

2017

# PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO CRÍTICO DE FRIGORÍFICO EXSER LTDA.

CODOCEO ÁLVAREZ, CHRISTOPHER SEBASTIAN

---

<https://hdl.handle.net/11673/43753>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPO CRÍTICO DE FRIGORÍFICO**  
**EXSER LTDA.**

Trabajo de Titulación para optar al Título  
de Técnico Universitario en MECÁNICA  
INDUSTRIAL.

Alumno:

Christopher Sebastián Codoceo Álvarez  
Alejandro Matías Gallardo Romo

Profesor Guía:

Ing. Carlos Baldi González

**2017**

## RESUMEN

**KEYWORDS:** PLAN DE MANTENIMIENTO / COMPRESOR / FMECA

Por medio de la prestación de servicios a la empresa EXSER Ltda., dedicada al cultivo y exportación de fruta fresca, se planteó el problema hipotético, el cual dio inicio al presente informe con el objetivo de dar solución a dicha problemática.

El problema se basa en el manejo y control que la empresa EXSER le da al área de mantenimiento, área que actualmente se encuentra en manos de una empresa externa.

Dicha empresa externa trabaja en base a la experiencia de sus empleados, lo que deja a EXSER en una posición complicada si se da la situación de un término de contrato, ya que no tendrá una base sobre la cual trabajar en caso de alguna falla en sus equipos del frigorífico, los cuales son parte esencial del proceso productivo.

Gracias a lo expuesto anteriormente, se dan a conocer los objetivos necesarios para dar una solución al problema.

Mediante conversaciones con el encargado del área de mantenimiento de la empresa, se obtiene la información necesaria sobre la línea productiva, logrando trazar un diagrama de flujo con el cual se identifica el área donde se encuentran los equipos a los que realiza mantenimiento la empresa externa.

Se define y desglosa la metodología utilizada por la empresa, presentando en aspectos generales toda la información posible para poder identificar los equipos que trabajan en el área del frigorífico de la empresa.

En conjunto con el encargado de mantenimiento, se realiza una matriz cualitativa de riesgos para identificar el equipo de mayor criticidad dentro del proceso de pre-frío, dando como resultado al compresor como el equipo de mayor criticidad. Debido a que los compresores necesitan de un equipo que transmita energía para su funcionamiento, también se toma en cuenta al motor eléctrico como un equipo de alta criticidad en este trabajo.

Se investiga información general sobre los compresores, sobre su funcionamiento y clasificación según los tipos de compresores existentes. Esta información se presenta como base para poder enfocarse en el equipo crítico presente en la empresa, de cuál se presenta toda la información recopilada mediante investigación propia y en complemento con los datos entregados por el encargado de mantenimiento de la empresa.

Toda la información anteriormente recopilada y presentada, entrega las bases para determinar las posibles soluciones para el problema hipotético planteado.

En base al conocimiento y la información obtenida a lo largo de los ramos ligados al mantenimiento en la malla curricular, se procede a realizar un Análisis de Efectos y Modos de Falla y Criticidad (FMECA), lo que contempla identificar todas las posibles fallas que pueden presentarse tanto en el compresor como en el motor eléctrico.

Como complemento, se le aplica el Número de Riesgo Prioritario (NPR) a los componentes del compresor, para así determinar cuáles de estos componentes presentan una alta criticidad y poder aplicarles un FMECA.

Con los resultados obtenidos por los FMECA generales del compresor y motor eléctricos y los FMECA de los componentes más críticos del compresor, se procede a cargar la base de datos en el software Fractal, utilizado principalmente como una herramienta para gestionar el mantenimiento.

Mediante este software se generan las Ordenes de Trabajo respectivas para cada equipo, las cuales se presentan a la empresa EXSER Ltda. como un plan de emergencia para el encargado de mantenimiento de la empresa, para ser utilizadas en el caso de que se presente el problema hipotético presentado en este trabajo.

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN   | 1  |
| CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES                         | 1  |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES                                  | 4  |
| 1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA                  | 4  |
| 1.2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA                  | 4  |
| 1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA                               | 4  |
| 1.3.1. IV Región de Coquimbo                               | 4  |
| 1.3.2. V Región de Valparaíso                              | 5  |
| 1.3.3. Región Metropolitana                                | 5  |
| 1.3.4. VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins | 5  |
| 1.4. UBICACIÓN PLANTA A TRATAR                             | 5  |
| 1.5. PROCESO PRODUCTIVO                                    | 6  |
| 1.5. PRE-FRÍO  | 7  |
| 1.6. SISTEMAS DE PRE-FRÍO                                  | 7  |
| 1.6.1. Pre-enfriamiento por evaporación                    | 8  |
| 1.6.1.1. Evaporativo                                       | 8  |
| 1.6.1.2. Vacuum cooling                                    | 8  |
| 1.6.2. Hidroenfriado                                       | 8  |
| 1.6.3. Contacto con hielo                                  | 9  |
| 1.6.4. Pre-enfriamiento por aire frío                      | 9  |
| 1.6.4.2. En túnel  | 9  |
| 1.6.4.2.2. Túnel de Aire Forzado                           | 11 |
| 1.7. PRE-FRÍO "EXSER 1"                                    | 12 |
| 1.7.1. Túnel Californiano de planta "Exser 1"              | 13 |
| 1.7.2. Proceso de funcionamiento de la refrigeración       | 14 |
| 1.8. PROBLEMÁTICA  | 16 |
| 1.8.1. Solución a la problemática                          | 16 |
| 1.9. CRITICIDAD  | 17 |
| CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES TÉCNICOS                          | 20 |
| 2. ANTECEDENTES TÉCNICOS                                   | 21 |
| 2.1. COMPRESORES   | 21 |

|  |  |    |
|--|--|----|
| 2.2.   | TIPOS DE COMPRESORES                       | 21 |
| 2.1.1.   | Compresores dinámicos                      | 21 |
| 2.1.2.   | Compresores de desplazamiento positivo     | 22 |
| 2.3.   | EQUIPO CRÍTICO                             | 23 |
| 2.3.1  | Componentes del equipo crítico             | 24 |
| 2.4.   | METODOLOGÍA                                | 25 |
| 2.5.   | ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS      | 25 |
| 2.5.2.   | Intención del diseño                       | 27 |
| 2.5.3.   | Análisis SIPOC                             | 28 |
| 2.5.4.   | Identificación de Modos de Falla           | 28 |
| CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO  |  | 34 |
| 3.   | PLAN DE MANTENIMIENTO                      | 35 |
| 3.1.   | MANTENIMIENTO EN LA ACTUALIDAD             | 35 |
| 3.2.   | CMMS                                       | 35 |
| 3.3.   | FRACTAL                                    | 37 |
| 3.2.   | CATÁLOGO DE EQUIPOS                        | 37 |
| 3.2.1.   | Equipo crítico                             | 38 |
| 3.3.   | UBICACIÓN                                  | 40 |
| 3.4.   | ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO | 40 |
| 3.5.   | HERRAMIENTAS, RESPUESTOS Y SUMINISTROS     | 42 |
| 3.5.1.   | Layout estante de almacenamiento           | 42 |
| 3.6.   | ORGANIZACIÓN DE TIEMPOS Y CALENDARIZACIÓN  | 44 |
| 3.7.   | ESTIMACIÓN DE COSTOS                       | 46 |
| 3.8.   | GENERACIÓN DE LAS ORDENES DE TRABAJO       | 47 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES   |  | 50 |
| BIBLIOGRAFÍA   |  | 52 |
| ANEXOS   |  | 53 |
| ANEXO A: PLANO ORIGINAL DEL EQUIPO CRÍTICO Y TABLA DE COMPONENTES                    |  | 54 |
| ANEXO B: TABLA DE CRITERIOS PARA CALCULO DE SERVERIDAD, OCURRENCIA Y DETECTABILIDAD. |  | 56 |
| ANEXO C: TABLA DE RPN DE COMPONENTES DEL EQUIPO CRÍTICO.                             |  | 59 |
| ANEXO D: PAÑOL DE HERRAMIENTAS, INSUMOS E INSTRUMENTOS CON CODIFICACIÓN              |  | 61 |
| ANEXO E: CARTAS GANTT DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO                              |  | 63 |

**INDICE DE FIGURAS**

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Figura 1-1.  | Ubicación Planta Exser 1   | 6  |
| Figura 1-2.  | Diagrama de producción Planta Exser 1  | 7  |
| Figura 1-3.  | Túnel Vertical   | 10 |
| Figura 1-4.  | Túnel de Aire Forzado  | 11 |
| Figura 1-5.  | Túnel Californiano   | 12 |
| Figura 1-6.  | Proceso de funcionamiento de la refrigeración                                    | 15 |
| Figura 1-7.  | Diagrama P/h R-717   | 15 |
| Figura 2-1.  | Placa Técnica del compresor  | 24 |
| Figura 2-2.  | Plano despiece compresor-motor   | 25 |
| Figura 3-1.  | Interfaz principal Fracttal  | 37 |
| Figura 3-2.  | Catálogo de equipos  | 38 |
| Figura 3-3.  | Detalle técnico compresor  | 38 |
| Figura 3-4.  | Detalle técnico motor eléctrico  | 39 |
| Figura 3-5.  | Detalle Distribución Planta “Exser 1”  | 40 |
| Figura 3-6.  | Plan de tarea, vista general   | 41 |
| Figura 3-7.  | Plan de tarea, vista general   | 41 |
| Figura 3-8.  | Estante de almacenamiento de herramientas, repuestos y suministros               | 42 |
| Figura 3-9.  | Layout con propuesta de organización   | 43 |
| Figura 3-10. | Propuesta codificación   | 43 |
| Figura 3-11. | Extracto Carta Gantt calendarización de actividades durante temporada de cosecha | 44 |
| Figura 3-12. | Extracto Carta Gantt calendarización de actividades en parada de planta          | 45 |
| Figura 3-13. | Ejemplo OT del compresor   | 48 |
| Figura 3-14. | Ejemplo OT del motor eléctrico   | 49 |

## INDICE DE TABLAS

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabla 1-1. | Criterios para matriz cualitativa de riesgos | 18 |
| Tabla 1-2. | Matriz cualitativa de riesgos                | 18 |
| Tabla 2-1. | Rangos de RPN                                | 29 |
| Tabla 2-2. | AMEF del motor eléctrico                     | 30 |
| Tabla 2-3. | AMEF del conjunto del pistón                 | 31 |
| Tabla 2-4. | AMEF del compresor                           | 32 |
| Tabla 3-1. | Presupuesto plan de mantenimiento            | 46 |

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

### SIGLAS:

|       |   |   |
|-------|---|---|
| FMECA | : | Análisis de Modos y Efectos de Falla y Criticidad |
| AST   | : | Análisis Seguro del Trabajo                       |
| BRC   | : | British Retail Consortium                         |
| CMMS  | : | Computerized Maintenance Management System        |
| HACCP | : | Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control |
| NPR   | : | Número de Riesgo Prioritario.                     |
| OT    | : | Orden de Trabajo                                  |
| %     | : | Porcentaje  |
| RPM   | : | Revoluciones Por Minuto                           |

### SIMBOLOGÍA:

|                |   |                        |
|----------------|---|------------------------|
| m              | : | metro                  |
| ha             | : | hectárea               |
| °C             | : | grado Celcius          |
| mm Hg          | : | milímetros de Mercurio |
| cm             | : | centímetro             |
| min            | : | minuto                 |
| m <sup>3</sup> | : | metro cúbico           |
| s              | : | segundo                |

## **INTRODUCCIÓN**

La conservación de los alimentos ha sido uno de los grandes desafíos presentados al ser humano a través de la historia, desde la salación de las carnes y pescados, hasta la invención de variadas técnicas para la conservación de frutas, verduras y productos lácteos, entre otros. Una de dichas técnicas es la conservación de frutas por medio del control de temperatura, donde se pueden encontrar los frigoríficos industriales.

Exser Ltda. es una empresa exportadora de frutas frescas, que delega las tareas de mantenimiento a una empresa externa. El problema que puede generarse, hipotéticamente hablando, si termina sus relaciones con la empresa externa que realiza el mantenimiento a sus equipos, es que Exser Ltda. no posee información relevante acerca del historial de fallas, ya que es función de la empresa externa llevar ese control, por lo que se concluye que Exser Ltda. debería tener a lo menos un plan de mantenimiento para el equipo más crítico, en caso de emergencia.

En base a lo anteriormente explicado, por medio de las herramientas adecuadas, se procederá a determinar cuál equipo de la planta de Pre-Frío califica para ser denominado equipo crítico.

Dicho equipo crítico será sometido a un FMECA (Análisis de Modos y Efectos de Falla y Criticidad), complementado con el uso del NPR (Número de Riesgo Prioritario) con el objetivo de poder generar órdenes de trabajo de fácil entendimiento para los operarios que tengan la tarea de realizar los mantenimientos al equipo, las cuales podrán ser utilizadas como respaldo para cualquier procedimiento respecto al equipo seleccionado en el caso de que se presente el problema hipotético presentado en este trabajo.

Objetivo general.

Elaborar un plan de mantenimiento para el equipo crítico del frigorífico de la empresa EXSER Ltda. para facilitar la realización de dicho mantenimiento por el encargado de mantenimiento de la empresa.

Objetivos específicos.

- Realizar análisis de criticidad basado en el contexto de trabajo en el cuál se presenta la problemática para determinar el equipo crítico.
- Describir el funcionamiento y características del equipo crítico, para luego aplicar un FMECA.
- Identificar los procedimientos de mantenimiento específicos para el equipo seleccionado mediante la generación de órdenes de trabajo.

**CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES**

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

En el presente capítulo se contextualizan los aspectos generales de mayor importancia para llegar a la problemática en sí. Se explica la problemática existente en la empresa Exser Ltda. debido a la falta de un historial de fallas y procedimientos de mantenimiento, por la externalización de este último.

### **1.2. ANTECEDENTES GENERALES DE LA EMPRESA**

Fundada en 1990, EXSER Ltda. es una de las empresas exportadoras de frutas frescas más grande de Chile. Debido a la contra estación de los continentes del hemisferio norte, gracias a su clima, Chile es uno de los más grandes exportadores de fruta fresca, principalmente uva de mesa. Si bien la compañía está orientada principalmente a la exportación de uva de mesa en todas sus variedades, también cuenta con grandes producciones de paltas, clementinas y damascos.

Sus dueños participan activamente en la gestión de la compañía, donde un 50% de la producción es propia con más de 1.000 hectáreas de plantaciones. Estas provienen de extensas y desarrolladas propiedades entre la IV y VII región de Chile.

Con tecnología de punta, sus campos (propios y de los productores) están dotados con frigoríficos y packings de última generación. Además, para garantizar la calidad, sanidad e inocuidad de sus productos éstos cuentan con las certificaciones internacionales, donde destacan Global Gap, Tesco Nature's Choice, Rainforest Alliance, HACCP y BRC.

### **1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA**

#### **1.3.1. IV Región de Coquimbo**

Exser Ltda. se ubica en Ovalle y Paihuano. En esta región posee 320 ha de plantaciones de distintos tipos de uvas, como también paltas, clementinas y naranjas.

También se encuentra la planta “Frigorífico Limarí”, la cual se divide en Pre-Frío, Cámaras de Mantención, Cámaras de Fumigación y Packing.

#### 1.3.2. V Región de Valparaíso

Exser Ltda. se ubica en San Felipe y Los Andes. En esta región posee 465 ha de plantaciones de distintos tipos de uvas, como también damascos, clementinas y granados. También se encuentran las plantas “Exser 1” y “Exser 2”, ambas en San Felipe, las cuales se divide en Pre-Frío, Cámaras de Mantención, Cámaras de Fumigación, Cámaras de Gasificación y Packing Climatizado.

#### 1.3.3. Región Metropolitana

Exser Ltda. se ubica en la comuna de Colina. En esta región posee 127 ha de plantaciones de distintos tipos de uvas, como también damascos.

#### 1.3.4. VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins

Exser Ltda. se ubica en San Vicente. En esta región posee 143 ha de plantaciones de distintos tipos de uvas.

También se encuentra una planta, la cual se divide en Pre-Frío, Cámaras de Mantención y Cámaras de Fumigación.

### **1.4. UBICACIÓN PLANTA A TRATAR**

La planta “Exser 1”, en la cual está orientado este trabajo, se encuentra ubicada en la ciudad de San Felipe, V Región de Valparaíso, específicamente en El Almendral #2950, como se muestra en la figura 1-1.



Fuente: Google Maps

Figura 1- 1. Ubicación Planta Exser 1.

Como se especificó en el punto 1.2.2., la planta “Exser 1” está compuesta por Pre-Frío, Cámaras de Mantenición, Cámaras de Fumigación, Cámaras de Gasificación y Packing Climatizado. Esta planta cumple uno de los roles más importantes dentro de la empresa, ya que en la región de Valparaíso es donde se encuentra la plantación más grande de uvas de mesa, por lo que el mantenimiento de los equipos de Pre-Frío es de vital importancia para el funcionamiento continuo de las operaciones.

## 1.5. PROCESO PRODUCTIVO

El proceso de trabajo realizado en esta planta, detallado en la figura 1-2, va desde la cosecha, limpieza y embalaje de la fruta, pasando por los túneles de Pre-Frío (frigorífico en el cuál se centrará este trabajo), hasta la distribución para exportación de dichos frutos a todo el mundo, destacando países como Estados Unidos, Alemania, Inglaterra, Italia, Japón y Rusia.



Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la empresa.

Figura 1- 2. Diagrama de producción Planta Exser 1.

## 1.5. PRE-FRÍO

Se entiende por pre-frío al proceso en el cuál la fruta post-cosecha es sometida a una disminución de temperatura, desde la temperatura ambiente hasta los 0°C aproximadamente, con el objetivo de ralentizar el proceso de maduración, evitar las alteraciones fisiológicas naturales de la fruta o vegetal y prolongar la vida de ésta, para su posterior exportación.

## 1.6. SISTEMAS DE PRE-FRÍO

Los sistemas de pre-enfriamiento se pueden clasificar en 4 tipos:

- Evaporación de agua superficial
- Hidroenfriado
- Contacto con hielo
- Por aire frío

#### 1.6.1. Pre-enfriamiento por evaporación

Este sistema de pre-enfriamiento se subdivide en dos:

- Evaporativo
- Vacuum cooling

##### 1.6.1.1. Evaporativo

Este sistema fuerza la circulación del aire seco a través del producto, el cual se encuentra húmedo. Al evaporarse el agua superficial, se logra extraer el calor del producto. Es un método de muy bajo requerimiento energético, pero que está limitado por la capacidad del aire para contener la humedad, por lo que sólo es útil si la zona en la cuál es utilizado posee muy baja humedad relativa.

