas y 10 minutos, el resto, es tiempo perdido. También se observa, como el tiempo perdido se explica en un 62,8% por el trabajo no productivo, y dentro de éste el gran responsable es la limpieza o aseo de la máquina, lo que se observó en forma directa al realizar el estudio (ver Apéndice 6). En este punto, cualquier mejora en la extracción de los residuos incidirá en el aumento del tiempo productivo.

Tabla 9. Producción diaria, utilizando valores promedios en metros cúbicos por día.

Día	1	2	3	4	5	6	Pro.
Total m³	2,6	2,6	2,7	2,9	2,8	2,7	2,7

A pesar que diariamente se producen volúmenes distintos de cada uno de los tipos de piezas, el rendimiento de la máquina en términos de producción de m³ por día de madera, no varía significativamente como se muestra en la Tabla 9, debido a que en el sistema de avance se produce un patinaje en las ruedas de tracción, siendo éste mayor en la medida de que los lampazos sean más grandes. Esta situación, determina que cuando se elaboran piezas de mayor volumen no se tenga al final de la jornada una mayor producción total, siendo esta de 2,7 m³ por día en promedio, con una producción mensual de 65,28 m³.

3.3 Análisis de materia prima.

Por ser los trozos de un largo de 1,22 m presentan muy poca curvatura, permitiendo un máximo aprovechamiento de estos en el aserradero y por consiguiente se obtienen lampazos de muy buena forma, lo que también permite un buen aprovechamiento de éstos en la máquina reaprovechadora. En la Tabla 10, se muestra el tipo de basa y lampazo obtenido según el diámetro del trozo a elaborar.

Tabla 10. Basa y lampazo obtenido según diámetro del trozo, su clasificación y la altura de corte que se generará para las sierras paralelas.

Diam. Trozo (cm)	Basa pulg	Cantidad lampazos	Clasificación		Altura de corte para las sierras paralelas (en pulgadas)
			Canti.	Tipo	
16	4 • 4	4	1	Aprov.	0,70
			3	No aprov.	
18	4 • 5	4	2	Aprov.	0,85
			2	No aprov.	
20	5 • 5	4	4	Aprov.	1,00
22	5 • 6	4	4	Aprov.	1,35
24	5 • 6	4	4	Aprov.	1,90
26	6 • 7	4	4	Aprov.	2,45
28	7 • 7	4	4	Aprov.	3,00

De los trozos que presentan curvatura, especialmente de los de menores dimensiones, se obtienen lampazos que no clasifican como aprovechables debido a su mala forma. Tampoco clasifican como aprovechable, la mayoría de los lampazos que provienen de trozos de diámetro menor a 18 cm, debido a su pequeño volumen.

De acuerdo a la Tabla 10, la mayor altura de corte se genera en los lampazos provenientes de trozos de 28 cm de diámetro, alcanzando las 3 pulgadas (76,2 mm), por lo que se determinó la necesidad de potencia para esta altura de corte en las sierras paralelas.

3.4 Estudio económico.

Información general que se obtuvo para poder realizar el análisis de costos (apéndice 3). Valores en dólares, con un valor referencial de 520 \$/US\$ de Abril del año 2.000.

Valor de la máquina	→ US\$ 9.600
Valor de reventa	→ US\$ 2.000
Vida útil	→ 6 años
Tasa de interés	→ 10 % anual
Tiempo de trabajo	→ 8 hr. diarias, 24 días al mes, 12 meses al año.
Producción	→ 65,28 m ³ /mes.

Los valores que a continuación se detallan, están referidos en US\$/m³ de piezas producidas (cálculos en Apéndice 7).

Costos de inversión.

Inversión en activo fijo físico	→ US\$ 10.673
Inversión en activo fijo intangible	→ US\$ 729
Inversión en puesta en marcha	→ US\$ 346
Inversión en capital de trabajo	→ US\$ 4.018

Costos de operación.

Costos fijos.

