

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

ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO FRIGORÍFICO
FIORDOSUR

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumnos:

Alejandro Andrés Concha Vega

Pedro Ignacio Oyarce Quiroga

Profesor Guía:

Ing. Andrés Aránguiz Garrido

2017

RESUMEN

KEYWORDS: SISTEMA DE REFRIGERACIÓN, ANÁLISIS, PLAN DE MANTENIMIENTO

En el presente trabajo de título se plantea como objetivo principal la elaboración y propuesta de un plan de mantenimiento al sistema de refrigeración de FiordoSur, a través de la implementación de un proceso de gestión con el propósito de reconocer los modos de fallas dentro del sistema y realizarle el mantenimiento pertinente. Como objetivos específicos se busca jerarquizar los equipos involucrados en el proceso de producción para realizar un análisis de criticidad, debido a esto se busca una solución, la cual consiste en la aplicación de la herramienta de mantenimiento denominada RCM, para luego aplicar el proceso de selección de tareas de mantenimiento para evitar fallas catastróficas en el ciclo de refrigeración.

En el capítulo uno se realiza la presentación actual de la empresa, a que se dedica, su proceso productivo que conlleva a obtener sus ganancias, además, se muestra la problemática que llevará al desarrollo del trabajo de título. También dentro del capítulo se realiza la jerarquización de los equipos, un análisis de criticidad el cual nos presenta el equipo crítico de la empresa siendo este su sistema de refrigeración, se describen sus componentes esenciales que realizan dicho ciclo.

En el capítulo dos del trabajo se desarrolla el proceso de gestión del mantenimiento, utilizando la intención de diseño, el análisis funcional SIPOC, el análisis de modos de falla, sus efectos y criticidad AMFEC, de este modo se identifican los modos de fallas de alto-medio riesgo a las cuales se realizaran las tareas de mantenimiento correspondientes.

En el capítulo final se realiza el procedimiento de selección de tareas de mantenimiento para fallas obtenidas de alto-medio riesgo, obtenido del análisis AMFEC, de esta manera analizar y evitar fallas catastróficas que puedan presentarse en el sistema de refrigeración, en complementación se realizan pautas de trabajo y chek list estos documentos sirven de apoyo al mantenimiento, siendo fundamentales para asegurar la calidad del trabajo a realizar.

Como conclusión se obtiene la realización el plan de mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) para el sistema de refrigeración de la empresa FiordoSur, ya que, se llevaron a cabo todas las acciones necesarias para la implementación de este de forma apropiada y concisa.

ÍNDICE

ELABORACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO FRIGORÍFICO FIORDOSUR

RESUMEN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS

CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA , ANTECEDENTES GENERALES Y JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS

1.1. ENTIDAD

1.1.1. Descripción de la Empresa

1.2. PROCESO PRODUCTIVO

1.3. MARCO GENERAL

1.4. PROBLEMÁTICA

1.5. SISTEMA FRIGORÍFICO

1.5.1. Componentes principales de un sistema frigorífico

1.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN EQUIPOS

1.6.1. Matriz cualitativa de riesgo

1.6.2. Jerarquización de Equipos

1.6.3. Representación en Matriz de Riesgo

CAPÍTULO 2: PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (FMECA)

2.1 DEFINICIÓN DE LA INTENCIÓN DEL DISEÑO

2.1.1. Intención de diseño ciclo de refrigeración

2.1.2. Análisis Funcional Basado en Diagrama SIPOC

2.2. IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CONSECUENCIAS

2.2.1. Identificación de modos de falla

2.2.2. Efectos y consecuencias

2.2.3 Análisis de consecuencias de falla (NPR)

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

- 3.1. PARAMETROS A CONSIDERAR EN EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA
 - 3.2. DIAGRAMA DE DECISIÓN DE RCM
 - 3.2.1 Proceso de decisión de RCM
 - 3.2.2 Hoja de decisión de RCM
 - 3.3 MODELO DE PLANIFICACIÓN MANTENCIÓN EQUIPO CRÍTICO
 - 3.4 PAUTA DE TRABAJO Y CHECK LIST
 - 3.4.1 Pauta de Trabajo
 - 3.4.2 Check List
 - 3.5. ANÁLISIS DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN
- CONCLUSIÓN**
- BIBLIOGRAFÍA**

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Productos Comercializados
- Figura 1-2. Proceso de Producción
- Figura 1-3. Cámara de Refrigeración Productos Almacenados / Evaporador Fjordosur S.A
- Figura 1-4. Depósito de sistema frigorífico y línea de líquido.
- Figura 1-5. Controlador de flujo
- Figura 1-6. Evaporador
- Figura 1-7. Válvula de Expansión
- Figura 1-8. Línea de succión
- Figura 1-9. Compresor Industrial
- Figura 1-10. Línea de descarga y condensador
- Figura 2-1. Ciclo de Refrigeración
- Figura 3-1. Ejemplos de medidas de presión-temperatura reales en un sistema operando normalmente
- Figura 3-2. Equivalencias de presión-temperatura de refrigerante 134a
- Figura 3-3. Resultados diagrama de decisiones RCM
- Figura 3-4. Compresor de Pistones
- Figura 3-5. Pauta de Trabajo
- Figura 3-6. Pauta de Trabajo – Pruebas de Funcionamiento
- Figura 3-7. Check List