##### 1.6.1.2. Vacuum cooling

El Vacuum cooling o enfriamiento en vacío, utiliza la misma base del proceso Evaporativo, con la diferencia de que en éste proceso es acompañado de un descenso de presión. El agua se evapora a 100°C a nivel del mar con una presión de 760 mm Hg, pero si se reduce dicha presión a 5 mm Hg, el agua logra evaporarse a 1°C. Este sistema es el más rápido de todos los existentes en cuanto a pre-frío, ya que sus ciclos de enfriamiento varían entre 20 y 25 minutos.

#### 1.6.2. Hidroenfriado

Este sistema ocupa al agua a 0°C como medio para extraer el calor de la fruta. Se puede aplicar de tres maneras distintas, las cuales son: inmersión, aspersion o lluvia de agua fría. Hay que tomar en cuenta que el agua utilizada en este proceso es recirculada, por lo que solo es aplicable a frutas y verduras que toleren la exposición al cloro, como también al mojado y la filtración del agua dentro de éste. El hidroenfriado maneja tiempos de enfriamiento que varían entre 10 minutos a una hora.

### 1.6.3. Contacto con hielo

Este sistema consiste en aplicar una capa de hielo a la caja antes de que esta se embale. A medida que el hielo se derrite, el agua enfría las frutas o verduras dentro de la caja. Este método posee un par de variaciones, las cuales son la intercalación de capas de fruta y hielo. Por otra parte, existe otra variación, la cual consta de una inyección de una combinación de agua, hielo y sal en proporciones de 40, 60 y 0.1% respectivamente. Su principal característica es la rapidez de enfriamiento y la ausencia de deshidratación por parte del producto, pero a la vez tiene un contra muy influyente, que es la limitación del producto a tratar, ya que no todos toleran el contacto con el hielo, y además está el alto costo que significa el aumento de peso debido al agua y la utilización de bandejas más resistentes debido a la exposición con el agua.

### 1.6.4. Pre-enfriamiento por aire frío

Este sistema de pre-enfriamiento se subdivide en dos métodos: pre enfriamiento en cámara y pre enfriamiento en túneles.

#### 1.6.4.1. En cámara

Este método es el más lento de todos y está enfocado a los vegetales que poseen una larga vida luego de ser cosechados. Los pallets son almacenados en una cámara y deben separarse entre sí de 10 a 15 cm. Además la cámara debe poseer un flujo de aire de  $0.3 \text{ m}^3/\text{min}$  por tonelada de producto almacenado. El proceso para llegar a la temperatura ideal tarda alrededor de una semana, punto en cuál puede disminuirse el flujo de aire entre un 20 a un 40%.

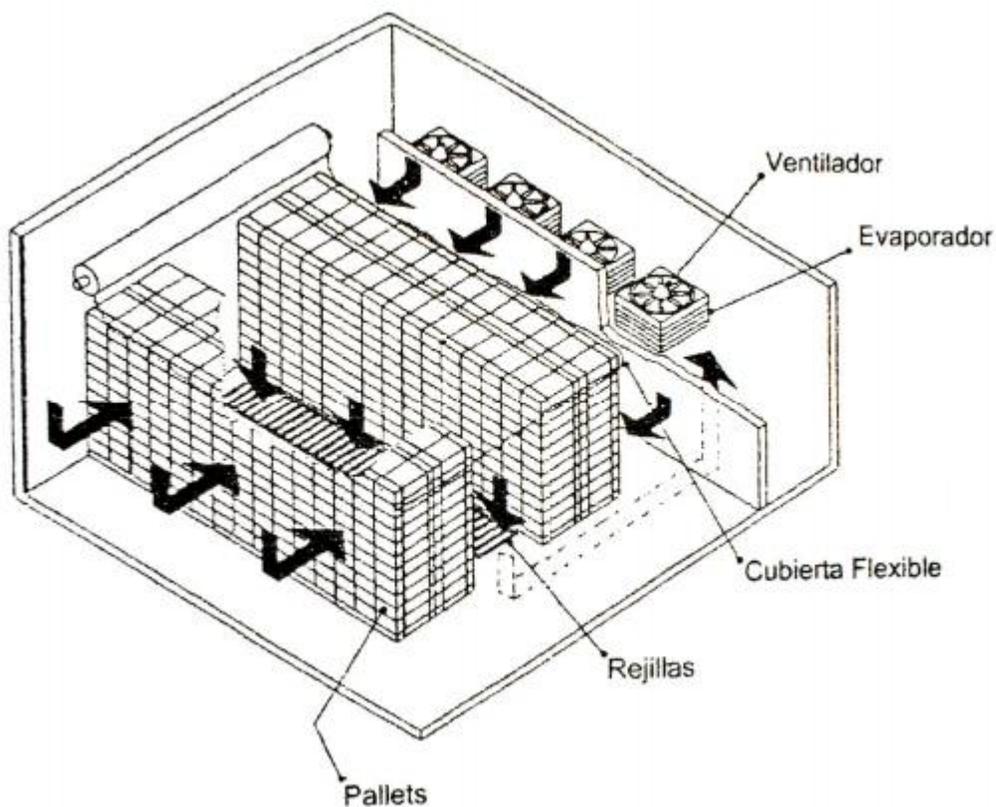
#### 1.6.4.2 En túnel

Los túneles de enfriamiento rápido se pueden definir como recintos construidos con paneles aislantes de poliuretano, dentro de los cuales se ubican los pallets generando pasillos por donde puede circular el aire frío a velocidades que varían entre los 3 y 6 m/s, generalmente por sobre los 5 m/s. Este sistema logra un tiempo de enfriamiento que fluctúa entre 1 y 6 horas. Dentro de este sistema, existen 3 tipos de túneles:

- Túnel vertical
- Túnel de aire forzado
- Túnel californiano

#### 1.6.4.2.1. Túnel Vertical

Los pallets se distribuyen en dos filas, cubriendo la parte superior y posterior con una lona impermeable, para la correcta circulación del aire frío. Los ventiladores y evaporadores se encuentran en el costado del túnel, paralelos a la fila de pallets. El aire es enviado de forma vertical hacia los pallets, entrando por sus costados, para llegar al pasillo de baja presión, lugar en el cual se encuentran unas rejillas que succionan el aire para enviarlo a través de un ducto bajo el suelo hacia los ventiladores y evaporadores nuevamente, como se puede apreciar en la figura 1-3.

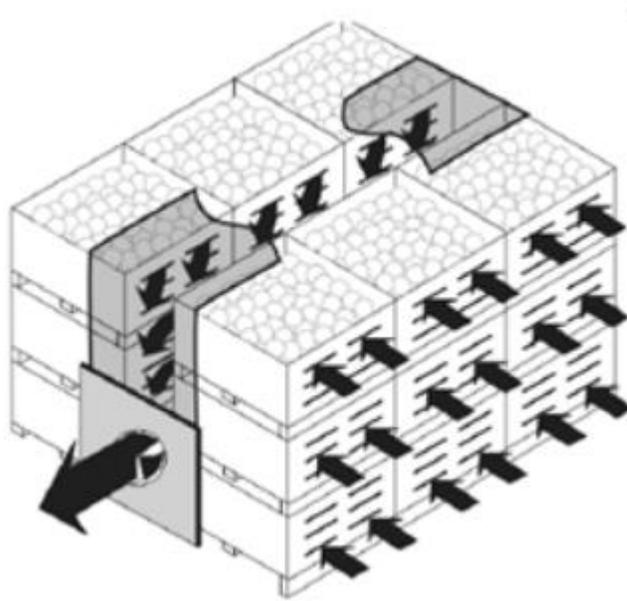


Fuente: Tesis “Factibilidad del enfriamiento rápido continuo para fruta fresca”

Figura 1-3. Túnel Vertical.

#### 1.6.4.2.2. Túnel de Aire Forzado

Este túnel consta de dos filas de pallets, separados entre sí por 60 cm de ancho aproximadamente. Estos pallets son cubiertos con una lona tanto por la parte superior, como también la parte frontal y trasera, con el objetivo de que el aire circule solamente por el pasillo generado y entre los pallets por los costados. En uno de los extremos se ubica un ventilador, el cual generará la depresión necesaria para que el aire circule hacia él, como se puede apreciar en la figura 1-4.

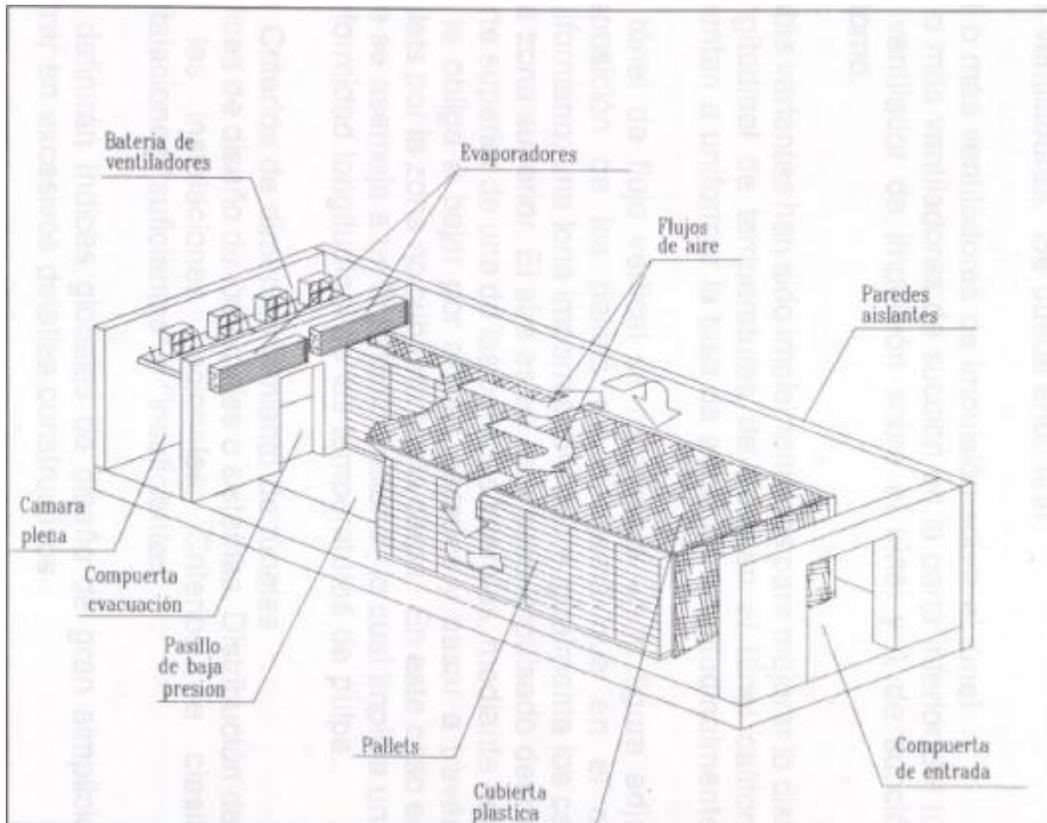


Fuente: <http://www.upv.es/entidades/DTRA/infoweb/dtra/info/U0700475.pdf>

Figura 1-4. Túnel de Aire Forzado.

#### 1.6.4.2.3. Túnel Californiano

Este túnel es bastante similar al túnel vertical, con la diferencia de la disposición de los ventiladores y evaporadores, además de la ausencia de una rejilla en el pasillo de baja presión. A diferencia del túnel vertical, los ventiladores y evaporadores se ubican frente a las filas, por lo que el aire frío pasa por la parte superior de los pallets previamente cubiertos con lona, para luego desplazarse a los costados exteriores, pasando entre los pallets hacia el pasillo de baja presión, como se puede apreciar en la figura 1-5. Cabe destacar que este último método es el que se está utilizando actualmente en la planta “Exser 1”.



Fuente: Tesis “Factibilidad del enfriamiento rápido continuo para fruta fresca”

Figura 1-5. Túnel Californiano.

### 1.7. PRE-FRÍO “EXSER 1”

Como se mencionó anteriormente, la planta “Exser 1” utiliza el sistema de pre-enfriamiento de Túnel Californiano. Para poder aplicar este sistema, la empresa cuenta con los siguientes equipos:

- Bombas de Amoniaco
- Estanque de bombeo
- Condensador evaporativo
- Estanque de líquido
- Evaporador
- Compresor

### 1.7.1 Túnel Californiano de planta “Exser 1”

A continuación, se presentan los equipos con los que cuenta la planta “Exser 1” para poder llevar acabo el túnel californiano.

#### 1.7.1.1 Bombas de amoniaco

Son bombas centrífugas completamente cerradas, con sus componentes adaptados para el trabajo con productos químicos según la norma EN 22858, ISO 2858. Estas bombas son capaces de trabajar con cualquier tipo de refrigerante, en este caso el amoniaco.

#### 1.7.1.2. Estanque de bombeo

Estanque de material anticorrosivo, que tiene por objetivo almacenar el amoniaco en su estado líquido y gaseoso. Es por esto último que el estanque está posicionado verticalmente.

#### 1.7.1.3. Condensador Evaporativo

El condensador Evaporativo tiene por objetivo disipar el calor y enfriar el refrigerante. Para realizar esto se combinan una torre de refrigeración y un condensador en una sola unidad. La particularidad de este equipo es la cantidad mínima de energía y agua que utiliza para completar su proceso.

#### 1.7.1.4. Estanque de líquido

Estanque de material anticorrosivo, que tiene por objetivo almacenar el amoniaco en estado líquido. Está posicionado en forma horizontal.

#### 1.7.1.5. Evaporador

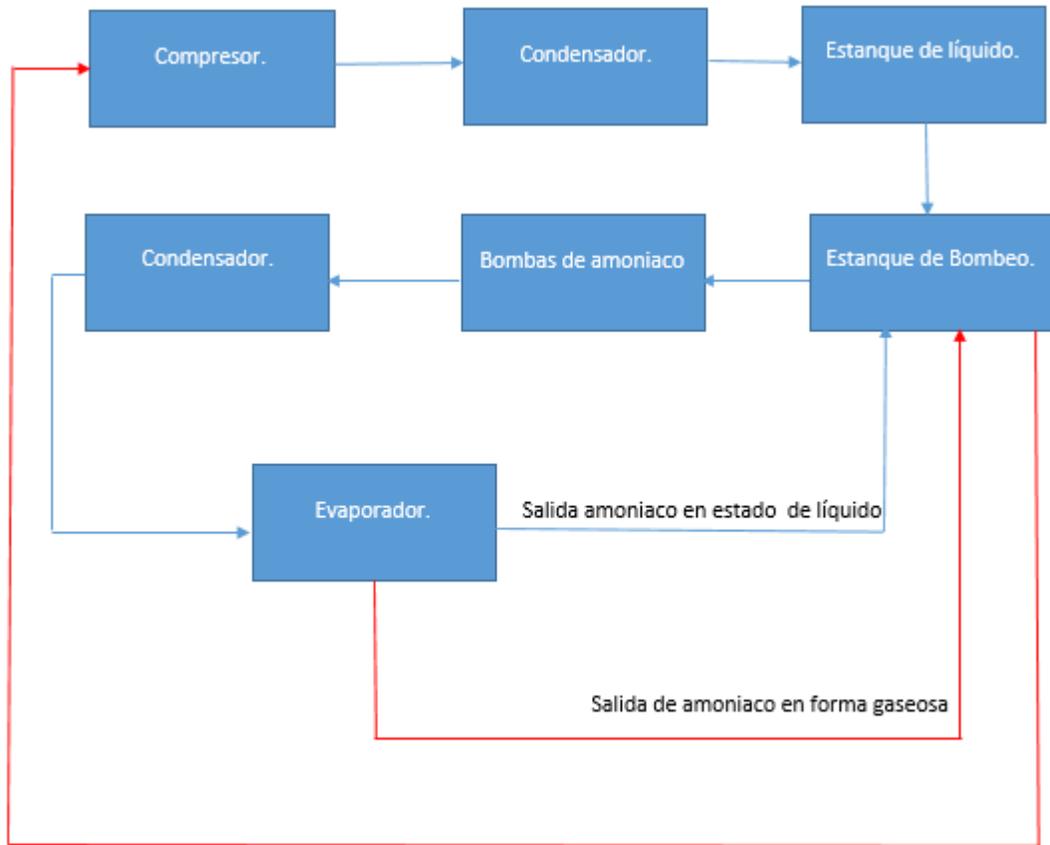
Los evaporadores son intercambiadores de calor que tiene por objetivo realizar la transferencia de energía térmica desde el medio que se desea enfriar hacia el fluido refrigerante que circula dentro del evaporador, en este caso el amoniaco.

#### 1.7.1.6. Compresor

El compresor, de tipo pistón, tiene por objetivo comprimir el amoníaco, aumentando su temperatura y presión, para luego enviarlo a los condensadores. En este caso es un compresor de 8 pistones.

