

2019

# EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DE LA PUESTA EN MARCHA DE ASERRADERO DE BOMBA HORIZONTAL EN EMPRESA CENTRAL MADERERA CHILE

MACHUCA AYABIRE, PABLO IGNACIO

---

<https://hdl.handle.net/11673/48976>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE CONCEPCIÓN-REYBALDUINO DE BÉLGICA**

**EVALUACIÓN TECNICA ECONOMICA DE LA PUESTA EN MARCHA DE**  
**ASERRADERO BANDA HORIZONTAL EN EMPRESA CENTRAL MADERERA**  
**CHILE.**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
profesional de Ingeniero (E) Mecánica de Procesos  
y Mantenimiento Industrial

Alumno: Pablo Ignacio Machuca Ayabire

Profesor guía: José López Silva

Profesor correferente: Cristian Zambrano Arango

## AGRADECIMIENTOS.

El siguiente trabajo de título va dedicado a las personas más importantes en mi formación académica y en mi vida, las cuales nunca dudaron de mis capacidades y del sueño de convertirme en un profesional.

**A mi madre:** Le agradezco por su tiempo, dedicación y por, sobre todo, el amor de madre que nos entregó a mí y a mis hermanos, buscando constantemente nuestro bienestar. Además, de enseñarnos a valorar lo que tenemos y ver lo capaces que somos nosotros, sus hijos, de lograr lo que nos proponemos, es por esto que me faltaran palabras de agradecimiento hacia ella, mi querida madre, pero sé que para ti bastara con un sencillo y a la vez significativo “te amo mama”.

**A mi padre:** Le agradezco por la entrega, por el tiempo que tuvo que sacrificar para poder entregarme las mejores herramientas y así obtener de esta manera un crecimiento personal y profesional. Siempre admirare su capacidad para lograr estampar en nosotros sus enseñanzas, las cuales son imposibles de encontrar en alguna universidad o escuela. Te amo papá y siempre estaré en deuda por todo lo entregado, gracias.

**A mi hermano:** Le agradezco su amistad, su compañerismo y su complicidad. Gracias por acompañarme en todos los momentos difíciles de mi estadía en la universidad, gracias por los consejos y por la ayuda educativa que me brindaste sin pedir nada a cambio, gracias por ser más que un hermano, un amigo en el cual puedo confiar sin dudar.

**A mi hermana:** Le agradezco por ser una de mis motivaciones fundamentales para lograr el desarrollo de este trabajo, ya que al ser la menor de la familia me das la responsabilidad de demostrarte que se puede lograr meta que uno se proponga, solo dependerá de la dedicación, del cariño y la entrega que pongas en lo realizado, te amo y espero ser un ejemplo para ti pequeña.

**A mi Cristina:** A ti amor te agradezco por tu apoyo cuando estaba en mis momentos mas difíciles, gracias por ser mi sostén cuando decaía, gracias por cada palabra de apoyo, por cada muestra de cariño, gracias por mantener siempre mi moral en alto y nunca dejarme caer. De todo corazón espero poder estar a la altura y poder realizar juntos todos los sueños que tenemos, te amo.

## RESUMEN.

Uno de los sectores económicos influyentes en la economía chilena es el sector forestal. Reducir las pérdidas, mejorar la calidad de los productos y optimizar el proceso de manufacturado incorporando nuevas tecnologías son labores que se deben realizar continuamente en este sector productivo.

En Chile la actividad forestal constituye el 3.1% del producto interno bruto (PIB) lo que la posiciona como la segunda actividad económica más importante en el país luego de la minería. Sin embargo, cerca del 46% del total de producción lo realizan pequeños y medianos aserraderos.

El siguiente trabajo de título busca crear una evaluación técnica económica dirigida a la incorporación de un aserradero de banda horizontal, para la planta central maderera Chile, con el fin de aumentar la producción y disminuir la cantidad de residuos propios de la actividad aprovechando de manera más eficiente los recursos naturales.

Junto con ello se trabajó en el levantamiento de información de la planta ya que no se contaba con ningún tipo de registro de los activos presentes, ni del proceso de producción. Se realizaron estudios de criticidad para determinar los activos críticos dentro del proceso productivo para luego implementar planes de mantenimiento preventivo para los activos basados en la técnica AMEF, la cual asegura una buena confiabilidad de los equipos presentes en la planta. De igual manera se elaboró una tabla con las frecuencias de mantenimiento para cada equipo sometido a inspección.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN. ....	1
OBJETIVOS. ....	3
Objetivo general. ....	3
Objetivos específicos. ....	3
1. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. ....	5
1.1 Requerimiento principal. ....	7
1.2 Descripción de la planta. ....	8
1.3 Situación actual. ....	8
1.4 Descripción aserradero de banda horizontal. ....	9
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO. ....	13
2.1.1 ¿Qué es una maquina industrial?.....	15
2.1.2 ¿Qué es un aserradero portátil? .....	15
2.1.3 Aserradero de banda horizontal.....	15
2.1.4 Criticidad.....	16
2.1.6 Elementos para determinar la criticidad.....	17
2.1.7 Montaje de máquinas y equipos industriales.....	21
2.1.8 Mantenimiento de equipos industriales.....	22
2.1.9 Objetivos del mantenimiento. ....	23
2.1.10 Finalidad del mantenimiento.....	24
2.1.11 Tipos de mantenimiento. ....	24
2.1.12 Cantidad de mantenimiento.....	25
2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA confiabilidad (RCM). ....	26
2.2.1 Concepto del RCM.....	26
2.2.2 Características generales del RCM: .....	26
2.2.3 Metodología del RCM.....	27
2.2.4 Jerarquización de sistemas/Justificación de la aplicación del RCM .....	27
2.2.5 Diagrama de flujo del RCM. ....	28
2.3 ANALISIS AMEF.....	29

2.3.1	Objetivo análisis AMEF.....	29
2.4	ANALISIS FUNCIONAL.....	30
2.4.1	Funciones primarias: .....	30
2.4.2	Funciones secundarias:.....	30
2.5	FALLOS FUNCIONALES .....	31
2.6	MODOS DE FALLOS. ....	31
2.7	EFFECTOS DE MODOS DE FALLOS.....	32
2.8	ESTUDIO ECONOCMICO-FINANCIERO.....	34
2.8.3	Razón Beneficio / Costo (B/C).....	34
3.	CAPITULO III: DISEÑO Y SOLUCIÓN. ....	37
3.1	SITUACIÓN ACTUAL. ....	39
3.1.2	Diagrama de flujo.....	39
3.2	ELABORACIÓN PLANO DE PLANTA. ....	41
3.3	DESCRIPCION DE LOS ACTIVOS:.....	43
3.3.1	Motores estacionarios A y B. ....	43
3.3.2	Generadores trifásicos A-B. ....	45
3.3.3	Sierra de banda vertical:.....	46
3.3.4	Sierra circular de carro. ....	47
3.3.5	Sierra de banda horizontal.....	48
3.4	ANALISIS DE CRITICIDAD. ....	49
3.4.1	Estimación de frecuencia de la falla.....	50
3.4.2	Estimación de impacto de la falla. ....	51
3.4.3	Calculo nivel de criticidad.....	55
3.5	IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA confiabilidad (RCM) A PARTIR DE UN ANALISIS AMEF.....	57
3.5.1	Cuestionario para operadores de planta. ....	57
3.5.2	Respuesta al cuestionario aplicado.....	58
3.5.3	Conclusión.....	59
3.6	ANALISIS BASANDOSE EN LA TECNICA AMEF.....	60
3.7	PLAN DE MANTENIMIENTO ATACANDO LOS MODOS DE FALLOS. 64	
3.7.1	Para motor estacionario A y B. ....	64

3.7.2	Para generadores trifásicos A y B. ....	65
3.7.3	Para aserradero de banda horizontal.....	65
3.8	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO.....	67
3.8.1	Frecuencia de mantenimiento para motor OM-314. ....	67
3.8.2	Frecuencia de mantenimiento para generador A y B. ....	68
3.8.3	Frecuencia de mantenimiento para aserradero de banda horizontal. ....	69
3.9	EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.....	69
3.9.1	Reparación y puesta en marcha. ....	71
3.9.2	Elaboración carta Gantt. ....	72
3.9.3	Condiciones para un trabajo seguro. ....	73
3.10	EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO.....	74
3.10.1	Inversión del proyecto. ....	74
3.10.2	Beneficios.....	75
3.10.3	Razón Beneficio/Costo (B/C).....	76
4.	CAPITULO IV: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.....	78
4.3	Bibliografía.....	83
4.4	ANEXOS.....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1-1: Aserradero de banda horizontal.....	9
Figura 1-2: Motor eléctrico 10 HP .....	10
Figura 1-3: Riel ajuste de altura de corte.....	10
Figura 1-4: Riel de avance cabezal.....	11
Figura 1-5: Vista frontal de aserradero de banda horizontal.....	11
Figura 2-6: "Análisis de las 7 preguntas" .....	27
Figura 2-7: Paso a paso para realizar análisis AMEF.....	28
Figura 3-8: Diagrama de flujo planta central maderera chile.....	40
Figura 3-9: Layout sectores de plata central maderera chile.....	42
Figura 3-10: Motor estacionario mercedes-benz OM314 .....	43
Figura 3-11: Motor mercedes-benz OM314.....	43
Figura 3-12: Generador trifásico B.....	45
Figura 3-13: Placa de valores nominales generador B .....	45
Figura 3-14: Aserradero de banda vertical. ....	46
Figura 3-15: Aserradero de sierra de carro.....	47
Figura 3-16: Aserradero de banda horizontal .....	48
Figura 3-17: Elementos principales de un aserradero de banda horizontal.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1-1: Listado de equipos existentes en la planta. ....	8
Tabla 1-2: Valores nominales motor eléctrico puesto en aserradero de banda horizontal. ....	9
Tabla 2-3: Matriz de frecuencia de falla y consecuencia de falla .....	17
Tabla 2-4: Matriz de frecuencia de falla.....	17
Tabla 2-5: Matriz consecuencias de falla. ....	18
Tabla 2-6: Matriz nivel de criticidad. ....	18
Tabla 3-7: Equipos en servicio dentro de la planta .....	41
Tabla 3-8: Valores nominales motor eléctrico instalado en aserradero.....	49
Tabla 3-9: Valores de frecuencia de falla según matriz .....	50
Tabla 3-10: Valores de consecuencias o impacto de la falla.....	55
Tabla 3-11: Valores de criticidad para equipos de alta demanda. ....	56
Tabla 3-12 Matriz selección nivel de criticidad. ....	56
Tabla 3-13: Análisis AMEF para motores OM-314.....	61
Tabla 3-14: Análisis AMEF para generadores A y B.....	62
Tabla 3-15: Análisis AMEF para aserradero de banda horizontal. ....	63
Tabla 3-16: Frecuencia de mantenimiento para motores OM-314.....	67
Tabla 3-17: Frecuencia de mantenimiento para Generadores A y B.....	68
Tabla 3-18: Frecuencia de mantenimiento para aserradero de banda horizontal. ....	69
Tabla 3-19: Carta Gantt de la puesta en marcha de aserradero de banda horizontal.....	72
Tabla 3-20: Inversión para puesta en marcha del proyecto. ....	74

## **SIGLA Y SIMBOLOGIA.**

r.p.m.: Revoluciones Por Minuto

S.A:E: American Iron and Steel Institute

#: Porcentaje

mm: milímetros

$m^3$ : Metro cubico

Ø : Diámetro

": Pulgadas

Kw: kilo watts

L: litros

Kg: kilogramos

USD: United States Dollars

CLP: Peso chile

## **INTRODUCCIÓN.**

En la actualidad los aserraderos catalogados como pequeños, son aquellos que cuentan con instalaciones de bajo nivel tecnológico, con elevado número de personal, bajo aprovechamiento de los recursos y una inexistente planificación en la producción y en el mantenimiento (desconocimiento) de los equipos industriales utilizados, además carecen de protocolos de seguridad en caso de accidentes o fallas inesperadas.

Las nuevas tecnologías que han sido implementadas en el sector forestal incrementan la rentabilidad mediante un aumento en el rendimiento, optimizando la producción y disminuyendo los costos de operación.

En las nuevas tecnologías encontramos los aserraderos portátiles de sierra de banda horizontal, caracterizados por su fácil transporte y su rápida instalación, además de requerir personal limitado para su operación. Los aserraderos de banda horizontal se diferencian de los aserraderos circulares por sus buenas terminaciones en las maderas procesadas, exactitud en las dimensiones y un alto aprovechamiento de los recursos, lo que genera menos material de residuo.

Es importante considerar que el costo de la materia prima representa un 70% del costo total del producto manufacturado, por lo que el aprovechamiento del trozo es esencial para asegurar una rentabilidad y disminuir pérdidas.

En la práctica la planta aserradora central maderera chile utiliza un aserradero del tipo circular en la etapa inicial del proceso de manufactura, detectando una deficiencia en el proceso ya que este tipo de aserradero produce mayor cantidad de residuo en comparación de un aserradero de tipo sierra de banda.

Por lo mencionado anterior mente se decide realizar una evaluación técnica económica de la marcha de aserradero del tipo sierra de banda horizontal para aumentar el rendimiento de la planta y disminuir la producción de desperdicios. El objetivo general de este estudio es desarrollar una evaluación técnica y económica, para evaluar el desempeño que tendrá el aserradero de banda horizontal.

En sus objetivos específicos (a) Levantamiento de la planta para identificar sus áreas de trabajo y equipos de trabajo, (b) Implementar un mantenimiento centrado en la confiabilidad a partir de un análisis de modos y efectos de fallos el cual nos permitirá conocer de qué manera se comportan los activos dentro de la empresa, (c) Evaluación técnica económica del desempeño que tendrá el aserradero de banda horizontal, para determinar la inversión inicial que se requiere para llevar el proyecto a cabo, junto con ello proporcionar indicadores como razón costo beneficio del proyecto sometido a evaluación.

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo general.**

- Evaluación técnica económica de la puesta en marcha de aserradero de banda horizontal para empresa CENTRAL MADERERA CHILE

### **Objetivos específicos.**

- Levantamiento de información y análisis de la planta.
- Realizar análisis de criticidad y análisis AMEF.
- Implementar mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).
- Realizar evaluación técnica y estudio económico del proyecto.



1. **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**



## **1.1 Requerimiento principal.**

Ubicado en la octava región comuna de Hualqui se encuentra la planta aserradora de madera CENTRAL MADERERA CHILE, la cual solicita realizar una propuesta y una evaluación económica para la puesta en marcha de un aserradero portátil de sierra de banda horizontal.

### **ANTECEDENTES**

A mediados de diciembre se decide detener el aserradero portátil de sierra de banda horizontal. El motivo de su detención fue debido a su bajo rendimiento, ya que los tiempos de operación para el trozado de troncos, es mayor comparado con el tiempo de operación que se utiliza para el dimensionado con sierra circular, además de sus repetidas fallas en periodos cortos de operación llevaron a sacar este equipo de la producción. Sin embargo, la empresa no cuenta con ningún tipo de registro de su proceso de producción, ni de los equipos que estaban en operación. Por lo que se solicita realizar un levantamiento de información junto con un análisis de los activos de mayor importancia dentro del proceso de producción.

Una de las ventajas que posee el aserradero portátil y por lo que se busca su puesta en marcha es su sistema de corte, ya que la banda realiza un corte con solo 2 mm de espesor aproximadamente generando menos material de residuo (aserrín) e incrementando el rendimiento y la utilización de la madera.

Lo que se busca con la siguiente evaluación es cuantificar la inversión inicial y las tareas de mantenimiento que se deben realizar para poner en funcionamiento dicha máquina, calcular el periodo de recuperación de la inversión total (Payback).

Junto con ello se realizará un análisis AMEF el cual se utilizará para implementar un mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) de la maquina a inspeccionar y de forma resumida para los demás activos que existen en la planta. Con el propósito de asegurar un correcto funcionamiento de los equipos críticos dentro del proceso de producción. De igual forma aportar información a la empresa para comenzar a llevar registro de los equipos que se encuentran en la planta.

## 1.2 Descripción de la planta.

Para que un proceso de producción sea fluido y no existan cuellos de botellas (estancamientos en el proceso de producción), debe existir un orden en las etapas que conforman el proceso de producción.

Las maquinas y/o equipos utilizados deben estar posicionados de forma estratégica, ya sea para abaratar costos de traslado y/o para acelerar el proceso productivo.

Conocer las instalaciones y llevar un registro de las áreas de trabajo y los equipos que se encuentran en cada una de ellas, se vuelve indispensable para poder realizar cualquier proyecto de mejora en las instalaciones, como para también establecer planes de mantenimientos enfocados en la producción.

En la situación actual no se cuenta con ningún tipo de registro, ya sea de forma digital o física, por lo que surge la necesidad de elaborar un registro actualizado con el fin de analizar potenciales mejoras en el proceso, mejoras que estarán enfocadas al aumento de la producción.

## 1.3 Situación actual.

En la siguiente tabla se detallan todos los equipos que existen en la planta, se clasificaran los equipos críticos y los no críticos según sea su importancia en el proceso de producción, como también el estado en el que se encuentran estos.