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Frecuencia de Fallas
Tabla 1-2.	Impacto Operacional
Tabla 1-3.	Flexibilidad Operacional
Tabla 1-4.	Costos Asociados Al Mantenimiento
Tabla 1-5.	Seguridad y Medio Ambiente
Tabla 1-6.	Jerarquización de Equipos
Tabla 1-7.	Matriz de Riesgo
Tabla 2-1.	Análisis Funcional SIPOC
Tabla 2-2.	Identificación de modos de fallas Compresor y Condensador
Tabla 2-3.	Identificación de modos de fallas Válvula de expansión y Evaporador
Tabla 2-4.	Escala de severidad, ocurrencia y probabilidad de detección.
Tabla 2-5.	Efectos y consecuencias de fallas con su respectivo NPR
Tabla 2-6.	Modos de falla de difícil ocurrencia
Tabla 2-7.	Modos de falla de bajo riesgo
Tabla 2-8.	Modos de falla a suscitarse en el sistema
Tabla 3-1.	Rangos de temperatura y presión lado de descarga y succión
Tabla 3-2.	Hoja de decisión RCM

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

RCM:	Reliability Centred Maintenance.
FMECA:	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis.
AMFEC:	Análisis de Modos de Falla, Efectos y Criticidad
NPR:	Número de Probabilidad de Riesgo.
ISO:	International Organization for Standarization.
SOD:	Severidad, Ocurrecia, Detectabilidad.
SIPOC:	Supplier, Input, Process, Output and Customer.
RPM:	Revoluciones Por Minuto.

SIMBOLOGÍAS:

[psi]: Unidad de presión (libras por pulgada cuadrada). .

C°: Grados Celsius.

T°: Temperatura.

[m²]: Metros Cuadrados

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento es una actividad esencial en cualquier industria, su función es conservar o restablecer un sistema a un estado operativo, ha evolucionado mucho en los últimos cuarenta años, pasando de ser una actividad secundaria, vista como un mal necesario encargada a técnicos, a ser actualmente una labor que marca diferencia en la competitividad de la empresa, que influye en los resultados económicos, comandada por gerentes, de la misma forma han surgido metodologías avanzadas para elaborar un plan de mantenimiento dentro de una planta industrial.

Actualmente, pequeñas a medianas empresas aun no actualizan su concepto sobre el mantenimiento industrial como “mal necesario”, y mucho menos de planificar esta labor con alguna técnica apropiada para la selección del mantenimiento adecuado, es así, como nos encontramos con la empresa frigorífica Fiordosur, la cual presenta una clara despreocupación por esta importante ocupación, para mantener sus equipos en buen estado y funcionamiento.

La realización de esta investigación tiene como función, integrar una metodología RCM, para escoger las tareas de mantenimiento óptimas con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los equipos críticos, es decir, disminuir y analizar el riesgo de fallas de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción de la empresa Fiordosur.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Elaborar plan de mantenimiento al sistema de refrigeración de la empresa frigorífica Firdosur, a través de la implementación de un proceso RCM, con el propósito de identificar fallas críticas en el sistema de refrigeración y realizarles las tareas de mantenimiento correspondientes.

Objetivos Específicos:

- 1.- Jerarquizar equipos, para identificar elementos de alto riesgos, a través de un análisis de criticidad.
- 2.- Realizar proceso de gestión del mantenimiento, aplicando el análisis de modos de falla y sus efectos y criticidad AMFEC, para identificar los modos de fallas de alto-medio riesgo.
- 3.- Aplicar proceso de selección de tareas de mantenimiento para los modos de falla de alto-medio riesgo, mediante el diagrama de decisiones RCM, para evitar fallas catastróficas en los equipos pertenecientes al ciclo de refrigeración.

**CAPÍTULO 1: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA , ANTECEDENTES
GENERALES Y JERARQUIZACIÓN DE EQUIPOS**

1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA Y ANTECEDENTES GENERALES Y JERARQUIZACIÓN DE LOS EQUIPOS

1.1. ENTIDAD

El trabajo de título se realizará en la empresa “Fiordosur S.A.” Esta empresa está ubicada en la Avenida Philippi #325, Caleta Portales, Valparaíso.

Fiordosur S.A se dedicada a la adquisición, procesamiento y exportación (nacional e internacional) de pescados y mariscos congelados, cuenta con sucursales en Valparaíso y Punta Arenas (Porvenir).

1.1.1. Descripción de la Empresa

La primera planta de procesamiento fue abierta en la V región en 1988 esta tiene una construcción de 1200 m² y una producción anualmente cerca de 750 toneladas. Dentro del lugar trabajan alrededor de 35 personas las cuales tiene diferentes funciones como lo son: control de calidad, administración, logística, exportaciones, mantención, supervisión de trabajos, jefatura, portería, carga y descarga de productos.

Cabe mencionar que existe otra planta de procesos ubicada en Porvenir, Tierra del Fuego, Chile se inauguró en julio de 2009 produce anualmente cerca de 1.500 toneladas. La planta ubicada en Valparaíso se encarga de exportar y comercializar sus productos procesados y los llegados de Porvenir.

Las dos plantas están estratégicamente ubicadas, la planta de Valparaíso se beneficia de su cercanía al principal puerto de Chile y la planta de Porvenir está situada justo en el corazón del Estrecho de Magallanes.

El separar estas dos instalaciones de procesamiento ha permitido al Grupo Fiordosur mantener una amplia línea de productos, ofreciendo productos tales como lubina chilena, el pez espada, centolla, camarones, cangrejos, el calamar gigante, merluza austral, langosta bebé, entre otros (véase figura 1-1.), comercializándolos a los exigentes mercados de Europa, Asia, Norteamérica y Sudamérica.



Fuente: <http://www.fjordosur.cl/products>

Figura 1-1. Productos Comercializados

1.2. PROCESO PRODUCTIVO

Entender el proceso productivo que abarca la entidad es esencial, de este modo se puede comprender los procesos críticos de la producción los cuales van directamente ligados a los equipos y maquinarias de mayor influencia sobre la producción, a los cuales se debe tener especial cuidado.