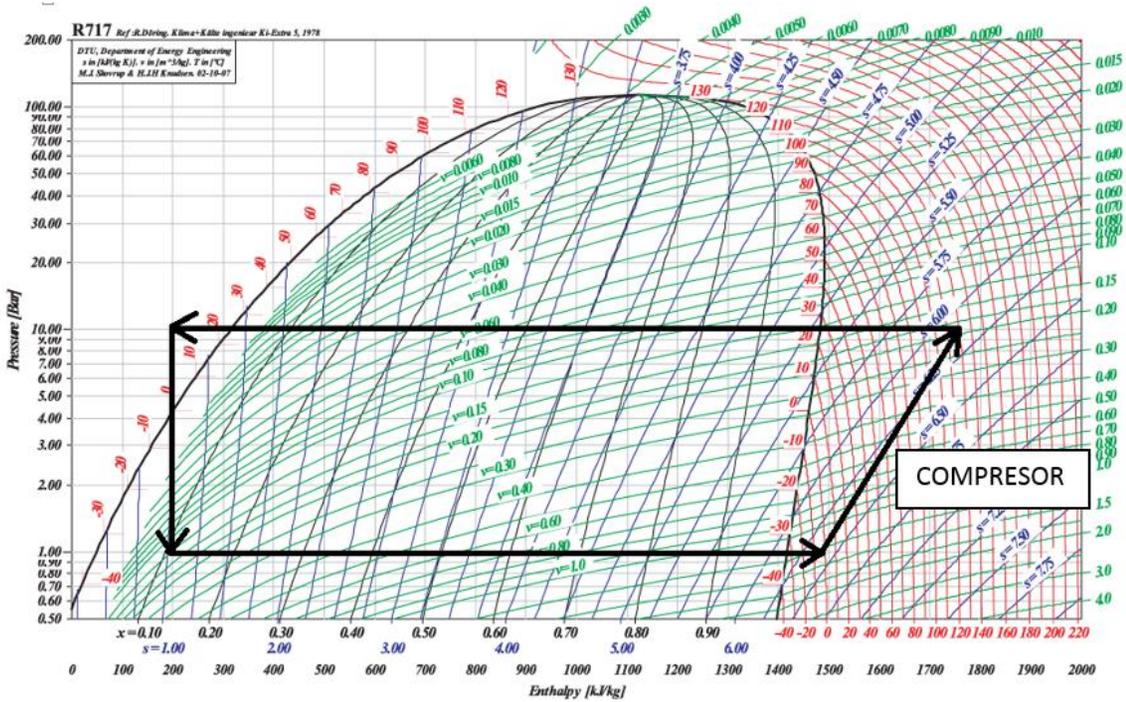
#### 1.7.2. Proceso de funcionamiento de la refrigeración

El amoníaco entra al compresor en estado gaseoso, aumentando su presión y temperatura. Luego es trasladado por medio de cañerías de alta presión hacia un condensador evaporativo de tiro forzado, donde se disminuye la temperatura del gas por medio de agua y aire. Durante este proceso, el amoníaco se condensa pasando a su estado líquido y es enviado al estanque acumulador de líquido. Desde el estanque acumulador, el amoníaco es transportado a presión hacia un segundo estanque de bombeo, el cual, debido a la diferencia de diámetro, actúa como válvula de expansión, lo que en consecuencia baja la temperatura y presión del refrigerante. En el estanque de bombeo se encuentran las bombas de amoníaco, las cuales están encargadas de succionar el amoníaco y transportarlo a los evaporadores, los cuales se encuentran en el túnel californiano. Por medio de válvulas solenoides se abre y cierra el paso del amoníaco acorde a los requerimientos de la cámara de enfriado. El amoníaco se devuelve en estado líquido y gaseoso en una proporción 50-50 hacia el estanque de bombeo, donde el líquido decanta en el fondo del estanque y el gas se acumula en la parte superior, donde es extraído por los compresores para realizar un nuevo ciclo. A continuación, en las figuras 1-6 y 1-7 se puede apreciar el proceso anteriormente explicado, como también un esquema del ciclo de refrigeración por medio de un diagrama P/h, donde se encuentran los parámetros de funcionamiento del frigorífico y se puede identificar el área de trabajo del compresor en el sistema.



Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la empresa.

Figura 1-6. Proceso de funcionamiento de la refrigeración.



Fuente: Elaboración propia, basado en datos de la empresa.

Figura 1-7. Diagrama P/h R-717.

## 1.8. PROBLEMÁTICA

Delegar el mantenimiento a una empresa externa, si bien se convierte en un área menos del cual preocuparse, también posee ciertos contras, como por ejemplo: la falta de autonomía de la empresa, falta de preparación frente a eventuales contratiempos (termino de contrato con la empresa externa), falta de preparación de los operarios de máquinas para realizar chequeos de manera periódica a las máquinas, etc.

Exser Ltda. es una empresa que trabaja en el área agrícola, esto implica que el producto que trabajan influye directamente en los tiempos de mantenimiento de los equipos de Pre-Frío. En simples palabras, la empresa trabaja por “temporadas”, por lo que no es necesario un mantenimiento constante de los equipos, ya que estos se mantienen operativos solo por los intervalos de tiempo acorde a la duración de dicha “temporada”.

La empresa externa que realiza las mantenciones no lleva un registro de los procedimientos de trabajo para cada equipo, ya que los trabajadores de dicha empresa realizan el mantenimiento en base a los años de experiencia que poseen dichas personas en el rubro. Esto no entrega la seguridad de que se lleve a cabo un correcto mantenimiento por parte de dicha empresa externa, ya que si se da el caso de que uno de los trabajadores renuncie, la empresa externa se queda sin un respaldo de los procedimientos a realizar en el mantenimiento de los equipos. Por otra parte, si se termina el contrato entre Exser Ltda. y la empresa externa, Exser Ltda. tampoco posee un respaldo de procedimientos a realizar, por lo que se verá en la obligación de buscar otra empresa externa que realice las mantenciones necesarias para este caso.

### 1.8.1. Solución a la problemática

Al realizar el mantenimiento de los equipos en una planta, siempre se debe tener conciencia del nivel de criticidad de éstos, con el fin de determinar la prioridad de mantenimiento de dichos equipos.

Mediante una tabla de criticidad se busca determinar cuál de todos los equipos presentes en el Pre-Frío de la planta “Exser 1” es el más crítico, para luego ser sometido a un análisis específico de su funcionamiento y componentes, por medio del RPN y el método FMECA, el cual permitirá determinar las todas las posibles acciones correctivas, generando ordenes de trabajo que podrán ser utilizadas sin complicaciones en caso de darse la problemática planteada anteriormente, todo esto con el fin de lograr una entrega precisa y de fácil interpretación de los procedimientos de mantenimiento de estos equipos críticos para los mecánicos mantenedores de la empresa.

## 1.9. CRITICIDAD

Para poder definir los parámetros que permiten determinar la criticidad de un equipo dentro de una empresa, se utiliza la herramienta llamada “matriz cualitativa de riesgo”, la cual se rige por la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

Donde la frecuencia se define como el número de veces que se presenta una falla en el equipo, en un período de tiempo. Mientras que la consecuencia está definida por una serie de indicadores, los cuales están directamente relacionados con las consecuencias de una falla, todo esto determinado por la siguiente fórmula:

$$\text{Consecuencia} = [ ( \text{IO} * \text{FO} ) + \text{CM} + \text{SHA} ]$$

Desglosando la fórmula de consecuencia, se obtienen los siguientes factores:

- Impacto operacional (IO): Es el factor que evalúa el impacto que tiene la falla en el proceso productivo en el cuál es participe el equipo, tomando en cuenta que puede incurrir en la detención total del proceso o por el contrario no afectar de ninguna manera.
- Flexibilidad operacional (FO): Es el factor que se centra en los tiempos de reparación de la falla e influye en la continuidad del proceso productivo. Este factor está ligado directamente a la disponibilidad de los equipos al momento de producirse la falla y toma en cuenta los equipos de respaldo existentes en la producción.
- Costos de mantenimiento (CM): Es el factor que está asociado a la magnitud de los costos presentes en el mantenimiento y/o reparación de equipo debido a una falla.
- Impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA): Es el factor que asocia la falla con la posibilidad de generar un evento no deseado en las instalaciones, en el personal y/o en el medio ambiente.

Acorde a lo definido anteriormente, se presenta la siguiente tabla, en la cual se determinan los valores para cada factor:

Tabla 1-1. Criterios para matriz cualitativa de riesgos.

| FRECUENCIA DE FALLOS (FF)                    | Puntaje | COSTO MANTENIMIENTO (CM)                            | Puntaje |
|--|---------|---|---------|
| Mayor a 4 fallas al año                      | 4       | Más de \$10.000.000.-                               | 8       |
| 2 a 4 fallas al año                          | 3       | \$1.000.000.- a \$10.000.000.-                      | 4       |
| 1 a 2 fallas al año                          | 2       | \$500.000.- a \$1.000.000.-                         | 2       |
| Menos de 1 falla al año                      | 1       | Menos de \$500.000.-                                | 1       |
| IMPACTO OPERACIONAL (IO)                     | Puntaje | IMPACTO SHA (SHA)                                   | Puntaje |
| Parada total del proceso                     | 8       | Afecta seguridad humana, tanto interna como externa | 8       |
| Impacto temporal a equipos                   | 4       | Afecta al medio ambiente e instalaciones            | 6       |
| Disminuye capacidad de producción            | 2       | Provoca daños menores al personal                   | 4       |
| No impacta al proceso                        | 1       | No provoca ningún tipo de daño                      | 1       |
| FLEXIBILIDAD OPERACIONAL (FO)                | Puntaje |   |         |
| No existe opción de servicio ni de respuesto | 6       |   |         |
| Hay respuesto o servicio                     | 2       |   |         |
| Hay repuesto y servicio                      | 1       |   |         |

Fuente: Elaboración propia, basada en materia "Gestión de Mantenimiento.

Una vez que se determinan los valores para cada factor, se procede a reemplazar dichos valores en la fórmula anteriormente presentada. Basándose en datos entregados por el encargado de mantenimiento de la empresa, se pueden apreciar los resultados en la siguiente matriz cualitativa de riesgos (tabla 1-2):

Tabla 1-2. Matriz cualitativa de riesgos.

| EQUIPOS           | FF | IO | FO | CM | SHA | RIESGO | JERARQUIZACIÓN |
|-------------------|----|----|----|----|-----|--------|----------------|
| Bomba de amoniaco | 2  | 4  | 2  | 2  | 6   | 32     | SEMI CRÍTICO   |
| Evaporador        | 1  | 2  | 2  | 4  | 6   | 14     | NO CRÍTICO     |
| Condensador       | 2  | 8  | 2  | 4  | 6   | 52     | CRÍTICO        |
| Compresor         | 2  | 8  | 2  | 8  | 8   | 64     | CRÍTICO        |
| Ventilador        | 2  | 2  | 2  | 1  | 1   | 12     | NO CRÍTICO     |

Fuente: Elaboración propia, basada en datos de la empresa.

Con los datos de la matriz cualitativa de riesgos, se puede llegar a la conclusión de que el equipo de mayor criticidad en el sector de Pre-Frío es el compresor. Este equipo va acompañado del motor eléctrico que le entrega la energía, por lo cual también será considerado para las actividades posteriores con Fractal.

Finalmente, para lograr una entrega precisa y de fácil interpretación de los procedimientos de mantenimiento de estos equipos críticos para los mecánicos mantenedores de la empresa, se utilizará el método de FMECA, el cual permitirá determinar las todas las posibles acciones correctivas, generando ordenes de trabajo que

podrán ser utilizadas sin complicaciones en caso de darse la problemática planteada anteriormente.

## **CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES TÉCNICOS**

## **2. ANTECEDENTES TÉCNICOS**

### **2.1. COMPRESORES**

Son máquinas que cumplen la función de entregar energía a cualquier tipo de gas, con el objetivo de elevar su presión por encima de la presión atmosférica. Dicha energía es entregada por un motor eléctrico o una turbina de vapor.

El gas entra hacia una cámara hermética, lugar en el cuál de manera mecánica, se reduce el volumen del espacio interior. Una vez que se eleva la presión hasta el valor requerido, ésta es expulsada al sistema por la salida.

Es uno de los equipos que forma parte vital del proceso en el cuál se esté trabajando en múltiples áreas de la industria, por lo que el mantenimiento de dicho equipo debería estar dentro de las prioridades en la división de mantenimiento de cualquier empresa.

### **2.2. TIPOS DE COMPRESORES**

Los compresores pueden ser clasificados en dos categorías:

- Compresores de desplazamiento positivo
- Compresores dinámicos

#### **2.1.1. Compresores dinámicos**

Éstos compresores funcionan mediante la aceleración molecular. El gas es aspirado por el rodete mediante la campana de entrada, donde luego es acelerado a una alta velocidad. Una vez acelerado, el gas es descargado directamente a los difusores ubicados junto al rodete, lugar en el cuál, la energía cinética del gas es transformada en presión estática, para luego ser liberado al sistema en el cual trabaja.

Los compresores dinámicos a su vez pueden dividirse en dos tipos:

- Compresores centrífugos radiales
- Compresores centrífugos axiales

#### 2.1.1.1. Compresores centrífugos radiales

Los compresores centrífugos radiales deben su nombre a la posición en la que se encuentra el rodete, la cual define la posición en la cual el gas entra al compresor. Son los compresores más comunes en la industria de tipo dinámico y tiene la principal característica de

#### 2.1.1.2. Compresores centrífugos axiales

Estos compresores son los menos comunes en la industria y deben su nombre al flujo del gas dentro del compresor, el cual circula de forma paralela al eje. Consta de una serie de rotores, estatores y alabes, en los cuales, por cada etapa por la que pasa el gas, se aumenta la presión.

#### 2.1.2. Compresores de desplazamiento positivo

Éstos compresores funcionan mediante la disminución del volumen del gas en la cámara de compresión en la cual se encuentra almacenado, donde se genera el aumento de la presión interna hasta llegar a un valor determinado por el diseño del compresor. Al momento de llegar a ese valor, el gas es liberado al sistema en el cuál se encuentra trabajando.

Los compresores de desplazamiento positivo pueden clasificarse en los siguientes:

- Compresor de tornillo
- Compresor de paletas
- Compresor de lóbulos o émbolos rotativos
- Compresores Scroll
- Compresor de pistón

##### 2.1.2.1. Compresor de tornillo

En los compresores de tornillos, el gas se traslada de manera lineal entre las cámaras que son generadas mediante dos tornillos, uno macho y uno hembra, que giran simultáneamente y en sentido contrario, logrando así el aumento de presión a medida que el volumen de las cámaras disminuye.

#### 2.1.2.2. Compresor de paletas

El compresor de paletas consiste en un rotor posicionado de manera excéntrica dentro de la carcasa. El rotor posee unas paletas flotantes, que al girar con el rotor, van generando las cámaras, las cuales cambian su volumen generando el aumento de presión.

#### 2.1.2.3. Compresor de lóbulos o émbolos rotativos

Este compresor se compone de dos émbolos rotativos o lóbulos, los cuales de manera sincronizada en sentido contrario. El gas entra por un lado, siendo desplazado por los émbolos, por lo que la compresión se produce en el tanque al cual se entrega el gas, ya que este suministro es constante.

#### 2.1.2.4. Compresores Scroll

El compresor Scroll se caracteriza por el uso de dos espirales, uno fijo y el otro móvil. Mediante un movimiento oscilante, el espiral móvil se mantiene apegado y girando en el sentido del espiral fijo. Por medio del movimiento generado, se producen cámaras que van variando su volumen, momento en el que se genera el aumento de presión y temperatura en el gas, para luego ser descargado en el centro del espiral.

#### 2.1.2.5. Compresor de pistón

Este tipo de compresor funciona mediante el movimiento de un pistón dentro de un cilindro. Gracias a la energía entregada por un motor eléctrico, un cigüeñal transmite la frecuencia de trabajo para que el pistón aspire el gas hacia el cilindro, y luego con el movimiento contrario genera la compresión necesaria. Luego de este proceso, el gas comprimido es liberado al sistema o enviado a la siguiente etapa de compresión.

### **2.3. EQUIPO CRÍTICO**

En el capítulo anterior, por medio de la matriz cualitativa de riesgo, se pudo determinar el equipo de mayor criticidad dentro del conjunto de equipos operativos en el frigorífico de la planta “Exser 1”.

Como resultado, se obtuvo que el equipo de mayor criticidad es el compresor y sus características se pueden apreciar en la figura 2-1.

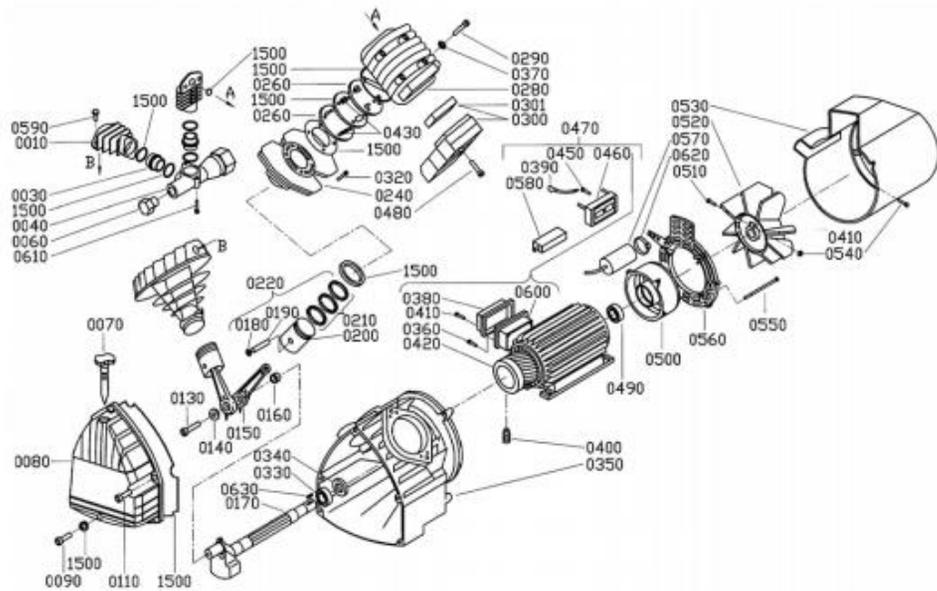
| YORK®                  |           | YORK INTERNATIONAL LTDA |                   |
|------------------------|-----------|-------------------------|-------------------|
| BY JOHNSON CONTROLS    |           | SÃO PAULO - BRASIL      |                   |
| N°                     | 108E336   | Año                     | 2009              |
| Compressor Tipo        | SMC108E   | Refr.                   | R717              |
| Rotación               | 1500      |                         | rpm               |
| Capacidad volumétrica  | 679       |                         | m <sup>3</sup> /h |
| Presión del sistema    | Lado - BP | Lado - AP               |                   |
| Presión máx. Permitida | 16        | 28                      | bar g             |
| Presión de test        | 27        | 42                      | bar g             |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2-1. Placa Técnica del compresor.

### 2.3.1 Componentes del equipo crítico

Para poder describir los presentar los componentes del equipo crítico, se hace uso de dos planos de despiece. En el anexo A se puede apreciar el plano de despiece original del compresor de 8 pistones que se encuentra en el frigorífico de la planta “Exser 1”. La figura 2-2 muestra el plano de despiece de un compresor de 2 pistones. Se hace el uso de estos dos planos debido a que la empresa no posee una tabla con los componentes presentados en el plano original, por lo que se procede a tomar la tabla de componentes expuesta en el anexo A, de la figura 2-2 para hacerse una idea de los componentes que están presentes en un compresor de pistones.



