



**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS**

**Propuesta de mejoramiento para el proceso de maderas secas en el Complejo  
Horcones I**

**Héctor Erices Yaupe – 12.528.246-6**  
**Pedro Martínez Jara – 13.312.373-3**  
**2017**





**UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS**

**Propuesta de mejoramiento para el proceso de maderas secas en el Complejo  
Horcones I**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de  
Ingeniero Civil Industrial.

Profesor Guía: Cristian Vergara

**Héctor Erices Yaupe – 12.528.246-6  
Pedro Martínez Jara – 13.312.373-3  
2017**

## Resumen

Este proyecto tiene por propósito entregar una propuesta de mejora para lograr un aumento en el nivel de producción del proceso de secado de maderas en el Complejo Horcones I, la cual en los últimos años no se ha logrado alcanzar los niveles de producción de acuerdo a su capacidad instalada existente.

Para el desarrollo de esta propuesta se presentan los antecedentes generales de la empresa, identificando sus principales procesos entre los cuales se encuentra el secado de madera, el cual tiene por objetivo disminuir el contenido de humedad de la madera a valores que fluctúan entre el 8% y 18% dependiendo del producto a procesar.

Se revisarán los actuales niveles de producción en el área de productos secos, los cuales serán comparados con los valores potenciales definidos por la empresa. Con esto se busca mostrar una brecha que justifica la existencia de una oportunidad de mejora.

Se analizarán los indicadores operativos los cuales muestran el impacto que tiene en la producción de secado las detenciones por concepto **“cancha madera seca ocupada”**. Dada su alta relevancia se profundizará en las causas que originan dicha condición y se determina la causa raíz con lo cual se concluye que la falta de superficie techada para el acopio de materias primas secas es la principal causa de detención de las cámaras de secado.

Identificada la problemática y considerando que esta genera una pérdida de 4.2% en la producción de secado, se desarrolla una propuesta de mejora que apunta a implementar una modificación en el Lay out actual, lo cual permite obtener una superficie de 1.800 m<sup>2</sup>, con una capacidad de almacenaje de 900 m<sup>3</sup>, eliminando así las detenciones por “cancha de madera seca ocupada” y se proyecta conseguir un aumento en la producción de secado.

Por otra parte la propuesta sugerida deberá considerar una modificación en el equipo que permanecerá en funcionamiento en el área de procesos secos, con lo cual se busca asegurar el consumo y procesamiento del total de maderas generadas por los secadores. Por último se desarrolla la evaluación económica de esta propuesta de mejora con lo cual se demuestra que es factible la implementación de este proyecto.

## Summary

This project aims to deliver a proposal for improvement to achieve an increase in the level of production of the wood drying process in the Horcones I Complex, which in recent years has not been able to reach production levels according to its Existing installed capacity.

For the development of this proposal the general background of the company is presented, identifying its main processes among which is the drying of wood, which aims to reduce the moisture content of the wood to values that fluctuate between 8% And 18% depending on the product to be processed.

The current levels of production in the area of dry products will be reviewed, which will be compared with the potential values defined by the company. This seeks to show a gap that justifies the existence of an opportunity for improvement.

The operational indicators will be analyzed, which show the impact of the "dry wood occupied area" on drying production. Given its high relevance, it will delve into the causes that give rise to this condition and determine the root cause with which it is concluded that the lack of roofed surface for the collection of dry raw materials is the main cause of arrest of the drying chambers.

Identified the problem and considering that it generates a loss of 4.2% in the drying production, a proposal of improvement is developed that aims to implement a modification in the current Lay out, which allows to obtain a surface of 1,800 m<sup>2</sup>, with a capacity Of storage of 900 m<sup>3</sup>, eliminating the detentions by "busy dry wood court" and is projected to obtain an increase in the production of drying.

On the other hand, the suggested proposal should consider a modification in the equipment that will remain in operation in the area of dry processes, which seeks to ensure the consumption and processing of the total wood generated by the dryers. Finally the economic evaluation of this improvement proposal is developed, which demonstrates that the implementation of this project is feasible.

## Índice

Resumen .....	4
Summary.....	5
Introducción.....	5
Capítulo 1: Antecedentes del Proyecto.....	6
1.1 Definición del “Problema” .....	6
1.2 Justificación .....	6
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo General .....	7
1.3.2 Objetivos específicos.....	7
1.4 Delimitaciones y limitaciones.....	8
1.4.1 Delimitaciones.....	8
1.4.2 Limitaciones .....	8
1.5 Marco de Referencias .....	9
1.5.1 Definición de Capacidad Instalada.....	9
1.5.2 Benchmarking .....	9
1.6 Metodología .....	10
Capítulo 2: Descripción de la Empresa y análisis de procesos.....	11
2.1 Antecedentes de la Empresa .....	11
2.2 Organigrama .....	12
2.3 Misión, Visión, Valores y Compromisos.....	13
2.3.1. Misión.....	13
2.3.2. Visión .....	13
2.3.3. Valores .....	13
2.4 Procesos Productivos .....	15
2.4.1 Descortezado .....	16
2.4.2 Aserradero .....	17
2.4.3 Baño Químico .....	18
2.4.4 Secado (área de estudio).....	19
2.4.5 Cepillado Clasificado (área de estudio) .....	19

2.4.6 Preparación M.P.....	19
2.4.7 Terminación .....	20
2.4.8 Levantamiento de procesos en estudio.....	21
2.5 Análisis del proceso .....	25
2.5.1 Análisis de Indicadores en el área de estudio.....	25
2.5.2 Análisis de tiempo muerto área secado .....	26
2.5.3 Diagrama Ishikawa.....	27
2.5.4 Ranking de causas .....	28
2.5.5 Desarrollo de 5 PORQUE y ACR.....	29
2.5.6 Propuesta de Mejora.....	30
Capítulo 3: Desarrollo de la propuesta de mejora .....	31
3.1 Desarme línea de Clasificación.....	31
3.2 Habilidad de la cepilladora para la clasificación de maderas rusticas.....	32
3.3 Nuevo Lay out. ....	34
3.4 Costo de implementación.....	35
3.5 Resultado esperado. ....	35
Capítulo 4: Evaluación de la propuesta de mejora .....	36
4.1 Situación Actual.....	36
4.2 Aumento de producción.....	36
4.3 Nuevos egresos .....	37
4.4 Parámetros de evaluación Complejo Horcones I.....	37
4.5 Inversión del proyecto .....	38
4.6 Flujo de caja.....	38
4.7 Indicadores de rentabilidad.....	39
Conclusiones.....	40
Bibliografía.....	41

## Índice de Figuras

Figura	2.1 Organigrama de la Empresa .....	12
Figura	2.2 Diagrama de Flujo Horcones I .....	15
Figura	2.3 Esquema de Corte para rollizos .....	17
Figura	2.4 Baño químico .....	18
Figura	2.5 Madera que ingresa a selectiva y block obtenidos en trozado .....	20
Figura	2.6 Ejemplos de perfiles producidos en el área de molduras .....	20
Figura	2.7 Diagrama de flujo Cepilladora .....	22
Figura	2.8 Diagrama de Flujo Clasificadora .....	23
Figura	2.9 Diagrama de Flujo Secado-Cepillado-Clasificado.....	24
Figura	2.10 Gráfica para la producción de Secado año 2016.....	25
Figura	2.11 Gráfico de Pareto "Tiempo muerto de secado año 2016" .....	26
Figura	2.12 Diagrama de Ishikawa.....	27
Figura	2.13 Ranking de causas .....	28
Figura	2.14 Desarrollo 5 POR QUE Y ACR.....	29
Figura	3.1 Gráfica para la producción de Clasificación .....	31
Figura	3.2 Imágenes de equipos a reutilizar .....	32
Figura	3.4 Actual equipo de cepillado.....	33
Figura	3.5 Equipo Modificado .....	33
Figura	3.6 Lay out Actual.....	34
Figura	3.7 Lay out Equipo Modificado .....	34



**Índice de Tablas**

Tabla 3.5	Antecedentes de producción área secado año 2016 .....	35
Tabla 4.1	Costos asociados al secado externo .....	36
Tabla 4.2	Ingresos por aumento de producción.....	36
Tabla 4.3	Egresos por aumento de producción.....	37
Tabla 4.4	Parámetros de evaluación .....	37
Tabla 4.5	Inversión del proyecto .....	38
Tabla 4.6	Flujo de Caja del proyecto.....	38
Tabla 4.7	Indicadores de rentabilidad.....	39

## **Introducción**

Aserraderos Horcones I es una planta perteneciente a Maderas Arauco S.A. y se encuentra ubicada en la localidad de Horcones, provincia de Arauco. Este complejo industrial tiene una capacidad instalada de producción de 34.000 m<sup>3</sup>/mes de madera aserrada y posee secadores con capacidad estimada de 27.000 m<sup>3</sup>/mes. Posteriormente, el volumen secado es procesado en dos líneas productivas denominadas Línea de clasificación y Línea de cepillado, funcionando en uno y dos turnos respectivamente.