N°	EQUIPO	MARCA	ESTADO
1	Sierra de banda horizontal	Metal torno	Fuera de servicio
2	Motor estacionario A	Mercedes	En servicio
3	Generador trifásico A		En servicio
4	Sierra de banda vertical		Fuera de servicio
5	Sierra circular		En servicio
6	Motor estacionario B	Mercedes	Fuera de servicio
7	Generador trifásico B		Fuera de servicio

Tabla 1: Listado de equipos existentes en la planta.

Fuente: Propia. Tabla de equipos empresa central maderera Chile.

#### 1.4 Descripción aserradero de banda horizontal.

El equipo a inspeccionar es un aserradero móvil, de tipo banda horizontal el cual fue fabricado por la empresa **METAL TORNO** originalmente el equipo estaba equipado con un motor de combustión interna a gasolina.



Figura 1: Aserradero de banda horizontal.

Fuente: Metal torno Villarrica aserradero portátil de banda horizontal.

Al momento de recibir el equipo (aserradero móvil), este se encontraba con modificaciones, principalmente en el sistema motriz, el cual originalmente consistía en un motor a combustión interna el cual se encargaba de transmitir la potencia a la polea motriz.

Este fue reemplazado por un motor trifásico el cual tiene las siguientes características:

Car/Mod. B 160 M6/DM/DX	N°	1105
kW 7,5	IP 65	Kg 101,9
Hp 10	Cat N	Aisl.C.I F
Servicio S1	Ia/In	7,5
Cos Y 0,69	Temp. Amb.	40°
RPM 980	Hz	50

Tabla 2: Valores nominales motor eléctrico puesto en aserradero de banda horizontal.

Fuente: Propia, Placa de motor utilizado en aserradero portatil.



Figura 2: Motor eléctrico 10 HP

Fuente: Propia. Motor trifásico de 10 HP estado actual

Ademas al momento de recibir el aserradero portatil este se encontraba sin sus poleas tanto polea motriz como polea conducida, sin la banda de corte y con deficiente lubricacion tanto en el sistema de regulacion de altura como en los rodillos de la mesa como se puede apreciar a continuacion:



Figura 3: Riel ajuste de altura de corte.

Fuente: Propia. Corrosión en riel ajuste de altura



Figura 4: Riel de avance cabezal.

Fuente: Propia corrosión en rieles de desplazamiento.



Figura 5: Vista frontal de aserradero de banda horizontal.

Fuente: Propia. Muestra el aserradero en su condición actual.



**2. CAPITULO II: MARCO TEORICO.**



### **2.1.1 ¿Qué es una maquina industrial?**

Desde la revolución industrial, la incorporación de maquinarias industriales para procesos de producción se ha vuelto cada vez más necesaria, ya que con ellas el proceso de producción se puede incrementar además de mejorar la calidad del servicio y/o producto.

### **2.1.2 ¿Qué es un aserradero portátil?**

Los aserraderos portátiles son una alternativa eficiente para incrementar la eficiencia y el rendimiento al procesar madera de pequeñas dimensiones.

Existen varios tipos de aserraderos portátiles los cuales pueden variar según sea la posición de la sierra de banda, su forma, desempeño, forma de operación, productividad y equipo motriz entre otros.

Tipos de aserraderos portátiles:

- Sierra de cinta o de banda sin fin.
- Cierras circulares.
- Sierras de cadenas o motosierras con marco.

### **2.1.3 Aserradero de banda horizontal.**

Los aserraderos portátiles equipados con sierra de banda en posición horizontal como elemento cortante, son los que presentan un mayor rendimiento en el aserrado de madera.

En el funcionamiento de este tipo de aserraderos las trozas permanecen fijas y es la torre la que avanza a lo largo de toda la longitud de la troza, realizando un corte de no más de 2 mm de amplitud lo que reduce el desperdicio por producción de aserrín y a la misma vez incrementa el rendimiento y la utilización de la madera.

El corte que realiza este tipo de aserradero es limpio, dejando una buena calidad superficial con dimensiones más exactas que aserraderos de otro tipo. La velocidad de corte es mayor por lo que la producción se ve beneficiada en su totalidad.

#### **2.1.4 Criticidad.**

Es la herramienta de orientación efectiva para la toma de decisiones a que equipo o parte de la industria priorizo actividad de mantenimiento.

Los equipos críticos, son aquellos que al fallar pueden afectar la seguridad del personal, el entorno ambiental, provocar un paro de la producción o incrementar el costo de mantenimiento.

El objetivo de definir los activos críticos dentro de un proceso productivo es priorizar el esfuerzo de mantenimiento, enfocado a la seguridad laboral, aumentar la fiabilidad del proceso, favoreciendo y promoviendo el aprovechamiento de los recursos del área en las actividades de mayor valor.

Para determinar la criticidad dentro de la planta es necesario asignar valores a los activos sometidos al análisis, estos valores estarán en la escala de 0 a 10 a cada criterio en consideración.

Los criterios para analizar la criticidad pueden ser los siguientes:

- Seguridad.
- Medio ambiente.
- Producción
- Costos.
- Tiempo medio para reparar.
- Frecuencia de falla.
- Calidad.

## Metodología análisis de criticidad.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla, en la cual un eje representa la frecuencia de falla y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

En la Matriz de Criticidad se identifican con letras los niveles de criticidad:

- B** Criticidad Baja color verde
- M** Criticidad Media color amarillo
- A** Criticidad Alta color rojo

Categoría de Frecuencia	1	2	3	4	5
5	M	M	A	A	A
4	M	M	A	A	A
3	B	M	M	A	A
2	B	B	M	M	A
1	B	B	B	M	A
Categoría de Consecuencias	1	2	3	4	5

Matriz de Criticidad

Tabla 3: Matriz de frecuencia de falla y consecuencia de falla

Fuente: Gestión de mantenimiento en pymes industriales.

### 2.1.6 Elementos para determinar la criticidad.

La criticidad se determina cuantitativamente, multiplicando la frecuencia de la ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de la misma.

$$CRITICIDAD = Frecuencia \times Consecuencia$$

Categoría	Número de fallas por año	Interpretación
5	$\lambda > 52$	Es probable que ocurra más de una falla por semana. Más de 52 fallas al año.
4	$12 < \lambda \leq 52$	Es probable que ocurra a lo menos una falla al mes. Entre 12 y 52 fallas por año.
3	$2 \leq \lambda \leq 12$	Es probable que ocurra más de una falla al semestre. Entre 2 y 12 fallas por año.
2	$0,1 < \lambda \leq 1$	Es probable que ocurra una falla cada 10 años. Entre 1/10 a 1 falla por año.
1	$\lambda \leq 0.1$	La probabilidad de falla es menor a una cada 10 años.

Tabla 4: Matriz de frecuencia de falla.

Fuente: ESTUDIOS DE RIESGO. Rev. 0, de fecha 05-enero-2008.

Categoría	Daños al personal	Impacto ambiental	Impacto en la producción (por falla)	Costo de reparación (USD)	Tiempo Promedio para reparar
5	Muerte o incapacidad total permanente, daños severos o enfermedades en uno o más miembros de la empresa	Daños irreversibles al ambiente y que violen regulaciones y leyes ambientales.	La impacta totalmente.	Mayor de 40k US\$	Más de 24 horas
4	Incapacidad parcial, permanente, heridas severas o enfermedades en uno o más miembros de la empresa.	Daños irreversibles al ambiente pero que no violan regulaciones y leyes ambientales.	75% de Impacto.	De 20k a 40k US\$	Entre 17 y 24 horas
3	Daños o enfermedades severas en varias personas de la instalación. Requiere suspensión laboral.	Daños ambientales regables sin violación de leyes y regulaciones, la restauración puede ser acumulada.	50% de Impacto.	De 10k a 20k US\$	Entre 9 y 16 horas
2	El personal de la planta requiere tratamiento médico o primeros auxilios.	Mínimos daños ambientales sin violación de leyes y regulaciones.	25% de Impacto.	De 2k a 10k US\$	Entre 4 y 8 horas
1	Sin impacto en el personal de la planta.	Sin daños ambientales ni violación de leyes y regulaciones.	No afecta la producción.	Menos de 2k US\$	Menos de 3 horas

Tabla 5: Matriz consecuencias de falla.

Fuente: ESTUDIOS DE RIESGO. Rev. 0, de fecha 05-enero-2008.



Tabla 6: Matriz nivel de criticidad.

Fuente: Gestión de mantenimiento en pymes industriales.

El análisis de criticidad se aplica en cualquier conjunto de procesos, plantas, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados, en función de su impacto en el proceso o negocio donde formen parte. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

**En el ámbito de mantenimiento:**

Al tener plenamente establecido cuales sistemas son los más críticos, se podrá establecer de una manera más eficiente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, e inclusive posibles rediseños al nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.

**En el ámbito de inspección:**

El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo, etc.), así como para equipos dinámicos, estáticos y estructurales.

**En el ámbito de materiales:**

La criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de la planta, es decir, se puede mejorar el stock de materiales y repuestos de cada sistema y/o equipo logrando un costo óptimo de inventario.

**En el ámbito de disponibilidad de planta:**

Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.

**A nivel del personal:**

Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentran las mejores oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

### **2.1.7 Montaje de máquinas y equipos industriales.**

Para asegurar un correcto funcionamiento de los activos de una planta existen normas comunes para el proceso de montaje de algunos elementos las cuales se nombran a continuación.

#### No forzar:

En ningún caso se debe forzar los elementos mecánicos a instalar, salvo las piezas que requieran un ajuste dado por el fabricante, de ser necesario algún tipo de ajuste este se debe realizar con los equipos y/o herramientas adecuadas para cada tarea a realizar.

#### Utilizar herramientas apropiadas:

Para el montaje industrial de equipos existen herramientas para cada función en específica, esto asegura un montaje exento de accidentes y de retrasos, si no se cuenta con la herramienta requerida se debe utilizar la que más se asemeje. Nunca utilizar herramientas que se encuentren en mal estado, ya que esto podrá ocasionar daños en los elementos del equipo.

#### Se deben utilizar lubricantes y grasas adecuados:

En todo momento se deben respetar las indicaciones del fabricante en cuanto a las características y propiedades de las grasas y lubricantes.

#### Elementos estándar.

Estos elementos son todos los que han sido diseñados y construidos para responder a necesidades concretas que no toman en cuenta la aplicación del equipo industrial en el que son instalados, se denominan estándar porque se disponen de ellos a partir de una estandarización en cuanto a tamaños prestaciones y capacidades. En este grupo encontramos los siguientes elementos:

#### Tornillería:

Hace referencia a los elementos de sujeción utilizados para la realización del montaje como tornillos, tuercas, arandelas, chavetas, retenes, juntas, casquillos, etc. Normalmente su designación está gestionada mediante norma DIN la cual los define en todas sus dimensiones y prestaciones.

### Rodamientos:

Dotan la posibilidad de realizar movimientos de giro a muy altas velocidades y con rozamientos mínimos. Existen diferentes tipos de rodamientos los cuales están dados por sus dimensiones y cargas que soportan. Los principales rodamientos son los que llevan como elemento giratorio bolas o rodillos.

### Guías lineales:

Encargadas de poder proporcionar desplazamientos lineales a altas velocidades y con rozamiento mínimo en máquinas industriales.

## **2.1.8 Mantenimiento de equipos industriales.**

### Mantenimiento.

Mantenimiento son todas las actividades necesarias para mantener el equipo e instalaciones en condiciones adecuadas para la función que fueron creadas; además de mejorar la producción buscando la máxima disponibilidad y confiabilidad de los equipos e instalaciones.

Se define como un conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial, para que proporcione mejor rendimiento en el mayor tiempo posible.

El mantenimiento ha sufrido transformaciones con el desarrollo tecnológico; a los inicios era visto como actividades correctivas para solucionar fallas. Las actividades de mantenimiento eran realizadas por los operarios de las maquinas; con el desarrollo de las máquinas se organiza los departamentos de mantenimiento no solo con el fin de solucionar fallas sino de prevenirlas, actuar antes que se produzca la falla en esta etapa se tiene ya personal dedicado a estudiar en qué período se produce las fallas con el fin de prevenirlas y garantizar eficiencia para evitar los costes por averías.

De los párrafos anteriores se distingue claramente los objetivos del mantenimiento sin embargo contrastamos con el siguiente párrafo:

Objetivos del mantenimiento los podemos resumir en:

1. Garantizar el funcionamiento regular de las instalaciones y servicios.
2. Evitar el envejecimiento prematuro de los equipos que forman parte de las instalaciones.
3. Conseguir ambos objetivos a un costo razonable.

La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar una buena vida útil en equipos y herramientas.

#### **2.1.9 Objetivos del mantenimiento.**

1. Garantizar la disponibilidad y la confiabilidad de los equipos e instalaciones.
2. Satisfacer los requisitos del sistema de calidad de la empresa.
3. Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente.
4. Maximizar la productividad y eficiencia.

El mantenimiento no debe verse como un costo si no como una inversión ya que este ligado directamente a la producción, disponibilidad, calidad y eficiencia; El equipo de mantenimiento debe estar perfectamente entrenado y motivado para llevar a cabo la tarea de mantenimiento; Se debe tener presente la construcción, diseño y modificaciones de la planta industrial como también debe tener a mano la información del equipo, herramienta insumos necesarios para el mantenimiento.

El mantenimiento requiere planeación, calidad, productividad, trabajo en equipo, para reducir costos y pérdidas.

### **2.1.10 Finalidad del mantenimiento.**

La finalidad del mantenimiento es mantener operable el equipo e instalación y restablecer el equipo a las condiciones de funcionamiento predeterminado; con eficiencia y eficacia para obtener la máxima productividad.

En consecuencia, la finalidad del mantenimiento es brindar la máxima capacidad de producción a la planta, aplicando técnicas que brindan un control eficiente del equipo e instalaciones.

### **2.1.11 Tipos de mantenimiento.**

#### Correctivo.

Comprende el mantenimiento que se lleva con el fin de corregir los defectos que se han presentado en el equipo. Se clasifica en:

No planificado.

Es el mantenimiento de emergencia. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición exigente que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Planificado.

Se sabe con antelación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente

### Predictivo.

Este mantenimiento está basado en la inspección para determinar el estado y operatividad de los equipos, mediante el conocimiento de valores de variables que ayudan a descubrir el estado de operatividad; esto se realiza en intervalos regulares para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas.

Para este mantenimiento es necesario identificar las variables físicas (temperatura, presión, vibración, etc.) cuyas variaciones están apareciendo y pueden causar daño al equipo. Es el mantenimiento más técnico y avanzado que requiere de conocimientos analíticos y técnicos y necesita de equipos sofisticados.

### Preventivo.

Es el mantenimiento que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas, y mantener en un nivel determinado a los equipos, se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico, por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo; se basa en la confiabilidad de los equipos.

#### **2.1.12 Cantidad de mantenimiento.**

- La cantidad está en función del nivel mínimo permitido de las propiedades del equipo definidas por el fabricante.
- El tiempo de uso o de funcionamiento durante el cual equipo está en marcha y se determina que sus propiedades de funcionamiento bajan.
- Forma en que los equipos están sometidos a tensiones, cargas, desgaste, corrosión, etc. Que causan pérdida de las propiedades de los mismos.

Actualmente el mantenimiento busca aumentar la confiabilidad de la producción; aparece el mantenimiento preventivo, el mantenimiento predictivo, el mantenimiento proactivo, la gestión de mantenimiento asistido por computador y el **mantenimiento basado en la confiabilidad.**

## **2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM).**

### **2.2.1 Concepto del RCM**

El RCM, de las palabras en inglés Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en la confiabilidad), sirve de guía para identificar las actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias a los activos más importantes de un contexto operacional. Esta no es una fórmula matemática y su éxito se apoya principalmente en el análisis funcional de los activos de un determinado contexto operacional, realizado por un equipo natural de trabajo.

El RCM se define de la siguiente forma.

Gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la fiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallos de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones”.

En otras palabras, el RCM es una metodología que permite identificar estrategias efectivas de mantenimiento que permitan garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción.