El proceso productivo comienza de distintas rutas (marítima - terrestre) pero todas tienen el mismo propósito llegar a la planta de producción en Valparaíso, una ruta es el traslado de productos vía marítima desde la planta situada en Punta Arenas (Porvenir) al puerto principal de Valparaíso lo cual demora días en llegar, la otra comienza directamente del puerto pesquero el cual se encuentra próximo a la planta de producción.

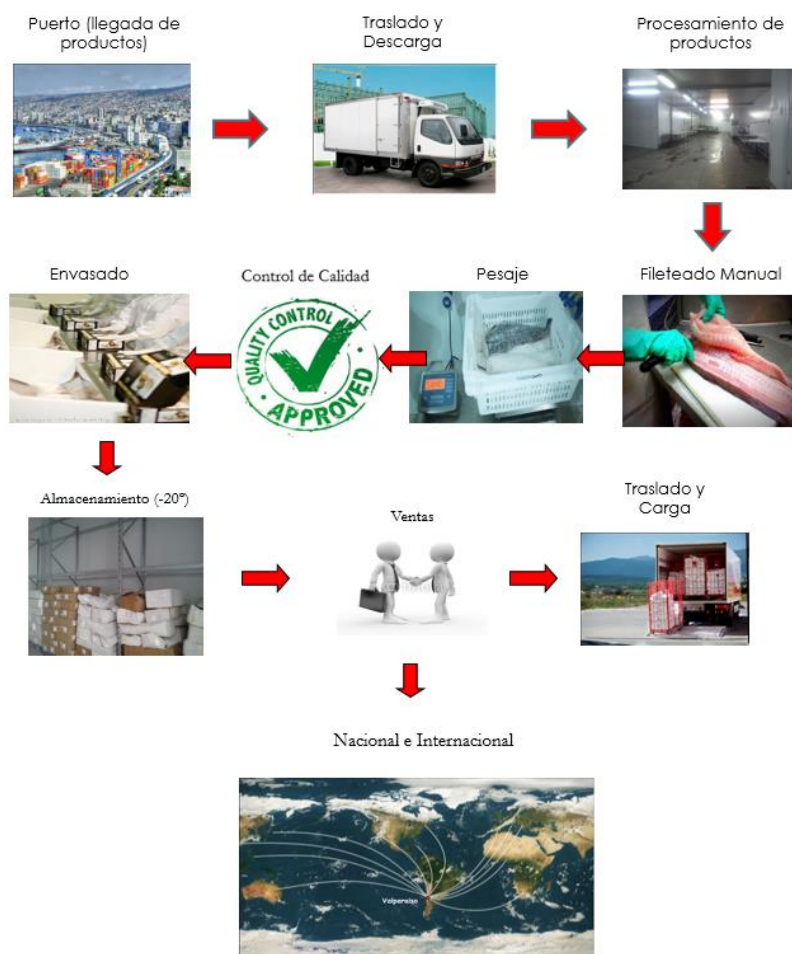
Con la llegada de diferentes recursos marinos al puerto de Valparaíso los productos a comercializar se transportan en un camión el cual cuenta con un sistema de refrigeración en su interior, se procede a cargar los respectivos productos para luego trasladarlos a la planta de producción en ubicada en Caleta Portales.

Al llegar los recursos comienza la descarga con la ayuda de una de las grúas horquillas, luego los productos se trasladan a la “sala de procesos” compuesta de cinco

operadores estos trasladan los productos con transpaletas, descongelan los productos y comienza proceso de fileteado manual para luego clasificarlos.

Una vez clasificados se procede a pesar los productos, se anotan sus respectivos datos los cuales son enviados para el etiquetado, terminada esta etapa son trasladados a la sala de control de calidad, pasando por distintas pruebas de sanidad y normas establecidas por la empresa.

Finalizado el control de calidad se procede a envasar los productos con la ayuda de una maquina selladora a presión, se imprimen las etiquetas para colocarlos y luego se almacenan los productos en la “cámara de refrigeración” para mantener los productos ordenados e intactos, hecho esto se anotan los productos de entrada a la cámara, posteriormente se informa a administración que se encarga de la comercialización a nivel internacional y nacional. En la siguiente imagen (figura 1 - 2) se ilustrara de forma esquemática el proceso productivo de la empresa Fiordo Sur.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 1-2. Proceso de Producción

1.3. MARCO GENERAL

Las ganancias obtenidas por “FiordoSur S.A” se centran en la adquisición, procesamiento y comercialización de pescados – mariscos congelados, a través del proceso productivo se menciona la “cámara de refrigeración” la cual mantiene y almacena los productos a una temperatura adecuada para mantenerlos intactos, por lo que se debe tener especial cuidado en la cámara que almacena los productos ya que ahí se centran las ganancias de la empresa.

El encargado de mantenimiento de la empresa en el último año ha tenido percances debido a fallas imprevistas que le han sucedido al ciclo de refrigeración, provocando la detención completa del sistema de refrigeración y en consecuencia la paralización de la “cámara de refrigeración” poniendo en riesgo los productos ya que se deben mantener a una temperatura ideal, poniendo en peligro las ganancias de la empresa. Además no cuenta con los manuales de los equipos, las mantenciones al sistema las realiza a su juicio a base de la experiencia laboral que ha adquirido dentro de los años y del ámbito industrial.

El mantenimiento que prioriza en la empresa no es el más adecuado se interfiere en el sistema cuando se detiene, esto debido a la parte administrativa lo encuentra más factible en tema de costos asociados al mantenimiento, pero en el último año se han aumentado las fallas imprevistas lo cual no favorece a Fiordosur.

1.4. PROBLEMÁTICA

La cámara de refrigeración abarca aproximadamente cuarenta toneladas en productos procesados, en dinero se traduce a aproximadamente cincuenta millones de pesos, siendo de vital importancia para la empresa la cámara de refrigeración, pero han sucedido siete fallas imprevistas que han obligado al actuar rápido al encargado de mantenimiento ya que los productos no pueden pasar más de doce horas sin estar a una temperatura adecuada (-20°C), siendo una pérdida importante para la empresa.