La producción de Horcones I está destinada a la exportación y con respecto al mix de productos generados se tiene una fuerte orientación a maderas laterales nudosas y libres de nudos con destino Remanufactura (molduras), maderas semilaterales cuyo uso final es la mueblería y maderas centrales utilizadas en la fabricación de pallets y embalajes.

Con respecto a las proyecciones de demanda, si bien las exportaciones de madera han mostrado un comportamiento cíclico a través del tiempo, en la actualidad la venta de madera aserrada seca muestra una estabilidad para los productos laterales y en los últimos años se ha visto un aumento en la demanda de maderas semilaterales y especialmente en las maderas con destino embalaje dado que clientes que durante muchos años han adquirido este producto en estado verde, hoy están solicitando el mismo producto en estado seco.

En la actualidad el volumen alcanzado en los secadores de Horcones I es de 24.000 m<sup>3</sup>/mes, y de acuerdo a las proyecciones de ventas se tienen estimaciones que indican un aumento en la demanda de maderas secas, lo que empuja la necesidad de alcanzar mayores niveles de productividad y eficiencia.

## **Capítulo 1: Antecedentes del Proyecto**

### **1.1 Definición del “Problema”**

La planta de secado del complejo Horcones I, no logra alcanzar los niveles de producción proyectados de 27.000 m<sup>3</sup>/mes en función de su capacidad instalada, dejando de secar alrededor de 3.000 m<sup>3</sup>.

### **1.2 Justificación**

Aumentar la producción de maderas secas permitirá satisfacer una demanda existente y a su vez permitirá un aumento en las utilidades por medio de la disminución de costos de proceso y del aumento de ventas.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de mejora orientada a alcanzar un aumento de productividad en el área de producción de maderas secas de planta Horcones I.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Revisar la capacidad instalada y capacidad utilizada en cada uno de los centros de trabajo existentes en el área de productos secos.
- Realizar levantamiento de los actuales indicadores operativos obtenidos en el área de productos secos.
- Identificar los principales factores que impactan los resultados operativos.
- Identificar oportunidades de mejora.
- Desarrollar una propuesta que permita aumentar la producción de maderas secas.
- Determinar los costos asociados a la mejora propuesta.
- Análisis de factibilidad económica para la posible implementación de la mejora propuesta, en comparación de la situación actual.

## **1.4 Delimitaciones y limitaciones**

### **1.4.1 Delimitaciones**

El estudio se realizará en el Complejo Industrial Horcones I perteneciente a Maderas Arauco S.A. Este complejo industrial está ubicado en el sector Horcones S/N, provincia de Arauco, octava región. Esta planta está orientada a procesar rollizos de calidad regular y podado. La producción de este complejo está enfocada a generar madera aserrada verde con destino exportación, madera aserrada seca también con destino exportación y madera seca como materia prima para sus procesos de manufactura de molduras.

Los procesos productivos que se pueden identificar en esta planta son:

Procesos verdes: clasificación y descortezado de rollizos, aserradero, re-aserrío, baño antimancha y empallado de maderas con destino secado.

Procesos Secos: secado de madera en cámaras, clasificado de maderas secas (rusticas) y cepillado de maderas secas.

Procesos de terminación: Generación de rip para procesos de trozado o molduras sólidas, trozado de rip para la generación de block libres de nudos, producción de blank y producción de molduras finger y molduras solidas libres de nudos.

El proyecto se enmarcará dentro de los procesos secos al visualizar oportunidades en base al análisis de tiempos muertos del proceso de secado de maderas.

### **1.4.2 Limitaciones**

No se observan condiciones que pudiesen impedir el desarrollo de este proyecto.

## **1.5 Marco de Referencias**

### **1.5.1 Definición de Capacidad Instalada**

La capacidad instalada es el potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular, unidad, departamento o sección, puede lograr durante un tiempo determinado, teniendo en cuenta los recursos que tiene disponible.

Para el análisis de este proyecto se utilizará la estadística de indicadores operacionales y mix de producción correspondientes al año 2016

### **1.5.2 Benchmarking**

Se realiza Benchmarking en otras unidades dentro del negocio Maderas Arauco S.A., sin encontrar precedente de trabajos similares realizados.

## 1.6 Metodología

- Recopilación y análisis de antecedentes sobre capacidad instalada y capacidad utilizada en los centros de trabajo existentes en el área de productos secos.
- Recopilación y análisis de indicadores operacionales del área de productos secos.
- Recopilación de tiempos muertos del área de secado.
- Confección de diagrama de Pareto referente a los tiempos muertos, identificando los principales factores que impactan los resultados operativos del área de secado.
- Análisis Lay-out área productos secos.
- Análisis del comportamiento de la demanda y mix de productos secos.
- Confección de Diagrama causa-Efecto (Ishikawa).
- Elaboración de 5 POR QUE sobre causa principal.
- Generación de lluvia de ideas, seleccionando propuesta de mejora.
- Solución técnico-económica sobre propuesta de mejora.

## **Capítulo 2: Descripción de la Empresa y análisis de procesos**

### **2.1 Antecedentes de la Empresa**

Complejo Industrial Horcones I se encuentra ubicado en el golfo de Arauco, en la comuna del mismo nombre, VIII región del país. La planta es una de las ocho pertenecientes al negocio de Maderas Arauco S.A. y funciona desde el año 1996. Actualmente trabaja con una dotación total directa e indirecta de 1.170 personas. El complejo Horcones I procesa un total de 640.000 m<sup>3</sup> JAS de rollizos al año (datos Plan Operativo año 2017), provenientes de Forestal Arauco S.A. De la producción obtenida en aserradero, el 25% tiene como destino la generación de productos en estado verde y el 75% restante ingresa a proceso de secado, para posteriormente continuar a procesos de terminación. La producción tanto verde como seca está principalmente orientada a la exportación de un mix de productos que incluye Board verdes, Board secos, maderas secas de selección con terminación rústica y cepillada, Maderas de Apariencia, Maderas Laterales nudosas y libres de nudos y Molduras tanto finger como sólidas. Los principales destinos de estos productos son Estados Unidos, América Latina, Asia y Europa.



## 2.2 Organigrama

El organigrama del Complejo Horcones I está conformado por el gerente general, dependiendo de él los jefes de las 7 áreas en las cuales se encuentran divididas las actividades productivas y de apoyo de esta planta. Además forman parte de la estructura organizacional los jefes de las áreas MASSO, planificación, área personas y distribución los cuales son parte de la logística del complejo pero dependen administrativamente de las Gerencias correspondientes.

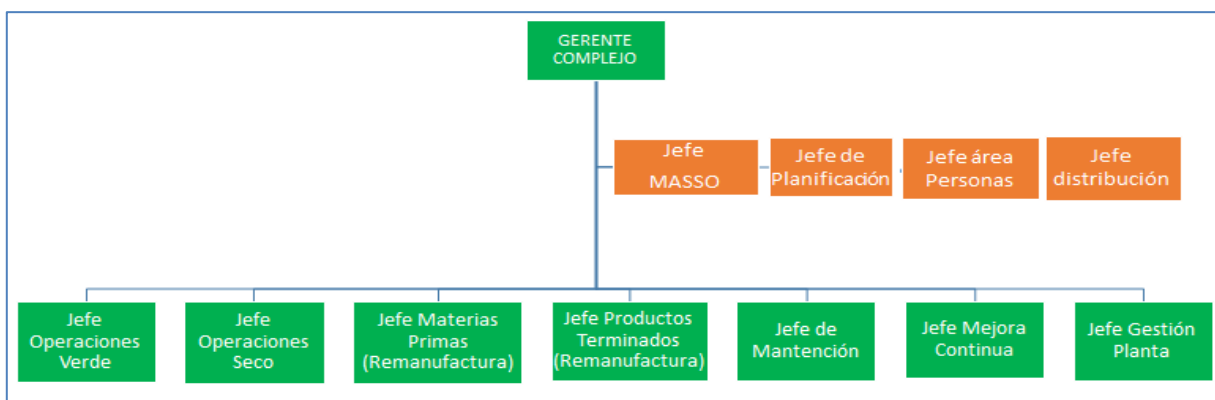


Figura 2.1 Organigrama de la Empresa

Fuente: Complejo Horcones I.

## **2.3 Misión, Visión, Valores y Compromisos.**

### **2.3.1. Misión.**

La misión de la compañía es “Maximizar el valor de nuestros bosques de manera sustentable, integrando producción forestal de excelencia con transformación industrial eficiente en productos de valor agregado para su comercialización en el mercado mundial de acuerdo a las necesidades de nuestros clientes”.

### **2.3.2. Visión**

Contribuir a mejorar la vida de las personas, desarrollando productos forestales para los desafíos de un mundo sostenible.

### **2.3.3. Valores**

La empresa cuenta con 5 valores los cuales proporcionan las directrices a seguir y los aspectos que son fundamentales para crecer.

- **Seguridad – Siempre, lo primero.**

Ponemos la seguridad de las personas como prioridad en todas nuestras decisiones. Sólo de esta forma consideramos que un trabajo está bien hecho. Nuestra meta es tener cero accidentes.

- **Compromiso – Trabajamos con pasión.**

Asumimos desafíos y trabajamos con pasión y esfuerzo para cumplirlos. En ARAUCO somos gente esforzada y honesta, que cumple su palabra.