Fuente: [http://www.schneider-druckluft.de/td/bda/pdf-bda/G870482\\_ES.pdf](http://www.schneider-druckluft.de/td/bda/pdf-bda/G870482_ES.pdf)

Figura 2-2. Plano despiece compresor-motor.

## 2.4. METODOLOGÍA

En el área del mantenimiento se pueden encontrar varios métodos y herramientas que son útiles a la hora de planificar o realizar una tarea de mantenimiento. Cada uno de estos métodos y herramientas va dirigido a un objetivo y/o punto de vista específico, por lo que, para poder determinar cuál de todos debemos ocupar, se debe proceder a analizar el contexto en el cual se está trabajando.

En el caso de la empresa Exser Ltda., el problema tratado en este trabajo es un caso hipotético, el cual se determinó tomando en cuenta los pros y contras de que una empresa externa se haga cargo del mantenimiento. Para este caso, seleccionamos el método AMEF o Análisis de Modos y Efectos de Falla.

## 2.5. ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS Y CRITICIDAD

Es una metodología orientada a identificar posibles modos de falla potenciales, de manera que se tengan presentes todas los modos de falla, causas y efectos de estas en el funcionamiento normal de un componente, equipo o sistema, buscando así detectar sus

puntos débiles para realizar un seguimiento y determinar las acciones preventivas necesarias.

Para poder realizar un FMECA, es necesario que el equipo de trabajo esté compuesto por personal directamente relacionado con el sistema, equipo o componente, ya que dicho personal posee un mayor conocimiento en dicho área de trabajo.

Para poder entender de mejor manera lo que es un FMECA, se definirán los conceptos básicos de dicha metodología:

- **Función**
- **Falla Funcional**
- **Modo de falla**
- **Efecto potencial**
- **Consecuencia**
- **NPR**

#### 2.5.1.1. Función

Acción que cumple el equipo o componente dentro de un sistema, expresada de forma mensurable.

#### 2.5.1.2. Falla

Ocurre cuando un componente deja de funcionar como es requerido o alguna de las funciones de un equipo se ve mermada. Una falla puede ser clasificada de acuerdo con el modo, causa, efecto y mecanismo.

#### 2.5.1.3. Modo de falla

El modo de falla es el síntoma (efecto local) por el cual se observa la falla; por ejemplo, una grieta debido a fatiga de material.

#### 2.5.1.4. Efecto potencial

Son los efectos de falla que pueden ser identificados en un equipo como por ejemplo: ruido, caída de presión, aumento de temperatura, entre otros.

#### 2.5.1.5. Consecuencias

Son los costos monetarios directos e indirectos, dentro de los más relevantes costos por falla. Una clasificación usual: Operacional, No Operacional, Sustentabilidad, Fallo Oculto.

#### 2.5.1.6. Numero de Riesgo Prioritario (NPR)

Es una herramienta que permite jerarquizar tanto componentes como modos de falla, para así determinar las acciones primordiales a tomar en el sistema o equipo crítico analizado. El RPN se determina en base a la multiplicación de tres factores, los cuales son: severidad, ocurrencia y detectabilidad.

- Severidad: Este criterio evalúa los factores del impacto en el medio ambiente, la seguridad tanto del operario como del proceso y el impacto económico producido por la falla. Es evaluado en rangos que van desde el 1 al 10. Siempre se debe tener en cuenta el impacto en el cliente antes que en el proceso, pero si ambos criterios se ven implicados, se debe optar por el de mayor valor.

- Ocurrencia: Este criterio evalúa la probabilidad de que ocurra la falla y es aplicable basándose en un historial de fallas como también si no se posee un historial del sistema o equipo. Es evaluado en rangos que van desde el 1 al 10.

- Detectabilidad: Este criterio evalúa la probabilidad de detectar el modo de falla en base al tipo de evaluación, métodos de seguridad para detección de fallas y por el criterio de operario, técnico y/o usuario del sistema o equipo. Es evaluado en rangos que van desde el 1 al 10.

En el anexo B se encuentran las tablas de cada uno de los factores explicados anteriormente, con los criterios y valores especificados.

#### 2.5.2. Intención del diseño

El compresor es el equipo fundamental del proceso de pre-frío en el frigorífico, ya que es el encargado de generar las condiciones necesarias para la circulación del amoníaco hacia el condensador, el cual adecúa el gas para poder refrigerar las frutas.

Esto comienza con la entrada del amoníaco al compresor, con una presión que puede variar desde los 1,5 a los 3 Bar. Una vez ingresado, es sometido a compresión mediante 8 pistones, los cuales elevan la presión de entrada hasta valores aproximados entre 10 a 13 Bar. De forma paralela, al aumentar la presión, también aumenta de forma proporcional la temperatura con una entrada de  $-1^{\circ}\text{C}$  y una salida de  $130^{\circ}\text{C}$ . Una vez lograda la presión solicitada, ésta es liberada directamente al sistema sin ser almacenada.

### 2.5.3. Análisis SIPOC

El análisis SIPOC permite entender de mejor manera los modos de falla de un equipo. Para esto es necesario reconocer los 5 factores importantes: proveedor, entrada, proceso, salida y cliente. Para el caso del compresor, el análisis SIPOC sería el siguiente:

- Proveedor: Estanque de bombeo.
  
- Entrada: Amoníaco en estado gaseoso a 1,5-3 Bar.
  
- Proceso: Comprimir el amoníaco dentro de los cilindros por medios de los pistones.
  
- Salida: Amoníaco en estado gaseoso a 10-13 Bar.
  
- Cliente: Condensador.

### 2.5.4. Identificación de Modos de Falla

En este paso se realizaron dos identificaciones: una fue realizada al equipo crítico en general, es decir, el compresor de 8 pistones; y otra a los componentes más críticos dentro del compresor. Debido a la cantidad de componentes existentes dentro del compresor, éstos fueron sometidos a un análisis por medio de la herramienta de RPN, para así poder filtrar e identificar los componentes más críticos dentro del equipo. Esto se puede apreciar en la tabla del anexo C.

Los elementos marcados con un asterisco (\*) son componentes que no están presentes en el compresor real. Las tablas para determinar la Severidad, Detectabilidad y Ocurrencia se encuentran adjuntas en el anexo de este trabajo.

#### 2.5.4.1 Selección de componentes críticos

El criterio para poder determinar cuáles son los rangos de criticidad de los valores de RPN obtenidos está dado por la tabla 2-1, la cual muestra todos los posibles RPN obtenidos con todas las combinatorias de multiplicación de los 3 factores (S, D y O), pudiéndose obtener valores que varían entre 1 y 1000.

Tabla 2-1. Rangos de RPN

| rango A | rango B | rango C | rango A | rango B | rango C |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1       | 81      | 294     | 28      | 168     | 486     |
| 2       | 84      | 300     | 30      | 175     | 490     |
| 3       | 90      | 315     | 32      | 180     | 500     |
| 4       | 96      | 320     | 35      | 189     | 504     |
| 5       | 98      | 324     | 36      | 192     | 512     |
| 6       | 100     | 336     | 40      | 196     | 540     |
| 7       | 105     | 343     | 42      | 200     | 560     |
| 8       | 108     | 350     | 45      | 210     | 567     |
| 9       | 112     | 360     | 48      | 216     | 576     |
| 10      | 120     | 378     | 49      | 224     | 600     |
| 12      | 125     | 384     | 50      | 225     | 630     |
| 14      | 126     | 392     | 54      | 240     | 640     |
| 15      | 128     | 400     | 56      | 243     | 648     |
| 16      | 135     | 405     | 60      | 245     | 700     |
| 18      | 140     | 420     | 63      | 250     | 720     |
| 20      | 144     | 432     | 64      | 252     | 729     |
| 21      | 147     | 441     | 70      | 256     | 800     |
| 24      | 150     | 448     | 72      | 270     | 810     |
| 25      | 160     | 450     | 75      | 280     | 900     |
| 27      | 162     | 480     | 80      | 288     | 1000    |

Fuente: Elaboración propia. Basado en "Determinación de rangos para RPN."

De acuerdo a la tabla de componente con su respectivo RPN, que se encuentra en el anexo C, los componentes críticos seleccionados son: el cilindro, el pistón y el anillo de pistón, es por esto que se seleccionará el conjunto del pistón. Además, se agregará el motor eléctrico, ya que es una parte indispensable para el funcionamiento del compresor.

#### 2.5.4.2. Modos de Falla de componentes seleccionados

A continuación, se presentarán las tablas de identificación de modos de falla de los componentes seleccionados mediante la herramienta del RPN y del compresor en sí:

Tabla 2-2. FMECA del motor eléctrico.

| Equipo/Componente | Función   | Falla Funcional                         | Modo de Falla                          | Efectos de las fallas   | Consecuencias  | S | O | D | PPN | Acción Correctiva   |
|-------------------|---|---|--|---|--|---|---|---|-----|---|
| Motor             | Transformar energía eléctrica en energía mecánica para entregarla al compresor a una frecuencia de 1480 RPM | Detención imprevista                    | Rotura del acople                      | No se transmite la energía mecánica al motor  | El compresor no recibe energía, por lo que se detiene el proceso completamente | 5 | 3 | 3 | 45  | Reemplazo del acople                                      |
|                   |   |   | Fallo de alimentación del motor        | No llega corriente al motor   | El compresor no recibe energía, por lo que se detiene el proceso completamente | 4 | 2 | 1 | 8   | Revisión de conexiones y parámetros eléctricos.           |
|                   |   |   | Bobinado roto o quemado                | No se genera el magnetismo entre rotor y estator                                      | El compresor no recibe energía, por lo que se detiene el proceso completamente | 8 | 4 | 7 | 224 | Revisión periódica de descansos y rodamientos             |
|                   |   |   | Rodamiento dañado                      | Traba el giro del rotor   | El compresor no recibe energía, por lo que se detiene el proceso completamente | 8 | 5 | 9 | 360 | Cambio de rodamientos                                     |
|                   |   |   | Mala lubricación del rodamiento        | Rodamiento tiene dificultades para girar  | El compresor no recibe la energía suficiente para comprimir el amoniaco.       | 4 | 5 | 8 | 160 | Cambio de rodamientos                                     |
|                   |   |   | Baja tensión eléctrica                 | No llega la corriente necesaria al motor  | El compresor no recibe la energía suficiente para comprimir el amoniaco.       | 8 | 3 | 2 | 48  | Revisión de conexiones y parámetros eléctricos.           |
|                   |   | Motor no gira a la frecuencia necesaria | Eje desalineado                        | Daña el rodamiento dificultando el giro   | El compresor no recibe la energía suficiente para comprimir el amoniaco.       | 7 | 3 | 9 | 189 | Inspección de alineamiento                                |
|                   |   |   | Rodamiento dañado                      | Aumenta el roce interno dificultando su giro, Aumento de temperatura y de vibraciones | El compresor no recibe la energía suficiente para comprimir el amoniaco.       | 8 | 5 | 9 | 360 | Cambio de rodamientos                                     |
|                   |   |   | Alta tensión eléctrica                 | El motor se ve sobre exigido  | El compresor no recibe la energía suficiente para comprimir el amoniaco.       | 8 | 3 | 2 | 48  | Revisión de parámetros eléctricos y seteo de limit switch |
|                   |   |   | Fallo de alimentación del motor        | No se genera la entrega continua de energía al compresor                              | El compresor no recibe la energía suficiente para comprimir el amoniaco.       | 4 | 2 | 1 | 8   | Revisión de conexiones y parámetros eléctricos.           |
|                   |   |   | Mala conexión de terminales eléctricos | No se genera una entrega continua de la corriente al motor                            | El compresor no recibe la energía suficiente para comprimir el amoniaco.       | 2 | 2 | 3 | 12  | Revisión de conexiones y parámetros eléctricos.           |

Fuente: Elaboración propia en base a materia de “Gestión de Mantenimiento”.

Tabla 2-3. FMECA del conjunto del Pistón.

| Equipo/Componente                                  | Función                               | Falla Funcional                        | Modo de Falla                                      | Efectos de las fallas                       | Consecuencias                                | S | O | D | RPM | Acción Correctiva                    |
|--|---------------------------------------|--|--|---|--|---|---|---|-----|--------------------------------------|
| Pistón completo (Pistón, anillos, perno de pistón) | Comprimir el amoníaco de 1,5 a 10 Bar | No entrega presión de salida requerida | Anillo desgastado                                  | Compresión inadecuada                       | Sistema no funciona con la presión requerida | 8 | 6 | 9 | 432 | Cambio de anillo                     |
|  |                                       |  | Cilindro desgastado                                | Generación de juego entre cilindro y pistón | Sistema no funciona con la presión requerida | 8 | 6 | 9 | 432 | Rectificado o encaimsado             |
|  |                                       |  | Rotura de anillo compresor                         | Compresión inadecuada                       | Sistema no funciona con la presión requerida | 8 | 1 | 9 | 72  | Cambio de anillo                     |
|  |                                       |  | Desgaste de perforación del pasador de pistón      | Compresión inadecuada                       | Sistema no funciona con la presión requerida | 7 | 2 | 9 | 128 | Cambio del cabeza y/o pasador        |
|  |                                       |  | Mala regulación punto muerto superior y/o inferior | Compresión inadecuada                       | Sistema no funciona con la presión requerida | 3 | 4 | 9 | 108 | Puesta a punto de los puntos muertos |

Fuente: Elaboración propia en base a materia de “Gestión de Mantenimiento”.

Tabla 2-4. FMECA del Compresor.

| Equipos/Componente | Función                               | Falla Funcional                        | Modo de Falla                                      | Efectos de las fallas  | Consecuencias                         | S                                   | O  | D                                     | RPM | Acción Correctiva                              |     |  |                                   |
|--------------------|---------------------------------------|--|--|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------------|-----|--|-----|--|-----------------------------------|
| Compresor          | Comprimir el amoniaco de 1,5 a 10 Bar | No entrega presión de salida requerida | Picadura en válvulas de admisión y                 | Compresión inadecuada  | Paso del gas de descarga a la succión | 4                                   | 5  | 7                                     | 140 | Rectificado de válvulas y/o cambio de válvulas |     |  |                                   |
|                    |                                       |  | Anillo desgastado                                  |                        |                                       | 8                                   | 6  | 9                                     | 432 | Cambio de anillo                               |     |  |                                   |
|                    |                                       |  | Cilindro desgastado                                |                        |                                       | 8                                   | 6  | 9                                     | 432 | Rectificado y/o encamisado                     |     |  |                                   |
|                    |                                       |  | Rotura del anillo compresor                        |                        |                                       | 8                                   | 1  | 9                                     | 72  | Cambio de anillo                               |     |  |                                   |
|                    |                                       |  | Desgaste de perforación del pasador de pistón      |                        |                                       | 7                                   | 2  | 9                                     | 128 | Cambio del cabeza y/o pasador                  |     |  |                                   |
|                    |                                       |  | Mala regulación punto muerto superior y/o inferior |                        |                                       | 3                                   | 4  | 9                                     | 108 | Puesta a punto de los puntos muertos           |     |  |                                   |
|                    |                                       | Elevada temperatura de descarga        | Desgaste de descansos del cigüeñal                 | Aumento de temperatura | Desgaste de líquido refrigerante      | Fuga de aceite dentro del compresor | Sistema no funciona a la presión requerida | 4                                     | 4   | 9  | 144 | Cambio de metales y/o rectificado de descansos de cigüeñal |                                   |
|                    |                                       |  | Perdida de aceite                                  |                        |                                       |                                     | Sistema no funciona a la presión requerida | 2                                     | 2   | 7  | 21  | Revisión periódica de sellos y empaquetaduras              |                                   |
|                    |                                       |  | Nivel de lubricación bajo                          |                        |                                       |                                     | Adherencia de las partes                   | No se logra la lubricación requerida  | 8   | 3  | 9   | 216  | Revisión de carter                |
|                    |                                       |  |  |                        |                                       |                                     | Carbonización del aceite                   | Engripamiento de los componentes      | 8   | 3  | 9   | 216  | Revisión de los niveles de aceite |
|                    |                                       |  |  |                        |                                       |                                     | Desgaste del pistón                        | Paso del gas de descarga a la succión |     |  |     |  |                                   |

Fuente: Elaboración propia en base a materia de "Gestión de Mantenimiento".

Las tres tablas anteriores materializan la aplicación de los criterios y conocimientos aplicados al equipo crítico. En ellas se encuentran los equipos y componentes críticos a los cuales se les realizó el análisis de modos y efectos de falla. Como siguiente tópico encontramos la funcionan, expresada de manera mensurable, ya que esto último será lo que nos entregue una guía para plantear todas las posibles fallas funcionales. Estas fallas son determinadas en base al conocimiento técnico adquirido sobre el equipo crítico, además de información no registrada por parte de la empresa.

A cada modo de fallo derivado de las fallas funcionales, se le debe asignar un valor de RPN, sometiendo dicho modo de fallo a los criterios de severidad, ocurrencia y detectabilidad. En las tablas, los modos de fallo se encuentran coloreados según el RPN obtenido, para así determinar la criticidad que se le debe asignar al modo de fallo. Esto busca facilitar la asignación de prioridad de mantenimiento que tendrá la acción correctiva propuesta, por lo que se entiende que la correcta realización del FMECA podrá contribuir a un mejor desarrollo en la generación de las órdenes de trabajo.

### **CAPÍTULO 3: PLAN DE MANTENIMIENTO**

### **3. PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1. MANTENIMIENTO EN LA ACTUALIDAD**

En la industria, el éxito de una empresa está fuertemente ligado a los costos monetarios tanto en la producción como en el mantenimiento. Mientras el costo productivo esta exclusivamente determinado por el mercado, el costo de mantenimiento está delimitado por factores tales como: los tiempos muertos durante la realización de una tarea de mantenimiento, la selección del tipo de mantenimiento correcto para el equipo, la disposición y organización de las herramientas, repuestos e insumos dentro del pañol, las condiciones de trabajo, entre otros.

Es aquí donde, para poder optimizar cada uno de estos factores, se construyen los planes de mantenimiento, los cuales tienen por objetivo analizar cada elemento que forma parte del mantenimiento en sí, desde el aspecto más básico, como la disposición de las herramientas necesarias, hasta aspectos más complejos, como lo es la selección de un tipo de mantenimiento que se adecúe a la situación, para finalmente entregar una solución, que abarca aspectos como la clasificación del pañol, las tareas a realizar, la calendarización de las actividades a realizar, los costos abarcados en el plan de mantenimiento propuesto, para que en un plazo determinado se logre disminuir los costos de mantenimiento.