Gastos de administración	→ US\$ 3,83
Salario mínimo	→ US\$ 9,25
Arriendo sitio	→ US\$ 1,47
Depreciación	→ US\$ 1,79

Patente municipal	→	US\$ 0,10
Arriendo cargador	→	US\$ 7,07

Costos variables.

Bonos	→	US\$ 10,47
Insumos por mano de obra	→	US\$ 0,46
Materia prima	→	US\$ 18,57
Combustible	→	US\$ 3,17
Energía eléctrica	→	US\$ 0,53
Lubricantes	↓	
Repuestos	→→	US\$ 3,16
Mantenimiento y reparación	↑	
Empaquetado	→	US\$ 0,64

Los resultados del estudio de costos, muestran que hay dos ítemes que concentran más de la mitad (63,53%) de los gastos incurridos para la producción de piezas a partir de los lampazos, estos son los costos por remuneraciones y los costos por materia prima. Situación que es distinta a la planteada por otros autores como Infor-Corfo. 1989 y Tuset y Durán (S/F), donde exponen que el componente más alto en la estructura de costo es la compra de materia prima, representando este solo ítem en todos los casos señalados sobre el 57% de los costos totales, alcanzando en algunos al 85% de los costos totales. Esta situación se explica por el bajo costo que tiene la materia prima para la elaboración de las piezas, siendo este el principal atractivo de utilizar los lampazos.

3.5 Rentabilidad.

Este análisis se realizó desde el punto de vista de un extraño, en el cual los lampazos no son desechos del propio aserradero sino que es materia prima adquirida en el mercado, adquiriendo un mayor valor, debido a que éste debe ser un producto seleccionado en el punto de origen, y además, debe ser transportado al punto de elaboración sumándose por esto los costos de transporte, carga y descarga. Por lo anterior, para este análisis, la materia prima tiene un costo de 37,58 US\$/m³.

Sobre la base de los flujos de ingresos y egresos, se evaluó si la alternativa de incorporar la máquina reaprovechadora es rentable. Es importante considerar que en esta evaluación los diferentes costos se financian con capital propio. En la Tabla 11, se resume toda la información necesaria para la evaluación económica.

Los cálculos para determinar los criterios de evaluación: (1) VAN y (2) TIR, se encuentran en el Apéndice 8 y sus resultados se resumen en la Tabla 12.

Tabla 12. Valor actual neto (US\$/año) y tasa interna de retorno.

Proyecto	V A N	T I R
Reaprovechador	US\$ 9.207	27 %

Según los resultados expuestos en la Tabla 12, el proyecto es rentable ya que el valor actual del flujo de ingresos es

IV CONCLUSIONES

1. La producción actual de la máquina es menor que la de su potencial, debido a los problemas de tracción que presenta su sistema de avance.
2. El sistema motriz, no es capaz de mantener las revoluciones de trabajo cuando se presenta una mayor necesidad de potencia (madera seca). Esto no se genera por una falta de potencia del motor, sino, por no poseer un sistema que acelere en forma automática cuando se requiera.
3. La evacuación de los desechos explica gran parte de los tiempos no productivos, incidiendo fuertemente en los tiempos productivos.
4. La mayor eficiencia de la máquina, en términos de producción lineal, se logra cuando se elaboran piezas de menores dimensiones, esto debido a que los sistemas de avance, motriz y transmisión funcionan en forma óptima.
5. Producir la menor variedad de piezas, maximiza la eficiencia de la máquina, pero genera pérdidas de volumen en materia prima.
6. Debido a que el sistema de producción es en línea se optimiza el recurso humano, con el consecuente ahorro en mano de obra.

7. Los buenos resultados en el análisis económico se explican por el bajo valor de los lampazos en el mercado, es decir, el éxito aquí radica en dar un valor a un producto considerado desecho.

8. En el análisis desde el punto de vista de un extraño, se condiciona a comprar los lampazos en el mercado, con lo cual estos pierden su situación de desechos. Por lo que se puede concluir, que es más atractivo utilizar la máquina como un complemento de un aserrado y no como una unidad productiva por si misma.