- **Excelencia e innovación – Queremos ser mejores.**

Somos líderes en lo que emprendemos, porque desafiamos nuestras capacidades. Debemos ser exigentes con nuestras metas, eficientes e innovadores en la forma de conseguirlas.

- **Trabajo en equipo – Junto somos más.**

Respetamos a las personas, valoramos el aporte de cada uno y sabemos que al trabajar en equipo avanzamos más rápido y llegamos más alto. Reconocemos nuestras limitaciones y pedimos ayuda.

- **Buen ciudadano – Respetamos el entorno y creamos valor.**

Actuamos con una mirada de largo plazo. Nuestro trabajo aporta al bienestar social, respeta a nuestros vecinos y al medio ambiente.

## 2.4 Procesos Productivos

El ciclo productivo comienza en el área de descortezado, en la cual se reciben rollizos provenientes de bosques de Forestal Arauco S.A., para posteriormente derivar a aserradero en donde se inicia la generación de maderas para los distintos procesos involucrados en la generación del mix de productos que son producidos en el Complejo Horcones I.

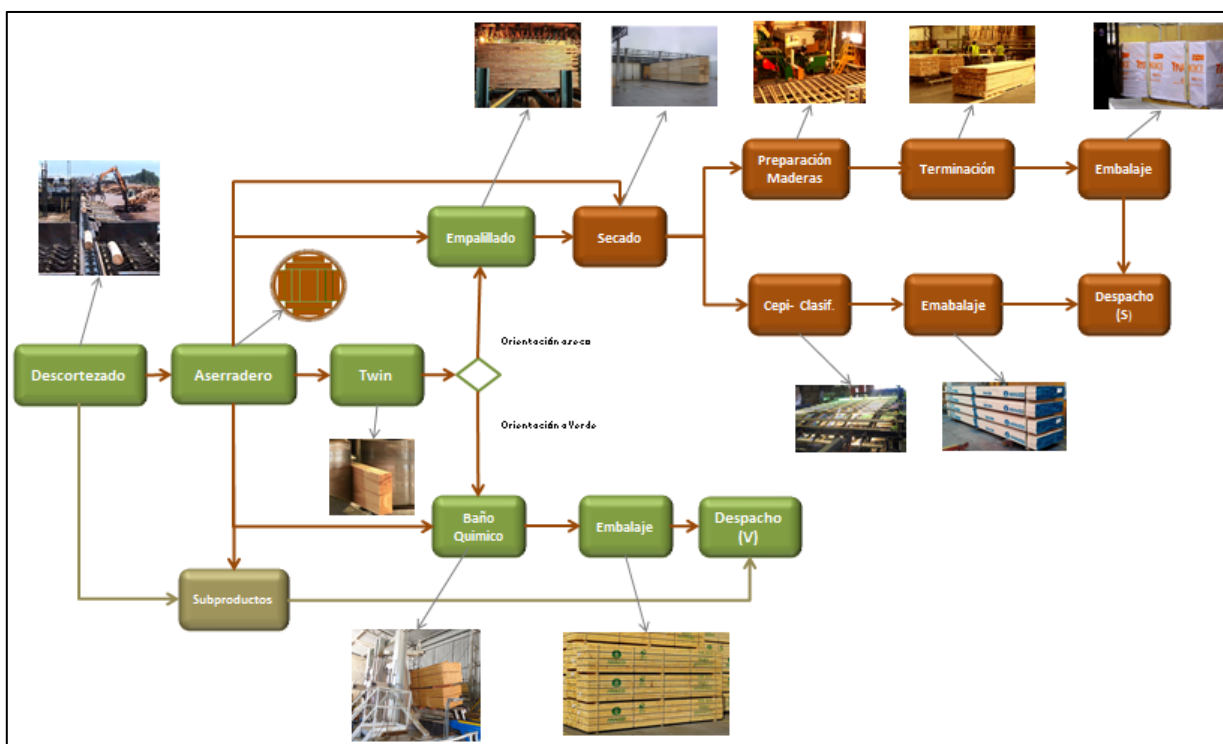


Figura 2.2 Diagrama de Flujo Horcones I

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.4.1 Descortezado

Esta área representa el inicio de los procesos productivo. A este proceso llegan rollizos con corteza provenientes de Forestal Arauco S.A. y tiene la finalidad de descortezar y optimizar los trozos, trozarlos y clasificarlos según su diámetro, forma y porcentaje de manto clear (para el caso de los trozos podados). La operación se divide en tres líneas de descortezado y una línea de astillado.

Las tres líneas de operación son:

Línea gruesa: Procesa rollizos podados los cuales son optimizados a través de un scanner de rayos X, posteriormente son trozados y clasificados por diámetro y manto clear (madera libre de nudos) para destinar al consumo de aserradero o a la fabricación de paneles.

Log 1: Orientado principalmente a procesar rollizos regulares destinados al consumo de aserradero. Los rollizos son clasificados por diámetro y forma.

Log 2: Orientado a procesar rollizos podados de mayor diámetro los cuales son descortezos y agrupados por rango de diámetro.

La materia prima destinada a aserradero se divide en dos categorías:

- Rollizos Regulares: Diámetro desde 22 cm a 38 cm
- Rollizos Podados: Diámetro desde 22 cm a 40 cm

El diámetro medio es de 28 cm y el largo de rollizos es de 4,9 m (16')

## 2.4.2 Aserradero

El proceso está orientado a procesar los rollizos para obtener piezas de madera en función de los esquemas de corte definidos para los distintos diámetros y calidades de trozos. La producción a obtener está establecida por el plan de producción el cual busca maximizar el grado de las maderas a generar en función de la demanda existente. El aserradero posee una tecnología que le permite optimizar el uso de los rollizos, maximizando rendimiento y maximizando la clasificación de aquellas maderas de mayor calidad y valor.

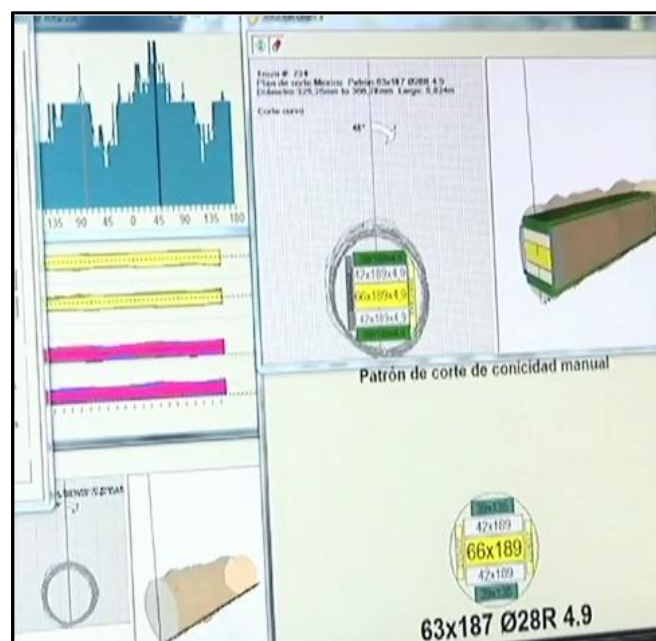


Figura 2.3 Esquema de Corte para rollizos

Fuente: Complejo Horcones I.

### 2.4.3 Baño Químico

Las maderas producidas en aserradero que tiene como destino la venta en estado verde son trasladadas al baño químico, la función es evitar el ataque y desarrollo de microorganismos biológicos, los cuáles en determinadas condiciones ambientales, producen una pérdida de características físico mecánicas lo cual impacta de forma negativa en su valor económico.

La aplicación consiste en sumergir los paquetes de madera en una tina con producto fungicida diluido en agua por alrededor de 5 min. Posteriormente los paquetes se estilan para finalmente ser retirados y derivados al sector de embalaje.



Figura 2.4 Baño químico

Fuente: Complejo Horcones I.

#### **2.4.4 Secado (área de estudio)**

En planta existen 17 cámaras de secado, las cuales alcanzan temperaturas de 100 °C. Previo al ingreso a las cámaras la madera debe ser empalillada para facilitar la circulación del flujo de aire a través de las piezas durante el proceso de secado. Para el ingreso a cámaras las maderas se agrupan de acuerdo a sus dimensiones físicas y al tipo de fibra o producto para lograr los mejores resultados durante el proceso. El tiempo de secado dependerá del tipo de producto y del espesor de la madera a secar. Tanto la energía eléctrica como el vapor utilizado para calentar las cámaras son abastecidos por celulosa Arauco.

#### **2.4.5 Cepillado Clasificado (área de estudio)**

En este proceso se les da a las maderas secas un acabado superficial y se clasifican de acuerdo a las normas de calidad establecidas para los distintos productos. También existe el proceso de clasificado de maderas rústicas las cuales también se deben clasificar de acuerdo los parámetros de calidad establecidos. El área está equipada con dos máquinas independientes, una cepilladora y una clasificadora. En ambas máquinas se controla la humedad de las maderas para eliminar aquellas piezas que se encuentren por sobre lo aceptado por el cliente y se tienen clasificadores los cuales definen el grado final de cada pieza de madera procesada.