#### **3.2. CMMS**

Para poder llevar a cabo el plan de mantenimiento, existen en la actualidad varios software conocidos como CMMS o Computerized Maintenance Management System, los cuales funcionan como herramientas que facilitan la gestión del mantenimiento.

Sus funciones van desde la gestión de activos en la empresa, los recursos humanos, la recopilación y organización de datos para el mantenimiento, ordenes de trabajos, entre otras.

Gracias a estas funciones, que vienen divididas en sus respectivos módulos, se puede organizar de mejor manera los planes de mantenimiento a realizar.

La gama de softwares de este tipo es variada y para adquirir el producto se debe pagar una suscripción mensual, la cual está definida por las características que ofrece el proveedor. En este aspecto, softwares como SAP, que son utilizados por grandes empresas

como Indura S.A. y Gerdau Aza, tienen un costo mucho mayor en comparación a programas como Fracttal y MP9, por la amplia variedad de funciones que ofrece.

En la asignatura de Gestión de Mantenimiento se utilizaron dos software de gestión de activos, los cuales son Fracttal y MP9, y de los cuales se pueden realizar comparaciones significativas, que nos llevaron a elegir Fracttal como el programa indicado para realizar el plan de mantenimiento.

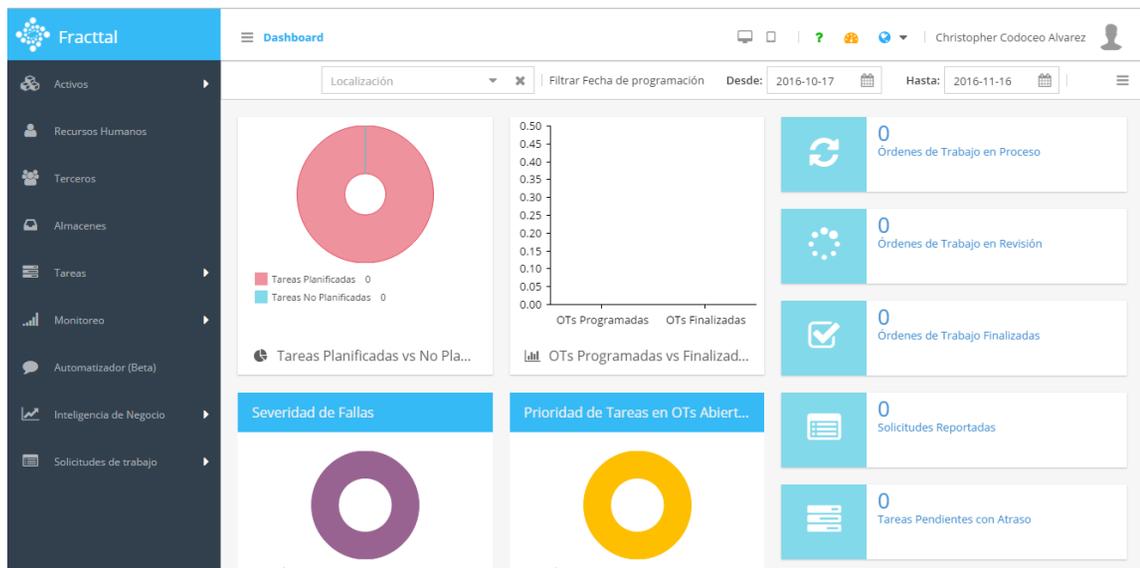
Una de las principales diferencias es la accesibilidad a los datos cargados en el software. Mientras que MP9 trabaja con un servidor físico, lo que conlleva tener conexión con dicho servidor, además de conexión a internet. Fracttal permite acceder a la información cargada en el software desde cualquier computador que posee conexión a internet, ya que toda la información es cargada a la “nube”. Esto es una clara ventaja, ya que además de poseer un fácil acceso, la información modificada es inmediatamente actualizada, por lo que cualquier otro usuario que trabaje en paralelo con el software tendrá acceso a ella.

Otra clara diferencia entre ambos programas es el módulo de herramientas y el módulo de repuestos e insumos. MP9 está compuesto por un software principal, donde se carga toda la información que esté relacionada con los equipos, ubicaciones, planes de trabajo, mantenimiento y gestión de la mayoría de los activos. Para trabajar con las herramientas, repuestos e insumos se deben utilizar dos softwares más que deben ser enlazados con el software principal al momento de generar una orden de trabajo donde haya un activo de estos dos módulos anteriormente mencionados. Fracttal posee todos los módulos juntos en un solo lugar, ya que toda la información va directo a la “nube”, por lo que no es necesario realizar algún paso extra al momento de combinar el módulo de planes de mantenimiento con los módulos de herramientas o repuestos e insumos.

Ambos aspectos presentados en los párrafos anteriores son de vital importancia para decidir que software utilizar para la generación del plan de mantenimiento. La accesibilidad que ofrece Fracttal permite que se trabaje de manera más fluida y con mayor libertad para la realización de las órdenes de trabajo, las cuales son importantes para el cumplimiento del tercer objetivo de este trabajo. Este es el aspecto decisivo para seleccionar a Fracttal como el software adecuado para realizar el plan de mantenimiento.

### 3.3. FRACTTAL

Fractal es un software de mantenimiento y gestión de activos empresariales que permite gestionar, de una manera más simple y ordenada, las tareas vinculadas al mantenimiento en la empresa. Este programa funciona de manera dinámica aprovechando el recurso del internet para así facilitar la gestión de las tareas, ya sea desde un computador hasta una aplicación para celular.



Fuente: Elaboración propia. <https://app.fractal.com/#dashboard>

Figura 3-1. Interfaz principal Fractal

### 3.2. CATÁLOGO DE EQUIPOS

Uno de los primeros pasos a seguir para poder concretar la generación de las órdenes de trabajo, es la catalogación de los equipos del área en el cual se trabajará. Fractal permite organizar todos los equipos, abarcando aspectos que van desde la asignación física del equipo, como también la asignación administrativa de este. A continuación, en la figura 3-2, se puede apreciar los equipos que se encuentran presentes en el área de Pre-Frío en la planta “Excer 1”, levantados en la sección “Activos”, subsección “Equipos”:

| Vista Lista              |   | Vista Arbol           |   | Inicio                    |            |        |  |          |  |          |  |
|--------------------------|---|-----------------------|---|---------------------------|------------|--------|--|----------|--|----------|--|
| Ubicado en ó es Parte de |   | Campos Personalizados |   | + Agregar                 |            | Editar |  | Eliminar |  | Opciones |  |
| <input type="checkbox"/> |   | Habilitado            | Descripción                                       | Nombre                    | Fabricante |        |  |          |  |          |  |
| <input type="checkbox"/> |  | Si                    | Motor siemens 1lg0310-4ab70-z                     | Motor                     | siemens    |        |  |          |  |          |  |
| <input type="checkbox"/> |  | Si                    | Ventilador  | Ventilador                |            |        |  |          |  |          |  |
| <input type="checkbox"/> |  | Si                    | Evaporador .                                      | Evaporador .              |            |        |  |          |  |          |  |
| <input type="checkbox"/> |  | Si                    | Estanque de Amoniaco .                            | Estanque de Amoniaco .    |            |        |  |          |  |          |  |
| <input type="checkbox"/> |  | Si                    | Condensador Evaporativo .                         | Condensador Evaporativo . |            |        |  |          |  |          |  |
| <input type="checkbox"/> |  | Si                    | Bomba de Amoniaco . WITT ERA 50-PG 2004 { } 33812 | Bomba de Amoniaco .       | WITT       |        |  |          |  |          |  |
| <input type="checkbox"/> |  | Si                    | Compresor de pistones . York SMC108E 2009 108E336 | Compresor de pistones .   | York       |        |  |          |  |          |  |

Fuente: Elaboración propia. <https://app.fracttal.com/#inventories.equipments>

Figura 3-2. Catálogo de equipos.

### 3.2.1. Equipo crítico

Todos los equipos, incluyendo el equipo crítico, deben poseer todos los datos técnicos, su ubicación y detalles que contribuyan a un mejor entendimiento de su función dentro del proceso productivo.

A continuación, en la figura 3-3, se presenta la ficha técnica del equipo crítico, que en este caso corresponde al compresor:



Compresor de pistones . York SMC108E 2009 1500 RPM, 679 m³/h (18-27 Bar BP) (28-42 Bar AP) 108E336

**Detalles**

- General
- Campos Personalizados
- Financiero
- Terceros Relacionados
- Repuestos y Suministros
- Historiales
- Adjuntos
- Gestión Documental

**General**



Nombre: Compresor de pistones .

Fabricante: York

Modelo: SMC108E      Número de Serial: 108E336

Año de Origen: 2009      Características: 1500 RPM, 679 m³/h (18-27 Bar BP) (28-42 Bar

Código:      Código de Barras:      Prioridad: Muy Alta

Tipo: COMPRESOR      Clasificación 1: Mecánica      Clasificación 2: SISTEMA DE CLIMATIZACION

Proveedor: ...Seleccione      Fecha de Compra:

Ubicado en ó es Parte de: // USM SEDE VIÑA DEL MAR/ TU MECANICA INDUSTRIAL/ Tré       Depende de Este:

Notas:

Fuente: Elaboración propia. <https://app.fracttal.com/#inventories.equipments>

Figura 3-3. Detalle Técnico Compresor.

Aquí se pueden encontrar los datos más relevantes, como lo son la marca del fabricante del compresor, los datos técnicos ubicados en la casilla “Características”, se especifica la clasificación que se le es asignada al equipo, para poder organizarlo dentro de las funciones en la planta, la ubicación física, datos sobre la adquisición del equipo, como lo es el proveedor y la fecha de compra, también se pueden agregar datos de organización referentes a pañol, como lo es un código asignado por la empresa o la presencia de un código de barra, en caso de poseer otro tipo de organización.

Uno de los puntos importantes a destacar dentro de la ficha es la prioridad que se le asigna al equipo, ya que en base a este punto se puede plantear de manera efectiva el orden para trabajar con los equipos de la planta, por ende, un equipo que posea una prioridad alta da a entender que está categorizado como un equipo crítico para el proceso productivo.

Además del equipo crítico seleccionado a través de la matriz cualitativa de riesgos, se seleccionó el motor eléctrico como equipo crítico, ya que dicho equipo entrega la energía para que el compresor cumpla su función dentro del sistema, por lo que también será utilizado en el programa Fractal, como lo muestra a continuación la figura 3-4:

The screenshot displays the 'General' tab of a technical equipment record. On the left, a sidebar lists navigation options: Detalles, General, Campos Personalizados, Financiero, Terceros Relacionados, Repuestos y Suministros, Historiales, Adjuntos, and Gestión Documental. The main content area shows the following data:

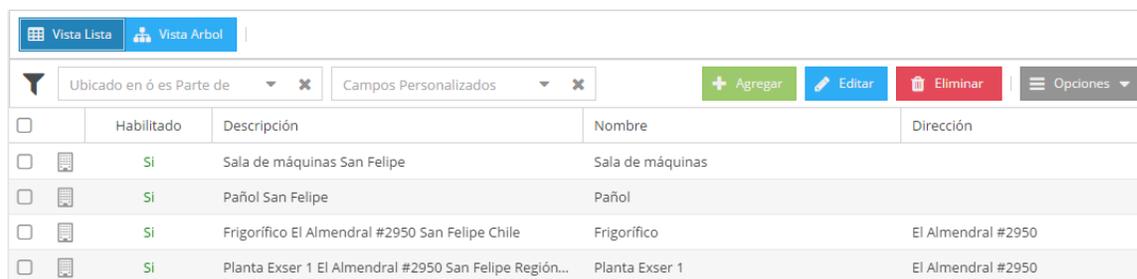
- Motor:** Motor siemens 1LG0310-4AB70-Z 2009 1480 RPM, 110 kW, IP55
- QR Code:** A QR code is present next to the motor name.
- Nombre:** Motor
- Fabricante:** siemens
- Modelo:** 1LG0310-4AB70-Z
- Número de Serial:** (Empty field)
- Año de Origen:** 2009
- Características:** 1480 RPM, 110 kW, IP55
- Código:** (Empty field)
- Código de Barras:** (Empty field)
- Prioridad:** (Empty field)
- Tipo:** Motor eléctrico
- Clasificación 1:** Transmisión de movimiento
- Clasificación 2:** ALMACENAMIENTO AIRE COV
- Proveedor:** ...Seleccione
- Fecha de Compra:** (Empty field)
- Ubicado en ó es Parte de:** // USM SEDE VIÑA DEL MAR/ TU MECANICA INDUSTRIAL/ Trz
- Depende de Este:**
- Notas:** (Empty field)

Fuente: Elaboración propia. <https://app.fractal.com/#inventories.equipments>

Figura 3-4. Detalle Técnico Motor Eléctrico.

### 3.3. UBICACIÓN

Siguiendo con el énfasis que se le da a la organización como uno de los aspectos importantes para poder cumplir con uno de los objetivos específicos planteados, se presenta la sección de “ubicación”. Esta sección de Fractal permite al usuario cargar tanto la ubicación general de la planta, como también las subsecciones o subestaciones presentes dentro de la empresa. Dentro de esta sección se puede trabajar tanto en formato “lista” o formato “árbol” para poder hacerse una idea de lo simple que es distribuir cada componente o equipo en su lugar correspondiente, lo que genera una organización fidedigna de la empresa.



| <input type="checkbox"/> | Habilitado | Descripción  | Nombre           | Dirección          |
|--------------------------|------------|--|------------------|--------------------|
| <input type="checkbox"/> | Si         | Sala de máquinas San Felipe                            | Sala de máquinas |                    |
| <input type="checkbox"/> | Si         | Pañol San Felipe                                       | Pañol            |                    |
| <input type="checkbox"/> | Si         | Frigorífico El Almendral #2950 San Felipe Chile        | Frigorífico      | El Almendral #2950 |
| <input type="checkbox"/> | Si         | Planta Exser 1 El Almendral #2950 San Felipe Región... | Planta Exser 1   | El Almendral #2950 |

Fuente: Elaboración propia. <https://app.fractal.com/#inventories.facilities>

Figura 3-5. Detalle Distribución Planta “Exser 1”

### 3.4. ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE MANTENIMIENTO

Los planes de mantenimiento están estrictamente ligados con las acciones correctivas propuestas en el FMECA de cada equipo y componente analizado en este trabajo. Además, se complementa con la experiencia y conocimientos adquiridos tanto, en las asignaturas correspondientes al mantenimiento y a la gestión de éste, como también a la experiencia adquirida en el período de prácticas.

Cada plan de mantenimiento debe poseer una clasificación de prioridad, el tipo de mantenimiento, el tiempo que tomará realizar la actividad, el tiempo que el activo se encontrará fuera de servicio, la frecuencia con la que será realizada dicha actividad, los recursos necesarios (herramientas e insumos) y el personal a cargo de la actividad.

En la figura 3-6 y 3-7 se puede apreciar el plan de tareas, acompañado de cada tarea, en este caso para el motor eléctrico.

Plan de Tareas: Mantención Motor eléctrico.      Limitar Acceso a Esta Localización: // USM SEDE VIÑA DEL MAR/ TU MECANICA INDUSTRIAL/ Trabajo de Titulo/ EXSER/ Planta Exser 1/ Frigorífico/ Sala de máquinas/

| Tareas                                       |                   |           |                          |                 |                     |  |
|--|-------------------|-----------|--------------------------|-----------------|---------------------|--|
| Descripción                                  | Duración Estimada | Prioridad | Tipo de Tarea            | Clasificación 1 | Clasificación 2     |  |
| Alineamiento De Motor Compresor.             | 00:30             | Alta      | Mantenimiento Predictivo | Mecánico        | personal predictivo |  |
| Análisis de Vibración.                       | 01:00             | Alta      | Mantenimiento Preventivo | Motor .         | predictivo          |  |
| Cambio de Rodamientos.                       | 02:00             | Alta      | Mantenimiento Anual      | Motor .         | mecánico mantenedor |  |
| inspeccion visual                            | 00:20             | Media     | Inspección General       | Motor .         | Mecánico Mantenedor |  |
| Limpieza de Ventilador.                      | 00:30             | Media     | Limpieza                 | Motor .         | practicante         |  |
| Revisión de tensión y parámetros eléctricos. | 00:10             | Media     | Inspección General       | Motor .         | Elctrico            |  |

Fuente: Elaboración propia. <https://app.fractal.com/#tasks.task>

Figura 3-6. Plan de tarea, vista general.

✕
Tarea

🏠 General
☰ SubTareas
📁 Recursos
📎 Adjuntos

**Descripción:**

**Tipo de Tarea:**

**Clasificación 1:**

**Clasificación 2:**

**Prioridad:**

**Duración Estimada:**

 :HH  :MM

**Tiempo de Paro del Activo:**

 :HH  :MM

¿Hacer cuando? + Agregar Activador ▾

| Generada por  | Descripción    | Programación fija? |
|---------------|----------------|--------------------|
| Fecha (A-M-D) | Cada 6 Mes(es) | Si                 |

Fuente: Elaboración propia. <https://app.fractal.com/#tasks.task>

Figura 3-7. Plan de tarea, vista general.

### 3.5. HERRAMIENTAS, RESPUESTOS Y SUMINISTROS

La organización de los tópicos de “herramientas” y “repuestos y suministros” influye directamente en la correcta ejecución de una orden de trabajo, ya que permite un acceso fácil y rápido a los implementos necesario para realizarla.

Para poder concretar dicha organización, el uso de los códigos es trascendental, ya que permiten otorgar una ubicación específica que será estandarizada dentro del pañol de la empresa.

En el caso de Exser Ltda. solo existe un lugar asignado para el almacenamiento de las herramientas, repuestos y suministros, el cual tiene dimensiones de 2.2 m de alto, 4 m de largo y 1 m de ancho, como se puede apreciar en la figura 3-8.



Fuente: Elaboración propia. Dependencias planta “Exser 1”.

Figura 3-8. Estante de almacenamiento de herramientas, repuestos y suministros.

Debido a la situación presentada en la figura anterior, es que se ha decidido presentar un layout de la organización del estante, con el objetivo de poder generar una codificación para todas las herramientas, repuestos y suministros necesarios para llevar acabo las ordenes de trabajo.