V RESUMEN

La empresa forestal Servicios Forestales G y C Ltda., ubicada en la Sexta Región, comuna de Marchigue, reutilizó los lampazos generados en la elaboración de trozos de su aserradero, con la finalidad de incrementar sus utilidades. Para esto, fabricó según su diseño una máquina especial para elaborar los lampazos, obteniendo un producto para las empresas que fabrican *Pallets* en la región.

Con la finalidad de estudiar técnicamente esta máquina, se analizaron sus sistemas motriz, de transmisión, de corte y de avance. Se determinó la potencia de corte requerida y se caracterizó la materia prima. Además, se determinaron tiempos de trabajo y volúmenes diarios de producción. Con este estudio se detectaron problemas de tracción en el sistema de avance y de aceleración en el sistema motriz, con el estudio de tiempo se determinó que la evacuación de los desechos genera la mayor pérdida de tiempo productivo.

También se realizó una evaluación económica, se analizó el mercado en que se enmarca el proyecto, se determinaron sus ingresos y sus costos. Los resultados demuestran que es conveniente implementar en la empresa la maquina estudiada, obteniendo un VAN de 9.207 US\$/año y una TIR del 27%, esto explicado principalmente por el bajo costo de los lampazos como materia prima.

VI SUMMARY

The forest company Forest Services G y C Ltda., been located in the Sixth Region, commune of Marchigue, it used the "lampazos" generated in the chunks elaboration of their sawmill, in order to increase their utilitier. For this, manufacture according to their desing a special machine to elaborate the "lampazos". Obtaining a product for the companies that manufacture "Pallets" in the region.

In order to study technically this machine, were analyzed their motor systems, of transmission, of court and of advance. It was determined the required court power and is characterized the matter outweighs. Furthermore, they were determined times of work and daily volumes of production. With this study were detected traction problems in the advance system and of acceleration in the motor system, with the time study is determined that the evacuation of the tailing generates the lost great of productive time.

Also it is accomplished an economic evaluation, was analyzed the market in which is framed the proyect, were determined their income and their cost. The result demonstrate that it is convenient to implement in the company schemes it studied, this explained mainly by the under cost of the "lampazos" as matter outweighs.

VII BIBLIOGRAFIA

Baca, G. 1995. Evaluación de Proyectos, Tercera edición. Mc. Graw-Hill, México.

F.A.O. Montes. 1982. Aserraderos pequeños y medianos en los países en desarrollo. N° 28. Roma, Italia.

Infor. 1989. Estudio de la utilización del tiempo de trabajo en plantas de aserrio. Santiago, Chile.

Infor-Corfo.1989. Principios de organización y operación del aserradero. Manual N° 16. Concepción, Chile.

Lagos, E. 1996. Tecnología en terreno. Chile Forestal N° 237. Santiago, Chile.

Lignum. 1997. Primeros aserraderos en Chile. N° 28. Santiago, Chile.

Miller, I, J. Freund y R. Johnson. 1995. Probabilidad y estadística para ingenieros, Cuarta edición. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A, México.

Moya, C. 1986. Teoría de corte en la madera. Chile Forestal, Documento Técnico N° 18. Santiago, Chile

Oficina de Planificación Nacional. 1985. Preparación y presentación de proyectos de inversión. Santiago, Chile.

Oficina Internacional del Trabajo. 1986. Introducción al estudio del trabajo, Tercera edición. O.I.T. Ginebra, Suiza.

Sapag, N y R. Sapag. 1995. Preparación y Evaluación de Proyectos. Mc Graw-Hill. Bogotá, Colombia.

Tuset, R y F. Duran. (sin fecha). Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilización. Montevideo, Uruguay.





APENDICE 2

Mediante un muestreo se determinó el valor de "P", porcentaje de tiempo perdido, con un error o desviación estándar del 5% de "p". Las observaciones se realizaron cada cinco (5) minutos, en un día de trabajo (8 horas), por lo que se realizaron noventa y seis (96) observaciones. A continuación se resume el resultado del muestreo utilizando el método "tasa de demora".