#### **2.4.6 Preparación M.P.**

Este proceso se subdivide en dos actividades orientadas a generar la materia prima que ingresará a la producción de molduras. En una primera etapa la materia prima correspondiente a maderas laterales secas ingresa a un equipo denominado “selectiva” en el cual se procesan piezas con anchos variables a partir de las cuales se obtienen maderas de anchos fijos de acuerdo a los requerimientos necesarios para la fabricación de molduras. Posteriormente las piezas obtenidas ingresan al proceso de trozado en donde se eliminan los



nudos y defectos presentes en la madera dejando solo trozos de buena calidad denominados blocks. De esta forma se obtiene pequeñas piezas de madera de distinto largo los cuales se utilizarán en la producción de Blanks en el proceso de finger.



Figura 2.5 Madera que ingresa a selectiva y block obtenidos en trozado

Fuente: Complejo Horcones I.

#### 2.4.7 Terminación

El proceso de terminación incluye la generación de Blanks que corresponde a la unión de los blocks obtenidos en trozado, lo cual se realiza a través del proceso de finger obteniendo piezas de ancho y largo estándar y que corresponde a la materia prima utilizada en el proceso de moldura, proceso en el cual se obtiene el producto terminado a través de cepilladoras moldureras las cuales dan la forma final a la pieza de acuerdo a los requerimientos indicados por el cliente.



Figura 2.6 Ejemplos de perfiles producidos en el área de molduras

Fuente: Complejo Horcones I.

## **2.4.8 Levantamiento de procesos en estudio**

### **2.4.8.1 Proceso de secado**

El proceso de secado de madera consiste en disminuir su porcentaje de humedad sometiénola a condiciones artificiales dentro de una cámara durante un período de tiempo de acuerdo a un programa determinado según el tipo y dimensiones de la madera. El proceso contempla diferentes etapas las cuales consideran distintos niveles de temperatura y humedad ambiente (dentro del horno o cámara), los cuales son monitoreados y controlados en forma automática. Para alcanzar las condiciones de temperatura y humedad dentro de la cámara, estas se encuentran equipadas con ventiladores para la circulación forzada de aire a través de la madera, elementos de calefacción, humidificación y control. Para proporcionar el calor necesario las cámaras utilizan vapor de agua el cual circula a través de radiadores.

En la actualidad el complejo Horcones I cuenta con 17 cámaras de secado, 10 cámaras MAHILD y 7 cámaras HILDEBRAND. Ambos tipos de cámaras poseen una capacidad de que varía entre los 70 m<sup>3</sup> y 120 m<sup>3</sup> dependiendo del espesor de las maderas a secar. De acuerdo al mix de productos se tiene en promedio una capacidad de 96 m<sup>3</sup> por ciclo y una duración de los ciclos que va desde las 16 h para maderas centrales de 16 mm. de espesor a 55 h para maderas laterales de 46 mm.

Por otra parte, se debe considerar que de la producción mensual promedio que se genera en secado, el 4% se destina al área de preparación materias primas y el 96% restante se consume en el área de cepillado- Clasificado, área que debe asegurar la capacidad necesaria para procesar este volumen, caso contrario se tendría un desbalance en los procesos y un aumento en el stock de materias primas.

### 2.4.8.2 Cepillado Clasificado

El área de cepillado clasificado cuenta con dos máquinas orientadas al consumo de maderas provenientes de secado y con las cuales se le da el grado de terminación y clasificación a las maderas para su destino final.

#### 2.4.8.2.1 Cepilladora

Esta máquina tiene la función de entregar un acabado superficial a las maderas para lo cual cuenta con un cabezal superior, un cabezal inferior y dos cabezales laterales provistos de cuchillos. La máquina funciona a una velocidad de 240 ml/min y las piezas procesadas posteriormente llegan a una mesa de clasificado en cuya entrada se tiene personal para determinar el grado de cada pieza las cuales llegan a una mesa de evacuación en donde se tiene la alternativa de confeccionar los distintos paquetes tanto de forma manual como a través de un stacker o empaquetadora semiautomática.

Esta máquina actualmente funciona bajo un sistema de dos turnos con lo cual alcanza un nivel de consumo de 21.000 m<sup>3</sup>/mes.

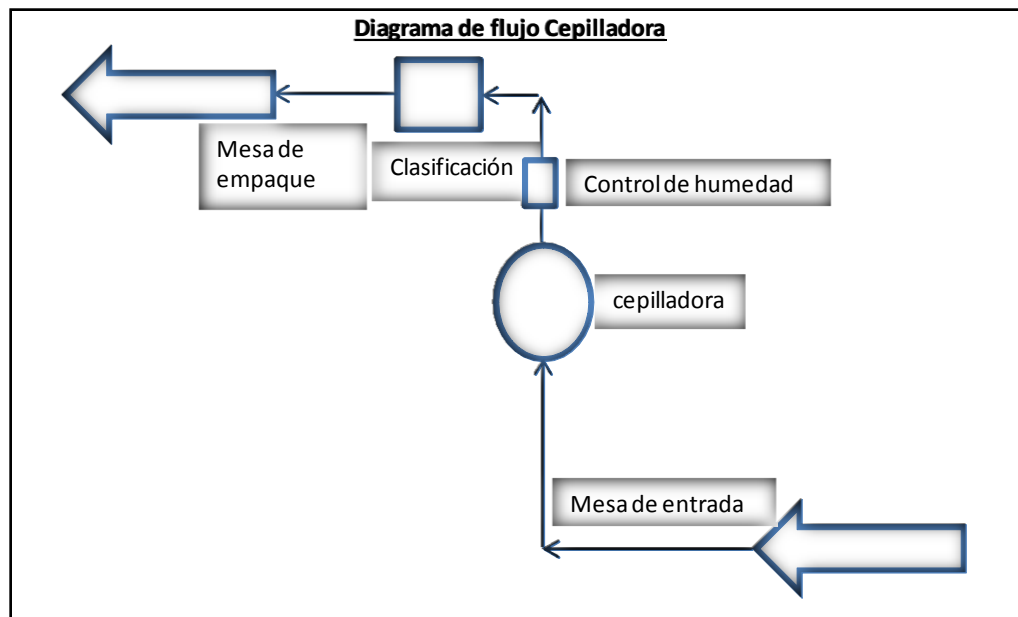


Figura 2.7 Diagrama de flujo Cepilladora

Fuente: Elaboración propia

### 2.4.8.2.2 Clasificadora

Esta máquina procesa y entrega madera con calidad superficial rustica, es decir, sin ninguna elaboración y tiene la función hacer circular las piezas de madera para que un clasificador pueda visualizarlas y determinar el grado correspondiente, es decir, en este equipo se logra segregar las maderas en función de sus atributos y clasificándolas de acuerdo a las normas de calidad correspondientes a cada producto. Una vez definido el grado todas las piezas llegan a una mesa de evacuación para posteriormente realizar el empaquetado del producto en forma manual.

Esta máquina actualmente funciona en un solo turno con lo cual alcanza un nivel de consumo de 3.000 m<sup>3</sup>/mes.