### **2.2.2 Características generales del RCM:**

- Herramienta que permite ajustar las acciones de control de fallos (estrategias de mantenimiento) al entorno operacional.
- Metodología basada en un procedimiento sistemático que permite generar planes óptimos de mantenimiento / produce un cambio cultural.
- Los resultados de la aplicación del RCM, tendrán su mayor impacto, en sistemas complejos con diversidad de modos de fallo (ejemplo: equipos rotativos grandes).
- Maduración: mediano plazo-largo plazo

### 2.2.3 Metodología del RCM.

La metodología RCM, propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional, a partir del análisis de las siguientes siete preguntas:

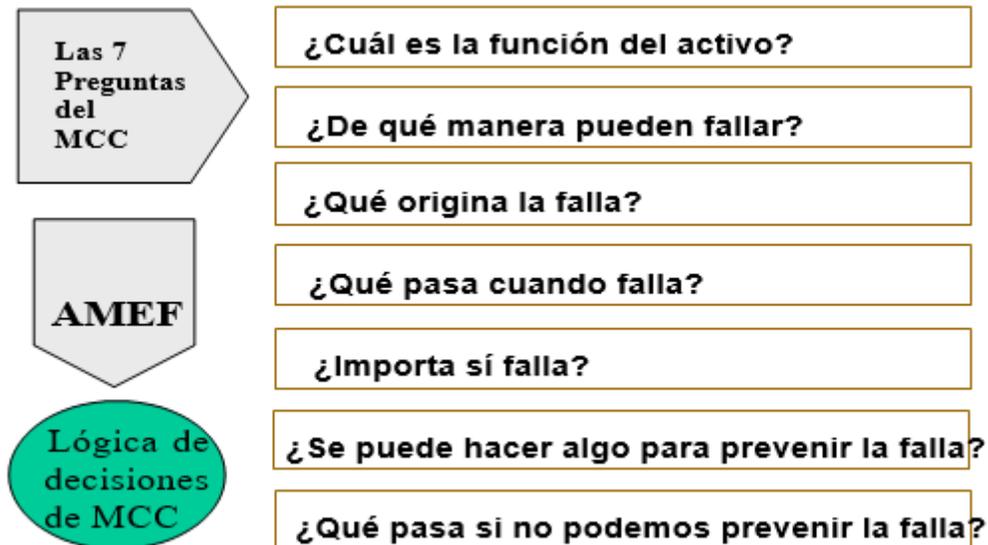


Figura 6: "Análisis de las 7 preguntas"

Fuente: Confiabilidad operacional cap. 7

### 2.2.4 Jerarquización de sistemas/Justificación de la aplicación del RCM

- Sistemas con un alto contenido de tareas de Mantenimiento Preventivo (MP) y/o costes de MP.
- Sistemas con un alto número de acciones de Mantenimiento Correctivo durante los últimos dos años de operación.
- Sistemas con alta contribución a paradas de plantas en los últimos dos años.
- Sistemas con altos riesgos con respecto a aspectos de seguridad y ambiente.
- Equipos genéricos con un alto coste global de mantenimiento.
- **Sistemas donde no existe confianza en el mantenimiento existente.**

### 2.2.5 Diagrama de flujo del RCM.

El siguiente diagrama muestra los pasos a seguir para la aplicación de la metodología RCM a un equipo.

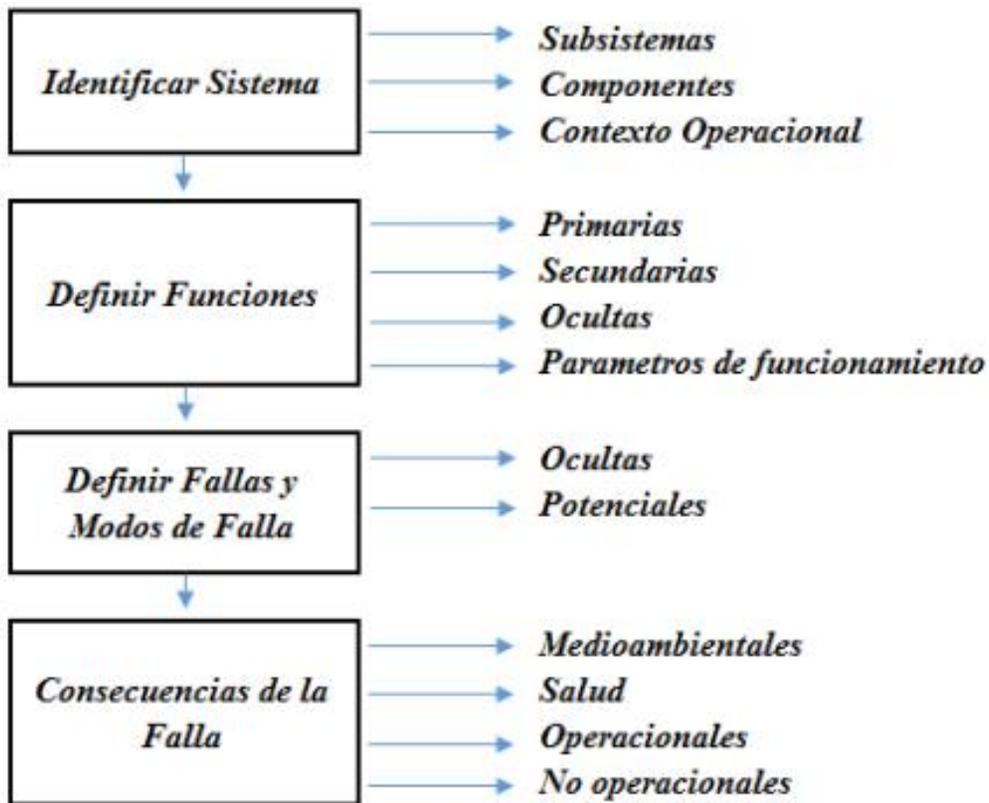


Figura 7: Paso a paso para realizar análisis AMEF

Fuente: Propia. Pasos realización AMEF

### 2.3 ANALISIS AMEF.

El Análisis de los Modos y Efectos de Fallos (AMEF), constituye la herramienta principal del RCM, para la optimización de la gestión de mantenimiento en una organización determinada. El AMEF es un método sistemático que permite identificar los problemas antes que estos ocurran y puedan afectar o impactar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado.

Hay que tener presente que la realización del AMEF, constituye la parte más importante del proceso de implantación del RCM, ya que a partir del análisis realizado por los grupos de trabajo RCM, a los distintos equipos en funcionamiento, se obtendrá la información necesaria para poder prevenir las consecuencias o efectos de los posibles fallos, a partir de la selección adecuada de actividades de mantenimiento, las cuales actuarán sobre cada modo de fallo y sus posibles consecuencias.

#### 2.3.1 Objetivo análisis AMEF.

El objetivo básico del AMEF, es encontrar todas las formas o modos en los cuales puede fallar un activo dentro de un proceso, e identificar las posibles consecuencias o efectos de los fallos en función de tres criterios básicos para el RCM: **seguridad humana, ambiente y operaciones(producción)**. Para poder cumplir con este objetivo, los grupos de trabajo RCM, deben realizar el AMEF siguiendo la siguiente secuencia:

- Explicar las funciones de los activos del área seleccionada y sus respectivos estándares de ejecución.
- Definir los fallos funcionales asociadas a cada función del activo.
- Definir los modos de fallos asociados a cada fallo funcional.
- Establecer los efectos o las consecuencias asociadas a cada modo de fallo.

## **2.4 ANALISIS FUNCIONAL.**

El RCM define el término función, como el propósito de un activo dentro del proceso productivo y un activo puede tener más de una función dentro del mismo proceso.

Para decidir cuando un activo no está trabajando satisfactoriamente, es necesario definir qué es lo que el activo debe hacer para trabajar apropiadamente, por lo cual, uno de los aspectos importantes dentro del AMEF para el grupo de trabajo RCM, consiste en definir adecuadamente la función o las funciones asociadas a cada activo en su contexto operacional. Hay que tener presente que cada activo, usualmente tiene más de una función, para el RCM las funciones evidentes de un activo pueden ser divididas en dos categorías:

### **2.4.1 Funciones primarias:**

Cada activo es puesto en servicio para cumplir eficientemente una función o varias funciones específicas, las cuales se conocen como funciones primarias y constituyen la razón de ser del activo. Este tipo de funciones primarias, son de especial interés para el desarrollo del RCM. La función primaria de un activo esta usualmente definida por el propio nombre del activo.

### **2.4.2 Funciones secundarias:**

En adición a las funciones primarias, la mayoría de los activos tiene un número significativo de funciones secundarias. Estas son usualmente menos obvias que las funciones primarias, pero las consecuencias que podrían generar sus fallos pueden ser más serias que las consecuencias originadas por los fallos de una función primaria, hecho por el cual se justifica el invertir gran cantidad de tiempo y esfuerzo para su análisis con el fin de preservar el buen funcionamiento de este tipo de funciones. Las típicas funciones secundarias abarcan las siguientes áreas: contención, soporte, ambiente, ergonomía, higiene, seguridad, protección y control.

## **2.5 FALLOS FUNCIONALES**

El próximo paso que debe ser cubierto por el grupo de trabajo RCM, en el proceso de análisis de los efectos y modos de fallo, es determinar cómo dejan de cumplir los activos sus funciones. La pérdida de una función es conocida por el RCM como un fallo funcional.

El fallo funcional se define como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el estándar de ejecución esperado dentro del proceso productivo en el cual se desempeña, trayendo como consecuencia que el activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente. En otras palabras, el cumplimiento de forma no satisfactoria de una determinada función por parte de un activo en su contexto operacional, puede definirse como fallo funcional.

El nivel de insatisfacción producido por causa de un fallo funcional, dependerá básicamente de las consecuencias que pueda generar la aparición de la misma dentro del contexto operacional.

## **2.6 MODOS DE FALLOS.**

Los fallos funcionales tienen causas físicas que originan la aparición de las mismas, estas causas son denominadas modos de fallos (causas de los fallos funcionales). Las actividades de prevención, anticipación o corrección de fallos funcionales según el RCM, deben estar orientadas a atacar modos de fallos específicos. Esta afirmación, constituye una de las mayores diferencias entre el RCM y forma tradicional de gestionar el mantenimiento, es decir, que, para el RCM, las actividades de mantenimiento generadas a partir del análisis realizado por el grupo de trabajo RCM, atacarán específicamente a cada uno de los modos de fallos asociados a cada fallo funcional (cada fallo funcional puede tener más de un modo de fallo).

## **2.7 EFFECTOS DE MODOS DE FALLOS.**

Para identificar y describir de forma precisa los efectos producidos por cada modo de fallo, el grupo de trabajo tiene que responder de forma clara las siguientes preguntas:

### **¿Cómo se evidencia que un modo de fallo ha ocurrido?**

Los posibles efectos que provocará cada modo de fallo deberán ser analizados por el grupo de trabajo RCM, los cuales se encargaran de decidir si la ocurrencia de cada modo de fallo será evidente o no para el personal que labora dentro del contexto operacional donde probablemente se producirán los modos de fallos. La descripción del efecto de fallo deberá incluir si la ocurrencia del modo de fallo se evidencia a partir de una señal lumínica o sonora (o ambas), y si la señal se presenta en un panel del activo o en una central de control (o ambas). Similarmente, la descripción del efecto de fallo, deberá incluir si la aparición del modo de fallo se evidencia por efectos físicos, tales como ruidos fuertes, fuego, humo, escapes de vapor, olores inusuales o derrames de líquidos en el piso.

### **¿Como podría afectar la ocurrencia de cada modo de fallo a la seguridad humana o al ambiente?**

Sí existe la posibilidad de que alguna persona pueda morir o pueda ser herida, o de que alguna regulación ambiental no pueda ser cumplida, por consecuencia de la ocurrencia de un modo de fallo, el efecto de cómo puede suceder este modo de fallo deberá ser descrito por el grupo de trabajo RCM.

Los modos de fallos que afectan a la seguridad humana o al ambiente, generalmente ocurren por:

- Actos inseguros (incumplimiento de las normas de seguridad establecidas).
- Mala operación de los equipos.
- Escapes y derrames de sustancias químicas: gases, líquidos o, sólidos.
- Caídas de objetos.
- Chispazos eléctricos.
- Presiones excesivas de trabajo (especialmente en tanques de presión y sistemas hidráulicos).

**¿Como afectaría la ocurrencia de cada modo de fallo a la producción y a las operaciones?**

Sí la ocurrencia de un determinado modo de fallo afecta de forma directa a la producción o a las operaciones, el grupo de trabajo deberá describir de qué forma clara y específica el impacto que traerá consigo la ocurrencia del modo de fallo sobre la producción o las operaciones. Los modos de fallos que afectan a las operaciones o a la producción, generalmente actúan de la siguiente forma:

- Parando completamente los procesos.
- Reduciendo la rata de producción.
- Reduciendo la calidad del producto, ya sea por la disminución de la rata de producción o por el incremento de los defectos.
- Aumentado los costes del proceso por consecuencia básicamente de la aparición de modos de fallos no previstos.

## **2.8 ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO.**

El estudio económico-financiero de un proyecto, hecho de acuerdo con criterios que comparan flujos de beneficios y costos, permite determinar si conviene realizar un proyecto, o sea si es o no rentable y si siendo conveniente es oportuno ejecutarlo en ese momento o cabe postergar su inicio. En presencia de varias alternativas de inversión, la evaluación es un medio útil para fijar un orden de prioridad entre ellas, seleccionando los proyectos más rentables y descartando los que no lo sean.

### **2.8.3 Razón Beneficio / Costo (B/C).**

El análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que se pueden hacer en un negocio en marcha tales como el desarrollo de nuevo producto o la adquisición de nueva maquinaria.

Es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia del proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costos y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios, etc., prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales o económicas.

El costo-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, tanto por eficiencia técnica como por motivación humana. Se supone que todos los hechos y actos pueden evaluarse bajo esta lógica, aquellos donde los beneficios superan el costo son exitosos, caso contrario fracasan.

Representa cuanto se gana por encima de la inversión efectuada. Análisis de beneficio-costos se reduce a una sola cifra, fácil de comunicar en la cual se basa la decisión. Los beneficios pueden ser cuantitativos como cualitativos, es decir se pueden observar beneficios al personal a las instalaciones y al proceso de producción.

**La decisión a tomar consiste en:**

$B/C > 1.0$  aceptar el proyecto.

$B/C < 1.0$  rechazar el proyecto.



**3. CAPITULO III: DISEÑO Y SOLUCIÓN.**



### **3.1 SITUACIÓN ACTUAL.**

Conocer las instalaciones y llevar un registro de las áreas de trabajo y los equipos que se encuentran en cada una de ellas se vuelve indispensable para poder realizar cualquier proyecto de mejora en las instalaciones, como también para establecer planes de mantenimientos enfocados en la producción.

En la situación actual no se cuenta con ningún tipo de registro, ya sea de forma digital o física, por lo que surge la necesidad de elaborar un registro actualizado con el fin de analizar potenciales mejoras en el proceso, mejoras que estarán enfocadas al aumento de la producción y al ahorro de la materia prima.

En la empresa como se menciona anteriormente no cuenta con ningún tipo de registro de planta ni de los equipos que existen en ella, por lo que el trabajo de mantenimiento se realiza de manera desordenada y solo realizando tareas correctivas, ya que no existen actividades programadas de mantenimiento. Esto hace que el proceso de producción este condicionado a las fallas que pueden existir en los distintos equipos que conforman el proceso productivo.

#### **3.1.2 Diagrama de flujo.**

El primer material que se elaborara será un diagrama de flujo el cual muestre claramente y de forma sencilla el proceso de producción de la madera aserrada. Para ello la planta fue sometida a un análisis en terreno.

El fin de la elaboración de este diagrama es dar a conocer cada una de las etapas que se necesitan llevar a cabo para la elaboración de madera aserrada, desde que se recibe la materia prima hasta la obtención del producto final.

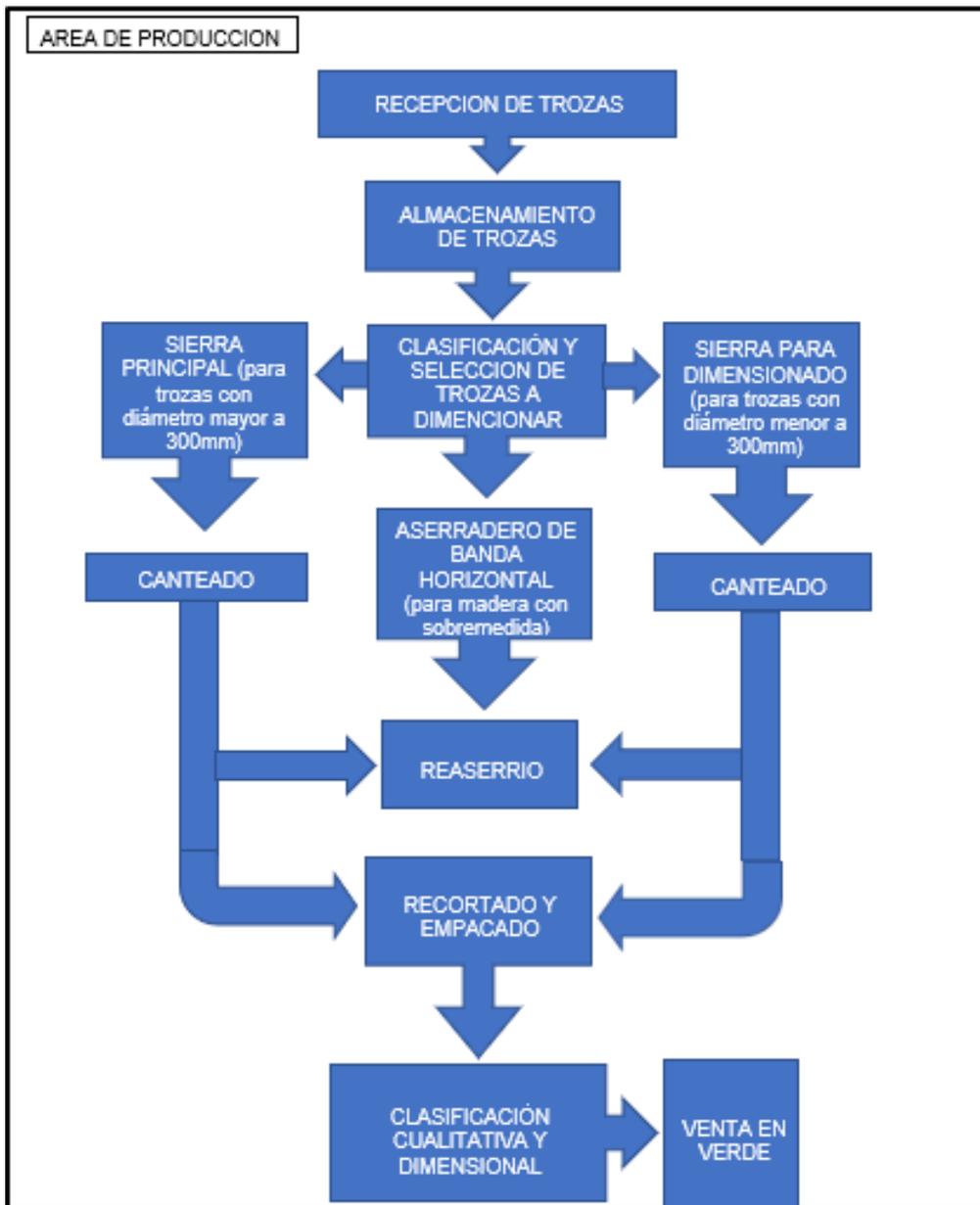


Figura 8: Diagrama de flujo planta central maderera chile.