La empresa frigorífica Fiordosur S.A, solo cuenta con un encargado del mantenimiento de las máquinas y equipos que componen el sistema de refrigeración, además cabe mencionar que se encarga también de los equipos que no contribuyen al sistema de refrigeración, más bien a los que se involucran en el proceso productivo de la empresa.

Los conocimientos poseídos por el encargado de mantenimiento predomina lo práctico, los cuales ha obtenido a través de su experiencia laboral en distintas áreas como refrigeración, electricidad, control y automatización, entre otras. Sin embargo, posee escaso conocimiento sobre una correcta planeación y elección del mantenimiento apropiado a realizar en los equipos correspondientes, por esta razón, no es de extrañar la falta de un plan de mantenimiento establecido. Solo se interfiere en los equipos cuando presentan alguna anomalía negativa o falla predomina el mantenimiento “correctivo”. Esto trae como consecuencia fallas imprevistas, problemas de stock de repuestos, poco control sobre el dinero a invertir en esta área y principalmente paradas de producción indeseables por tiempos variables.

El encargado de mantenimiento lleva un registro de fallas, solo hace uso del registro para anotar el lugar, fecha y equipo donde se produjo la anomalía, por lo tanto, esta no es utilizada de la mejor manera dentro del área de mantenimiento, faltando detalles importantes sobre el tipo de falla.

Por otra parte las maquinas no poseen manuales o datos del fabricante, los cuales fueron extraviados en el tiempo. Toda la información sobre las maquinas la posee el encargado de esta labor, obtenida solamente por experiencia y por sus años trabajando en esta empresa.

El problema principal, está dado por la falta de conocimiento o preocupación por parte de la administración de la empresa sobre la importancia de tener correctos planes y labores de mantenimiento, siendo esto extraño debido a la importancia del sistema de refrigeración para la producción.

1.5. SISTEMA FRIGORÍFICO

Los sistemas frigoríficos o sistemas de refrigeración son una combinación de elementos mecánicos que utilizan de una manera adecuada las propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor entre uno o más puntos, conforme se requiera a la aplicación industrial.

Son fabricados para disminuir la temperatura de los productos almacenados o más bien extraerles el calor, estas son las cámaras de refrigeración las cuales pueden contener una variedad de alimentos o compuestos químicos, conforme especificaciones que se requieran. Fiordosur S.A cuenta con una cámara de refrigeración que almacena sus productos a una temperatura promedio de -20° C.

En estos sistemas se ven diversas ciencias, tales como la química, en las propiedades y composición de los refrigerantes; la termodinámica, en las propiedades de la materia y su energía interna; la transferencia de calor, en los intercambiadores de calor; así como la ingeniería mecánica, en el estudio de compresores para lograr el trabajo de compresión requerido.

Los sistemas frigoríficos se diferencian entre sí conforme su método de inyección de refrigerante y configuración para su aplicación, ambos condicionados por sus parámetros para lo que fueron diseñados.

Por el nombre que se le da “cámara de refrigeración” comúnmente se piensa que esta enfría pero en realidad no es así, más bien extrae la energía térmica contenida en su interior (productos), todo esto por medio de un sistema de refrigeración. Para esto en el interior de la cámara se ubica uno o más evaporadores, mientras el resto de los componentes del sistema se encuentran remotos.



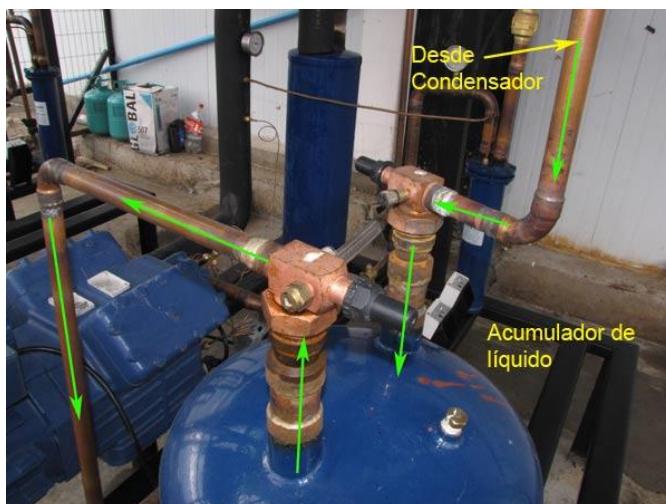
Fuente: Empresa FiordoSur

Figura 1-3. Cámara de Refrigeración Productos Almacenados / Evaporador Fiordosur S.A

1.5.1. Componentes principales de un sistema frigorífico

Receptor o Acumulador: Se encarga de proporcionar el almacenamiento para el líquido procedente del condensador para que haya un suministro de líquido constante para el evaporador, según las necesidades del mismo.

Línea de líquido: Básicamente lleva el refrigerante líquido desde el receptor hacia el control de flujo de refrigerante, como se aprecia en la imagen las líneas (véase figura 1-4.).



Fuente: http://www.congelar.cl/Como_Funciona_Compresor.php

Figura 1-4. Depósito de sistema frigorífico y línea de líquido.