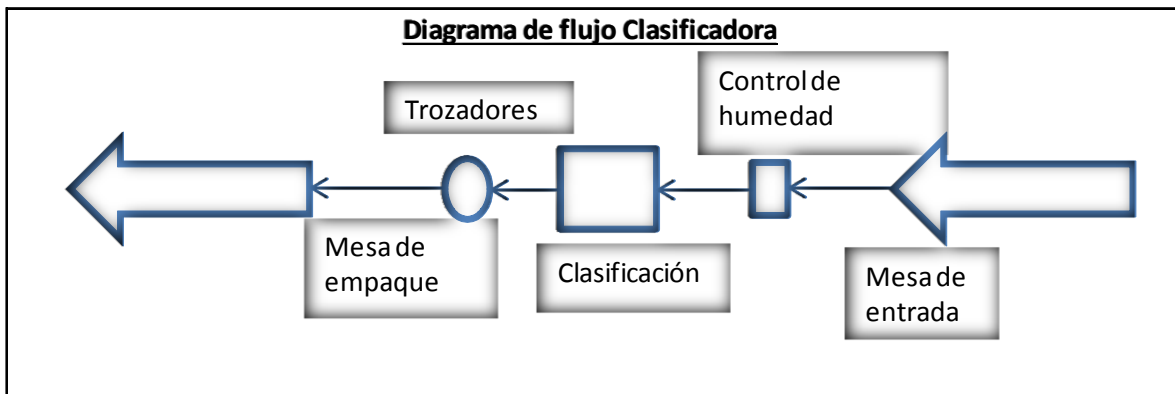


Figura 2.8 Diagrama de Flujo Clasificadora

Fuente: Elaboración propia

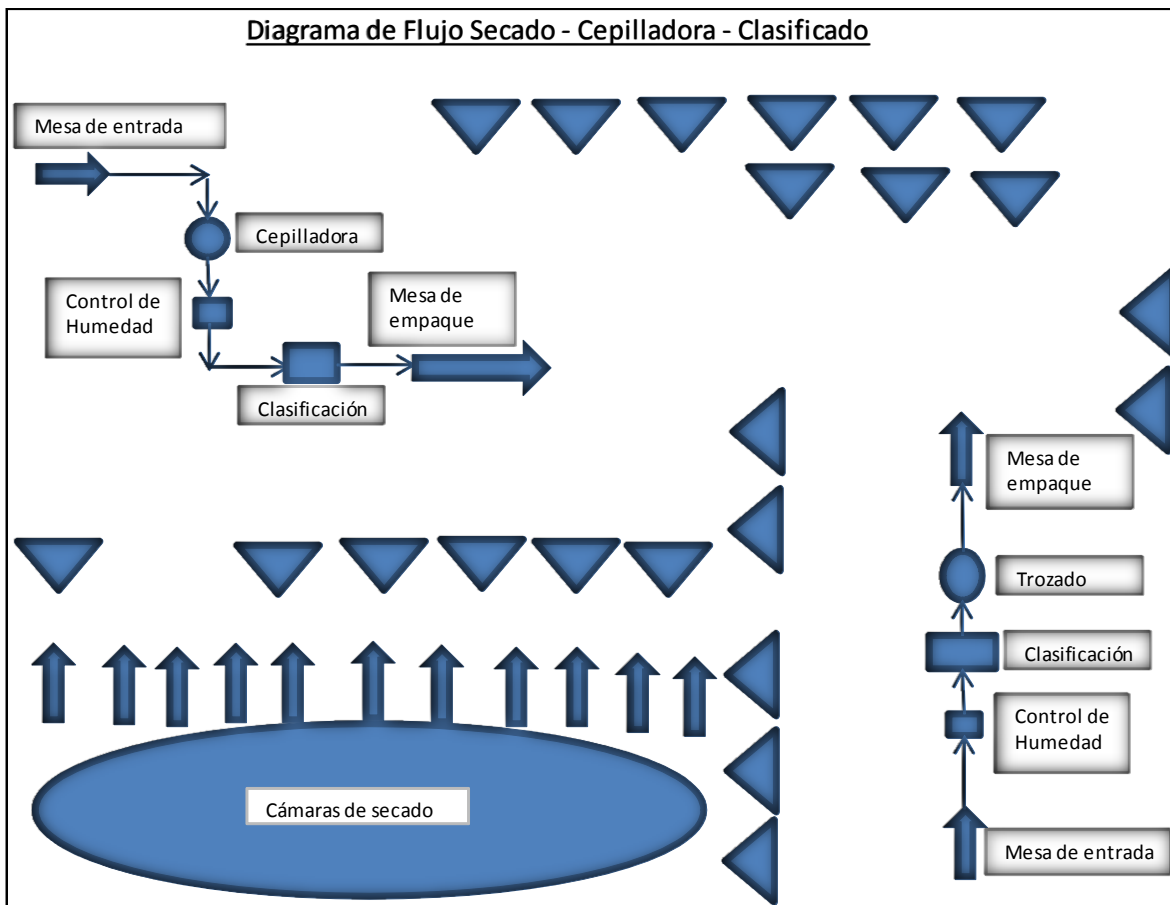


Figura 2.9 Diagrama de Flujo Secado-Cepillado-Clasificado

Fuente: Elaboración propia

## 2.5 Análisis del proceso

### 2.5.1 Análisis de Indicadores en el área de estudio

Los procesos de estudio corresponden al área de secado y área de cepillado-clasificado, para los cuales se pretende revisar alternativas que permitan aumentar los actuales niveles de producción en función de la brecha existente entre la actual producción de secado y su capacidad instalada.

A continuación se muestra la diferencia existente entre la producción real y la producción planificada del área de secado.

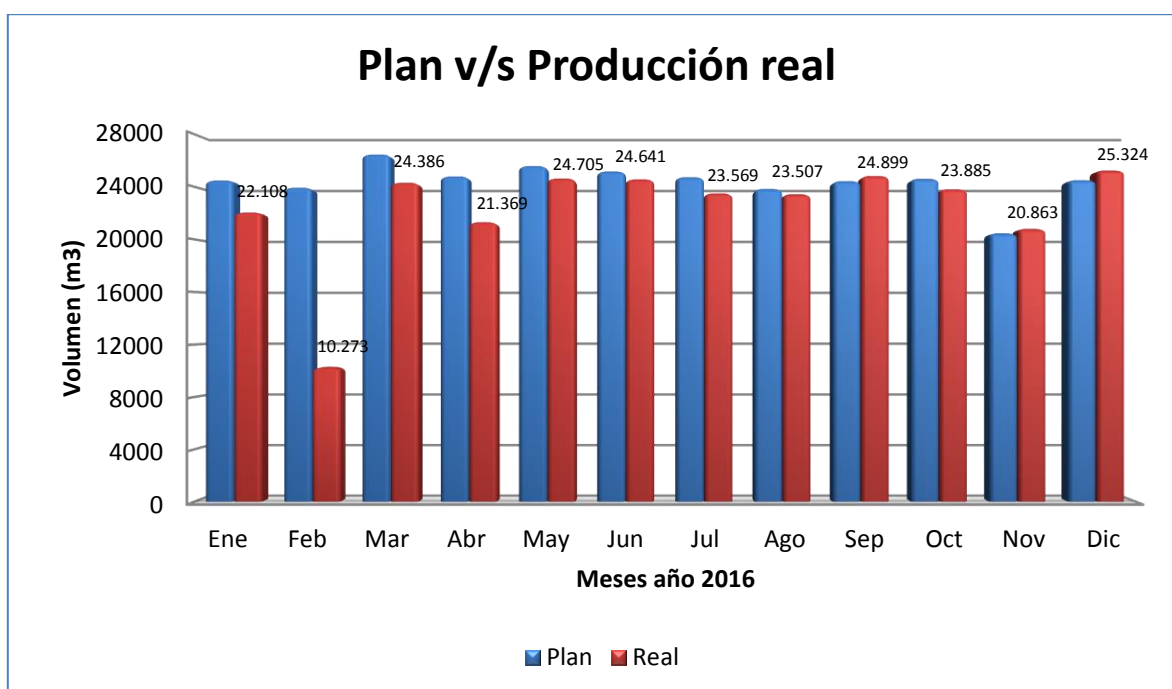


Figura 2.10 Gráfica para la producción de Secado año 2016

Fuente: Elaboración Propia.

## 2.5.2 Análisis de tiempo muerto área secado

Mediante el gráfico Pareto podemos conocer los principales tiempos muertos que afectaron el proceso de secado el año 2016, en donde se puede apreciar que el tiempo muerto “**cancha madera seca ocupada**” con un tiempo muerto de 41.156 min. es el de mayor relevancia, pudiendo ser la explicación dentro del 20% de las causas, en donde puede resolver el 80% del problema.

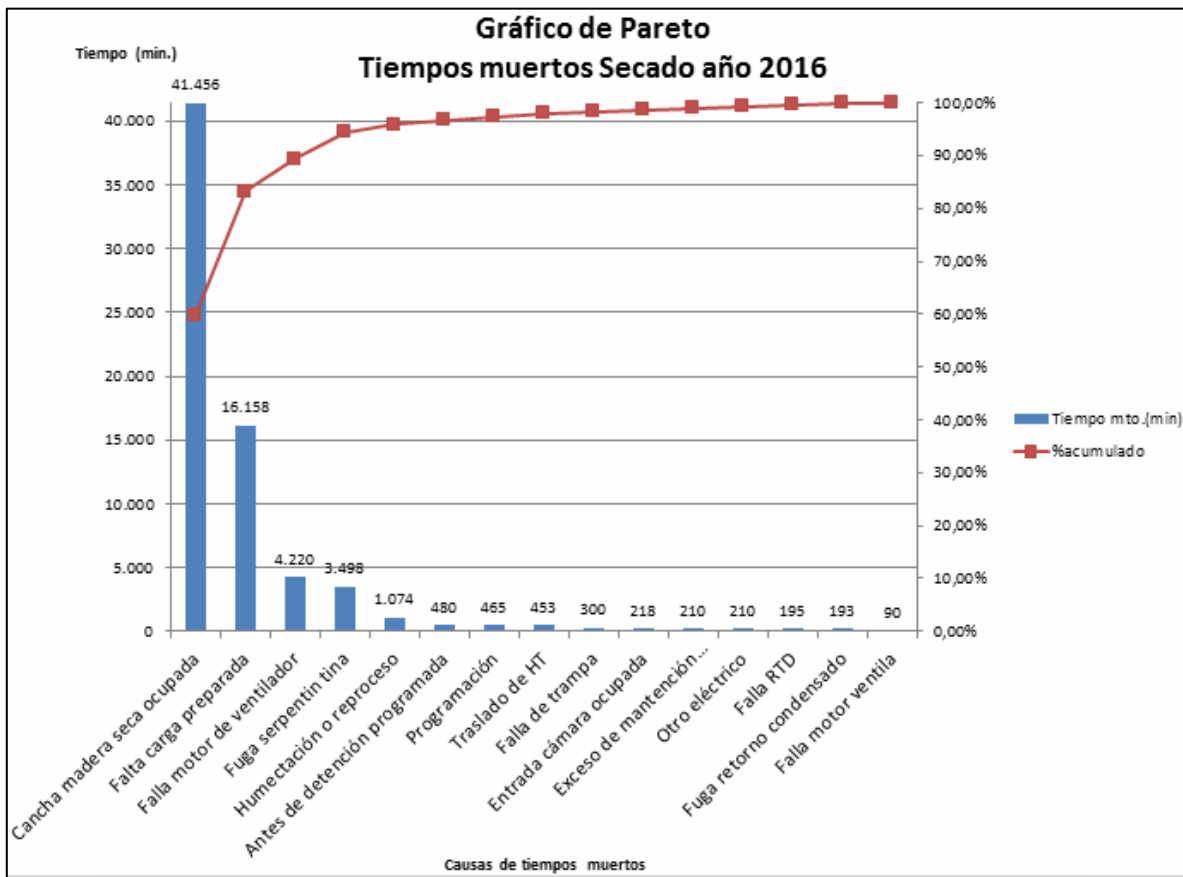


Figura 2.11 Gráfico de Pareto "Tiempo muerto de secado año 2016"

Fuente: Complejo Horcones I.