Fuente: Propia. Proceso descrito según lo visto en terreno.

Para dar a conocer los equipos y/o maquinas existentes dentro de la planta aserradora, se elaborará una plantilla que muestren los activos y algunas características generales de ellos.

En la siguiente tabla se detallan todos los equipos que existen en la planta, se clasificaran los equipos en el estado en el que se encuentran estos.

N°	EQUIPO	MARCA	ESTADO
1	Sierra de banda horizontal	Metal torno	Fuera de servicio
2	Motor estacionario B	Mercedes-Benz	En servicio
3	Generador trifásico B		Fuera de servicio
4	Sierra de banda vertical		Fuera de servicio
5	Sierra circular de carro		En servicio
6	Motor estacionario A	Mercedes-Benz	En servicio
7	Generador trifásico A		En servicio

Tabla 7: Equipos en servicio dentro de la planta

Fuente: Propia. Tabla realizada según lo observado en terreno.

### 3.2 ELABORACIÓN PLANO DE PLANTA.

Para poder identificar donde se encuentran ubicados cada uno de los equipos mencionados al interior de la planta, se elaboró un layout el cual muestra cómo se distribuyen los equipos dentro de la planta, este layout servirá para futuras mejoras en el proceso ya que la distribución actual según lo observado durante el periodo de esta investigación es insegura (sector donde se acopia el material a procesar) donde existen condiciones de riesgos tanto como para el personal de la planta como para los camiones que ingresan y salen con cargas además es poco eficiente ya que no existe una línea de producción.

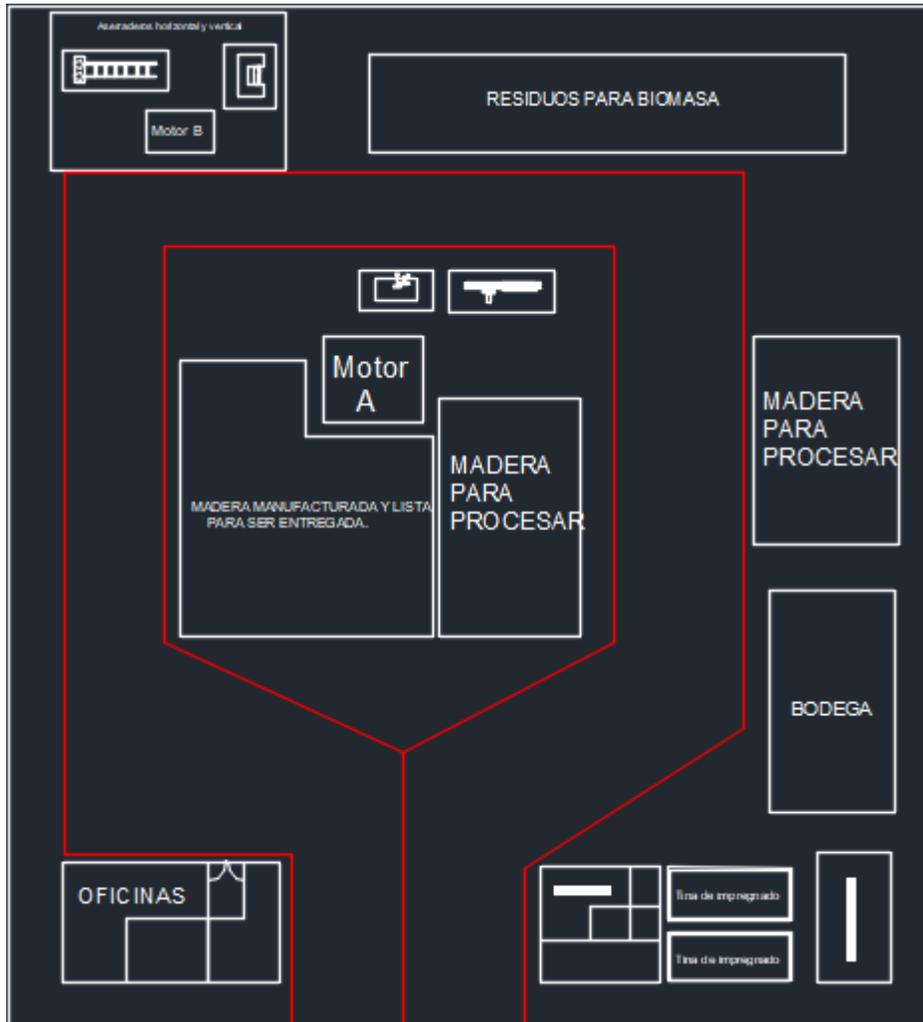


Figura 9: Layout sectores de plata central maderera chile.

Fuente: Propia. Layout donde se muestran las distintas áreas de la planta.

### 3.3 DESCRIPCION DE LOS ACTIVOS:

#### 3.3.1 Motores estacionarios A y B.

La energía requerida para desarrollar el proceso productivo con normalidad, es proporcionada por dos motores estacionarios diésel de marca mercedes Benz modelos 314 de 90 CV.



Figura 10: Motor estacionario mercedes-benz OM314

Fuente: Propia. Motor B utilizado para generar energía trifásica.



Figura 11: Motor mercedes-benz OM314

Fuente: Anema.

Debido a que no existe ningún tipo de registro de los motores se adjunta la ficha técnica de este para poder identificar este equipo de mejor forma.

- **TIPO:** MB OM-314
- **CONSTRUCCIÓN:** Cilindros verticales en línea.
- **CICLO:** Cuatro tiempos diésel.
- **SISTEMA DE INYECCIÓN:** Inyección directa de Mercedes-Benz
- **NUMERO DE CILINDROS:** 4
- **DIN POTENCIA:** 85 CV / 60 kW / 2800 rpm
- **SAE POTENCIA:** 95 CV / 70 kW / 2800 rpm
- **TORQUE DIN:** 24 mkgf / 235 mN / 1800 rpm
- **SAE TORQUE:** 26 mkgf / 255 mN / 1800 rpm
- **LUBRICACIÓN:** Por presión de aceite
- **BOMBA DE ACEITE:** De engranajes
- **LOS FILTROS DE ACEITE:** Dos flujos, primaria y secundaria
- **ENFRIAMIENTO:** Por agua con termostato
- **INYECCIÓN:** Bomba de alimentación y bomba inyectora
- **BOMBA DE ALIMENTACION:** BOSH, con alimentación automática.
- **PRESIÓN DE INYECCIÓN:** 200 BAR
- **SECUENCIA DE ENCENDIDO:** 1-3-4-2

### 3.3.2 Generadores trifásicos A-B.

Encargados de transformar eficientemente la energía mecánica en energía eléctrica, en este caso nos encontramos con generadores los cuales pueden entregar 220/380V según las necesidades de la planta.



Figura 12: Generador trifásico B

Fuente: Propia. Generador condiciones actuales.

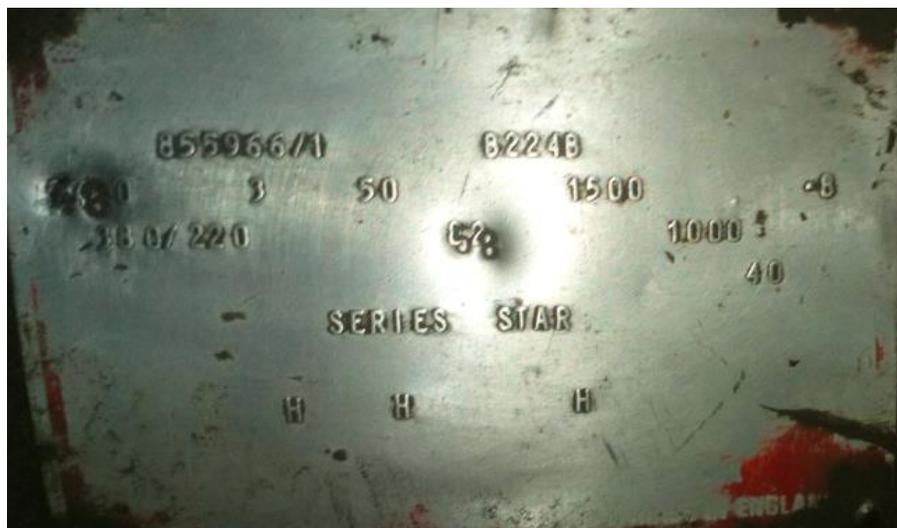


Figura 13: Placa de valores nominales generador B

Fuente: Propia. Estado actual placa de valores nominales.

### 3.3.3 Sierra de banda vertical:

Este tipo de aserradero cuenta con una cinta la cual se monta sobre dos volantes los que son movidos por un motor eléctrico. Debido al deterioro de este equipo con el tiempo no se conoce ni la marca ni su procedencia y empeorando más aun el panorama para poder reconocer esta máquina se encuentra con algunas piezas faltantes, utilizadas como repuestos “momentáneos” a fallas ocurridas en otros equipos de la planta.

Mencionado esto se hace imposible detallar con mayor profundidad este activo y es por lo mismo que se encuentra fuera de servicio por lo que no se considerara en las inspecciones siguientes.



Figura 14: Aserradero de banda vertical.

Fuente: Ecured

### 3.3.4 Sierra circular de carro.

Para la realización de los primeros cortes de canteado la planta aserradora utiliza una sierra de carro la cual es accionada gracias a la energía del generador A.

Se compone de una sierra circular como elemento principal, la cual tiene una medida de 22” de diámetro y un carro el cual se desliza con la troza a lo largo de toda su longitud realizando así el corte. Debido a que el modelo que se utiliza en el aserradero no tiene un fabricante se señalaran las piezas que componen dicha sierra:

- SIERRA CIRCULAR DE 22” (NÚMERO DE DIENTES PUEDEN VARIAR SEGÚN REQUERIMIENTOS)
- CARRO DIMENSIONAL.
- CORREAS TRANSMISORAS DE POTENCIA.
- PIOLAS Y POLEAS DEL SISTEMA.



Figura 15. Aserradero de sierra de carro.

Fuente: Propia. Sierra de carro ubicada al interior de la planta central maderera chile.

### 3.3.5 Sierra de banda horizontal.

Los aserraderos de sierra de banda horizontal son muy utilizados en el procesamiento de la madera ya que gracias a su diseño muchos de estos son portátiles y se pueden trasladar hasta el lugar de faena.

En la situación actual el aserradero de banda horizontal que se encuentra en la planta tiene como fabricante **METAL TORNO** cuya casa matriz se encuentra en villa rica novena región.



Figura 16: Aserradero de banda horizontal

Fuente: Propia Vista frontal actualizada 2018.

#### **CARACTERISTICAS ASERRADERO METALTORNO:**

- LARGO DE CORTE, 5000 MM
- ANCHO DE CORTE, 800 MM
- ALTO DE CORTE, 800 MM
- AVANCE MANUAL
- SISTEMA RECORRIDO DE CARRO CON DOBLE RIEL
- SUBIDA Y BAJADA DE CABEZAL: HUINCHE ELECTRICO
- ESTRUCTURA PRINCIPAL, VIGA LAMINADA UPN 180

Debido a los requerimientos y a la manera de operar de la planta este aserradero fue modificado y se sustituyó su motor bencinero (originalmente) por un motor trifásico de 7.5 kW 10 HP el cual se encarga de proporcionar la energía mecánica para el movimiento de la cinta cortante.

Car/Mod. B 160 M6/DM/DX		N°	1105
kW 7,5	IP 65	Kg	101,9
Hp 10	Cat N	Aisl.C.I	F
Servicio	S1	Ia/In	7,5
Cos Y	0,69	Temp. Amb.	40°
RPM	980	Hz	50

Tabla 8: Valores nominales motor eléctrico instalado en aserradero

Fuete: Propia. Tabla elaborada según placa del motor vista en terreno.

### 3.4 ANALISIS DE CRITICIDAD.

El siguiente análisis tiene como objetivo establecer un método que sirva como instrumento de ayuda para la jerarquización que permita establecer un programa de mantenimiento para los equipos que resulten ser de mayor criticidad.

Como primer paso se debe elegir el nivel donde se efectuará el análisis, el cual en este caso será el sistema de generación de energía eléctrica con la cual funciona la planta.

Los encargados de proporcionar la energía trifásica con la cual opera la planta son los motores OM 3-14 y los generadores A y B.

Junto con ello se evaluará el aserradero de banda horizontal que se desea implementar.

El segundo paso es la estimación de la frecuencia de la falla y el impacto o consecuencias de estas sobre los equipos sometidos al análisis utilizando rangos preestablecidos.

### 3.4.1 Estimación de frecuencia de la falla.

Para estimar la frecuencia de la falla se utilizará la encuesta aplicada a los operadores de la planta, ya que no se cuenta con ningún tipo de registro anterior, las respuestas serán ubicadas con el valor más similar a la matriz de rangos establecida. Los valores de frecuencia fueron asignados según testimonios de los operadores y corroborados con el administrador de la planta.

#### Frecuencia de falla según tabla 3:

<i>EQUIPO</i>	<i>CATEGORIA</i>	<i>N° de fallas al año</i>	<i>Interpretación</i>
<b>MOTOR A-B</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	Es probable que ocurra una falla a lo menos una en el semestre
<b>GENERADOR A-B</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	Es probable que ocurra a lo menos una falla en el semestre.
<b>ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	Es probable que ocurra a lo menos una falla en el semestre.

Tabla 9: Valores de frecuencia de falla según matriz

Fuente: Propia. Análisis realizado a los equipos de mayor importancia actualmente en la planta.

### 3.4.2 Estimación de impacto de la falla.

Para realizar la estimación del impacto que produce la falla de un activo, se deben determinar los parámetros a evaluar, para ello se elegirá 5 parámetros que se ajusten a la actividad que realiza la planta de aserrío los cuales son:

-Los daños al personal y el impacto al ambiente: serán categorizados considerando los criterios de la tabla 4 de categorías de los impactos.

-El impacto a la producción (IP): cuantificara las consecuencias que los eventos no deseados generan sobre el negocio. Este criterio se evaluará considerando los siguientes factores: Tiempo promedio para reparar (MTTR), producción diferida.

$$\text{IP} = (\text{Producción diferida} \times \text{MTTR} \times \text{Costo unitario})$$

-El costo de reparación: involucra los costos por disminución en la tasa de producción, por fallas en la calidad del producto final debido al mal funcionamiento del activo, costos de repuesto o sustitución del activo y mano de obra.

-El "Tiempo Medio Para Reparar" (MTTR): es el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla.

$$\text{MTTR} = (\text{Tiempo total de inactividad}) / (\text{número de fallas})$$

**ESTIMACION DE IMPACTO PARA MOTOR A-B:**

- Daños al personal: El activo si falla no produce muerte ni incapacidad a ningún trabajador de la planta, ya que su ubicación dentro de la planta evita que el personal de producción este cerca o en contacto directo con el equipo. (categoría de impacto N°1)
- Impacto ambiental: Si el activo presenta una combustión defectuosa, emitirá agentes contaminantes dañinos al medio ambiente, los cuales serán mínimo considerando la cantidad de contaminación emitida. La cual no viola ninguna ley de regulación medioambiental.
- Impacto en la producción: La falla del activo trae como consecuencia la parada inmediata de la línea de producción, por lo que la producción diferida seria del 100%, el tiempo de reparación será calculado en base a un tiempo de trabajo continuo de 9 hrs. El promedio del precio unitario por cuartón dimensionado es de 1.800 CLP.

$$\text{IP} = 100 \times 22.5\text{Hrs} \times 1.800$$

$$\text{IP} = 4.050.000 \text{ CLP.}$$

$$= 5.921 \text{ US (tasa de cambio 684 CLP)}$$

Por consiguiente, el activo entra en la categoría n°5 de impacto total a la producción.