Tiempo productivo \Rightarrow 81,3%

Tiempo no productivo \Rightarrow 18,7%

Trabajo no productivo \rightarrow 73,3%

Demoras \rightarrow 6,7%

Tiempo ocioso \rightarrow 20,0%

Obtenido el valor de "p" y con un error del 5%, se calcula la desviación estándar del valor estimado de "p":

$$Sp = 0,05 \cdot 0,187 = 0,00935$$

El número de observaciones se determina con la ecuación:

$$N = \frac{p \cdot (1-p)}{Sp^2} = \frac{0,187 \cdot 0,813}{0,00935^2} = 1.739$$

Valor de N, empleado para los cálculos posteriores en el estudio de tiempo, utilizando el método "Tasa de demora".

APENDICE 3

Información general para realizar el análisis de costo, con un valor referencial del dólar de 520 pesos.

Valor de la máquina: La máquina se fabricó en una maestranza local, con un costo para la empresa de US\$ 9.600.

Valor de reventa: Se estimó como un porcentaje del valor de la máquina, dicha estimación se obtuvo por consulta a fabricantes e importadores del rubro como se indica en la Tabla 2.A.

Tabla 2.A Consulta a Empresas.

Empresa Consultada	Porcentaje
Ingemad	18 - 25 %
Raab y Rochette	16 - 25 %
Valor Promedio	21 %

Valor de reventa \Rightarrow 21% del valor de la máquina.

Valor de reventa \Rightarrow US\$ 2.000

Tasa de Interés:

Tasa de mercado + Tasa de Riesgo

$$7,5 \quad + \quad 2,5 \quad = \quad 10 \%$$

Vida Útil: Se obtuvo por medio de la determinación de la vida económica utilizando el método tradicional. La vida económica óptima se obtiene en aquel punto en que se minimizan los Costos Anuales Equivalentes.

Para el cálculo de la vida económica se propone la siguiente expresión:

$$CAE_n = CAE_{n-1} + \frac{(CUA_n - CAE_{n-1}) \cdot r}{(1+r)^{n-1}}$$

Donde:

- CAE_n = Costo anual equivalente en el Período n .
- CUA_n = Costo de utilización anual en el periodo n .
- N = Número de periodo de tiempo en que el equipo se mantiene.
- r = Tasa de interés.
- $\frac{r}{(1+r)^{n-1}}$ = Factor de depósito fondo de amortización.

$$CUA_n = F_n = Cop.y m_n + PK_n + Cop_n$$

Donde:

- F_n = Flujo de caja neto en el periodo n .
- $Cop.y m_n$ = Costo de operación y mantención en el periodo n .
- PK_n = Pérdida de capital en el periodo n .
- Cop_n = Costo de oportunidad en el periodo n .

La vida económica óptima se obtiene en el aquel punto en que se minimiza el CAE_n .

En la Tabla 3.A se determinan los valores del CUA.

Tabla 3.A DETERMINACIÓN DEL CUA, en US\$/año.

Item / Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C.op y m.	5.374	5.594	5.823	6.062	6.311	6.570	6.839	7.119	7.411
C. oportu.	960	1.056	1.162	1.278	1.406	1.546	1.701	1.871	2.058
Perdida K	2.997	2.622	2.247	1.872	1.497	1.122	747	372	0
C.U.A.	9.331	9.272	9.232	9.212	9.214	9.238	9.287	9.362	9.469

Costos de operación y mantención de la máquina: Se utilizó un I.P.C. esperado de 4,1% anual, para la proyección de estos costos, de acuerdo a la proyección de Banco Central para el año 2.000.

-Combustible	→	US\$ 3,17	
-Energía eléctrica	→	US\$ 0,53	
-Lubricantes	→	US\$ 0,59	
-Repuestos	→	US\$ 0,95	
-Mantención	→	US\$ 1,62	
TOTAL	⇒	US\$ 6,86	Anual US\$ 5.374

Costo de Oportunidad: Es el costo del capital (tasa de interés de la inversión) y se muestra en la Tabla 4.A .