#### 3.5.1. Layout estante de almacenamiento

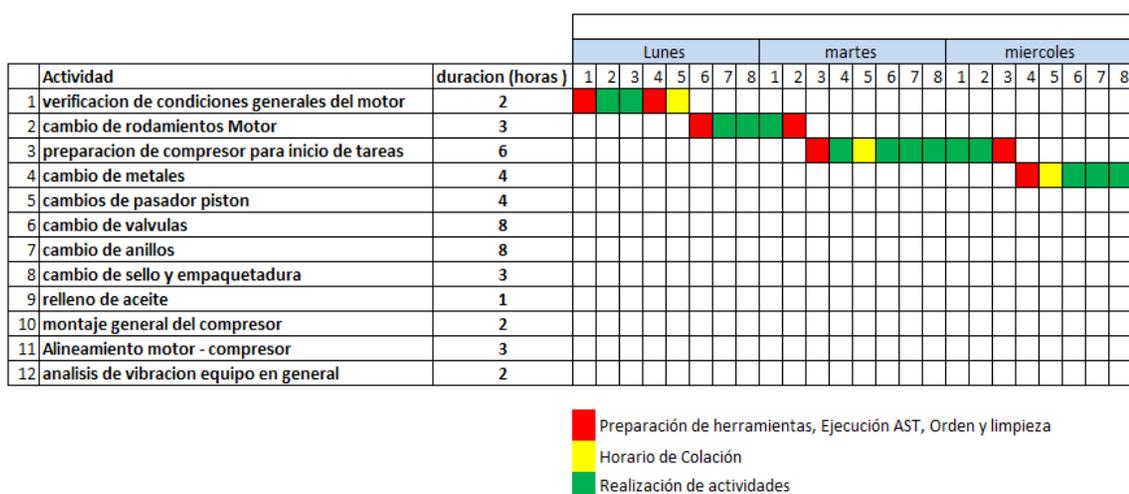
A continuación, en la figura 3-9, se presentará el layout con la asignación de espacios para las herramientas, repuestos y suministros, en conjunto con la explicación de cada una de las secciones.





Como se puede apreciar en la figura anterior, se han predispuesto todas las órdenes de trabajo, especificando en que día se debe realizar dicha actividad. Esta calendarización servirá de guía para que el encargado de mantenimiento tenga noción de cual actividad realizar y cuando realizarla. Cabe mencionar que, independiente de que puedan existir más de dos actividades a realizar en un mismo día, su tiempo de duración no está especificado en la calendarización, ya que esa información está incluida dentro de la respectiva orden de trabajo.

Una vez organizadas las actividades que corresponden a la “temporada” de trabajo, se deben organizar los tiempos utilizados en la parada de planta que se realiza en el mes de mayo. La figura 3-12 muestra la carta Gantt con la distribución de las actividades de mantenimiento para los equipos críticos. Estas actividades no son de carácter periódico, sino más bien de carácter correctivo, debido a que el plan de mantenimiento propuesto está enfocado en la realización de todas las actividades necesarias para tener a punto los equipos para su correcto funcionamiento en la siguiente temporada de trabajo.



Fuente: Elaboración propia, Basada en jornada de trabajo Exser Ltda.

Figura 3-12. Extracto Carta Gantt calendarización de actividades en parada de planta.

Los tiempos presentados en la figura anterior incluyen, además de las actividades de mantenimiento en sí, los tiempos que ocupa el mantenedor en preparar el área de trabajo, seleccionar las herramientas necesarias acorde a la orden de trabajo, como también los tiempos de almuerzo que están incluidos en su jornada de trabajo.

Estos tiempos son solamente referenciales, ya que no se puede predecir la existencia de algún contratiempo durante la realización de las actividades. La carta Gantt completa de las calendarizaciones se puede encontrar en el anexo E.

### 3.7. ESTIMACIÓN DE COSTOS

Tomando en cuenta que la efectividad de un plan de mantenimiento es medida acorde a los tiempos y costos invertidos en este, se realizó una proyección de presupuesto de todas las actividades que conforman el plan de mantenimiento generado, en un plazo de un año.

La tabla 3-1 muestra las actividades a realizar en este plan de mantenimiento, con su respectiva duración anual expresada en horas, complementado con el valor de hora hombre del mecánico mantenedor de la empresa.

Tabla 3-1. Presupuesto plan de mantenimiento.

| Actividad                                   | Frecuencia       | Duración de la actividad | Dotación   | Valor HH   | Total        |
|---|------------------|--------------------------|------------|------------|--------------|
| Relleno de Aceite                           | 18 veces al año  | 9 horas                  | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 13.869    |
| Inspección Visual Motor-Compresor           | 121 veces al año | 181,5 horas              | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 279.692   |
| Revisión parámetros electricos              | 17 veces al año  | 8,5 horas                | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 13.099    |
| Verificación y alineamiento Motor-Compresor | 4 veces al año   | 12 horas                 | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 18.492    |
| Limpieza ventilador                         | 9 veces al año   | 4,5 horas                | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 6.935     |
| Inspección de temperatura de rodamientos    | 9 veces al año   | 2,25 horas               | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 3.467     |
| Análisis de vibraciones                     | 2 veces al año   | ****                     | 1 analista | \$ 700.000 | \$ 1.400.000 |
| Inspección de nivel de aceite               | 18 veces al año  | 4,5 horas                | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 6.935     |
| Parada de planta Motor eléctrico            | 1 vez al año     | 77 horas                 | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 118.657   |
| Parada de planta Compresor                  | 1 vez al año     | 77 horas                 | 1 mecánico | \$ 1.541   | \$ 118.657   |
| Presupuesto total                           |                  |                          |            | \$         | 1.979.803    |

Fuente: Elaboración propia. Basada en datos entregados por la empresa.

La fila marcada con color, hace referencia al costo de un análisis de vibración. Esta fila se ha resaltado, ya que el precio indicado es solo costo referencial de un solo análisis de vibración. Además, no se ha especificado el tiempo de duración, ya que el valor de dicha actividad incluye aspectos externos a la actividad en sí, dentro de los cuales se encuentran los papeleos que debe realizar la empresa, el desarrollo del informe del análisis en base a los resultados, dentro de otras cosas.

Cabe destacar que este valor final (\$1.979.803.-) es un valor estimado que solo abarca el valor de hora/hombre, sin tomar en cuenta los gastos de inversión en instrumentos y herramientas necesarias para la realización de dichas actividades.

### 3.8. GENERACIÓN DE LAS ORDENES DE TRABAJO

El paso final para poder culminar el plan de mantenimiento es el producto tangible generado a partir de todos los puntos anteriormente mencionados. Cada uno de los aspectos tratados en este informe tiene por objetivo contribuir a la generación de una orden de trabajo (OT), la cual sea entendible de manera simple para una posible interpretación por parte del mecánico mantenedor de la empresa.

Los pilares fundamentales para la construcción de las ordenes de trabajo, nacen desde el análisis de modos y efectos de falla, los cuales establecen los parámetros para determinar la prioridad de cada actividad de mantenimiento planteada, como también el carácter de cada una (entiéndase por carácter si será un mantenimiento, correctivo, preventivo, predictivo, etc.).

La propuesta de organización del pañol también influye de manera directa en la generación de las órdenes de trabajo, ya que se complementan para una óptima aplicación de las órdenes al momento de realizar la mantención propuesta.

Dejando en claro todos los puntos anteriores, en las figuras 3-13 y 3-14 se pueden apreciar dos órdenes de trabajo generadas para cada equipo crítico, compresor y motor eléctrico respectivamente. En ellas se encuentran detallados aspectos como: frecuencia de aplicación, prioridad de la tarea, tipo de tarea, tiempos de paro de activo y duración de la actividad, listado de instrumentos, herramientas e insumos a utilizar y el paso a paso para una correcta aplicación de la orden de trabajo.

En el anexo F se podrán encontrar adjuntas el resto de las órdenes de trabajo para cada actividad correctiva propuesta en las tablas FMECA del punto 2.5.4.2.

Estas órdenes de trabajo fueron generadas mediante la plantilla que ofrece el software Fracttal.



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Cambio de anillos

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva                      Prioridad: Alta

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 08:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                       | Una vez al año  |                  |
|-------------------------------------|---|------------------|
| Mecánico mantenedor                 | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Posicionar las puntas del extractor de anillos en ambos lados de la ranura del anillo de admisión<br>5- Abrir el anillo de admisión hasta que la abertura permita retirar el pistón<br>6- Realizar el paso 4 y 5 para retirar el anillo de lubricación<br>7- Verificar dimensiones del cilindro, para determinar si es necesario cambiar los anillos por unos de mayor diámetro<br>8- Abrir el anillo nuevo de lubricación y montarlo en la ranura correspondiente<br>9- Realizar el paso 8, pero esta vez con el anillo de admisión<br>10- Verificar que exista una separación aproximada de 180 grados entre las ranuras de los anillos<br>11- Orden y limpieza<br>12- Realizar y archivar checklist<br>13- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado        | 1   | Inventario       |
| Mecánico mantenedor                 | 1   | Recursos Humanos |
| Extractor de rodamientos            | 1   | Inventario       |
| Juego de Atomillador punta Philips  | 1   | Inventario       |
| Overol                              | 1   | Inventario       |
| Zapatos de seguridad                | 1   | Inventario       |
| Gafas de seguridad                  | 1   | Inventario       |
| Juego de Atomillador punta paleta   | 1   | Inventario       |
| Calentador inductivo de rodamientos | 1   | Inventario       |
| Alicate extractor de seguros seager | 1   | Inventario       |
| Maceta de goma                      | 1   | Inventario       |
| Candado de bloqueo                  | 1   | Inventario       |

**Observaciones:**

Fuente: Elaboración propia. Plantilla Fractal.

Figura 3-13. Ejemplo OT del compresor.



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento motor eléctrico del motocompresor

Tarea: Inspección de temperatura de rodamientos y carcasa

Tipo de Tarea: Inspección                      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00

Duración Estimada: 00:15:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

|                              |  |                  |
|------------------------------|--|------------------|
| Fecha (A-M-D)                | Una vez cada 2 semanas   |                  |
| Mecánico mantenedor          | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Medir temperatura en la sección de los rodamientos en al menos 3 puntos<br>5- Medir temperatura en al menos 3 puntos de la carcasa del motor<br>6- Registrar todas las temperaturas registradas con el pirometro<br>7- En caso de que alguna de las medidas sobrepase los valores establecidos en la placa técnica, dejar registro para posibles acciones correctivas<br>8- Archivar datos recopilados<br>9- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado | 1  | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1  | Recursos Humanos |
| Pirometro                    | 1  | Inventario       |
| Protectores auditivos        | 1  | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         | 1  | Inventario       |
| Overol                       | 1  | Inventario       |

**Observaciones:**

Fuente: Elaboración propia. Plantilla Fractal.

Figura 3-14. Ejemplo OT del motor eléctrico.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En base a las problemática hipotética de la empresa Exser Ltda, se establecieron 3 objetivos necesarios para elaborar un plan de mantenimiento de emergencia, en caso de que la Exser Ltda. no cuente con una empresa de mantenimiento externa.

El primer capítulo buscó determinar el equipo crítico existente en el área del frigorífico de la empresa, lugar donde se realiza uno de los procesos más importantes para el éxito del proceso productivo. Para poder cumplir dicho objetivo, fue tarea primordial conocer de manera general todo el proceso productivo, centrándose de manera más detallada en el proceso del pre-frío y todos los equipos involucrados en dicho proceso, para así entender de mejor manera el rol que cumple cada equipo. Gracias a la información recolectada y en base a información entregada por personal de la empresa, se pudo realizar una matriz cualitativa de riesgos, la cual entregó como resulta el equipo más crítico dentro del frigorífico, el cual resultó ser el compresor. Para el funcionamiento de un compresor siempre es necesario un motor eléctrico, por lo que también dicho equipo fue seleccionado como crítico.

Una vez determinados los equipos críticos, fue necesario establecer las definiciones teóricas sobre el funcionamiento y características de dichos equipos, para así poder identificar el tipo de equipo utilizado en la empresa. Además, fue necesario definir todos los conceptos que abarcan la metodología de trabajo planteada para entregar una solución a la problemática, por lo que, por medio de la materia adquirida en la asignatura de “Gestión del Mantenimiento”, se dio a conocer en que consiste un Análisis de Modos y Efectos de Falla, en conjunto con el Número de Riesgo Prioritario, los cuales se estimaron como las herramientas que más se amoldaban para poder solucionar la problemática, pudiendo así completar el segundo objetivo planteado.

Aplicando toda la información presentada en el capítulo 2, se sentaron las bases para poder generar las Ordenes de Trabajo, las cuales representan de manera tangible el logro del tercer objetivo específico y objetivo general, el cuál es generar dichas Ordenes de Trabajo de una manera simple y precisa para que así, el personal de mantenimiento de la empresa, sin necesidad de una experiencia previa en el mantenimiento de los equipo del frigorífico, pueda desempeñar su labor sin contratiempos en caso de que se presente la problemática propuesta. Para poder llevar a cabo lo anterior, se hizo uso del software de mantenimiento y gestión de activos Fractal, en el cual se reunió toda la información recopilada a lo largo de este trabajo, obteniendo como resultado final la generación de las órdenes de trabajo pertinentes para la realización de las tareas de mantenimiento del equipo crítico.

Con el logro de los objetivos específicos planteados, se buscó generar una herramienta precisa que a la vez sea simple, ya que la claridad de la información entregada es fundamental para el completo entendimiento del operario que tome a cargo las mantenciones de los equipos críticos. La aplicación del FMECA para poder generar las OT es la base para lograr la entrega de órdenes directas, sin rodeos ni posibilidad de interpretaciones erróneas. Al entregar estas órdenes con las características anteriormente mencionadas, se da por concretado el objetivo general de este trabajo.

Como principal recomendación, se presentó una propuesta de distribución y codificación del pañol, ya que contar con herramientas e insumos codificados y pañol organizado permiten reducir los tiempos muertos que se generan al momento de preparar el área de trabajo para realizar las acciones de mantenimiento, lo que conlleva un ahorro, tanto de tiempo como de dinero invertido en el área de mantenimiento de la empresa. Dicha propuesta fue presentada teniendo en cuenta las condiciones de trabajo presentes en la empresa, con el objetivo de presentar una adaptabilidad fácil de aplicar si es que así lo requiere la empresa.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. ARÁNGUIZ Andrés: Gestión del Mantenimiento [diapositiva]. Docente Dpto. Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María, Sede Viña del Mar [2016]. 71 diapositivas.
  
2. NAMESNY Alicia: El Pre-Enfriamiento [en línea]. <[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_Hort/Hort\\_1990\\_63\\_56\\_79.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort/Hort_1990_63_56_79.pdf)>. [consulta: 20 de septiembre de 2016].
  
3. SAE INTERNATIONAL. J1739 - Potential Failure Mode and Effects Analysis in Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis in Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) and Effects Analysis for Machinery (Machinery FMEA). 2009. 57 h.
  
4. SEITZ Nicolás. Factibilidad del enfriamiento rápido continuo para fruta fresca. Santiago, Chile: Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 2008. 130 h.

**ANEXOS**



| N°  | Componentes                                  | N°   | Componentes                                   |
|-----|--|------|---|
| 10  | Refrigerador de salida                       | 360  | Tornillo alomado M 5 x 16; DIN 7985           |
| 30  | Boquilla intermedia                          | 370  | Arandela en U B 8,4; DIN 125                  |
| 40  | Pieza de unión                               | 380  | Tapa de caja de bornes                        |
| 60  | Tornillo de cierre R1/4"; DIN 906            | 390  | Cable de conexión para guardamotor            |
| 70  | Varilla de nivel de aceite                   | 400  | Racor atornillado para cables STP 13,5        |
| 80  | Tapa del cárter del cigüeñal                 | 410  | Tornillo alomado para chapa 5,5 x 19          |
| 90  | Tornillo hexagonal M 6 x 10                  | 420  | Rotor   |
| 110 | Tornillo hexagonal M 6 x 16; DIN 933         | 430  | Lámina de válvula                             |
| 130 | Tornillo hexagonal M 8 x 25; DIN 933         | 450  | Tornillo alomado para chapa 3,5 x 16          |
| 140 | Arandela en U 8,5 x 32 x 2,5                 | 460  | Lengüeta de apriete                           |
| 150 | Biela con rodamiento de agujas               | 470  | Bobinado con guardamotor externo              |
| 160 | Rodamiento de agujas 25 x 32 x 12; DIN 618   | 480  | Tornillo avellanado M 6 x 50; DIN 965         |
| 170 | Eje de cigüeñal                              | 490  | Cojinete de bolas 25 x 52 x 15                |
| 180 | Seguro para perno del pistón                 | 500  | Tapa de cojinete                              |
| 190 | Perno del pistón                             | 510  | Tornillo de cabeza plana M 5 x 25 (ranura)    |
| 200 | Pistón                                       | 520  | Rueda de ventilador                           |
| 210 | Anillos de pistón                            | 530  | Cubierta de rueda de ventilador               |
| 220 | Pistón completo                              | 540  | Tuerca hexagonal M 5; DIN 982                 |
| 240 | Cilindro                                     | 550  | Tornillo hexagonal M 6 x 205                  |
| 260 | Placa de válvula                             | 560  | Rejilla protectora                            |
| 280 | Culata                                       | 570  | Condensador 50 µF                             |
| 290 | Tornillo hexagonal M 8 x 50; DIN 933         | 580  | Disyuntor de 15 amperios                      |
| 300 | Filtro de aspiración completo                | 590  | Tornillo cilíndrico M8 x 20                   |
| 301 | Pieza insertada para el filtro de aspiración | 600  | Caja de bornes                                |
| 320 | Tornillo cilíndrico M8 x 20                  | 610  | Tornillo hexagonal M 6 x 45                   |
| 330 | Cojinete de bolas 35 x 62 x 14; DIN 625      | 620  | Abrazadera para mangueras galvanizada 40 – 60 |
| 340 | Junta de eje 35 x 62 x 10                    | 630  | Resorte de ajuste 5,0 x 5,0 x 20; DIN 6885-A  |
| 350 | Cárter del cigüeñal                          | 1500 | Juego de juntas VKM 362 (completo)            |