- Costos de reparación: La falla del activo produce una pérdida total, ya que no se puede aserrar madera sin electricidad. Por otra parte, si el activo llega a sufrir pérdida total (fundir motor) se deberá sustituir por un equipo de las mismas características, dicho esto la suma de los costos de reparación es:

-Perdidas por madera no aserrada (200 X 1.800 CLP)

-Motor reacondicionado OM-314 (1.000.000 CLP)

-Costos por mano de obra. (188.125 CLP)

**TOTAL: 1.548.125CLP**

**2.263 US (tasa de cambio 684 CLP)**

- Tiempo promedio para reparar: El tiempo promedio que se requiere para la reparación del activo esta dado por el tiempo total de inactividad dividido por el número de fallas ocurridos en un año. Tiempo estimado de inactividad 5 días.

$$\text{MTTR} = 45 \text{ hrs} / 2$$

$$\text{MTTR} = 22.5 \text{ hrs}$$

#### ESTIMACION DE IMPACTO PARA GENERADOR A-B:

- Daños al personal: El activo si falla no produce muerte ni incapacidad a ningún trabajador de la planta, ya que su ubicación dentro de la planta evita que el personal de producción este cerca o en contacto directo con el equipo. (categoría de impacto N°1)
- Impacto ambiental: Si el activo presenta una falla, no se ve afectado en lo absoluto el medio ambiente lo que lo posiciona en la categoría n°1 "Sin daños ambientales ni violación a las leyes y regulaciones".
- Impacto en la producción: La falla del activo trae como consecuencia la parada inmediata de la de producción, por lo que la producción diferida seria del 100%, el tiempo de reparación será calculado en base a un tiempo de trabajo continuo de 9 hrs.

El promedio del precio unitario por cuartón dimensionado es de 1.800 CLP.

$$\text{IP} = 100 \times 22.5 \text{Hrs} \times 1.800$$

$$\text{IP} = 4.050.000 \text{ CLP.}$$

$$= 5.921 \text{ US (tasa de cambio 684 CLP)}$$

Por consiguiente, el activo entra en la categoría n°5 de "impacto total a la producción".

- Costos de reparación: La falla del activo produce una pérdida total, ya que no se puede aserrar madera sin electricidad. Por lo otra parte si el activo llega a sufrir pérdida total (Quemar equipo) se deberá sustituir por un equipo de las mismas características, dicho y debido a lo longevidad del activo, solo se estimará el costo de reemplazos ya que no se encontraron en el mercado equipos electrógenos con las características del original, por otra parte, si el equipo es reemplazado por uno más moderno, se deberán intervenir las instalaciones eléctricas para asegurar un buen funcionamiento de equipo.

-Perdidas por madera no aserrada (200 X 1.800 CLP)

-Electrógeno reacondicionado (1.500.000 CLP)

-Costos por mano de obra. (188.125 CLP)

**TOTAL: 2.048.125CLP**

**2.994 US** (tasa de cambio 684 CLP)

- Tiempo promedio para reparar: El tiempo promedio que se requiere para la reparación del activo esta dado por el tiempo total de inactividad dividido por el número de fallas ocurridos en un año. Tiempo estimado de inactividad 5 días.

**MTTR = 45 hrs / 2**

**MTTR = 22.5 hrs**

#### **ESTIMACION DE IMPACTO PARA ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL:**

- Daños al personal: El activo si falla puede producir muerte o incapacidad total permanente, daños severos a uno o más miembros de la empresa, estos eventos pueden darse por heridas graves de corte, aplastamientos, golpes con objetos móviles contundentes entre otros. Posicionando el activo en la categoría n° 5.
- Impacto ambiental: Si el activo presenta una falla, no se ve afectado en lo absoluto el medio ambiente lo que lo posiciona en la categoría n°1 "Sin daños ambientales ni violación a las leyes y regulaciones".
- Impacto en la producción: La falla del activo trae como consecuencia la parada inmediata de un área de producción, dicha área representaría el 50% del total de producción diferida, el tiempo de reparación será calculado en base a un tiempo de trabajo continuo de 9 hrs.

El promedio del precio unitario por cuartón dimensionado es de 1.800 CLP.

**IP = 50 X 12hrs X 1.800**

**IP = 1.080.000 CLP.**

**= 1.579 US** (tasa de cambio 684 CLP)

Por consiguiente, el activo entra en la categoría n°3 de "50% de impacto".

- Costos de reparación: La falla del activo produce una pérdida en la tasa de producción del 50%. Por otra parte, en los costos de

reparación se deberá incluir la disponibilidad de los elementos de recambio, ya que, si estos no se encuentran en el stock de repuestos de la planta, se producirá un periodo de inactividad mayor al previsto en el MTTR.

-Perdidas por madera no aserrada (1000 X 1.800 CLP)

- Compra stock de repuestos (500.000 CLP)

**TOTAL: 2.300.000 CLP**

**3.362 US** (tasa de cambio 684 CLP)

- Tiempo promedio para reparar: El tiempo promedio que se requiere para la reparación del activo esta dado por el tiempo total de inactividad dividido por el número de fallas ocurridos en un año. Tiempo de estimado de inactividad 10 días.

**MTTR = 90 hrs / 6**

**MTTR = 12 hrs**

<i>EQUIPO</i>	<i>DAÑOS AL PERSONAL</i>	<i>IMPACTO AMBIENTAL</i>	<i>IMPACTO EN LA PRODUCCION</i>	<i>COSTO DE REPARACION</i>	<i>Tiempo promedio para reparar.</i>	<i>TOTAL</i>
MOTOR A-B	1	2	5	2	4	14
GENERADOR A-B	1	1	5	2	4	13
ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL	5	1	3	2	3	15

Tabla 10: Valores de consecuencias o impacto de la falla.

Fuente: Propia. Realizada en planta central maderera chile.

### 3.4.3 Calculo nivel de criticidad.

Para determinar el nivel de criticidad se debe emplear la fórmula de:

**Criticidad = frecuencia x consecuencia**

Los resultados obtenidos se expresan en la siguiente tabla:

EQUIPO	CRITICIDAD = (FRECUENCIA X CONSECUENCIA)
MOTOR A-B	42
GENERADOR A-B	39
ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL	45

Tabla 11: Valores de criticidad para equipos de alta demanda.

Fuente: Propia. Resultados de los equipos que condicionan el proceso de producción.

La criticidad final expresada en la tabla n° 11 para cada equipo sometido al análisis, se compara con la matriz de criticidad para establecer el nivel. Donde se obtienen los siguientes resultados:

Frecuencia	5	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125
	4	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92	96	100
	3	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75
	2	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
	1	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		Impacto																				

Criticidad Alta	(A)	color rojo	$50 \leq \text{Criticidad} \leq 125$
Criticidad Media	(B)	color amarillo	$30 \leq \text{Criticidad} \leq 49$
Criticidad Baja	(C)	color verde	$5 \leq \text{Criticidad} \leq 29$

Tabla 12 Matriz selección nivel de criticidad.

Fuente: Gestión de mantenimiento en pymes industriales.

**MOTOR A-B: CRITICIDAD MEDIA (B)**

**GENERADOR A-B: CRITICIDAD MEDIA (B)**

**ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL: CRITICIDAD MEDIA (B)**

### **3.5 IMPLEMENTACIÓN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) A PARTIR DE UN ANALISIS AMEF.**

Para la realización de un plan de mantenimiento que garantice una buena confiabilidad a los equipos más importantes de la planta se necesitara la realización de un análisis AMEF el cual tiene como objetivo identificar los modos de fallos en los que puede fallar el activo sometido a inspección.

Es por ello que se hace necesario elaborar un cuestionario que sea dirigido a los trabajadores y operadores para recoger la información necesaria para conocer con mayor profundidad el proceso productivo de la planta.

A continuación, se detallará el trabajo realizado en la planta, en este caso se elaboró un cuestionario, el cual evalúa la satisfacción laboral de los trabajadores y junto con ellos recogerá testimonios de los operadores para identificar los activos que son más importantes dentro del proceso y como se han comportado durante ciertos periodos de operación. Los siguientes cuestionarios se desarrollan con la finalidad de comenzar a crear un tipo de registro, ya que en la planta no existía nada similar con lo que se pudiese trabajar.

#### **3.5.1 Cuestionario para operadores de planta.**

El objetivo de este cuestionario será obtener una retroalimentación del proceso productivo que se lleva a cabo al interior de la planta, para así generar nuevas ideas de mejoras que contribuyan a un mejor ambiente laboral lo que asegura una producción más eficiente y segura.

Además, se realizarán preguntas técnicas sobre los activos (maquinas o herramientas) que existen en el área de producción, las preguntas irán enfocadas a las fallas que presentaron los activos durante el último periodo, para así realizar un análisis de modos y efectos de fallos (AMEF), análisis que permitirá la elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de los activos.

Cabe destacar que la implementación de este tipo de acciones de mantenimiento tiene un periodo de maduración de mediano a largo plazo por lo que se dejara toda la información recaudada a disposición de la empresa.

Gracias a la realización de los cuestionarios se podrán identificar los puntos más débiles dentro de la empresa para poder implementar mejoras que ataquen directamente estas falencias, también se conocerá el grado de satisfacción de los trabajadores de la planta.

Junto con ello y gracias a la encuesta dirigida a los operadores de la planta se recogerá información acerca de los equipos más importantes dentro del proceso productivo del aserradero, con esta información se comenzará a trabajar en la realización del análisis de modos y efectos de fallos (AMEF).

### **3.5.2 Respuesta al cuestionario aplicado.**

Luego de realizar la encuesta a los operadores se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **¿Cuál o cuáles son los equipos más importantes dentro de la planta?**

Los operadores concordaron que el equipo principal de la planta es el motor estacionario A marca mercedes modelo OM-314 de 90 HP, el cual es el encargado de proporcionar la energía mecánica necesaria para que el generador A pueda entregar una tensión de 380V. Convirtiéndose el generador en otro equipo vital en la planta.

Junto con ello se menciona la sierra circular de carro ya que es el único equipo habilitado para el corte de las trozas de madera.

#### **¿Cuáles son las funciones que cumplen estos equipos dentro del proceso?**

**Motor estacionario A:** Tiene como función proporcionar energía mecánica hacia el generador trifásico A por medio de correas de transmisión.

**Generador trifásico A:** Proporciona una tensión de 380V a partir de la energía mecánica aportada por el motor estacionario, la energía generada es derivada a distintos motores auxiliares los cuales se utilizan en las máquinas de canteado.

**Sierra de carro:** Esta es utilizada para el canteado de troncos con gran diámetro, se utiliza para realizar la cuadratura principal de las trozas, para ello se utiliza una sierra de carro, la sierra circular utilizada es una sierra de 22" de diámetro.

**¿Cómo fue detectada la falla?**

Según la respuesta de los operadores las fallas aparecen sorpresivamente ya que no se cuenta con ningún protocolo de inspección.

**¿Cuáles fueron las consecuencias que dejó la falla del equipo?**

Merma inmediata en la producción, trayendo como consecuencia el paro generalizado de la planta afectando los recursos de la empresa.

**¿Con que frecuencia se han producido los fallos de estos equipos?**

Generalmente fallan una vez al mes.

**¿De qué forma cree usted que se pudo evitar el fallo del equipo?**

Con un buen plan de mantenimiento preventivo de las máquinas, además debe existir un encargado de mantenimiento que este en la planta en periodos de operación.

**3.5.3 Conclusión.**

Con la información recaudada luego de realizada las encuestas a los trabajadores de la planta se llega a la conclusión de que la empresa necesita con suma urgencia un plan de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de la planta que mejore la confiabilidad de los equipos , ya que según testimonios de los operadores la producción está condicionada a los fallos repentinos que puedan tener estos activos ya que en la actualidad solo se trabaja

con un sistema de mantenimiento correctivo el cual no asegura una confiabilidad de los equipos.

Dicho esto, se realizará un análisis de modos y efectos de fallos dirigidos a los equipos generadores de energía y el equipo en inspección que en este caso es el aserradero de banda horizontal. Este análisis buscará identificar los modos de fallos para luego realizar un plan de mantenimiento preventivo que ataque de manera eficaz estos modos de fallos y así poder evitar o mitigar las fallas funcionales de los activos a inspección además se busca proporcionar una mayor confiabilidad al activo en inspección.

### **3.6 ANALISIS BASANDOSE EN LA TECNICA AMEF.**

El siguiente análisis se realizó con información recogida de testimonios de los trabajadores y operadores de la planta central maderera chile.

El objetivo de realizar el análisis de modos y efectos de falla será la identificación de los equipos que realizan las funciones principales dentro del proceso productivo para luego, identificar los efectos o consecuencias que presentaría la producción si estos equipos presentaran una falla funcional repentina.

Con esa información se busca implementar un plan de mantenimiento que permita asegurar una mejor confiabilidad del proceso de producción, centrado a prevenir los modos de fallas que puedan sufrir los activos principales.

<b>MOTOR ESTACIONARIO A y B MERCEDES 314</b>			
Funciones	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
<p>➤ Proporcionar energía mecánica hacia el generador trifásico n°1</p>	<p>1. Motor funciona con dificultades, lo que no le permite alcanzar revoluciones de operación (menos de 380V).</p>	1.1 Filtro de aire sucio, deteriorado o montaje inapropiado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Partida deficiente.</li> <li>- Vibración excesiva del motor.</li> <li>- Emanación de humo negro por el escape.</li> <li>- Olor a quemado cuando se acelera el motor.</li> <li>- Nivel de aceite bajo y con olor a ahumado.</li> <li>- Aceite de color negro con escasa viscosidad.</li> </ul>
		1.2 Combustible sucio o en mal estado.	
		1.3 Aceite con tono negro, con carencia de viscosidad.	
		1.4 Filtro de combustible en mal estado.	
	<p>2. Motor se calienta luego de periodos cortos de operación (más de 90°C).</p>	2.1 Falta de líquido refrigerante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura por sobre parámetros normales de funcionamiento. Verificar en el panel de control.</li> <li>- Manchas de líquido refrigerante.</li> <li>- Nivel de líquido refrigerante por debajo del mínimo.</li> </ul>
		2.2 Empaquetadura de culata en mal estado.	
		2.3 Radiador en mal estado.	
		2.4 Fugas por mangueras del sistema de refrigeración.	
		2.5 Termostato en mal estado.	

Tabla 13: Análisis AMEF para motores OM-314

Fuente: Propia, información recopilada en terreno.

<b>GENERADOR TRIFASICO A y B.</b>			
Funciones	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
<p>➤ Convertir energía mecánica proveniente del motor estacionario A en energía eléctrica con una tensión deseada de 380V.</p>	<p>1.1 Tensión entregada inestable (Falla de excitación).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reguladores de voltaje en mal estado.</li> <li>- Transformadores en mal estado.</li> <li>- Puentes de diodos en mal estado.</li> <li>- Devanado del estator en mal estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe respuesta a excitación por parte del generador.</li> <li>- Emanación de olor a quemado.</li> <li>- Vibración excesiva del conjunto.</li> </ul>
	<p>2. Altas temperaturas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rodamientos en mal estado (vibraciones excesivas).</li> <li>- Deficiencia en la lubricación o lubricante inapropiado</li> <li>- Desalineamiento del conjunto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sonido irregular cuando el equipo está en funcionamiento.</li> <li>- Emanación de olor a quemado.</li> <li>- Vibraciones excesivas.</li> <li>- Humo visible.</li> </ul>

Tabla 14: Análisis AMEF para generadores A y B

Fuente: Propia, información recopilada en terreno.

<b>ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL.</b>			
Funciones	Falla funcional	Modo de falla	Efecto de falla
<p>➤ Realiza cortes de canteado y cuadratura para el dimensionamiento de trozas de pino radiata.</p>	1. Potencia insuficiente para realizar corte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motor eléctrico defectuoso (falta mantenimiento).</li> <li>- Sierra de banda gastada.</li> <li>- Motor eléctrico desalineado.</li> <li>- Tensado de correa incorrecto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emanación de olor a quemado.</li> <li>- Humo proveniente del corte.</li> <li>- Sonidos irregulares.</li> <li>- Vibraciones excesivas.</li> </ul>
	2. Regulación de altura de corte trancada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Motor 12v defectuoso (falta mantenimiento).</li> <li>- Botonera en mal estado.</li> <li>- Poleas en mal estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emanación de olor a quemado.</li> <li>- Piolas cortadas.</li> <li>- Sonidos extraños "clack".</li> </ul>
	3. Lubricación de la sierra de banda defectuosa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Depósito del lubricante vacío.</li> <li>- Fugas en el sistema.</li> <li>- Válvula de paso en mal estado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto final con dimensiones irregulares.</li> <li>- Mala calidad del corte.</li> <li>- Daños en los dientes de la sierra.</li> </ul>
	4. Desplazamiento con dificultad de las trozas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carencia de lubricación en elementos giratorios del sistema (rodillos)</li> <li>- Lubricante incorrecto.</li> <li>- Exceso de suciedad (aserrín).</li> <li>- Rodamientos en mal estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sonido de "chirrido" al desplazar la troza.</li> <li>- Los rodillos no giran.</li> <li>- Grasa en mal estado, presencia de elementos contaminantes.</li> </ul>

Tabla 15: Análisis AMEF para aserradero de banda horizontal.