Tasa de interés : 10 % anual.

Tabla 4.A Determinación del costo de oportunidad.

Año	Costo total US\$/año	Costo de oportunidad US\$/año
1	9.600	960
2	10.560	1.056
3	11.616	1.162
4	12.778	1.278
5	14.056	1.406
6	15.462	1.546
7	17.008	1.701
8	18.709	1.871
9	20.580	2.058

Perdida de Capital (PK)

PK = Valor Libro - Valor de Reventa

PK = (Valor Inicial - Depreciación Acumulada) - V R

Tabla 5.A Determinación de la pérdida de capital.

Año	Valor Inicial US\$/año	Dep. Acumulada US\$/año	Valor Reventa US\$/año	Perdida Capital US\$/año
1	9.600	843	5.760	2.997
2	9.600	1.686	5.292	2.622
3	9.600	2.529	4.824	2.247
4	9.600	3.372	4.356	1.872
5	9.600	4.215	3.888	1.497
6	9.600	5.058	3.420	1.122
7	9.600	5.901	2.952	747
8	9.600	6.744	2.484	372
9	9.600	7.584	2.016	0

DETERMINACIÓN DEL CAEn (por periodo)

Tabla 6.A Determinación del CAE, en US\$/año.

Año	CAEn-1	CUAn	CAEn-1	Factor	CAEn
1	0	9.331	0	1,0	9.331
2	9.331	9.272	9.331	0,4762	9.303
3	9.303	9.232	9.303	0,3021	9.282
4	9.282	9.212	9.282	0,2155	9.267
5	9.267	9.214	9.267	0,1638	9.258
6	9.258	9.238	9.258	0,1296	9.255
7	9.255	9.287	9.255	0,1054	9.258
8	9.258	9.362	9.258	0,0874	9.267
9	9.267	9.469	9.267	0,0736	9.282

El menor CAE se encuentra en el año 6.

APENDICE 4

Encuesta realizada a las empresas que se dedican a la fabricación de *Pallets* en la Sexta Región.

Empresas:

1. POSTAGRO Ltda.
2. MADEBINS Ltda.
3. Barraca Tagua Tagua Ltda.
4. Maderas Mella Ltda.

En la tabla 7.A. se resume el resultado de la encuesta

Tabla 7.A. Resultado de encuesta realizada a las empresas que se dedican a la fabricación de *Pallets* en la Sexta Región.

Pregunta	Respuesta empresa			
	1	2	3	4
¿Con que materia prima abastece la producción de <i>Pallets</i> ?	Basas	Basas	Basas	Basas
¿Que volumen compra en m ³ /año?	6.500	5.200	3.800	2.500
¿Compraría piezas pre terminadas para la fabricación de <i>Pallets</i> ?	Sí	Sí	Sí	Sí
¿Que volumen de su abastecimiento compraría?	30%	25%	20%	20%
¿Cuánto estaría dispuesto a pagar en US\$/m ³ ?	86	88	85	84

APENDICE 5

Determinación de potencia de corte para cada una de las sierras.

1. Cálculo de potencia para las sierras orilladoras paralelas, con corte en línea vertical.

Diámetro de la sierra	⇒	250	mm
Número de dientes, z	⇒	40	
Revoluciones del eje, n	⇒	4.400	r.p.m.
Velocidad de avance, U	⇒	10	m/min.
Ancho de corte, b	⇒	3,2	mm
Altura de corte, h	⇒	76,2	mm

$$Uz = \frac{U}{Z \cdot n} = \frac{10}{40 \cdot 4.400} = 0,0000568 \text{ m}$$

Valor de tabla para "K" con $Uz = 0,0000568 \text{ m}$

$$K = 105.000.000 \text{ N/m}^2$$

Se calcula N_c :

$$N_c = K \cdot b \cdot h \cdot U = 105.000.000 \cdot 0,0032 \cdot 0,0762 \cdot 0,16 = 4.267,2 \text{ W} = 5,72 \text{ HP}$$

Aplicando factores de eficiencia por transmisión se obtiene: transmisión descrita en las figuras 3 y 4, cada una con un 96% de eficiencia, mas la eficiencia en transmisión del motor diesel, con un 95% y aplicando por ultimo un factor de seguridad (por nudos y otros) de un 15%, el resultado es de 15 HP para las dos sierras.