### 2.5.3 Diagrama Ishikawa

Se confecciona un diagrama Ishikawa (causa-efecto), ordenando y clasificando las posibles causas que pueden inferir en la pérdida de producción de secado.

La clasificación se realiza bajo los siguientes criterios, Materiales, Método, Mano de Obra, Máquina, Medio Ambiente, y Medición.

Mediante la confección del diagrama Ishikawa y bajo los distintos criterios trabajados emergen causas las cuales algunas se encuentran relacionadas entre sí.

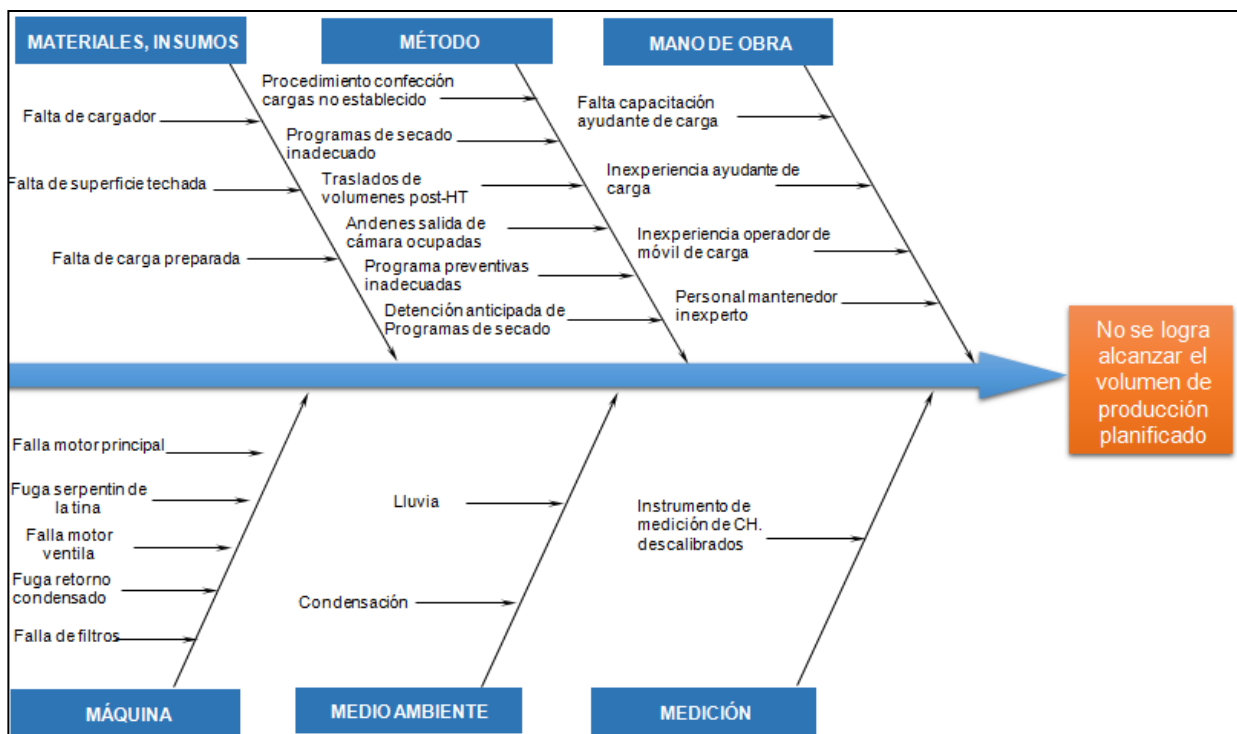


Figura 2.12 Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia





### 2.5.5 Desarrollo de 5 PORQUE y ACR.

Una vez realizado el ranking con las principales afecciones por criterio, se procede a realizar el desarrollo de los 5 PORQUE, con el objetivo de realizar un seguimiento a la problemática logrando llegar a la causa basal del problema, del cual se permite finalmente tomar acciones sobre estas, presentando propuesta de mejoras.

De las 3 causas seleccionadas, se desprende la propuesta de mejora referido a la recuperación de superficie techada, orientada para el acopio de madera seca, atacando principalmente el primer tiempo muerto reflejado en el gráfico de Pareto (gráfico 2.5.2)

En el año 2016, se observo que la pérdida de producción de secado afecto al cumplimiento del Plan de producción en 980 m <sup>3</sup> /Mes									
PQ1	PQ2	PQ3	PQ4	PQ5	Causa Raíz	Acción	I	F	IxF
Falta de superficie techada para el acopio de maderas secas	Calles de acopios productos secos están completos	Se genera un sobre stock de productos secos	1 -Bajas productividades de procesos 2 Lluvia	1 - Baja sección del mix de productos 2- Condición climática	Bajo condiciones de Mercado (mix) actuales Falta superficie techada	Propuesta de aumentar la superficie techada orientada para el acopio de madera seca	4	4	16
Andenes de salida de cámara ocupadas	Andenes utilizados como calles de acopios	Calles de acopios madera seca completas	1 -Bajas productividades de procesos 2 Lluvia	1 - Baja sección del mix de productos 2- Condición climática	Bajo condiciones de Mercado (mix) actuales Falta superficie techada	Propuesta de aumentar la superficie techada orientada para el acopio de madera seca			
Lluvia	Condición climática de la zona					Propuesta de aumentar la superficie techada orientada para el acopio de madera seca			

Figura 2.14 Desarrollo 5 POR QUE Y ACR

Fuente: Elaboración propia

### **2.5.6 Propuesta de Mejora**

A través de la causa raíz de las principales variables que afectan la productividad de secado, se concluye que la falta de superficie techada para el acopio de materias primas secas es la principal causa de detención de las cámaras de secado, por lo cual la propuesta de mejora se orienta a eliminar la línea de clasificación del lay-out actual y destinar esta superficie al acopio de maderas secas.

La superficie utilizada actualmente por la clasificadora corresponde a 1.800 m<sup>2</sup>, con lo cual se estima alcanzar una capacidad de acopio para 900 m<sup>3</sup> de madera. Para la determinación de esta propuesta se considera el hecho que el equipo denominado clasificadora se encuentra subutilizado, dado que funciona en un solo turno, sin embargo, como se debe asegurar el consumo de toda la producción de secado se debe contemplar el aumentar a tres turnos el funcionamiento de la cepilladora.

Por otra parte, teniendo en consideración que existen escuadrías procesadas en la clasificadora que no pueden ser ingresadas actualmente a la cepilladora, por ciertas restricciones que presenta esta máquina se planteada la alternativa de realizar una modificación al equipo lo cual implica fusionar parte de la actual clasificadora a la línea de la cepilladora.

## Capítulo 3: Desarrollo de la propuesta de mejora

### 3.1 Desarme línea de Clasificación

Como ya se indicó en la propuesta de mejora, la planta de secado del complejo horcones tiene altas pérdidas de producción mensual producto de la falta de espacio para almacenar madera seca, ya que se ocupan los andenes de salida de las cámaras obstruyendo la salida de las cámaras y con ello el flujo de producción normal de esta unidad.

El proyecto consiste en desmontar la línea de clasificado que ocupa aproximadamente 1.800 m<sup>2</sup> y destinar esta área al acopio de madera, la producción de la línea de clasificado se suplirá con un tercer turno de cepillado.

La idea de eliminar la línea de clasificado se respalda en la actual utilización de este equipo el cual funciona en un solo turno, en cambio la cepilladora presenta una demanda de producción que hace necesario su funcionamiento en dos turnos. La siguiente grafica muestra los niveles de producción de la línea de clasificado en los últimos 8 años.