**ANEXO B: TABLA DE CRITERIOS PARA CALCULO DE  
SERVERIDAD, OCURRENCIA Y DETECTABILIDAD.**

| EFECTO              | EFECTO EN EL CLIENTES   | EFECTO EN<br>MANUFACTURA/ENSAMBLE   | CALIF. |
|---------------------|---|---|--------|
| Peligroso sin aviso | Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso. | Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso.  | 10     |
| Peligroso con aviso | Calificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, con aviso. | Puede exponer al peligro al operador (máquina o ensamble) sin aviso.  | 9      |
| Muy alto            | El producto/ítem es inoperable (perdida de la función primaria).  | El 100% del producto puede tener que ser desechado o reparado con un tiempo o costo infinitamente mayor.                          | 8      |
| Alto                | El producto/ítem es operable pero con un reducido nivel de desempeño. Cliente muy insatisfecho.   | El producto tiene que ser seleccionado y una parte desechada o reparada en un tiempo y costo muy alto.                            | 7      |
| Moderado            | Producto/ítem operable, pero un ítem de confort/convivencia es inoperable. Cliente satisfecho.  | Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo muy alto.                     | 6      |
| Bajo                | Producto/ítem operable, pero un ítem de confort/convivencia son operables a niveles de desempeño bajos.   | El 100% del producto puede tener que ser retrabajado o reparado fuera de la línea pero no necesariamente va al área de retrabajo. | 5      |

|           |   |   |   |
|-----------|---|---|---|
| Muy bajo  | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 75% de los clientes.                | El producto puede tener que ser seleccionado, sin deshecho, y una parte retrabajada.            | 4 |
| Menor     | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por el 50% de los clientes.                | El producto puede tener que ser retrabajado, sin deshecho, en línea, pero fuera de la estación. | 3 |
| Muy menor | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 25%). | El producto puede tener que ser retrabajado, sin deshecho, en línea, en la estación.            | 2 |
| Ninguno   | Sin efecto perceptible  | Ligero inconveniente para la operación u operador, o sin efecto.                                | 1 |

| Probabilidad                     | Indice posibles fallas | ppk    | Calif. |
|----------------------------------|------------------------|--------|--------|
| Muy alta: Fallas persistentes    | 100 por mil piezas     | < 0.55 | 10     |
|                                  | 50 por mil piezas      | > 0.55 | 9      |
| Alta: Fallas frecuentes          | 20 por mil piezas      | > 0.78 | 8      |
|                                  | 10 por mil piezas      | > 0.86 | 7      |
| Moderada: Fallas ocasionales     | 5 por mil piezas       | > 0.94 | 6      |
|                                  | 2 por mil piezas       | > 1.00 | 5      |
|                                  | 1 por mil piezas       | > 1.10 | 4      |
| Baja: Relativamente pocas fallas | 0.5 por mil piezas     | > 1.20 | 3      |
|                                  | 0.1 por mil piezas     | > 1.30 | 2      |
| Remota: La falla es improbable   | < 0.01 por mil piezas  | > 1.67 | 1      |

| DETECCION          | CRITERIO  | TIPO DE INSPECCIÓN |   |   | MÉTODOS DE SEGURIDAD DE RANGOS DE DETECCIÓN   | CALIF . |
|--------------------|---|--------------------|---|---|---|---------|
|                    |   | A                  | B | C |   |         |
| Casi imposible     | Certeza absoluta de no detección.                       |                    |   | X | No se puede detectar o no es verificada.  | 10      |
| Muy remota         | Los controles probablemente no detectarán.              |                    |   | X | El control es logrado solamente con verificación indirecta o al azar.   | 9       |
| Remota             | Los controles tienen poca oportunidad de detección.     |                    |   | X | El control es logrado solamente con inspección visual.  | 8       |
| Muy baja           | Los controles tienen poca oportunidad de detección.     |                    |   | X | El control es logrado solamente con doble inspección visual.  | 7       |
| Baja               | Los controles pueden detectar.                          |                    | X | X | El control es logrado con métodos gráficos con el CEP.  | 6       |
| Moderada           | Los controles pueden detectar.                          |                    | X |   | El control se basa en mediciones por variables después de que las partes dejan la estación, o en dispositivos Pasa No Pasa realizado en el 100% de las partes después de que las partes han dejado la estación. | 5       |
| Moderadamente alta | Los controles tienen una buena oportunidad de detectar. | X                  | X |   | Detección de error en operaciones subsiguientes, o medición realizada en el ajuste y verificación de primera pieza (solo para causas de ajuste).  | 4       |
| Alta               | Los controles tienen una buena oportunidad de detectar. | X                  | X |   | Detección del error en la estación o detección del error en operaciones subsiguientes por filtros múltiples de aceptación: suministro, instalación, verificación. No puede aceptar parte discrepante.           | 3       |
| Muy alta           | Controles casi seguros para detectar.                   | X                  | X |   | Detección del error en la estación (medición automática con dispositivo de paro automático). No puede pasar la parte discrepante.   | 2       |
| Muy alta           | Controles seguros para detectar.                        | X                  |   |   | No se pueden hacer partes discrepantes porque el ítem ha pasado a prueba de errores dado el diseño del proceso/producto.  | 1       |

**ANEXO C: TABLA DE RPN DE COMPONENTES DEL EQUIPO CRÍTICO.**

| Componentes                                  | S  | D | O | RPN |
|--|----|---|---|-----|
| Motor  | 10 | 9 | 2 | 180 |
| Refrigerador de salida                       | 6  | 8 | 2 | 96  |
| Varilla de nivel de aceite                   | 1  | 8 | 2 | 16  |
| Tapa del cárter del cigüeñal                 | 8  | 8 | 2 | 128 |
| Tornillo hexagonal M 6 x 10                  | 8  | 8 | 2 | 128 |
| Tornillo hexagonal M 6 x 16; DIN 933         | 1  | 8 | 2 | 16  |
| Tornillo hexagonal M 8 x 25; DIN 933         | 8  | 8 | 3 | 192 |
| Arandela en U 8,5 x 32 x 2,5                 | 6  | 8 | 2 | 96  |
| Biela con rodamiento de agujas               | 10 | 8 | 3 | 240 |
| Rodamiento de agujas 25 x 32 x 12; DIN 618   | *  | * | * | *   |
| Eje de cigüeñal                              | 8  | 8 | 4 | 256 |
| Seguro para perno del pistón                 | 6  | 8 | 2 | 96  |
| Perno del pistón                             | 6  | 8 | 2 | 96  |
| Pistón                                       | 10 | 8 | 2 | 160 |
| Anillos de pistón                            | 8  | 8 | 5 | 320 |
| Pistón completo                              | 8  | 8 | 5 | 320 |
| Cilindro                                     | 10 | 8 | 5 | 400 |
| Placa de válvula                             | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Culata                                       | 5  | 8 | 3 | 120 |
| Tornillo hexagonal M 8 x 50; DIN 933         | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Filtro de aspiración completo                | 5  | 8 | 3 | 120 |
| Pieza insertada para el filtro de aspiración | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Tornillo cilíndrico M8 x 20                  | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Cojinete de bolas 35 x 62 x 14; DIN 625      | *  | * | * | *   |
| Junta de eje 35 x 62 x 10                    | *  | * | * | *   |
| Cárter del cigüeñal                          | 7  | 8 | 3 | 126 |
| Tornillo alomado M 5 x 16; DIN 7985          | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Arandela en U B 8,4; DIN 125                 | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Tapa de caja de bornes                       | 8  | 8 | 2 | 128 |
| Cable de conexión para guardamotor           | 8  | 8 | 2 | 128 |
| Racor atornillado para cables STP 13,5       | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Tornillo alomado para chapa 5,5 x 19         | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Rotor  | 8  | 9 | 3 | 216 |
| Lámina de válvula                            | 7  | 8 | 2 | 112 |
| Tornillo alomado para chapa 3,5 x 16         | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Lengüeta de apriete                          | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Bobinado con guardamotor externo             | 6  | 8 | 2 | 96  |
| Tornillo avellanado M 6 x 50; DIN 965        | 5  | 8 | 2 | 80  |
| Cojinete de bolas 25 x 52 x 15               | *  | * | * | *   |
| Tapa de cojinete                             | *  | * | * | *   |
| Tornillo de cabeza plana M 5 x 25 (ranura)   | *  | * | * | *   |
| Rueda de ventilador                          | 8  | 8 | 3 | 192 |
| Cubierta de rueda de ventilador              | 6  | 8 | 2 | 96  |

|   |   |   |   |     |
|---|---|---|---|-----|
| Tuerca hexagonal M 5; DIN 982                 | 5 | 8 | 2 | 80  |
| Tornillo hexagonal M 6 x 205                  | 5 | 8 | 2 | 80  |
| Rejilla protectora                            | 8 | 8 | 2 | 128 |
| Condensador 50 $\mu$ F                        | * | * | * | *   |
| Disyuntor de 15 amperios                      | * | * | * | *   |
| Tornillo cilíndrico M8 x 20                   | 5 | 8 | 2 | 80  |
| Caja de bornes                                | 8 | 8 | 2 | 128 |
| Tornillo hexagonal M 6 x 45                   | 5 | 8 | 2 | 80  |
| Abrazadera para mangueras galvanizada 40 – 60 | 8 | 8 | 2 | 128 |
| Resorte de ajuste 5,0 x 5,0 x 20; DIN 6885-A  | * | * | * | *   |
| Juego de juntas VKM 362 (completo)            | 8 | 8 | 3 | 192 |

**ANEXO D: PAÑOL DE HERRAMIENTAS, INSUMOS E INSTRUMENTOS COM CODIFICACIÓN**

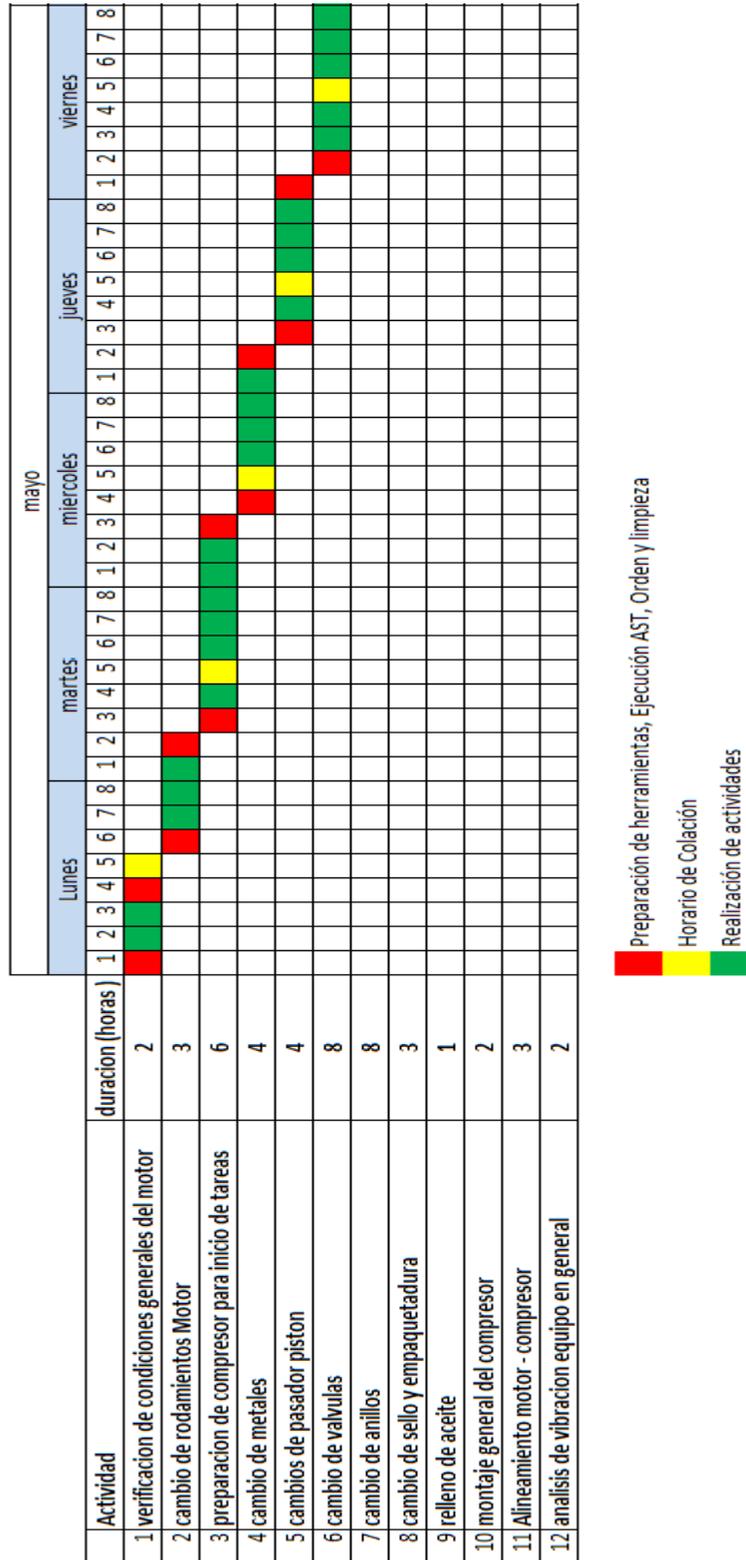
| HERRAMIENTAS                                       |             |              |           |          |                     |
|--|-------------|--------------|-----------|----------|---------------------|
| Equipo   | modelo      | N ° de serie | Proveedor | cantidad | Codigo de ubicación |
| Set de llaves punta corona pulgadas 5/16" - 1" 1/4 | 5141S       |              | Force     | 14       | 2-A300              |
| Set de llaves punta corona en m.m 8 mm - 23 mm     | 5121        |              | Force     | 14       | 2-A300              |
| Atornillador Punta paleta                          | Ph 69 - 109 |              | stanley   | 3        | 2-B200              |
| Atornillador Punta Philips 2 x 6 "                 | PH 69 -180  |              | stanley   | 3        | 2-B200              |
| Caiman Curvo 7 "                                   |             |              | Red line  | 1        | 2-B300              |
| Llave Stilson de 8 "                               |             |              | Red line  | 2        | 2B-300              |
| Set de llaves allen 1,5 mm - 10 m.m                | 5093L       |              | Force     | 1        | 2-B200              |
| llave ajustable 14"                                | Inglesa     |              | Robustn   | 1        | 2-B300              |
| llave ajustable 6 "                                | Inglesa     |              | Robustn   | 1        | 2-B300              |
| Alicate Universal 8 "                              |             |              | stanley   | 2        | 2-B200              |
| Alicate Cortante 6 " 1/2                           |             |              | stanley   | 2        | 2-B200              |
| Alicate seguro segers Ext .                        | 84 -271     |              | stanley   | 1        | 2A-200              |
| Alicate seguro segers Ext .                        | 84 - 273    |              | stanley   | 1        | 2A-200              |
| Alicate de seguro segers Int.                      | 84 - 274    |              | stanley   | 1        | 2A-200              |
| Alicate de segurosegers Int .                      | 84 -275     |              | stanley   | 1        | 2A-200              |
| Juego de llaves de vaso metrico 21 piezas          |             |              | bahco     | 1        | 2A-300              |
| Martillo de mecanico                               | 54 -191     |              | stanley   | 2        | 2-B200              |
| mazo cabeza de goma                                |             |              | kress     | 2        | 2-B200              |
| esmeril angular 4" 1/2                             | 7 - 115     |              | bosch     | 1        | 2-A400              |
| Taladro percutor                                   | w dvd       |              | Dewalt    | 1        | 2-A400              |
| Llave Dinamometrica 1/2 60-340nm                   |             |              | bahco     | 1        | 2-B400              |
| galgas de espesor                                  |             |              |           | 1 JUEGO  | 2-B400              |
| Juego de extractor de anillos                      |             |              |           | 1 JUEGO  | 2-B400              |
| Compresor de anillos                               |             |              |           | 1        | 2-B400              |

| Instrumentos                           | cantidad | Proveedor           | Codigo de ubicación |
|--|----------|---------------------|---------------------|
| Vibrotest 60                           | 1        | Brüel y kjaer vibro | 2 -A100             |
| Pirometro                              | 1        | Fluke               | 2-B100              |
| calentador de rodamiento por induccion | 1        | SKF                 | 2-A100              |
| equipo de alineamiento laser fluke 830 | 1        | fluke               | 2-B100              |

| Repuesto e Insumos               | Proveedor | cantidad | unidad | código  |
|----------------------------------|-----------|----------|--------|---------|
| Huaipe Mecanico                  |           | 3        | c/u    | 1-B400  |
| Lija al agua abrasivas grano 600 | Ilesa     | 4        | c/u    | 1-A400  |
| solvente                         |           | 1        | c/u    | 1-A400  |
| Lija al agua abrasivas grano 380 | Ilesa     | 4        | c/u    | 1 -A400 |
| Lija al agua abrasivas grano 400 | Ilesa     | 4        | c/u    | 1-A400  |
| embudo                           |           | 2        | c/u    | 1-B400  |
| Protector Auditivo               |           | 1        | c/u    | 1-A300  |
| Rodamientos                      |           | 3        | c/u    | 1-A200  |
| metales                          |           | 8        | c/u    | 1-A200  |
| anillos                          |           | 24       | c/u    | 1-B200  |
| empaquetadura                    |           | 5        | c/u    | 1-200   |
| Lentes de seguridad              |           | 4        | c/u    | 1-A300  |
| Zapatos de seguridad             |           | 2        | pares  | 1-A300  |
| Overall                          |           | 2        | c/u    | 1-A300  |
| Balde                            |           | 2        | c/u    | 1-B300  |
| Manguera                         |           | 1        | c/u    | 1- B400 |
| Guantes policotón pigmentado     |           | 2        | caja   | 1-A300  |

## ANEXO E: CARTAS GANTT DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO

SEMANA 1 PARADA DE PLANTA:









## ANEXO F: ORDENES DE TRABAJO



Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento motor eléctrico del motocompresor

Tarea: Inspección visual

Tipo de Tarea: Inspección                      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00

Duración Estimada: 00:30:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                | Una vez al día  |                  |
|------------------------------|---|------------------|
| Mecánico mantenedor          | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Realizar y registrar mediciones de temperatura con pirómetro<br>5- Verificar torque de apriete de pernos de la base con llave dinamométrica<br>6- Verificar condición de la pintura en la carcasa<br>7- Verificar funcionamiento del ventilador<br>8- Verificar y registrar presencia de ruidos ajenos al trabajo del motor en la zona donde se alojan los rodamientos<br>9- Realizar y archivar checklist<br>10- Orden y limpieza del área de trabajo<br>11- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado | 1   | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1   | Recursos Humanos |
| Pirómetro                    | 1   | Inventario       |
| Llave dinamométrica          | 1   | Inventario       |
| Overol                       | 1   | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         | 1   | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento motor eléctrico del motocompresor