2. Cálculo de potencia para la sierra lampeadora, con corte en línea horizontal.

Diámetro de la sierra	⇒	450	mm
Número de dientes, z	⇒	20	
Revoluciones del eje, n	⇒	3.300	r.p.m.
Velocidad de avance, U	⇒	10	m/min.
Ancho de corte, b	⇒	4,5	mm
Altura de corte, h	⇒	130	mm

$$U_z = \frac{U}{Z \cdot n} = \frac{10}{20 \cdot 3.300} = 0,00015 \text{ m}$$

Valor de tabla para "K" con $U_z = 0,00015 \text{ m}$

$$K = 64.000.000 \text{ N/m}^2$$

Se calcula N_c :

$$N_c = K \cdot b \cdot h \cdot U = 64.000.000 \cdot 0,0045 \cdot 0,14 \cdot 0,16 = 6.720 \text{ W} \approx 9 \text{ HP}$$

Aplicando factores de eficiencia por transmisión se obtiene: Transmisión figura 5 y figura 6, cada una con un 96% de eficiencia, mas la eficiencia en transmisión de la caja inversora del sentido del movimiento, con un 99%, mas la eficiencia en transmisión del motor diesel, con un 95% y aplicando por ultimo un factor de seguridad (por nudos y otros) de un 15%, el resultado es de 13 HP de potencia.

3. Cálculo de potencia para la sierra despuntadora, con corte en línea vertical.

Diámetro de la sierra	⇒	200	mm
Número de dientes, z	⇒	36	
Revoluciones del eje, n	⇒	5.800	r.p.m.
Velocidad de avance, U	⇒	9	m/min.
Ancho de corte, b	⇒	3	mm
Altura de corte, h	⇒	63,5	mm

$$Uz = \frac{U}{Z \cdot n} = \frac{9}{36 \cdot 5.800} = 0,000043 \text{ m}$$

Valor de tabla para "K" con $Uz = 0,000043 \text{ m}$

$$K = 105.000.000 \text{ N/m}^2$$

Se calcula N_c :

$$N_c = K \cdot b \cdot h \cdot U = 105.000.000 \cdot 0,003 \cdot 0,0635 \cdot 0,15 = 3.000 \text{ W} \approx 4 \text{ HP}$$

Aplicando factores de eficiencia por transmisión se obtiene: Transmisión figura 7, figura 8 y figura 9 cada una con un 96% de eficiencia, mas la eficiencia en transmisión de la caja inversora del sentido del movimiento, con un 99%, mas la eficiencia en transmisión del motor diesel, con un 95% y aplicando por ultimo un factor de seguridad (por nudos y otros) de un 15%, el resultado es de 6 HP de potencia.

APENDICE 6

Resultados del estudio de tiempos, con la producción diaria de tablas, obtenidos de las 1.739 observaciones realizadas.

1. Tiempo productivo \Rightarrow 1.341 observaciones.

$$1.341/1.739 = 0,771 * 100 = 77,1 \%$$

2. Tiempo perdido \Rightarrow 398 observaciones.

$$398/1.739 = 0,229 * 100 = 22,9 \%$$

2.1. Trabajo no productivo \Rightarrow 250 observaciones.

$$250/398 = 0,628 * 100 = 62,8 \%$$

2.2 Demoras \Rightarrow 112 observaciones.

$$112/398 = 0,282 * 100 = 28,2 \%$$

2.3 Tiempo ocioso \Rightarrow 36 observaciones.

$$36/398 = 0,090 * 100 = 9,0 \%$$

Causas que explican el tiempo perdido.