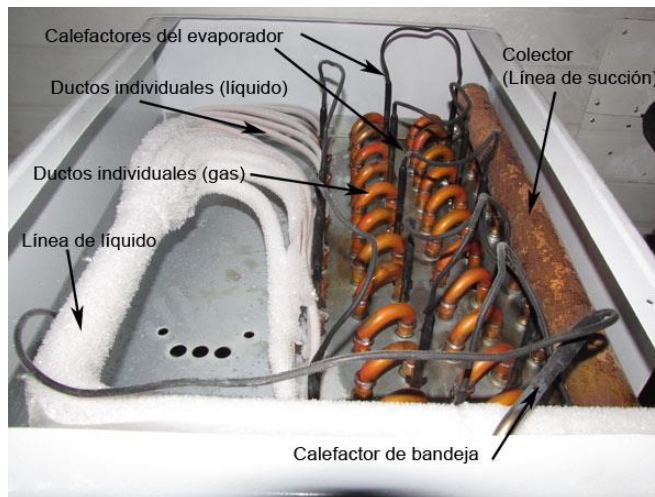
Control de flujo de refrigerante: Sus funciones consisten en medir la cantidad adecuada de refrigerante que va hacia el evaporador y en reducir la presión del líquido que entra en el evaporador, para que así el líquido sub enfriado se evapore en el evaporador a la temperatura baja deseada (véase figura 5).



Fuente: <http://www.acrlatinoamerica.com/201308205314/articulos/otros-enfoques/controladores-electronicos-para-refrigeracion-industrial.html>

Figura 1-5. Controlador de flujo

Evaporador: Es un intercambiador de calor, que en función de la capacidad requerida en el sistema, necesita una determinada superficie de intercambio. El evaporador es el elemento que proporciona finalmente la temperatura necesaria para la conservación de los productos, mediante el cambio de estado de un determinado fluido refrigerante, a una presión y temperatura dadas. (Véase figura 1-6).



Fuente: http://www.congelar.cl/Como_Funciona_Compresor.php

Figura 1-6. Evaporador

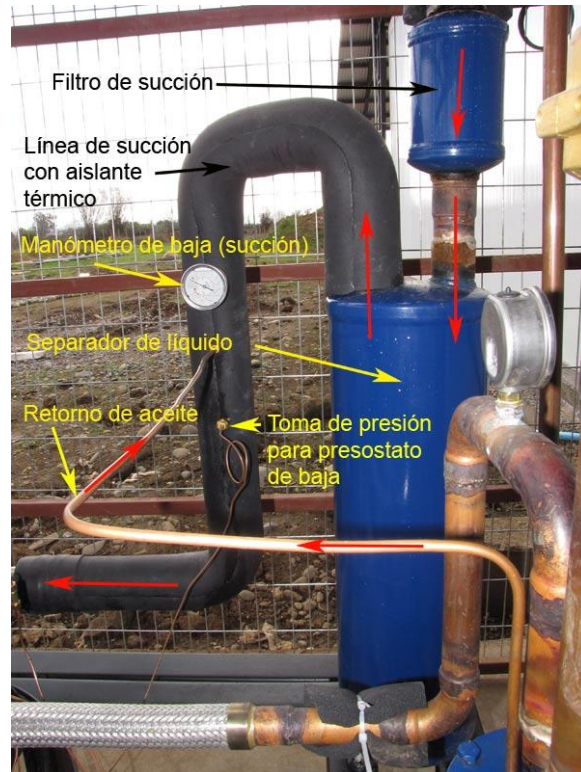
Válvula de Expansión: Recibe el refrigerante en estado líquido procedente del condensador se introduce en el evaporador a través de la válvula de expansión. Esta última inyecta de forma continua refrigerante en condiciones adecuadas para que éste se mantenga permanentemente a la presión de evaporación que corresponda a la temperatura que se desee alcanzar en el interior de la habitación que se quiere refrigerar (véase figura 1-7).



Fuente: http://www.congelar.cl/Como_Funciona_Compresor.php

Figura 1-7. Válvula de Expansión

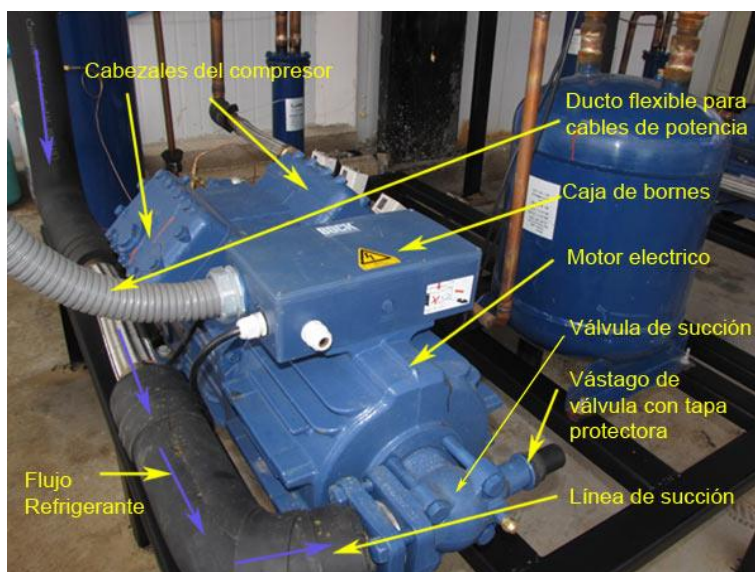
Línea de aspiración: Se encarga de llevar el vapor en baja presión desde el evaporador hacia la entrada de aspiración del compresor, el compresor nuevamente comprimirá los gases que se encuentran en ebullición repitiendo el ciclo continuamente (véase figura 1-8).



Fuente: http://www.congelar.cl/Como_Funciona_Compresor.php

Figura 1-8. Línea de succión

Compresor: Su función consiste en extraer o recibir el vapor del evaporador, para luego aumentar la temperatura y presión del vapor, para que éste pueda condensarse con los medios de condensación normalmente disponibles (véase figura 1-9).



Fuente: http://www.congelar.cl/Como_Funciona_Compresor.php

Figura 1-9. Compresor Industrial

Línea de descarga: Su función es entregar el vapor a alta presión y alta temperatura desde el compresor hasta el condensador.

Condensador: Su función es proporcionar una superficie de intercambio de calor a través de la cual el calor pasa del vapor refrigerante caliente, a un medio de condensación que puede ser aire o agua generalmente (véase figura 1-10).