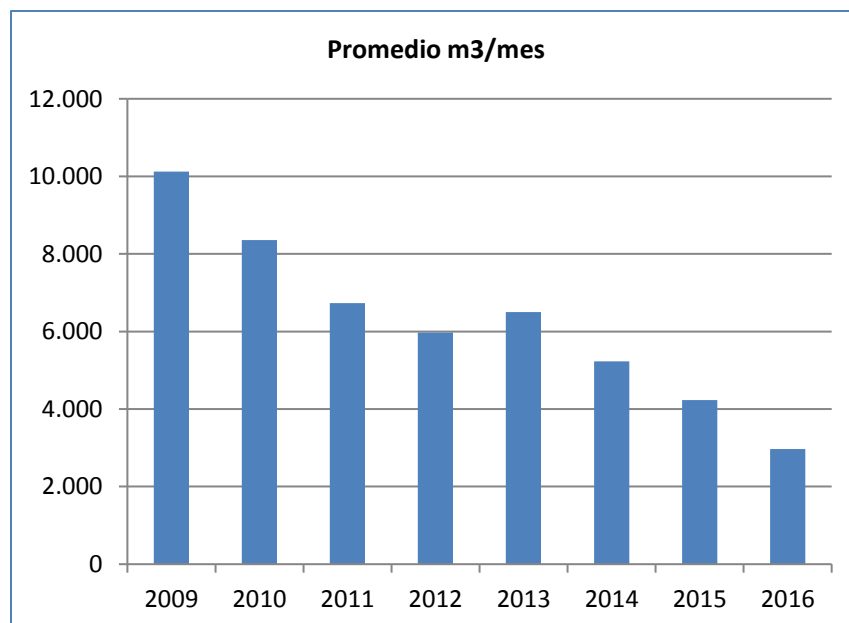


Figura 3.1 Gráfica para la producción de Clasificación

Fuente: Elaboración Propia.

Si bien la demanda de madera rustica presenta una disminución a través de los últimos años de debe asegurar la capacidad de consumo para estas materias primas, por lo tanto se plantea las necesidad de llevar a la cepilladora a funcionar a tres turnos y además se requiere una modificación de este equipo para habilitarlo para el consumo de maderas que hasta hoy son procesadas en la línea de clasificación.

### 3.2 Habilitación de la cepilladora para la clasificación de maderas rusticas.

La cepilladora del complejo Horcones I presenta restricciones técnicas que le impiden el consumo de maderas de espesores menores a 20 mm. por lo cual en su actual condición no es posible procesar la totalidad de las maderas que consume la línea de clasificado. Dicha restricción está asociada al sistema de alimentación y entrada del equipo.

Para suplir esta problemática, la propuesta de mejora considera modificar la cepilladora eliminando así cualquier restricción de consumo.

La modificación contemplada consiste en implementar una segunda mesa de entrada con lo cual se pretende evitar el paso de las maderas rusticas por la cepilladora propiamente tal ingresando las maderas directamente a la mesa de clasificado.

Para lo anterior se considera la utilización de partes obtenidas del desarme de la línea de clasificación.



Figura 3.2 Imágenes de equipos a reutilizar

Fuente: Elaboración Propia.

Concretado lo anterior se pretende contar con un solo equipo que ofrezca versatilidad para el consumo de maderas tanto con destino cepillado como clasificación de madera rustica.

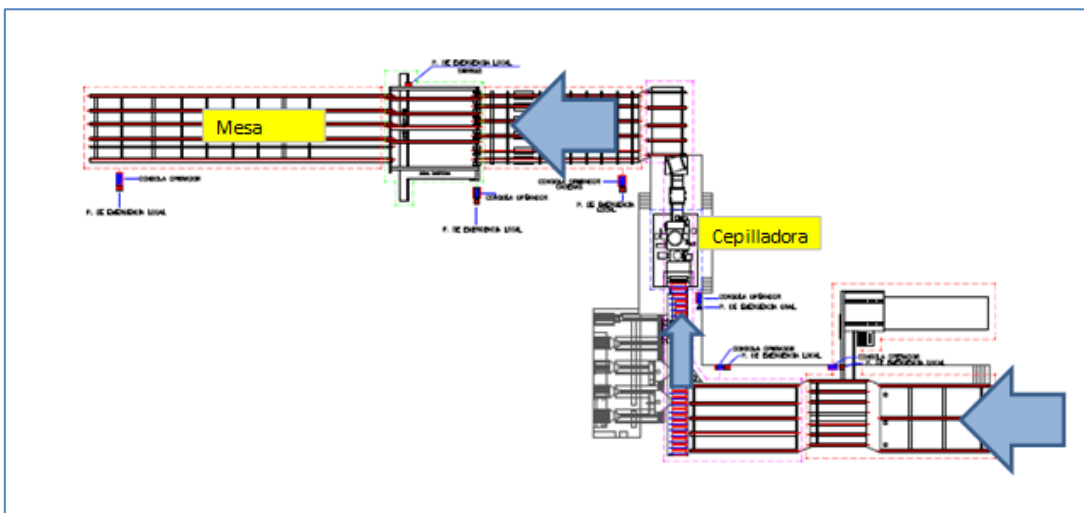


Figura 3.4 Actual equipo de cepillado

Fuente: Elaboración Propia.

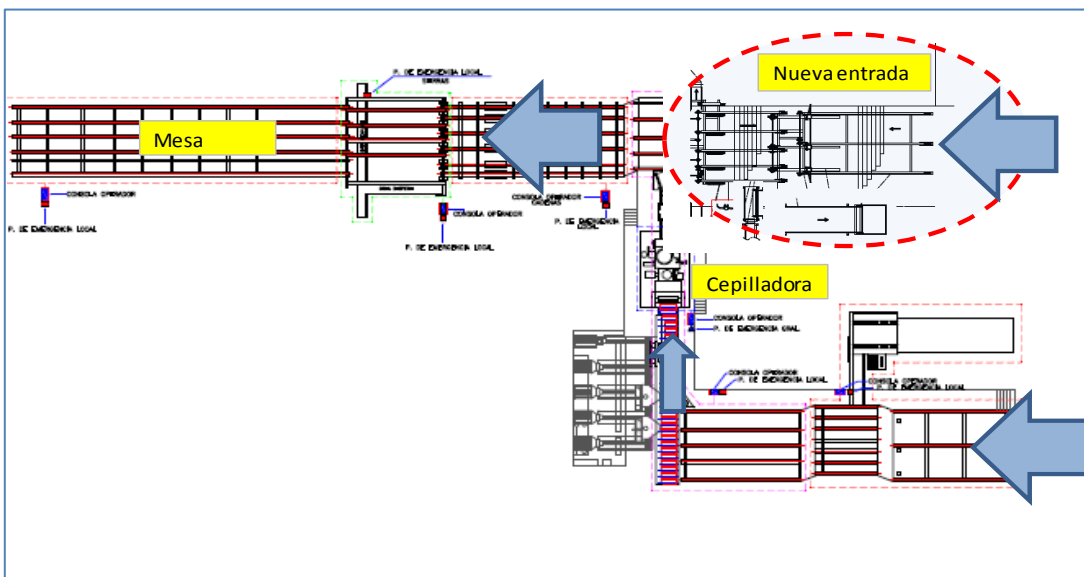


Figura 3.5 Equipo Modificado

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.3 Nuevo Lay out.

Con la modificación propuesta se plantea la reutilización del espacio utilizado por la línea de clasificación a zona de acopio para materias primas con lo cual se pretende eliminar el tiempo muerto de secado por concepto de “cancha madera seca ocupada”

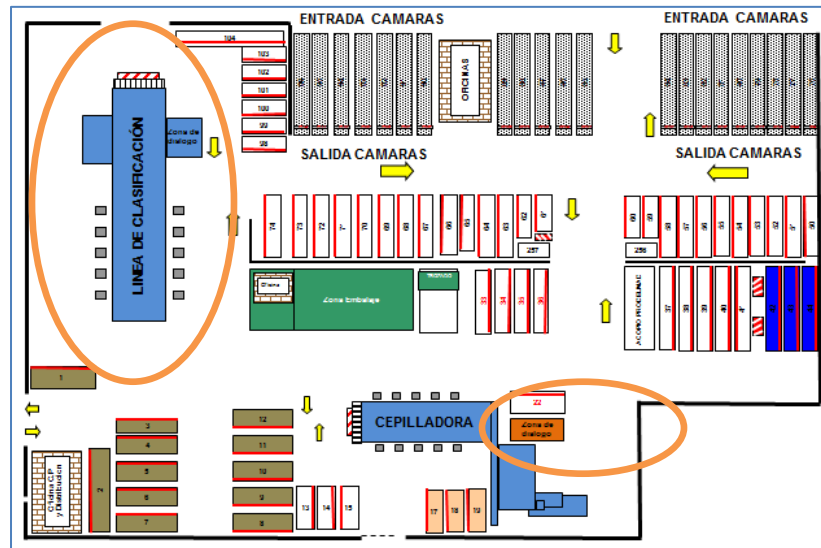


Figura 3.6 Lay out Actual

Fuente: Elaboración Propia.