1. Trabajo no productivo, explicado por:

1.1. Aseo de la máquina; limpieza de aserrín, orillas y despuntes.

1.2. Mantención; engrase de rodamientos, aceitado de cadenas, etc.

1.3. Reparaciones; cambio de correas, poleas rodamientos, reforzamiento de soldaduras, etc.

1.4. Ajuste de sierras; regulación de las sierras para obtener los distintos tipos de tablas.

2. Demoras, explicado por:

- 2.1. Operador ausente; falta al trabajo, recibe instrucciones, se encuentra conversando.
 - 2.2. Atoramiento de madera; madera se enreda en el sistema de avance o a la entrada de la máquina.
 - 2.3. Lampazos con sobremedida; demasiados anchos y altos, ocasionan problemas en el sistema de avance.
 - 2.4. Espera por ingreso de materia prima.
3. Tiempo ocioso, explicado por:
- 3.1. Falta alimentación de materia prima; problemas con la máquina que trae el material.
 - 3.2. Descanso; generalmente después de asear la máquina.

Intervalos de confianza

1. Para tiempo perdido, con un nivel de confianza del 95%.

$$P - 1,96 \cdot \sqrt{\frac{0,229 \cdot 0,771}{1,739}} < P < P + 1,96 \cdot \sqrt{\frac{0,229 \cdot 0,771}{1,739}}$$

$$0,229 - 0,020 < 0,229 < 0,229 + 0,020$$

$$0,209 < P < 0,249$$

En minutos:

$$100,32 < 109,92 < 119,52$$

$$1 \text{ h } 40 \text{ min} < 1 \text{ h } 50 \text{ min} < 2 \text{ h}$$

2. Para tiempo productivo.

$$6 \text{ h } 20 \text{ min} < 6 \text{ h } 10 \text{ min} < 6 \text{ h}$$

Tabla 8.A. Producción diaria de piezas, por tipo de estas y el promedio total diario producido en m³.

Tipo de pieza/Día mm.	1	2	3	4	5	6	Med.
18 • 80 • 1.200	1,05	0,97	1,08	1,20	1,06	1,12	1,08
18 • 80 • 1.000	0,55	0,51	0,48	0,45	0,59	0,56	0,52
20 • 95 • 1.200	0,73	0,88	0,85	0,92	0,91	0,79	0,85
20 • 95 • 1.000	0,28	0,24	0,31	0,32	0,23	0,26	0,27
Total Día	2,61	2,60	2,72	2,89	2,79	2,73	2,72



APENDICE 7

Determinación de los costos de inversión y operación.

1. Costos de Inversión.

1.1 Inversión en activo fijo físico.

- Valor de la maquina	⇒ US\$ 9.600
- Infraestructura adicional	⇒ US\$ 777
- Instalación eléctrica	⇒ US\$ 296
Total	⇒ US\$ 10.673

1.2 Inversión en activo fijo intangible.

- Patente por derechos de inversión	⇒ US\$ 729
Total	⇒ US\$ 729

1.3 Inversión en puesta en marcha.

- Traslado de maquinaria	⇒ US\$ 115
- Preparación de instalaciones	⇒ US\$ 154
- Instalación de maquinaria	⇒ US\$ 77
Total	⇒ US\$ 346

1.4 Inversión en capital de trabajo.

Se consideró un capital necesario para producir 87 metros cúbicos de piezas.

- Arriendo de maquinaria	⇒ US\$ 462
- Arriendo sitio	⇒ US\$ 96
- Patente Municipal	⇒ US\$ 40
- Administración	⇒ US\$ 333
- Mano de Obra	⇒ US\$ 604
- Elementos de seguridad	⇒ US\$ 215
- Materia Prima	⇒ US\$ 1.615

			61
- Combustible	⇒ US\$	276	
- Energía eléctrica	⇒ US\$	46	
- Lubricantes	⇒ US\$	51	
- Repuestos	⇒ US\$	83	
- Mantenimiento y reparación	⇒ US\$	141	
- Empaquetado	⇒ US\$	56	
	Total	⇒ US\$	4.018

2. Costos de Operación.

Considerar la producción de 65,28 m³ /mes de piezas.