Fuente: http://www.congelar.cl/Como_Funciona_Compresor.php

Figura 1-10. Línea de descarga y condensador

1.6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EN EQUIPOS

El primer paso para implementar un proceso RCM, es realizar un análisis de criticidad para identificar el o los equipos de alto riesgo, los cuales a causa de su importancia, serán los escogidos para implementar un análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA), para escoger gracias a este, las actividades de mantenimiento apropiadas para atacar sus fallas.

1.6.1. Matriz cualitativa de riesgo

La metodología escogida para jerarquizar los equipos, será la denominada matriz cualitativa de riesgo, esta herramienta permite evaluar los equipos según sus fallas a través de dos factores importantes, el primero de ellos es la frecuencia de estas y por otro lado la consecuencia, que a su vez está definida por distintas variables importantes definidas a continuación.

$$\text{Riesgo: } FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA)$$

Donde:

FF: Representa la frecuencia de fallas dentro de un año de cada equipo, para determinar las cifras de esta variable se tuvo en cuenta el historial de falla, con la cual, se fijó el número máximo de fallas (véase tabla 1-1).

Tabla 1-1. Frecuencia de Fallas

Frecuencia	Cifra
Mayor a 7 fallas/año	8
Entre 5 Y 7 fallas/año	6
Entre 2 y 4 fallas/año	4
Menor a 2 fallas/año	2

Fuente: Elaboración propia

IO: Representa el impacto operacional, producido a causa de una falla en determinado equipo. En esta variable se tuvo en consideración la cantidad de cada equipo, como su importancia en el sistema productivo (véase tabla 1-2).

Tabla 1-2. Impacto Operacional

Impacto Operacional	Cifra
Detiene sistema Productivo	12
Disminuye Producción	8
Produce costos operacionales	5
No genera ningún efecto negativo	1

Fuente: Elaboración propia

FO: Representa la flexibilidad operacional, es decir, el tiempo que podría demorar en reparar la falla del equipo, para esto se tuvo en cuenta el stock de repuestos de la empresa y la maestría del encargado de esta labor (véase tabla 1-3).

Tabla 1-3. Flexibilidad Operacional

Flexibilidad Operacional	Cifra
No Existe repuesto en Stock	6
Repuestos compartidos	3
Repuesto Disponible en Stock	1

Fuente: Elaboración propia

CM: Representa el costo promedio en reparar una falla de un equipo específico. Para determinar las cifras de esta variable, se apoyó en la experiencia del encargado de mantenimiento (véase tabla 1-4).

Tabla 1-4. Costos Asociados al Mantenimiento

Costo de Mantenimiento	Cifra
Sobre \$500.001	10
De \$250.001 a \$500.000	7
De \$50.001 a \$250.000	4
De 0 a \$50.000	1

Fuente: Elaboración propia

SHA: Representa el peligro hacia las personas, instalaciones y medio ambiente, en caso de falla de un equipo. Para representar estas cifras, se utilizó el conocimiento que se tiene de cada maquinaria y sus componentes (véase tabla 1-5).

Tabla 1-5. Seguridad y Medio Ambiente

Seguridad y Medio Ambiente	Cifra
Afecta seguridad Humana	18
Afecta al Medio Ambiente	12
Afecta Instalaciones	6
No genera ningún daño	1

Fuente: Elaboración Propia

1.6.2. Jerarquización de Equipos

Se procede a evaluar los equipos que componen el proceso productivo de la empresa, relleno los factores que influyen en la jerarquización, con la finalidad de detectar el o los componentes críticos.

Tabla 1-6. Jerarquización de Equipos

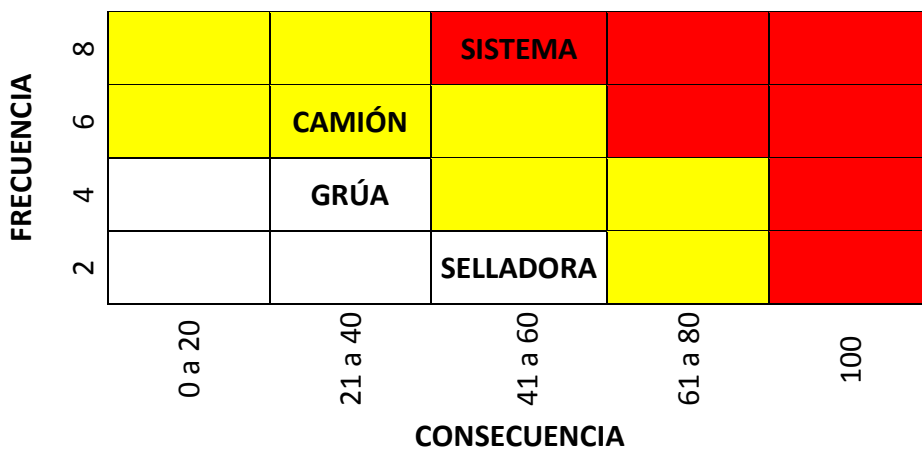
Equipo	Frecuencia	I.O	F.O	C.M	S.H.A	TOTAL
Grúa Horquilla	4	5	3	1	18	136
Maquina Selladora	2	8	6	4	6	116
Camión	6	5	1	4	15	144
Sistema de Refrigeración	8	12	3	7	12	440

Fuente: Elaboración propia

1.6.3. Representación en Matriz de Riesgo

A continuación se muestra la matriz de riesgo que representa la criticidad de los equipos del sistema de producción, donde destaca el sistema de refrigeración como elemento crítico, esto debido en gran parte por dos factores en particular dentro de los que componen la jerarquización de equipos, el primero de ellos el impacto operacional, a causa de la importancia que tiene el sistema de refrigeración dentro de la línea de producción, donde una falla puede significar la detención completa de esta, por otro lado el S.H.A también posee un valor alto, dado que el sistema de refrigeración está compuesto por varios equipos, donde un desperfecto en uno de ellos puede afectar a los demás y generar una falla general, además que cualquier fuga de refrigerante afecta el medio ambiente de forma directa.