Fuente: Propia, información encuesta a trabajadores de planta.

### **3.7 PLAN DE MANTENIMIENTO ATACANDO LOS MODOS DE FALLOS.**

#### **3.7.1 Para motor estacionario A y B.**

Según el análisis de modos y efectos de fallos realizado a este equipo, se concluyó que es necesario aplicar mantenciones correctivas y preventivas para asegurar una buena confiabilidad del equipo.

Las siguientes tareas de mantenimiento se basan en los requerimientos del fabricante del motor, los plazos pueden variar dependiendo de las horas de uso del equipo. Las tareas de mantenimiento están enfocadas a prevenir de manera eficiente los modos de fallos que puede tener este equipo para así evitar o mitigar las fallas funcionales del mismo.

**FALLA FUNCIONAL:** Motor incapaz de alcanzar revoluciones necesarias para la generación de energía.

#### **Actividades de mantenimiento:**

- Cambio de aceite.
- Cambio de filtro de aire.
- Cambio filtro de bencina.
- Limpieza sistema de combustible.

**FALLA FUNCIONAL:** Motor se calienta luego de periodos cortos de operación.

#### **Actividades de mantenimiento.**

- Verificar el nivel de líquido refrigerante-
- Inspección visual del sistema de refrigeración, buscando cualquier indicio de fugas.
- Verificación estado del radiador.
- Verificación del estado del termostato (recambio).
- Cambio empaquetadura de culata.

### **3.7.2 Para generadores trifásicos A y B.**

Según el análisis de modos y efectos de fallos los generadores 1 y 2 solo necesitan de tareas de mantenimiento preventivas para así asegurar una mayor confiabilidad del equipo.

Las siguientes tareas atacan de manera eficaz los modos de fallos que puede tener el generador trifásico para así evitar las fallas funcionales que puedan presentar estos.

FALLA FUNCIONAL: Tensión entregada inestable.

#### **Actividades de mantenimiento.**

- Verificar estado de reguladores de voltaje.
- Verificar el estado del puente de diodos
- Verificar estado del estator
- Verificar aislación rotor

FALLA FUNCIONAL: Altas temperaturas.

#### **Actividades de mantenimiento.**

- Lubricar descansos.
- Alinear conjunto motor-generador.
- Cambio de rodamientos.

### **3.7.3 Para aserradero de banda horizontal.**

Según el análisis realizado se obtuvieron tres tipos de fallas funcionales para este equipo, Una vez identificadas las fallas se nombrarán las actividades a realizar para mitigar o eliminar los posibles modos de fallos.

Con esto lo que se busca es aumentar la vida útil y su confiabilidad. lo que asegurar un correcto funcionamiento del mismo dentro de las exigencias de producción.

FALLA FUNCIONAL: Potencia insuficiente para realizar el corte.

**Actividades de mantenimiento.**

- Revisar tensión de correas transmisora de potencia.
- Revisar estado de la sierra de banda (estado de los dientes de corte).
- Realizar mantenimiento preventivo al motor principal.
- Revisar y ajustar alineamiento del motor principal.
- Cambio de correas.
- Cambio de sierra de banda.

FALLA FUNCIONAL: Regulación de altura de corte trancada.

**Actividades de mantenimiento.**

- Realizar una inspección visual al estado de piolas y poleas del sistema.
- Revisar estado de la botonera.
- Realizar mantenimiento preventivo a motor regulador de altura de corte.

FALLA FUNCIONAL: Lubricación sierra de banda defectuosa.

**Actividades de mantenimiento.**

- Revisar niveles en el depósito del lubricante.
- Comprobar el estado de la válvula reguladora de flujo.
- Realizar inspección del sistema para buscar posibles fugas en el sistema.
- Limpieza total del sistema.

FALLA FUNCIONAL: Desplazamiento con dificultad de las trozas.

**Actividades de mantenimiento.**

- Lubricar descansos, rodamientos y rieles por donde transita la máquina y la troza.
- Realizar limpieza eliminando restos de residuos propios de la actividad.
- Inspección y recambio de rodamientos en mal estado.

### 3.8 FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO.

#### 3.8.1 Frecuencia de mantenimiento para motor OM-314.

La siguiente tabla muestra la frecuencia con la cual se deben realizar las tareas de inspección y mantenimiento para los motores A y B que existen en la planta, con estas tareas se busca aumentar la fiabilidad del equipo evitando las fallas repentinas que provocaban la detención del proceso de producción, generando pérdidas para la empresa.

Frecuencia de mantenimiento para motores OM-314					
	Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Inspección visual	X				
Verificar nivel de aceite	X				
Verificar nivel de refrigerante	X				
Cambio de filtro de aire				X	
Cambio de aceite				X	
Cambio de filtro de aceite				X	
Cambio de filtro de combustible					X
Verificación de termostato					X

Tabla 16: Frecuencia de mantenimiento para motores OM-314

Fuente: Propia. Elaborada con información del fabricante.

### 3.8.2 Frecuencia de mantenimiento para generador A y B.

Frecuencia de mantenimiento para generador A y B					
	DIARIA	SEMANTAL	MENSUAL	SEMESTRAL	ANUAL
Lubricar descansos y rodamientos		X			
Cambio de rodamientos					X
Alinear conjunto motor-generador					X
Verificar reguladores de voltaje					X
Verificar el estado de puente de diodos					X
Verificar el estado del rotor					X

Tabla 17: Frecuencia de mantenimiento para Generadores A y B

Fuente: Propia, Elaborada en base a equipos similares.

### 3.8.3 Frecuencia de mantenimiento para aserradero de banda horizontal.

Frecuencia de mantenimiento para aserradero de banda horizontal					
	Diaria	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
Inspección visual	X				
Verificar estado de sierra de banda	X				
Verificar tensión de banda y correas de transmisión		X			
Cambio de sierra de banda				X	
Cambio de correas de transmisión				X	
Realizar mantenimiento preventivo a motores eléctricos					X
Verificar alineamiento del motor principal					X
Limpieza y mantenimiento a sistema de lubricación de corte			X		
Recambio de rodamientos					X
Limpieza y lubricación de rieles y rodillos			X		

Tabla 18: Frecuencia de mantenimiento para aserradero de banda horizontal.

Fuente: Propia. Elaborada con información del fabricante.

### 3.9 EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO.

Para saber las tareas de reparación y mantenimiento necesarias para poner en marcha el aserradero de banda horizontal, como tarea principal se debe estudiar y conocer el estado actual de los elementos, en la siguiente figura se muestran los elementos principales que constituyen el aserradero de banda horizontal.

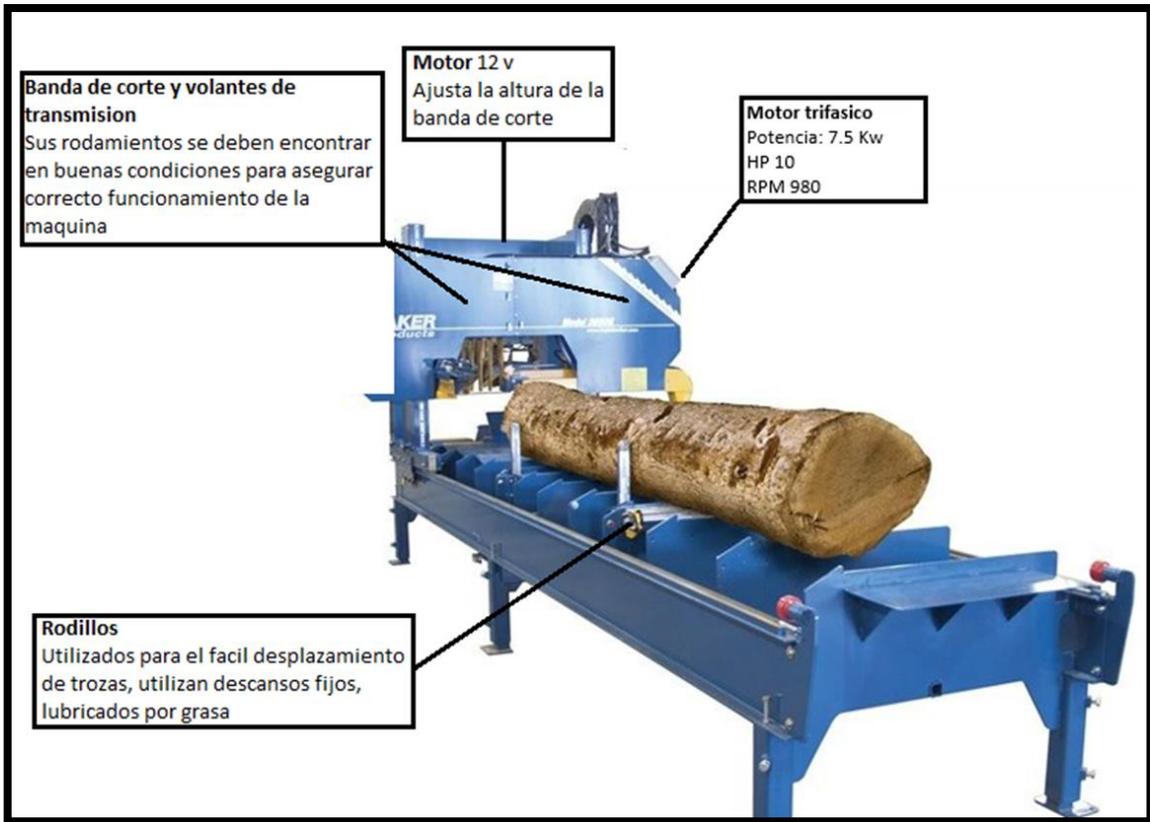


Figura 17: Elementos principales de un aserradero de banda horizontal.

Fuente: Propia, elementos principales que componen actualmente el aserradero de banda horizontal de la planta central maderera chile.

Luego de la inspección realizada en terreno y según los requerimientos de la empresa se elaboró una lista con todas las actividades a realizar para poder poner en marcha este aserradero.

La finalidad de este proyecto es aumentar la capacidad que tiene la planta para aserrar madera y además ahorrar en el consumo de esta misma debido a su menor cantidad de material de residuo que produce al dimensionar trozas de pino radiata.

### **3.9.1 Reparación y puesta en marcha.**

Para realizar la puesta en marcha del aserradero de banda horizontal se deben realizar tareas de mantenimiento correctivo, con la finalidad de garantizar un correcto funcionamiento del equipo sometido a evaluación. Como en la empresa no existe ningún tipo de historial de falla del equipo todas las tareas mencionadas fueron evaluadas con el fin de cumplir con las exigencias de producción, tareas que al ser complementadas con un buen mantenimiento preventivo aumentarían la confiabilidad del equipo. Cumpliendo con los requerimientos entregados por la empresa.

1. Realizar una limpieza general del equipo eliminando residuos sólidos y rastros de corrosión principalmente en rieles por donde transita la parte móvil.
2. Recambio de rodamientos y cono de fijación para volante conductor y volante conducido.
3. Montaje de volantes en el equipo.
4. Realizar mantenimiento preventivo a motor trifásico (elemento crítico)
5. Montaje y alinear el motor trifásico, esto para evitar vibraciones excesivas que puedan acortar la vida útil de elementos de sacrificio (rodamientos y bujes)
6. Montaje sierra de banda con tensado óptimo de operación.
7. Montar y ajustar correas de transmisión.
8. Realizar mantenimiento preventivo a motor superior que controla la altura (elemento crítico).
9. Montaje motor superior (regulación de altura).
10. Lubricar rieles y rodillos del equipo.
11. Revisar y reparar línea de lubricación de corte.
12. Realizar conexionado y comprobar correcto funcionamiento.
13. Repintado del equipo para evitar corrosión debido a las condiciones de operación.

Nota: Debido a la longevidad del equipo y a las modificaciones que pudo sufrir con el paso del tiempo pueden existir algunas reparaciones no contempladas en la lista anterior, sin embargo, fueron consideradas como reparaciones menores las cuales no influyen en el correcto funcionamiento del equipo.

### 3.9.2 Elaboración carta Gantt.

El siguiente diagrama Gantt fue realizado a partir de las actividades mencionadas anteriormente, los tiempos (periodo de duración) están estimados en días. Además, se muestra el porcentaje completado por cada etapa del proyecto.

La siguiente carta Gantt va dirigida al supervisor a cargo de la realización del proyecto, se debe rellenar el ítem de duración real de cada etapa para así realizar una retroalimentación del trabajo realizado.

<b>CARTA GANTT (PUESTA EN MARCHA ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL).</b>				
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>INICIO</b>	<b>DURACION ESTIMADA</b>	<b>DURACION REAL</b>	<b>PORCENTAJE COMPLETADO</b>
LIMPIEZA DEL EQUIPO	1	1		10%
MANTENIMIENTO MOTOR TRIFASICO	1	2		20%
MANTENIMIENTO MOTOR 12V	1	2		20%
MONTAJE MOTOR 12V	2	1		30%
MONTAJE MOTOR TRIFASICO	2	1		30%
RECAMBIO RODAMIENTOS Y CONO	3	1		40%
MONTAJE VOLANTES	3	1		40%
MONTAJE SIERRA DE BANDA	4	1		50%
MONTAR CORREAS DE TRANSMISION	4	1		50%
REPARACION LINEA DE LUBRICACION	5	1		60%
LUBRICAR RIELES Y RODILLOS	5	1		60%
REALIZAR CONEXIONADO ELECTRICO	6	1		75%
REPINTADO DEL EQUIPO	7	2		95%
EVALUACIÓN AVANCE PROYECTO	1,2,3,4,5,6,7	1		100%
PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	8	1		100%
<b>TOTAL DEL PERIODO DE EJECUCIÓN</b>		4		100%

Tabla 19: Carta Gantt de la puesta en marcha de aserradero de banda horizontal.

Fuente: Propia, Realizada según lo visto en terreno y la disponibilidad del equipo.

### **3.9.3 Condiciones para un trabajo seguro.**

Para evitar que ocurran accidentes laborales a la hora de realizar la reparación y mantenimiento del equipo se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Antes de realizar cualquier tarea designada los trabajadores deben usar sus elementos de protección personal. (zapatos de seguridad; guantes de cabritilla; antiparras), en el caso del técnico eléctrico deberá usar los EPP que el gremio le exige.
- Desconectar cualquier fuente de energía. **ANTES DE INTERFERIR EN EQUIPO.**
- Rotular y señalar equipos y/o elementos que se dejen fuera de servicio, esto evitara confusiones entre operadores y trabajadores.
- Utilizar herramientas correctas. **NO IMPROVISAR.**
- En caso de accidentes avisar de inmediato al supervisor a cargo.

La seguridad es un aspecto en el cual no se puede flexibilizar por lo que todos los puntos mencionados son de vital importancia para asegurar un trabajo y una finalización del mismo de manera exitosa.

### 3.10 EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO.

#### 3.10.1 Inversión del proyecto.

##### **INVERSIÓN Y BENEFICIOS** **PUESTA EN MARCHA ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL**

Presupuesto Materiales y Mano de Obra	Cant.	Unidad	Costo Unit. [€]	Total [€]
RODAMIENTO CONO DE 5 GRADOS 50MM	1	Und	\$ 20.000	\$ 20.000
RODAMIENTO 6208	2	Und	\$ 8.000	\$ 16.000
BANDA DE CORTE DENTADA PARA MADERA	1	Und	\$ 40.000	\$ 40.000
DILUYENTE	5	L	\$ 1.180	\$ 5.900
BROCHA	3	Und	\$ 800	\$ 2.400
DILUYENTE	5	L	\$ 2.500	\$ 12.500
LIJA 180-240-400	12	Und	\$ 200	\$ 2.400
SOLDADURA 6011	1	kg	\$ 2.500	\$ 2.500
DISCOS DE CORTE	2	Und	\$ 850	\$ 1.700
PINTURA	2	L	\$ 3.000	\$ 6.000
GRASA	2	kg	\$ 2.900	\$ 5.800
BATERIA 90 AMP	1	Und	\$ 90.000	\$ 90.000
BATERIA 12 AMP	1	Und	\$ 30.000	\$ 30.000
CABLE ELECTRICO	1	M	\$ 23.000	\$ 23.000
CINTA ELECTRICA	2	Und	\$ 500	\$ 1.000
CAJA DE CONEXIÓN AISLADA	1	Und	\$ 6.000	\$ 6.000
LIMPIA CONTACTO ELECTRICO	1	Und	\$ 3.800	\$ 3.800
FLETES	1	Und	\$ 5.000	\$ 5.000
<b>SUPERVISOR</b>	15	HHN	\$ 4.000	\$ 60.000
<b>MECÁNICO</b>	30	HHN	\$ 2.700	\$ 81.000
<b>AYUDANTE MECÁNICO</b>	30	HHN	\$ 1.700	\$ 51.000
<b>SOLDADOR MIG</b>	3	HHN	\$ 5.000	\$ 15.000
<b>ELECTRICO</b>	8	HHN	\$ 6.000	\$ 48.000
				\$ -
GG Y UTILIDAD	1	Global	\$ 100.000	\$ 100.000
				\$ -
<b>Sub-Total \$</b>				<b>\$ 629.000</b>
Imprevistos 4 %				\$ 25.160
Ingeniería				\$ 150.000
<b>Inversión [€] :</b>				<b>\$ 804.160</b>
<b>[USD] :</b>				<b>1.186</b>

Tasa Cambio [€/USD] **\$ 678,00**

Tabla 20: Inversión para puesta en marcha del proyecto.