2.1 Costos Fijos.

2.1.1 Gastos de administración

- Operador jefe ⇒ 58 US\$/mes

- Apoyo en administración ⇒ 192 US\$/mes

Total ⇒ 250 US\$/mes ⇔ 3,83 US\$/m³

2.1.2 Salario mínimo (base + gratificación).

- Un operador ⇒ 151 US\$/mes

- Un ayudante de operador ⇒ 151 US\$/mes

- Un despuntador ⇒ 151 US\$/mes

- Un empaquetador ⇒ 151 US\$/mes

Total ⇒ 604 US\$/mes ⇔ 9,25 US\$/m³

2.1.3 Arriendo sitio.

- Parte del sitio total ⇒ 96 US\$/mes ⇔ 1,47 US\$/m³

2.1.4 Depreciación.

- Total de activos fijos físicos. ⇒ 117 US\$/mes ⇔ 1,79 US\$/m³

2.1.5 Patente Municipal.

- Valor semestral US\$ 40 ⇒ 6,67 US\$/mes ⇔ 0,10 US\$/m³

2.1.6 Arriendo cargador.

- Valor hora 4.8 US\$ (4h/día) \Rightarrow 461 US\$/mes \Leftrightarrow 7.07 US\$/m³

2.2 Costos Variables.

2.2.1 Bonos.

- Operador \Rightarrow 3,58 US\$/m³
- Ayudante operador \Rightarrow 1,81 US\$/m³
- Despuntador \Rightarrow 2,54 US\$/m³
- Empaquetador \Rightarrow 2,54 US\$/m³

Total \Rightarrow 10,47 US\$/m³

2.2.2 Insumos por mano de obra.

- Casco \Rightarrow 0,20 US\$/mes
- Guante \Rightarrow 1,72 US\$/mes
- Zapato seguridad \Rightarrow 1,70 US\$/mes
- Ropa de trabajo \Rightarrow 2,50 US\$/mes
- Antiparras \Rightarrow 0,75 US\$/mes
- Protector oído \Rightarrow 0,70 US\$/mes

por 4 obreros Total 32,68 US\$/mes \Leftrightarrow 0,46 US\$/m³

2.2.3 Materia prima.

- Valor puesto en planta \Leftrightarrow 18,57 US\$/m³

2.2.4 Combustible

- Consumo diario 28 lt. \Leftrightarrow 3,17 US\$/m³

2.2.5 Energía eléctrica.

- Control por promedio mes \Rightarrow 34,5 US\$/mes

Total 34,5 US\$/mes \Leftrightarrow 0,53 US\$/m³

2.2.6 Lubricantes, repuestos, mantención y reparación.

Controlado con los gastos reales incurridos por la empresa, en un periodo de 10 meses en los cuales la maquina ha estado operando normalmente.

APENDICE 8

Determinación de los criterios de evaluación, Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno.

1. Valor Actual Neto (VAN).

Flujo de efectivo en US\$/año:

Año 0 = - 15.766

Año 1 = 5.487

Año 2 = 5.478

Año 3 = 5.487

Año 4 = 5.487

Año 5 = 5.487

Año 6 = 7.392

$$VAN = -15.766 + 5.487 \cdot \left(\frac{P}{A}, 10\%, 5 \right) + 7.392 \cdot \left(\frac{P}{F}, 10\%, 6 \right)$$

$$VAN = -15.766 + 5.487 \cdot 3,7908 + 7.392 \cdot 0,5645$$

$$VAN = 9.207$$

2. Tasa Interna de Retorno (TIR).

Mediante ensayo de prueba y error se determina:

$$INVERSION = 5.487 \cdot \left(\frac{P}{A}, i\%, 5 \right) + 7.392 \cdot \left(\frac{P}{F}, i\%, 6 \right)$$

$$15.766 = 5.487 \cdot \left(\frac{P}{A}, i\%, 5 \right) + 7.392 \cdot \left(\frac{P}{F}, i\%, 6 \right)$$

$$TIR = 27\%$$