Tarea: Revisión de parámetros eléctricos

Tipo de Tarea: Inspección      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00

Duración Estimada: 00:30:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                      | Una vez a la semana   |                  |
|------------------------------------|---|------------------|
| Mecánico mantenedor                | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Verificar resistencia de las 3 bobinas con multítester<br>5- Retirar tapa de bornes<br>6- Verificar que la conexión sea la correspondiente, ya sea triángulo o estrella<br>7- Con el motor energizado y funcionando, verificar por medio del multítester la tensión de trabajo, ya sea 380 o 220 V respectivamente, colocando los terminales entre las fases<br>8- En las mismas condiciones que el paso 6, verificar el consumo del motor por medio del multítester situando los terminales en cada una de las fases<br>9- Colocar tapa del bornes<br>10- Realizar y archivar checklist<br>12- Orden y limpieza del área de trabajo<br>13- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes dieléctricos               | 1   | Inventario       |
| Mecánico mantenedor                | 1   | Recursos Humanos |
| Multítester                        | 1   | Inventario       |
| Juego de Atomillador punta philips | 1   | Inventario       |
| Overol                             | 1   | Inventario       |

|                      |   |            |
|----------------------|---|------------|
| Zapatos de seguridad | 1 | Inventario |
|----------------------|---|------------|

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento motor eléctrico del motocompresor

Tarea: Cambio de rodamientos

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 08:00:00

Duración Estimada: 03:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)          | Una vez al año  |
|------------------------|---|
| Mecánico<br>mantenedor | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Desenergizar Equipo.<br>5- Bloquear Equipo en sub – estación.<br>6- Retirar Tapa de Protección del ventilador.<br>7- Verificar que ventilador no tenga seguro, de ser que tenga retirarlo.<br>8- Retirar ventilador ejerciendo maniobra de palanca al ras del eje.<br>9- Retirar tapa trasera y delantera.<br>10- Retirar chaveta en la parte del acoplamiento con el compresor.<br>11- Realizar golpes moderados con maceta en el eje para que la tapa pueda aflojar.<br>12- Extraer el eje junto con el estator.<br>13- Con alicate de seguro seegers se retira el seguro de la tapa para que quede solo el eje.<br>14- Luego Separar la Tapa del Rodamiento que se necesita cambiar.<br>15- Con extractor de Rodamientos retirar rodamiento delantero y trasero.<br>16- Realizar una limpieza del eje donde irán situados los nuevos rodamientos.<br>17- Para montar los rodamientos nuevos, utilizar el calentador inductivo aplicando una temperatura de |

|                                     |   |                  |
|-------------------------------------|---|------------------|
|                                     | 110 °c, una vez que llega a la temperatura, se procede a montar sobre el eje.<br>18- Realizar el ajuste de tolerancias del rodamiento.<br>19- Realizar montaje de tapa parte delantera.<br>20- Montar seguro seegers.<br>21- Montar eje con estator.<br>22- Montar tapa trasera.<br>23- Apretar tapa trasera, y dar ligeros golpes a tapa delantera y ajustar y apretar tapa delantera.<br>24- Montar ventilador, junto con su seguro.<br>25- Instalar tapa de protección de ventilador.<br>26- Montar chaveta.<br>27- Orden y limpieza del área de trabajo<br>28- Desbloquear Equipo<br>29- Energizar Equipo<br>30- Realizar y archivar checklist<br>31- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado        | 1   | Inventario       |
| Mecánico mantenedor                 | 1   | Recursos Humanos |
| Extractor de rodamientos            | 1   | Inventario       |
| Juego de Atomillador punta Philips  | 1   | Inventario       |
| Overol                              | 1   | Inventario       |
| Zapatos de seguridad                | 1   | Inventario       |
| Gafas de seguridad                  | 1   | Inventario       |
| Juego de Atomillador punta paleta   | 1   | Inventario       |
| Calentador inductivo de rodamientos | 1   | Inventario       |
| Alicate extractor de seguros seager | 1   | Inventario       |
| Maceta de goma                      | 1   | Inventario       |
| Candado de bloqueo                  | 1   | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento motor eléctrico del motocompresor

Tarea: Limpieza del ventilador

Tipo de Tarea: Limpieza                      Prioridad: Baja

Tiempo de Paro del Activo: 00:30:00

Duración Estimada: 00:30:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

|                                    |  |                  |
|------------------------------------|--|------------------|
| Fecha (A-M-D)                      | Una vez cada 3 semanas   |                  |
| Mecánico mantenedor                | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Desenergizar el equipo<br>5- Bloquear el equipo<br>6- Retirar Tapa de Protección del ventilador<br>7- Verificar estado de las aspas del ventilador<br>8- Efectuar Limpieza de aspas del ventilador<br>9- Instalar tapa de Protección del ventilador<br>10- Orden y limpieza del área de trabajo<br>11- Retirar candado de bloqueo<br>12- Energizar equipo<br>13- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado       | 1  | Inventario       |
| Mecánico mantenedor                | 1  | Recursos Humanos |
| Paño de limpieza                   | 1  | Inventario       |
| Juego de Atomillador punta philips | 1  | Inventario       |
| Overol                             | 1  | Inventario       |
| Zapatos de seguridad               | 1  | Inventario       |
| Candado de bloqueo                 | 1  | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento motor eléctrico del motocompresor

Tarea: Inspección de temperatura de rodamientos y carcasa

Tipo de Tarea: Inspección                      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00

Duración Estimada: 00:15:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                | Una vez cada 2 semanas   |                  |
|------------------------------|--|------------------|
| Mecánico mantenedor          | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Medir temperatura en la sección de los rodamientos en al menos 3 puntos<br>5- Medir temperatura en al menos 3 puntos de la carcasa del motor<br>6- Registrar todas las temperaturas registradas con el pirometro<br>7- En caso de que alguna de las medidas sobrepase los valores establecidos en la placa técnica, dejar registro para posibles acciones correctivas<br>8- Archivar datos recopilados<br>9- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado | 1  | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1  | Recursos Humanos |
| Pirometro                    | 1  | Inventario       |
| Protectores auditivos        | 1  | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         | 1  | Inventario       |
| Overol                       | 1  | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Inspección visual

Tipo de Tarea: Inspección                      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 00:00:00

Duración Estimada: 01:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                | Una vez al día   |                  |
|------------------------------|--|------------------|
| Mecánico mantenedor          | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Revisar nivel de aceite a través del visor indicador<br>5- Verificar presencia de fugas en conexiones, acoples y tapas del compresor<br>6- Verificar apriete de pernos de sujeción a la base con llave dinamométrica<br>7- Verificar estado del machón de acoplamiento al motor<br>8- Verificar presencia de ruidos ajenos al funcionamiento general del compresor<br>9- Verificar hermeticidad de la válvula de purga<br>10- Realizar y archivar checklist<br>11- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado | 1  | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1  | Recursos Humanos |
| Llave dinamométrica          | 1  | Inventario       |
| Protector auditivo           | 1  | Inventario       |
| Overol                       | 1  | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         | 1  | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Cambio de anillos

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva

Prioridad: Alta

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 08:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                      | Una vez al año  |
|------------------------------------|---|
| Mecánico mantenedor                | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Posicionar las puntas del extractor de anillos en ambos lados de la ranura del anillo de admisión<br>5- Abrir el anillo de admisión hasta que la abertura permita retirar el pistón<br>6- Realizar el paso 4 y 5 para retirar el anillo de lubricación<br>7- Verificar dimensiones del cilindro, para determinar si es necesario cambiar los anillos por unos de mayor diámetro<br>8- Abrir el anillo nuevo de lubricación y montarlo en la ranura correspondiente<br>9- Realizar el paso 8, pero esta vez con el anillo de admisión<br>10- Verificar que exista una separación aproximada de 180 grados entre las ranuras de los anillos<br>11- Orden y limpieza<br>12- Realizar y archivar checklist<br>13- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |
| Guantes policotón pigmentado       | 1   Inventario  |
| Mecánico mantenedor                | 1   Recursos Humanos  |
| Extractor de rodamientos           | 1   Inventario  |
| Juego de Atomillador punta Philips | 1   Inventario  |
| Overol                             | 1   Inventario  |

|                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| Zapatos de seguridad                | 1   Inventario |
| Gafas de seguridad                  | 1   Inventario |
| Juego de Atomillador punta paleta   | 1   Inventario |
| Calentador inductivo de rodamientos | 1   Inventario |
| Alicate extractor de seguros seager | 1   Inventario |
| Maceta de goma                      | 1   Inventario |
| Candado de bloqueo                  | 1   Inventario |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Recarga de aceite lubricante

Tipo de Tarea: Recarga                      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 01:00:00

Duración Estimada: 00:30:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

|                              |  |                  |
|------------------------------|--|------------------|
| Fecha (A-M-D)                | Una vez a la semana  |                  |
| Mecánico mantenedor          | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Cerrar valvula de admisión<br>5- Poner en marcha el compresor para descargar los restos de amoniaco que se encuentran dentro<br>6- Cerrar valvula de descarga<br>7- Despichar amoniaco que está en el interior del compresor<br>8- Retirar tapón del carter<br>8- Posicionar embudo<br>9- Verter aceite hasta llegar al nivel requerido<br>10- Colocar tapón del carter<br>11- Abrir las válvulas de admisión y descarga<br>12- Orden y limpieza<br>13- Realizar y archivar checklist<br>14- Orden y limpieza del área de trabajo<br>15- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado | 1  | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1  | Recursos Humanos |
| Embudo                       | 1  | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         | 1  | Inventario       |
| Overol                       | 1  | Inventario       |
| Aceite lubricante            | 1  | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Cambio de válvulas

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 08:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)       | Una vez al año   |
|---------------------|--|
| Mecánico mantenedor | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Utilizar prensa tipo C para comprimir el muelle de la válvula<br>5- Una vez comprimido el muelle, se extraen los seguros<br>6- Luego de extraer los seguros, se suelta gradualmente la prensa tipo C para que el muelle quede libre de esfuerzos<br>7- Se procede a retirar el muelle<br>8- Se retiran los platos de retención<br>9- Se retira la válvula<br>10- Aplicar pasta de asentar en el asiento de la válvula para eliminar irregularidades<br>11- Se monta la válvula nueva<br>12- Se monta el plato de retención<br>13- Se monta el muelle<br>14- Con la prensa tipo C, comprimir el muelle para montar los seguros<br>15- Una vez montados los seguros, descomprimir gradualmente el muelle<br>16- Repetir en el mismo orden desde los pasos 4 al 15 con el resto de las válvulas<br>17- Orden y limpieza<br>18- Realizar y archivar checklist<br>19- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |

|                              |   |                  |
|------------------------------|---|------------------|
| Guantes policotón pigmentado | 1 | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1 | Recursos Humanos |
| Paño de limpieza             | 1 | Inventario       |
| Prensa tipo C                | 1 | Inventario       |
| Overol                       | 1 | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         | 1 | Inventario       |
| Pasta de asentar             | 1 | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Cambio de empaquetadura de culata

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 01:30:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                   | Una vez al año  |                  |
|---------------------------------|---|------------------|
| Mecánico mantenedor             | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Retirar empaquetadura<br>5- Verificar planitud de la culata<br>6- Aplicar lija fina en la superficie del block<br>7- Verificar limpieza de la culata y de los orificios roscados<br>8- Identificar la posición correcta de montaje de la nueva empaquetadura (guiarse por la pasada de aceite)<br>9- Montar nueva empaquetadura<br>10- Montaje de la culata<br>11- Apriete de los pernos acorde al torque correspondiente, desde el centro hacia afuera, apretando por etapa (no aplicar todo el torque en el primer apriete)<br>12- Realizar y archivar checklist<br>13- Orden y limpieza<br>14- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado    | 1   | Inventario       |
| Mecánico mantenedor             | 1   | Recursos Humanos |
| Empaquetadura                   | 1   | Inventario       |
| Protectores auditivos           | 1   | Inventario       |
| Zapatos de seguridad            | 1   | Inventario       |
| Overol                          | 1   | Inventario       |
| Lija al agua grano 600          | 1   | Inventario       |
| Llave dinamométrica             | 1   | Inventario       |
| Juego de llaves de vaso métrico | 1   | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Cambio de empaquetadura de carter

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva                      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 01:30:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                | Una vez al año   |   |                  |
|------------------------------|--|---|------------------|
| Mecánico mantenedor          | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Retirar empaquetadura<br>5- Aplicar lija fina en la superficie del carter<br>6- Aplicar lija fina en la superficie del block<br>7- Identificar la posición correcta de montaje de la nueva empaquetadura (guiarse por la pasada de aceite)<br>8- Montar nueva empaquetadura<br>9- Montaje del carter<br>10- Apriete de los pernos acorde al torque correspondiente, desde el centro hacia afuera, apretando por etapa (no aplicar todo el torque en el primer apriete)<br>11- Realizar y archivar checklist<br>12- Orden y limpieza<br>13- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |   |                  |
| Guantes policotón pigmentado |  | 1 | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          |  | 1 | Recursos Humanos |
| Empaquetadura                |  | 1 | Inventario       |
| Protectores auditivos        |  | 1 | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         |  | 1 | Inventario       |
| Overol                       |  | 1 | Inventario       |
| Lija al agua grano 600       |  | 1 | Inventario       |
| Llave dinamométrica          |  | 1 | Inventario       |

|                                 |  |   |            |
|---------------------------------|--|---|------------|
| Juego de llaves de vaso métrico |  | 1 | Inventario |
|---------------------------------|--|---|------------|

**Observaciones:**



Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Cambio de pasador de biela

Tipo de Tarea: Mantenición correctiva

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 04:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                | Una vez al año   |                  |
|------------------------------|--|------------------|
| Mecánico mantenedor          | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Utilizar extractor de seguros seeger para retirar ambos seguros del pasador<br>5- Limpiar la perforación de la cabeza del pistón y de la biela donde ira el nuevo pasador<br>6- Montar nuevo pasador<br>7- Montar seguros seeger<br>8- Realizar y archivar checklist<br>9- Orden y limpieza<br>10- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado | 1  | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1  | Recursos Humanos |
| Extractores seeger           | 1  | Inventario       |
| Protectores auditivos        | 1  | Inventario       |
| Zapatos de seguridad         | 1  | Inventario       |
| Overol                       | 1  | Inventario       |
| Huaipe                       | 1  | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Cambio de metales de cigüeñal y biela

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva                      Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 04:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)       | Una vez al año  |  |
|---------------------|---|--|
| Mecánico mantenedor | 1- Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Verificar rayaduras e imperfecciones en cigüeñal<br>5- Seleccionar metal acorde al diámetro del cigüeñal<br>6- Lubricar zona de contacto del cigüeñal y metales<br>7- Montar metales de bancada<br>8- Montar cigüeñal<br>9- Montaje de bancada con metales puestos<br>10- Apretar pernos de sujeción acorde al torque indicado<br>11- Lubricar exterior de los anillos del pistón con aceite<br>12- Con ayuda del compresor de anillos, montar el pistón desde arriba<br>13- Girar el cigüeñal lentamente para generar el espacio de montaje necesario para acomple de metales de biela<br>14- Se empuja el pistón hasta calzarlo con el puño de cigüeñal que corresponde<br>15- Identificar la posición de montaje correcto del metal de biela<br>16- Acoplar tapa de la biela<br>17- Apretar pernos de sujeción de tapa de biela acorde al torque indicado<br>18- Repetir desde el paso 13 al 17 con el resto de los pistones<br>19- Realizar y archivar checklist<br>20- Orden y limpieza<br>21- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |  |

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
| Guantes policotón pigmentado                  | 1 | Inventario       |
| Mecánico mantenedor                           | 1 | Recursos Humanos |
| Aceite lubricante                             | 1 | Inventario       |
| Protectores auditivos                         | 1 | Inventario       |
| Zapatos de seguridad                          | 1 | Inventario       |
| Overol  | 1 | Inventario       |
| Llave dinamométrica                           | 1 | Inventario       |
| Juego de llaves de vaso métrico               | 1 | Inventario       |
| Set de llaves punta corona en mm 8 mm - 23 mm | 1 | Inventario       |
| Extractor de anillos                          | 1 | Inventario       |

**Observaciones:**



## Orden de trabajo

Exser Ltda.

Fecha (A-M-D):

Plan de Tareas: Plan de Mantenimiento compresor del motocompresor

Tarea: Preparación del compresor para tareas correctivas

Tipo de Tarea: Mantenimiento correctiva

Prioridad: Media

Tiempo de Paro del Activo: 77:00:00

Duración Estimada: 06:00:00

Realizada por: \_\_\_\_\_

Aprobada por: \_\_\_\_\_

| Fecha (A-M-D)                | Una vez al año   |                  |
|------------------------------|--|------------------|
| Mecánico mantenedor          | Realizar AST<br>2- Solicitar EPP, herramientas e instrumentos detallados en la OT, en el pañol<br>3- Equipar EPP<br>4- Apagar Compresor.<br>5- Bloquear Equipo desde el tablero Eléctrico.<br>6- Despachar Aceite desde el Carter del compresor.<br>7- Abrir tapa del Carter.<br>8- Retirar Tapa de los 4 cabezales del compresor.<br>9- Extracción de plato de descarga.<br>10- Extracción de plato de succión.<br>11- Posicionamiento de cigüeñal para extracción de pernos de sujeción de la biela.<br>12 - Extracción de pernos de sujeción de la biela.<br>13 - Extracción de cilindro completo con el pistón en su interior.<br>14 - Extracción de pistón desde el interior del cilindro<br>15- Desmontar culata<br>16- Desmontar bancada para retiro del cigüeñal<br>15- Realizar y archivar checklist<br>20- Orden y limpieza<br>21- Entrega de EPP y herramientas utilizadas al pañol |                  |
| Guantes policotón pigmentado | 1  | Inventario       |
| Mecánico mantenedor          | 1  | Recursos Humanos |
| Llave dinamométrica          | 1  | Inventario       |
| Protectores auditivos        | 1  | Inventario       |

|   |   |            |
|---|---|------------|
| Zapatos de seguridad                          | 1 | Inventario |
| Overol  | 1 | Inventario |
| Set de llaves punta corona en mm 8 mm - 23 mm | 1 | Inventario |
| Huaipe  | 1 | Inventario |

**Observaciones:**