Fuente: Propia, elaborada según cotizaciones realizadas a distintas empresas y casas de venta de repuestos.

### 3.10.2 Beneficios.

#### CUANTITATIVOS.

Uno de los beneficios que trae la puesta en marcha del proyecto es el ahorro de materia prima, ya que este tipo de aserradero permite realizar cortes de menos espesor, lo que genera menos cantidad de aserrín. Durante el periodo de practica se consultó a los operadores de planta acerca del rendimiento del equipo cuando estaba en funcionamiento.

Con los datos obtenidos de los operadores se realizó un estimativo de cuánto puede llegar a ser el ahorro anual al operar con este equipo.

<b>TARIFA MEDIA MADERA BRUTA [m3]</b>	<b>26000</b>	Fuente: CENTRAL MADERERA CHILE
<b>BENEFICIOS</b>		
<b>AHORRO CONSUMO DE MADERA</b>		
Promedio Consumo madera bruta al dia [m3]	17,0	
Ahorro [m3/Dia] (%)	0,05	
Ahorro madera bruta anual [m3/Año]	18,3	
<b>Ahorro en [USD/Año] :</b>	<b>751</b>	
<b>Ahorro en [\$/Año] :</b>	<b>\$ 474.500</b>	

Otro de los beneficios que traerá la puesta en marcha del activo será la incrementación de la tasa de producción a un 50%, dicho esto el beneficio por producto procesado alcanza la suma de \$4.320.000 CLP.

#### CUALITATIVOS.

De los beneficios cualitativos y que no se pueden expresar con una cifra tenemos los beneficios al personal y a la empresa, ya que se puede inferir que este equipo representa menor riesgo de operación que el sistema actual (aserradero de sierra de carro), el cual ya ha presentado situaciones de riesgo que comprometen la integridad física del personal de la empresa. Para los beneficios a la empresa tenemos la incorporación de un equipo que entrega un producto de dimensiones más exactas, mejorando la calidad del producto final, lo que puede traducirse en potenciales oportunidades de venta.

### 3.10.3 Razón Beneficio/Costo (B/C).

#### **COSTOS:**

Del análisis costo beneficio tendremos que la incorporación de este activo trae una inversión inicial para su puesta en marcha de **\$804.160 CLP**.

Posterior a la puesta en marcha se necesitarán un número de 3 trabajadores los cuales estarán a cargo de la operación del activo y del mantenimiento del mismo por lo que se deben contemplar sueldos acordes al mercado. Los costos de la incorporación de 3 nuevos empleados hacen a la suma de **\$13.850.000 CLP**.

De los costos para la compra de repuestos para stock de bodega tenemos la compra de rodamientos, grasa, sierras de banda y batería. Con un total de **\$250.000 CLP**.

La suma de todos los costos nos da un total de **\$14.904.160 CLP**. (21.790 US)

#### **BENEFICIOS:**

De los beneficios tenemos el ahorro de materia prima la cuya suma hace a **\$474.500 CLP**.

Beneficio por producción de cuarterones de madera producidos con una suma total de **\$51.840.000 CLP**.

Beneficio total anual **\$52.314.500 CLP** anuales. (77.160 US)

#### **CONCLUSION:**

B/C > 1.0 aceptar el proyecto.

B/C < 1.0 rechazar el proyecto

$$(77.160 \text{ US} / 21.790 \text{ US}) = 3.54$$

**SE DECIDE ACEPTAR PROYECTO DE PUESTA EN MARCHA.**



**4. CAPITULO IV: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.**



## **CONCLUSIONES.**

Realizada la evaluación técnica económica del proyecto se puede inferir que el proyecto es un proyecto viable, en el cual los costos de inversión inicial son mitigados por los beneficios que traerá poner en funcionamiento un equipo adicional para el dimensionamiento de trozas de pino radiata y eucalipto las cuales son:

- Aumento de producción.
- Mejor aprovechamiento de materia prima. (Producción de viruta.)
- Mayor seguridad al personal.

La evaluación técnica del proyecto trajo consigo un levantamiento de información debido a que en la empresa no existía ningún tipo de registro del proceso productivo junto con ello se trabajó en la elaboración de análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de fallos (AMEF), para la implementación de un mantenimiento centrado en la confiabilidad de los activos más importantes dentro del proceso de producción (de igual forma para el equipo sometido a evaluación), para así asegurar un proceso de producción más eficiente y confiable.

La implementación del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad consiste en realizar tareas preventivas las cuales están dirigidas a mitigar y eliminar los modos de fallos de los equipos mencionados en el trabajo realizado, esto incrementa la confiabilidad de los equipos. Evitando de esta forma paradas repentinas las cuales traen grandes pérdidas económicas a la empresa y sus trabajadores.

Posteriormente el proyecto fue sometido a una evaluación económica la cual contempla la compra de repuestos e insumos, reparación y puesta en marcha del aserradero de banda horizontal, con un costo total de \$804.160 CLP.

<b>Nombre del Proyecto</b>	<b>: PUESTA EN MARCHA ASERRADERO DE BANDA HORIZONTAL</b>
<b>Planta</b>	<b>: CENTRAL MADERERA CHILE</b>
<b>Código</b>	<b>: P2018-01</b>
<b>Tipo de Proyecto</b>	<b>: A</b>
<b>Responsable</b>	<b>: Pablo Machuca Ayabire</b>
<b>Objetivo</b>	
Incrementar la producción.	
<b>Descripción</b>	
Incrementar la producción de madera aserrada mediante la puesta en marcha de un aserradero de banda horizontal, al cual se le realizara una mantencion correctiva.	
<b>Beneficios</b>	
<b>Cuantitativos</b>	<b>: Ahorro Consumo madera bruta en 18,3 m3</b>
	<b>Ahorro Anual [USD/Año] : 751</b>
	<b>[\$/Año] : 474.500</b>
<b>Cualitativos</b>	<b>: Mejorar proceso de producción de madera aserrada. Mediante la puesta en marcha del aserradero de banda se consigue incrementar la producción y el aprovechamiento de las trozas reduciendo la cantidad de desperdicios y mejorando la calidad del corte.</b>

**SUGERENCIAS.**

- Realizar la puesta en marcha del activo.
- Implementar las labores de mantenimiento mencionadas a todos los equipos en este proyecto para evitar paradas repentinas de producción.
- Implementar historiales de falla para cada equipo crítico.
- Organizar los equipos que existen en la planta de manera estratégica para acelerar y evitar estancamientos durante la producción.
- Implementar mesas semi-automáticas para acelerar y dar orden al proceso de producción.

### 4.3 **BIBLIOGRAFIA.**

-Comesaña Costas, P. *Manual técnico para instalados de máquinas y equipos industriales.*

-Edwin Neto Chusin, (2008). *Mantenimiento industrial.* Macas-Ecuador.

- Adolfo Crespo Márquez y Carlos Parra Márquez. (2008). *APLICACIÓN PILOTO DE LA METODOLOGÍA MANTENIMIENTO CENTRADO EN FIABILIDAD/MCF (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE/RCM) informe técnico.* Sevilla

**4.4 ANEXOS**

Encuestas a trabajadores de planta.

**NOTA: La siguiente encuesta es de carácter anónima y su objetivo principal es evaluar las condiciones de trabajo junto con la satisfacción laboral de los trabajadores y operadores de la planta.**

**Marcar con una X su nivel de satisfacción con respecto a cada pregunta o ítem**

<b>Motivacion y reconocimiento.</b>			
¿Cómo se ha sentido trabajando en la empresa?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Sus funciones y responsabilidades estan bien definidas?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Recibe informacion de como desempeña su trabajo?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Esta motivado y le gusta el trabajo que desarrolla?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Esta conforme con el salario que recibe?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Cómo califica la relacion con sus compañeros?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se siente parte de un equipo de trabajo?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Área y ambiente de trabajo.</b>			
¿Conoce los riesgos y las medidas de prevención relacionados con su puesto de trabajo?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿El trabajo en su área esta bien organizado?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Las condiciones de trabajo en su área son seguras?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Estan claros y conoce los protocolos en caso de emergencia?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La empresa le facilita equipo de proteccion personal?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<b>Formación e informacion.</b>			
¿Recibe informacion para realizar correctamente su trabajo?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Usted a recibido informacion sobre prevencion de riesgos?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La empresa proporciona oportunidades de desarrollo laboral?			
Muy satisfecho	Satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

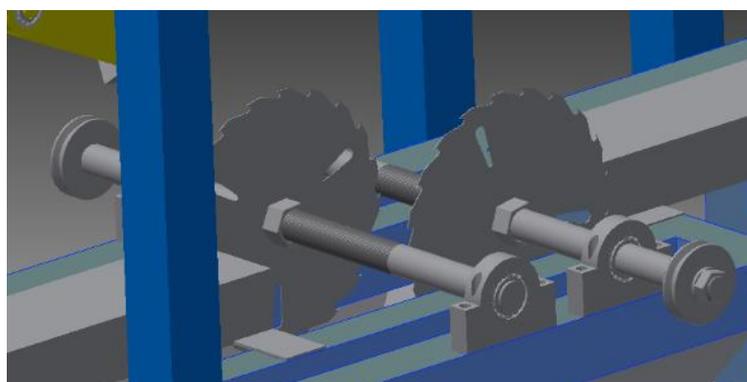
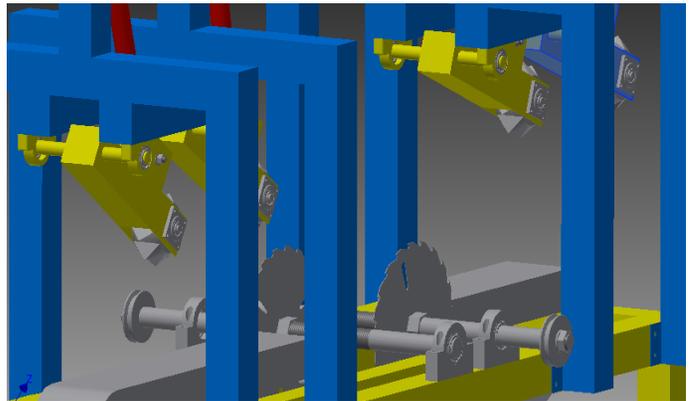
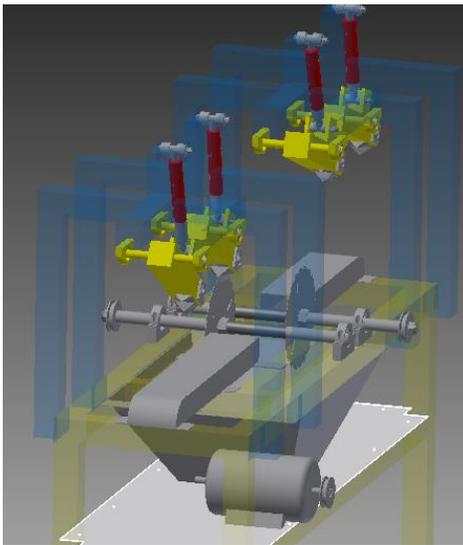
**NOTA:** La siguiente encuesta va dirigida a los operadores de la planta, cuyo objetivo es identificar los activos(maquinas) críticos y la frecuencia de fallo de los mismos. Lo que se busca es recaudar información para la realización de un análisis de modos y efectos de fallos.

Su información es importante para un mejor desarrollo de las actividades, gracias a su aporte podremos realizar mejoras que garanticen el crecimiento de la planta y sus trabajadores.

¿Cuál o cuales son los equipos mas importante dentro de la planta?				
¿Cuáles son las funciones que cumple este equipo dentro del proceso?				
¿Cómo fue detectada la falla?				
¿Cuáles fueron las consecuencias que dejo la falla del equipo?Produccion/operaciones				
¿Con que frecuencia se han producido los fallos de estos equipos?				
1 vez por mes	cada 3 meses	cada 6 meses	Desconosco	otro:
¿De que forma cree usted que se pudo evitar el fallo del equipo?				

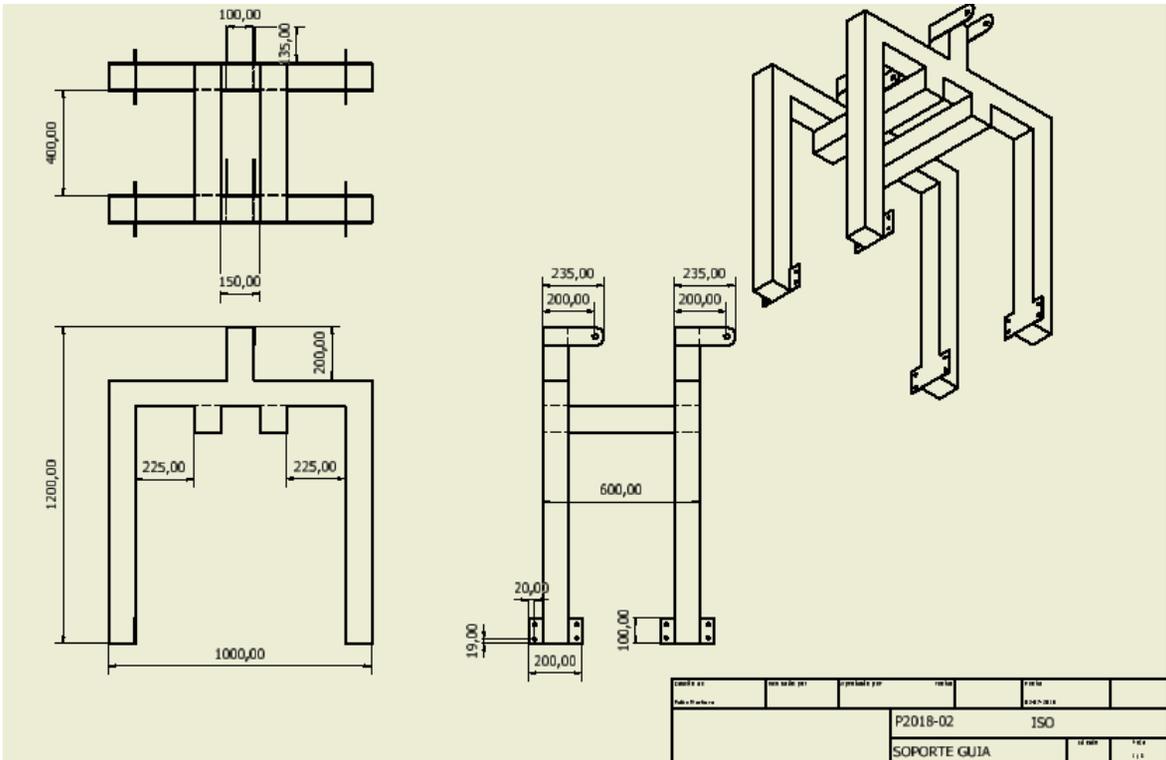
## DISEÑO MAQUINA TWIN.