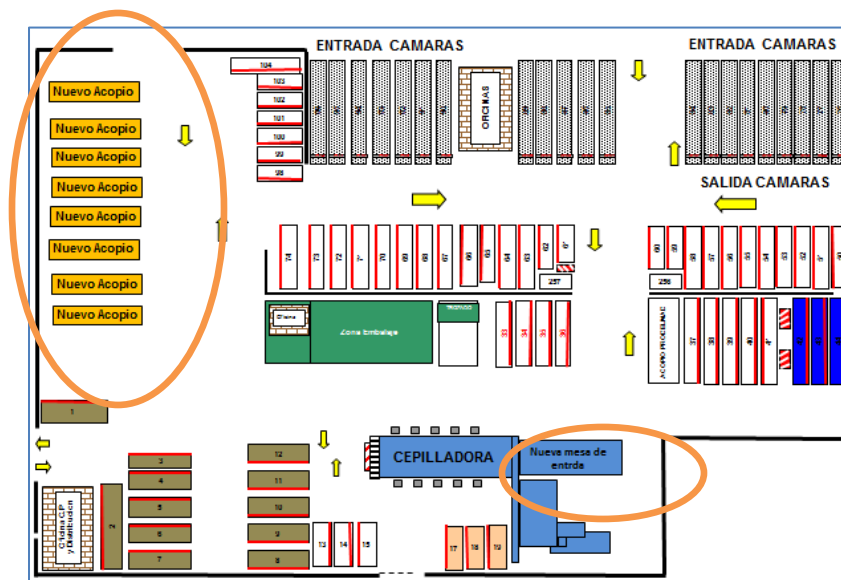


Figura 20 3.7 Lay out Equipo Modificado

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.4 Costo de implementación.

La inversión del proyecto se detalla según la información entregada por proveedor de servicio:

- Desmontaje Línea de clasificación y montaje línea cepillado: \$19.376.000
- Desmontaje eléctrico Línea de clasificación: \$ 4.358.000
- Montaje eléctrico nuevo Línea de cepillado: \$14.471.000

Inversión total: \$38.205.000

### 3.5 Resultado esperado.

Con la mejora propuesta se espera eliminar la pérdida de producción asociada al tiempo muerto “cancha de madera seca ocupada”, por lo tanto se espera un aumento de producción de madera seca equivalente a la pérdida obtenida por este ítem durante el año 2016, es decir, se espera un aumento de producción de 982.9 m<sup>3</sup> mensuales

Tabla 3.5 Antecedentes de producción área secado año 2016

Tiempo promedio ciclo actual	39,5	h
Horas Año 2016	8.520	h
N° de cámaras	17	u.
T.M. cancha de madera seca ocupada	41.456	min/año
Pérdida por T.M. Cancha de madera seca ocupada	11.795	m <sup>3</sup> /año
Pérdida mensual	982,9	m <sup>3</sup> /mes



## Capítulo 4: Evaluación de la propuesta de mejora

### 4.1 Situación Actual

Se debe considerar que en la actualidad para el volumen que no es posible secar en el complejo se tiene como alternativa el servicio de secado externo y se contempla el retorno a planta de este volumen, con el objeto de continuar con los procesos productivos posteriores.

Tabla 4.1 Costos asociados al secado externo

<b>Costo secado Externo</b>		
Costo servicio secado	40	US\$/m <sup>3</sup>
Costo de traslado (con retorno)	7,83	US\$/m <sup>3</sup>
<b>Total costo</b>	<b>47,83</b>	<b>US\$/m<sup>3</sup></b>

### 4.2 Aumento de producción

Al eliminar el tiempo muerto por concepto “cancha de madera seca ocupada”, se tendrá un incremento en la producción de secado. Dicho incremento deriva en un ingreso por concepto de aporte alternativo.

Tabla 4.2 Ingresos por aumento de producción

<b>Ingreso por aumento de producción</b>		
Producción promedio actual secado	23.569	m <sup>3</sup> /mes
Incremento de producción	4,2	%
Aumento de producción	982,9	m <sup>3</sup> /mes
Costo secado Horcones I	20,46	US\$/m <sup>3</sup>
Costo secado externo	47,83	US\$/m <sup>3</sup>
Ingreso alternativo	26.901,8	US\$/mes
<b>Ingreso alternativo</b>	<b>322.821,8</b>	<b>US\$/año</b>

### 4.3 Nuevos egresos

Debemos notar que al aumentar la producción de secado se tendrá un incremento en los egresos por concepto de energía eléctrica y energía térmica. Para determinar este valor se utilizarán los costos obtenidos durante el primer trimestre de este año 2017.

Tabla 4 4.3 Egresos por aumento de producción

<b>Egresos por concepto de energía</b>		
Costo Actual Energía eléctrica	4,1	US\$/m <sup>3</sup>
Costo actual vapor	7,2	US\$/m <sup>3</sup>
Aumento de producción	11.794,8	m <sup>3</sup> /año
<b>Total egresos</b>	<b>133.984,7</b>	<b>US\$/mes</b>

### 4.4 Parámetros de evaluación Complejo Horcones I

A continuación se indican los parámetros utilizados para evaluar cualquier proyecto al interior de las instalaciones del Complejo Horcones I, considerando aportes propios.

Tabla 4.4 Parámetros de evaluación

<b>Parámetros</b>		
Período de evaluación del Proyecto	3	años
Tasa de descuento (anual)	9	%
Tasa impositiva	17	%
Valor residual	0	
<b>Tasa de cambio</b>	<b>663,86</b>	<b>\$/USD 04-07-2017</b>

#### 4.5 Inversión del proyecto

El valor de la inversión del proyecto considera un proyecto 100% vendido

Tabla 4.5 Inversión del proyecto

Item	Costo (\$)	Costo (US\$)
Desmontaje eléctrico	4.358.000	6.564,6
Montaje eléctrico nueva línea de ingreso	14.471.000	21.798,3
Desmontaje y montaje de estructuras	19.376.000	29.186,9
<b>Totales</b>	<b>38.205.000</b>	<b>57.549,8</b>

#### 4.6 Flujo de caja

El flujo de caja se desarrolla en un período de 5 años. No se considera depreciación dado que la inversión corresponde básicamente al desarme e instalación de partes existentes. Por lo anterior tampoco se contempla valor residual.

Tabla 4.6 Flujo de Caja del proyecto

Item		0	1	2	3
Ingresos	USD		322.822	322.822	322.822
Egresos EE y vapor	USD		- 133.985	- 133.985	- 133.985
	-				
<b>MARGEN</b>			<b>188.837</b>	<b>188.837</b>	<b>188.837</b>
Depreciación Máq.	-				
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO</b>			<b>188.837</b>	<b>188.837</b>	<b>188.837</b>
Impuesto 17%	USD		- 32.102	- 32.102	- 32.102
<b>UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTO</b>			<b>156.735</b>	<b>156.735</b>	<b>156.735</b>
<b>FLUJO CAJA OPERACIONAL</b>			<b>156.735</b>	<b>156.735</b>	<b>156.735</b>
Inversión	USD	- 57.550			
Valor residual					
<b>FLUJO CAJA</b>		<b>- 57.550</b>	<b>156.735</b>	<b>156.735</b>	<b>156.735</b>

#### 4.7 Indicadores de rentabilidad

Los indicadores obtenidos demuestran que el proyecto es rentable con un VAN de 339.192 (US\$) y con un período de recuperación de la inversión de 5 meses

Tabla 4.7 Indicadores de rentabilidad

<b>Indicadores de Rentabilidad</b>		
VAN	339.192	US\$
TIR	267	%
PRC (PAY BACK)	0,4	Años
<b>PRC (PAY BACK)</b>	<b>4,4</b>	<b>Meses</b>

## Conclusiones

Este proyecto tiene por propósito entregar una propuesta de mejora para lograr un aumento en el nivel de producción del proceso de secado de maderas en el Complejo Horcones I.

Analizando los actuales niveles de producción en el área de productos secos, los cuales son comparados con los valores potenciales definidos por la empresa, se demuestra una brecha que justifica la existencia de una oportunidad de mejora.

Los indicadores operativos muestran el impacto que tiene en la producción de secado las detenciones por concepto **“cancha madera seca ocupada”**. Dada su alta relevancia se profundiza en las causas que originan dicha condición y se determina la causa raíz con lo cual se concluye que la falta de superficie techada para el acopio de materias primas secas es la principal causa de detención de las cámaras de secado.

Identificada la problemática y considerando que esta genera una pérdida de 4.2% en la producción de secado, se desarrolla una propuesta de mejora que apunta a implementar una modificación en el Lay out actual, que consiste en la “eliminación de la clasificadora”, lo cual permite obtener una superficie de 1.800 m<sup>2</sup> con una capacidad de almacenaje de 900 m<sup>3</sup>, eliminando así las detenciones por concepto “cancha de madera seca ocupada” y se proyecta conseguir un aumento en la producción de secado.

Por otra parte la propuesta sugerida deberá considerar una modificación en el equipo que permanecerá en funcionamiento en el área de procesos secos “cepilladora”, con lo cual se busca asegurar el consumo y procesamiento del total de maderas generadas por los secadores.

La evaluación económica de esta propuesta de mejora demuestra que es factible la implementación de este proyecto.

## **Bibliografía**

- Nassir Sapag Chain, “**Proyectos de inversión Formulación y evaluación**”, 2ª edición
- Pearson Educación, Chile, 2011
- Mejoramiento de los Procesos de la Empresa, Autor H. James Harriton, Editorial Mc Graw Hill.

## **Linkografía**

- <http://www.wikipedia.org>
- <http://www.bcentral.cl/index.asp>