Tabla 1-7. Matriz de Riesgo



Fuente: Elaboración propia a base de jerarquización de equipos

**CAPÍTULO 2: PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD (FMECA)**

2. PLANEACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (FMECA)

2.1 DEFINICIÓN DE LA INTENCIÓN DEL DISEÑO

La primera etapa para implementar el análisis de modos de falla, efectos y criticidad (FMECA) es la intención de diseño, esta es fundamental para entender la operación del proceso, con el fin de identificar las condiciones en las que opera el sistema con sus parámetros operativos, además gracias a la intención de diseño facilita el análisis funcional, tarea importante que estará basado en el diagrama SIPOC para dividir y explicar las funciones del proceso, con las cuales se reconocen las funciones primarias y secundarias, las cuales estructuran la base que se usara en la siguiente etapa para identificar los modos de falla.

2.1.1. Intención de diseño ciclo de refrigeración

El sistema de refrigeración de la empresa funciona constantemente dentro del ámbito operacional, en los equipos y maquinarias participa solo una persona la cual se encarga de mantener el óptimo funcionamiento del ciclo de refrigeración.

El comienzo del ciclo de refrigeración (véase figura 2-1) inicia en el compresor de pistones el cual posee dos etapas succión y descarga, la etapa de descarga comienza comprimiendo el gas refrigerante R-134A proveído del evaporador a través de la succión del compresor, al comprimir el gas refrigerante este aumenta su presión por consiguiente su temperatura saliendo del lado de descarga del compresor dirigiéndose a una “válvula solenoide” que permitirá el paso del gas refrigerante al condensador. En el condensador o intercambiador de calor pasa el gas refrigerante a alta temperatura (70 - 90° C) y alta presión (160 - 210 psi) por el serpentín del condensador, el serpentín se encuentra en contacto con una ventilación forzada a temperatura ambiente que permitirá ceder el calor del vapor al exterior, de esta manera se logra el cambio del estado de la materia de gaseoso a líquido manteniendo su presión y cambiando su temperatura lográndose la condensación del refrigerante (43° C).

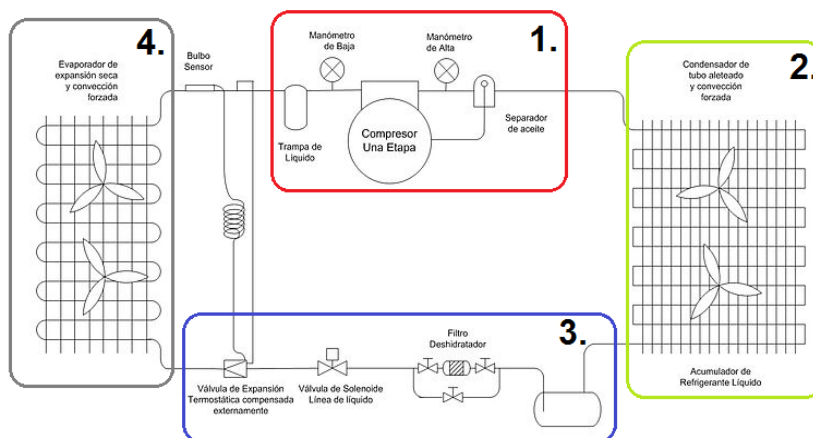
El líquido refrigerante llega hasta el acumulador de líquido en donde se acumula, para luego seguir por la línea de líquido sin antes pasar por electroválvulas de seguridad y el filtro secante que evitara cualquier tipo de molécula contaminante o se

mezcle con el líquido sub-enfriado, siguiendo por la línea de líquido hasta la válvula de expansión terminando el lado de descarga y por ende el lado de alta presión.

La válvula de expansión se compone de un bulbo sensor el cual contiene un líquido encapsulado y muy volátil que se encuentra en contacto con la salida del evaporador. Al tener este contacto el bulbo transfiere su líquido a la válvula de expansión, activándose (dependiendo de la temperatura de salida del evaporador) y permitiendo la entrada del líquido refrigerante, al salir de la válvula de expansión el orificio de salida es más pequeño que el de entrada generando la caída de presión necesaria (0 - 18 psi) entre condensador y evaporador.

El líquido refrigerante sale pulverizado en otras palabras en un estado líquido/vapor al salir pulverizado se produce el contacto interior con el serpentín del evaporador congelándolo, de esta manera se produce la ebullición del líquido refrigerante extrayendo el calor de las tuberías del evaporador, al mismo tiempo el aire al forzarlo a pasar por entremedio del evaporador, este va a entregar la temperatura latente al roce, extrayendo la temperatura del ambiente a refrigerar (cámara de refrigeración) a este fenómeno se le llama “convección forzada” ya que tiene ventiladores que forzaran a pasar el aire por el evaporador provocando mayor roce al evaporador y los productos.

Para que se provoque el ciclo de refrigeración se requiere de una succión, que lo va a provocar el compresor, el compresor va arrastrar los gases que están ebulliciendo en el evaporador permitiendo que siga evaporizando el gas refrigerante, de este modo el compresor a través de sus pistones seguirá succionando el gas que ebulle a baja presión y baja temperatura, para luego comprimirlo y repetir el ciclo continuamente. La definición de la intención de diseño en forma ilustrativa se muestra a continuación.