<b>Nombre del Proyecto</b> : Diseño maquina Twin	
<b>Planta</b>	: CENTRAL MADERERA CHILE
<b>Código</b>	: P2018-02
<b>Tipo de Proyecto</b>	: A
<b>Responsable</b>	: Pablo Machuca Ayabire
<b>Objetivo</b>	
Incrementar la producción.	
<b>Descripción</b>	
Diseño de maquina twin con sistema de corte mediante sierras gemelas, para cortes de hasta 200mm x 250mm. La finalidad de este proyecto es disminuir el tiempo que lleva la cuadratura de las trozas. Diseño se ajusta a requerimientos de la empresa.	
<b>Beneficios</b>	
<b>Cuantitativos</b>	: Ahorro (?%) Consumo madera bruta en m3
	Ahorro Anual [USD/Año] : 0
	[\$/Año] : 0
<b>Cualitativos</b>	:

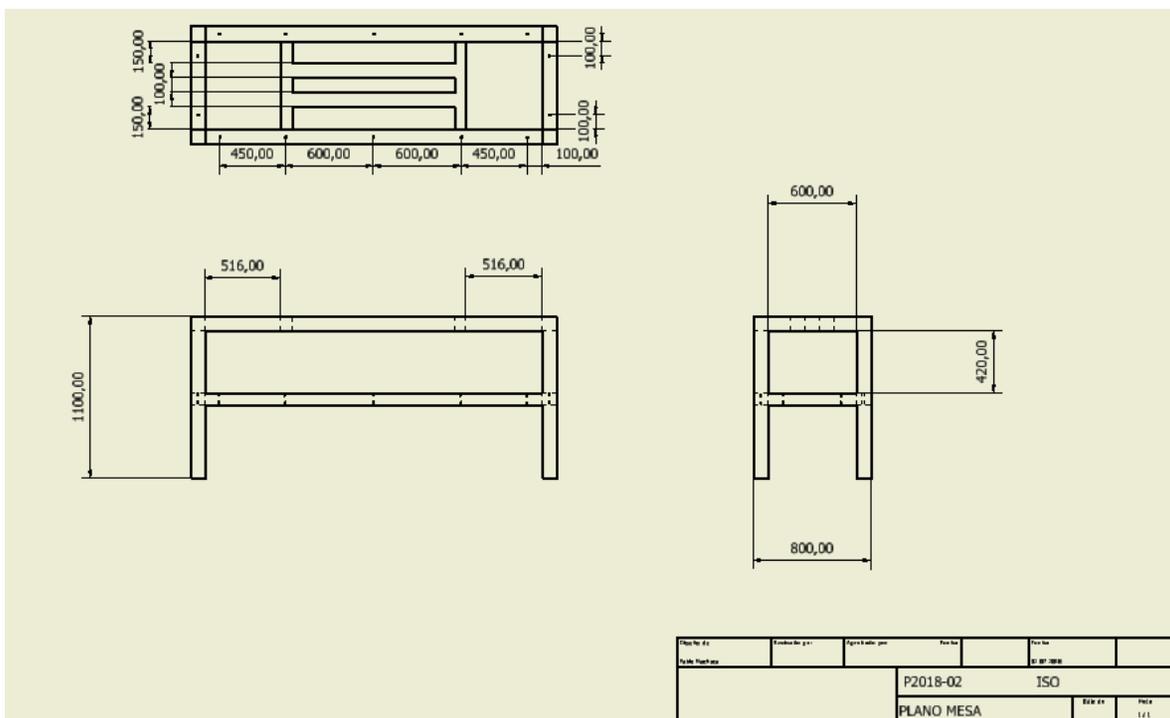


PIEZAS PRINCIPALES.

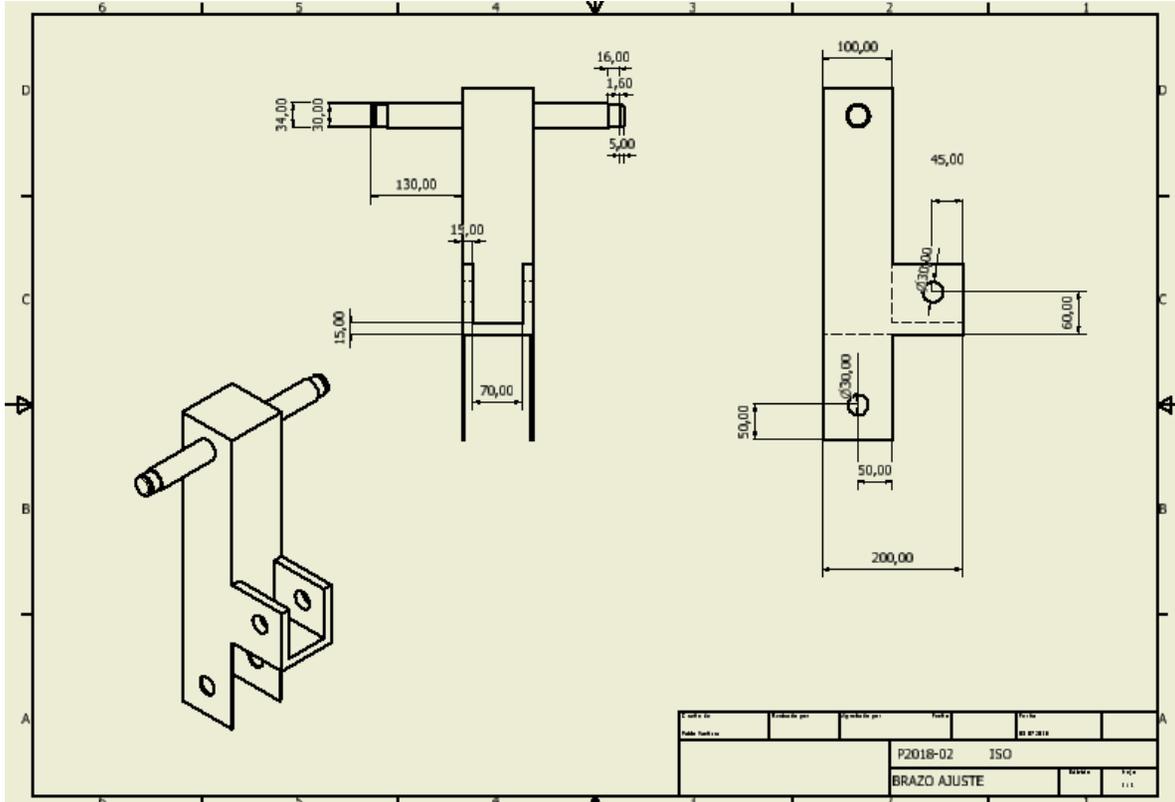
SOPORTE GUIA BRAZO AJUSTE SUPERIOR:



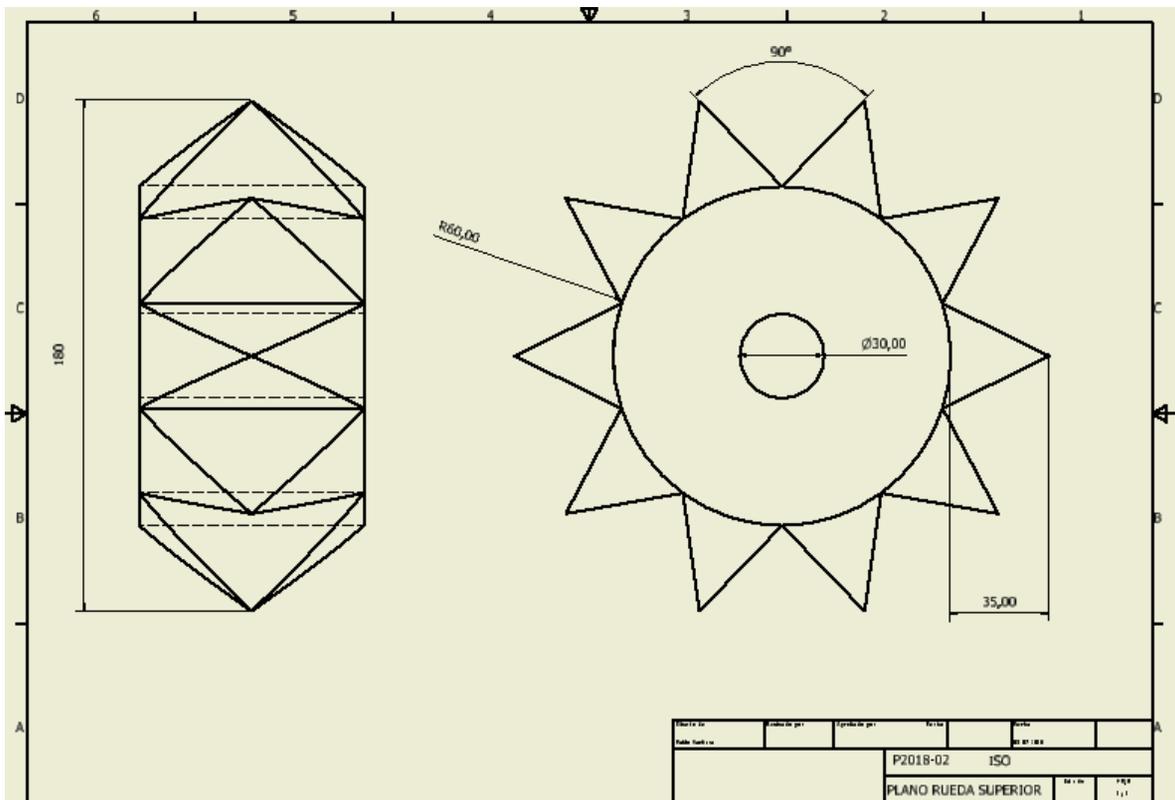
MESA:



BRAZO SUPERIOR:



RUEDA AJUSTE SUPERIOR:



PLANO EXPLOSIONADO BRAZO SUPERIOR:

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Pieza1	
2	1	BRAZO AJUSTE	
3	1	Pieza3	
4	2	Descanso rodamiento 7206	
5	2	RODAMIENTO 7206	
6	2	BUJE 20X30 ALTO 20	
7	1	Pieza2	
8	2	BUJE 15X20 ALTO 50	
9	2	DESCANZO RUEDA BRAZO	
10	2	RODAMIENTO 7204	
11	2	buje 30x40	
12	2	SEGURO SEEGER 29MM	
13	1	EJE 20MMX140,5MM	
14	2	SEGURO SEEGER 20MM	

Proyecto:	Elaborado por:	Revisado por:	Fecha:	Hoja:	Total:
			P2018-02		
			PLANO_BRAZO EXPLOSIONADO		

PLANO MONTADO EN SOPORTE, DESPIECE:

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	BRAZO AJUSTE	
2	1	Pieza3	
3	2	Descanso rodamiento 7206	
4	2	RODAMIENTO 7206	
5	1	Pieza2	
6	1	Pieza1	
7	2	BUJE 15X20 ALTO 50	
8	2	BUJE 20X30	
9	2	BUJE 20X30 ALTO 20	
10	1	Soporte para guía	
11	4	GOLLILLA 15MM	
12	2	PERNO 15MMX136	
13	2	TUERCA 15MM	
14	2	SEGURO SEEGER 29MM	
15	2	DESCANZO RUEDA BRAZO	
16	2	RODAMIENTO 7204	
17	1	EJE 20MMX140,5MM	
18	2	SEGURO SEEGER 20MM	

Proyecto:	Elaborado por:	Revisado por:	Fecha:	Hoja:	Total:
			P2018-02	ISO	
			BRAZO MONTADO		

## RIESGOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL ASERRADERO.

Puesto de trabajo: <b>Sierra de carro</b>	Tipo: <b>Corte de materiales</b>
---	----------------------------------

*Riesgos detectados en el puesto de trabajo*

Nº	Riesgo detectado	P	C	Estimación
018	INHALACIÓN DE POLVO	2	3	Importante
020	CAÍDAS DE PERSONAS AL MISMO NIVEL	2	2	Moderado
040	CAÍDAS DE OBJETOS EN MANIPULACIÓN	2	2	Moderado
080	CHOQUES CONTRA OBJETOS MÓVILES	2	2	Moderado
085	CHOQUES CON O ENTRE OBJETOS	2	2	Moderado
100	PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS O PARTÍCULAS	2	2	Moderado
116	ATRAPAMIENTO EN LA SIERRA / EN EL CARRO DE LA SIERRA	2	2	Moderado
130	SOBREESFUERZOS	2	2	Moderado
160	EXPOSICIÓN A CONTACTOS ELÉCTRICOS	2	2	Moderado
330	RUIDO	2	3	Importante

410	POSTURAS FORZADAS	2	2	Moderado
590	CORTES	2	3	Importante

P -> Probabilidad      C -> Consecuencias

1.                    BAJA      1.                    BAJA

2.                    MEDIA      2.                    MEDIA

3. ALTA                    3. ALTA

Riesgo	Valoración	Descripción y medidas preventivas
PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS O PARTÍCULAS	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye las proyecciones de fragmentos o partículas del tipo metálico, cerámico, líquido ... derivadas del uso de elementos móviles de máquinas o elementos manipulados.</p> <p><b>Medidas preventivas</b></p> <p>Colocar extracción localizada. Colocar señal del uso obligatorio de gafas / máscara de protección. Debe colocarse resguardos para proteger al operario. Utilizar gafas de protección.</p>
ATRAPAMIENTOS	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Atrapamientos por o en el carro de la sierra</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Orden y limpieza en el puesto de trabajo. Utilización de ropa ajustada sin pliegues o partes sueltas.</p>
CHOQUES CON O ENTRE OBJETOS	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Choques por o entre objetos provocados por elementos de maquinaria o por los almacenamientos.</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Orden y limpieza en el puesto de trabajo.</p>
CAÍDAS DE PERSONAS AL MISMO NIVEL	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye la caída de personas desde huecos, aberturas, alturas inferiores a 2m y las provocadas por resbalones, tropiezos...</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Orden y limpieza.</p>

CAÍDAS DE OBJETOS EN MANIPULACIÓN	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye la caída de objetos por manipulación tanto de materiales como herramientas.</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Utilizar botas de seguridad. Utilizar elementos auxiliares durante la manipulación de piezas de madera de gran tamaño.</p>
CHOQUES CONTRA OBJETOS MÓVILES	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye los choques contra objetos móviles tales como: partes de maquinaria, cargas suspendidas...</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Proteger las partes activas de la máquina (volantes, correas etc)</p>
EXPOSICIÓN A CONTACTOS ELÉCTRICOS	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye los contactos eléctricos producidos tanto directos como indirectos provocados por: máquinas, líneas, cuadros ...</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>La instalación debe prever que no se pueda originar contactos con personas, incendios/explosiones etc. La instalación eléctrica deberá estar proyectada, puesta en funcionamiento y controlada por una empresa debidamente autorizada por el Ministerio de Industria y Energía o la consejería de industria del Gobierno Vasco. Sistemas de doble aislamiento para evitar contactos eléctricos.</p>
CORTES	Importante	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye desde cortes y/o amputaciones hasta pinchazos producidos por objetos, Máquinas o Herramientas.</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Al activar la parada de emergencia la máquina debe quedar totalmente quieta y anular cualquier orden de puesta en marcha. El montaje y reglaje de la cinta debe ser realizado por personal especializado. El recorrido de la cinta debe estar protegido mediante carcasas de resistencia adecuada.</p>

		<p>El trabajador debe conocer las consecuencias de la parada de emergencia, y no debe suponer un riesgo adicional.</p> <p>El tramo de cinta que queda libre por encima de la mesa debe estar protegido mediante protectores regulables manualmente y protectores automáticos.</p> <p>La cinta debe estar provista de guías de apoyo por encima y debajo de la mesa.</p> <p>Las poleas deben estar provistas de un bandaje para que el apoyo de la hoja sea elástico.</p> <p>Los dispositivos de emergencia deben tener fácil accesibilidad, la seta de emergencia debe ser de color rojo sobre fondo amarillo.</p> <p>Los puntos de reglaje, alimentación o manutención de la máquina deben estar alejados de las zonas de peligro.</p> <p>Los volantes de la sierra deben estar en un mismo plano vertical.</p> <p>Mantener limpio y despejado los accesos de la máquina y procurar no utilizar vestimentas holgadas.</p> <p>Se debe disponer de dispositivos de presión o cualquier otro medio que mantenga la pieza constantemente apoyada contra la guía.</p> <p>Se debe mantener la velocidad de corte entre los límites adecuados.</p> <p>Se deben montar sistemas de protección de la cinta, de tal manera que , con excepción del punto de operación necesario para la tarea que se realiza, toda ella vaya protegida.</p> <p>Se deben utilizar empujadores en la alimentación manual de la pieza.</p> <p>Si se abren los resguardos de los interruptores de emergencias la máquina se debe parar.</p> <p>Si se debe acceder a zona protegida de riesgo por dispositivo de protección se debe accionar la orden de parada.</p> <p>Todas las zonas móviles peligrosas de la máquina deben estar protegidas con resguardos que serán de construcción robusta.</p>
<p>INHALACIÓN DE POLVO</p>	<p>Importante</p>	<p><b>Descripción</b></p> <p>Riesgo de intoxicación derivado a la inhalación de polvo.</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Colocar sistemas de captación de polvo.</p>
<p>RUIDO</p>	<p>Importante</p>	<p><b>Descripción</b></p>

		<p>Incluye el ruido derivado del uso de herramientas o máquinas percibidas por el operario en las zonas de trabajo.</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Colocar señal de uso obligatorio de protección auditiva.</p> <p>Protectores auditivos cuando sea imposible el aislamiento acústico de la máquina.</p>
SOBREENFUERZOS	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye tanto sobreesfuerzo físico dinámico como estático, como movimientos repetitivos que por sus características pudieran desarrollar Enfermedades Profesionales.</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>Ayudarse de medios de elevación mecánica.</p> <p>Se deberá elegir un lugar adecuado para trabajar con esta máquina, que no obligue a los operarios a adoptar posturas forzadas, y que esté libre de obstáculos para el manejo de la máquina y circulación alrededor de la misma.</p>
POSTURAS FORZADAS	Moderado	<p><b>Descripción</b></p> <p>Incluye los riesgos derivados del trabajo en posición inadecuada.</p> <p><b>Medidas preventivas del riesgo</b></p> <p>No adoptar posturas forzadas durante el trabajo, utilizar elementos auxiliares si es necesario.</p>