Fuente: <https://profedaza.wordpress.com/componentes-sistema-de-refrigeracion>

Figura 2-1. Ciclo de Refrigeración

2.1.2. Análisis Funcional Basado en Diagrama SIPOC

El diagrama SIPOC (abreviación de supplier, input, process, output and customer), es una herramienta que permite visualizar de mejor manera los procesos y reconocer las partes implicadas en el mismo. En este caso, las cuatro etapas corresponden a los establecidos anteriormente en la identificación de diseño (figura 2-1.), del ciclo de refrigeración. Los procesos acá determinados serán utilizados más adelante en la identificación de modos de falla.

Tabla 2-1. Análisis Funcional SIPOC

Etapa	Equipo	Proveedor/Supplier	Entrada/Input	Proceso/Process	Salida/Output	Cliente/Customer
1.	Compresor	Evaporador	Gas refrigerante 134A (vapor sobrecalentado) a 8° Celsius y 16 psi	Comprimir gas refrigerante 134A a 89° Celsius y 160 psi, para cambio de estado.	Gas refrigerante 134A (vapor sobrecalentado) a 89° Celsius y 160 psi	Condensador
2.	Condensador	Compresor	Gas refrigerante 134A (vapor sobrecalentado) 89° Celsius y 160 psi	Realizar el intercambio térmico, para el cambio de estado de gas a líquido.	Líquido Refrigerante 134A (Sub-enfriado) a 43° Celsius y 148 psi	Acumulador de Líquido
3.	Acumulador de líquido - Válvula de expansión	Condensador	Líquido Refrigerante 134A (Sub-enfriado) a 43° Celsius y 148 psi	Acumular líquido refrigerante, filtrarlo, controlar su paso y cambiar su estado a vapor saturado	Vapor Saturado (Mezcla de Líquido-Vapor) a -7° Celsius y 18 psi	Evaporador
4.	Evaporador	Válvula de Expansión	Vapor Saturado (Mezcla de Líquido-Vapor) a -7° Celsius y 18 psi	Realizar el intercambio térmico para el cambio de estado de vapor saturado a vapor sobrecalentado.	Gas refrigerante 134A (vapor sobrecalentado) a 8° Celsius y 16 psi	Compresor

Fuente: Elaboración propia a base de sistema de refrigeración

2.2. IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLA, EFECTOS Y CONSECUENCIAS

Para cada falla funcional identificada en la sección anterior, se deben definir sus modos de fallas, es decir, la forma en que el activo pierde la capacidad de realizar su función determinada, luego se deben fijar sus efectos, considerados como la forma que la falla se manifiesta, o en otras palabras los síntomas del mismo. Finalmente se debe evaluar las consecuencias de las fallas para determinar el impacto de cada una de ellas, para eso se utilizara el número de prioridad de riesgo (NPR), herramienta basada en el método SOD (severidad, ocurrencia y posibilidad de detección). Todo esto con la idea principal de poder efectuar las acciones de mitigación a cada modo de falla, lo que se traducirá más adelante en el plan de mantenimiento adecuado.

2.2.1. Identificación de modos de falla

¿Qué es un modo de falla? Un modo de falla puede ser definido como una situación que pueda causar la falla de un activo físico que se encuentre relacionado con el sistema de refrigeración o netamente el proceso de la empresa, en palabras simples un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional.

Manejar los eventos antes de que ocurran es una herramienta muy útil vinculada a los modos de falla ya que gracias a estos se puede adelantar las próximas situaciones a ocurrir en el sistema de refrigeración, cada modo de falla relacionada con sus efectos serán de vital importancia. Significa tener un control apropiado de los eventos que pueden llegar a ocurrir en un futuro, a través de esto se busca corregir, anticipar, detectar cada modo de falla para la realización de un mantenimiento adecuado.

La identificación de modos de falla, es crucial para escoger las mejores acciones para corregir o prevenir las mismas, cuyas acciones serán implementadas dentro del plan de mantenimiento final propuesto, a continuación se dividirán las funciones en función del análisis SIPOC realizado previamente, siendo cuatro funciones dentro del sistema de refrigeración que se componen de sus partes fundamentales, compresor, condensador, acumulador a válvula de expansión y evaporador se identificara cada falla funcional en base a los registros de falla obtenidos por parte del trabajador de la planta, se buscara las mejores acciones de mantenimiento a realizar, a través de sus modos de fallas obtenidos.

Tabla 2-2. Identificación de modos de fallas Compresor y Condensador

Funciones		Falla Funcional		Modo de Falla	
1.	Comprimir gas refrigerante 134A a 89° Celsius y 160 psi, para cambio de estado.	1.1	Incapaz de comprimir gas refrigerante 134A.	1.1.1	Motor eléctrico quemado
				1.1.2	Bobina quemada de válvula solenoide
				1.1.3	Válvula de admisión pegada en posición cerrada
				1.1.4	Fuga en tubos de control
				1.1.5	Fuga en válvula de descarga
				1.1.6	Correa cortada
				1.1.7	Pistones Rotos
				1.1.8	Golpe de líquido
		1.2	Gas comprimido fuera de tolerancia de presión y temperatura.	1.2.1	Filtro obstruido
				1.2.2	Arranque Inundado
				1.2.3	Fuga en red de suministro
				1.2.4	Regreso de líquido
				1.2.5	Asiento de válvula fisurado o picado
				1.2.6	Anillo de pistón o cilindro gastados
2.	Realizar el intercambio térmico para el cambio de estado de vapor a líquido.	2.1	No disponible para intercambio de calor	2.1.1	Electro ventiladores quemados
				2.1.2	Rotura de serpentín
				2.1.3	Válvula Bloqueada
		2.2	Intercambiador de calor con problemas	2.2.1	Fuga en serpentín
				2.2.2	Condensador sucio
				2.2.3	Gas no condensable
				2.2.4	Rotura de Rodamiento

Fuente: Elaboración propia a base de análisis SIPOC

Tabla 2-3. Identificación de modos de fallas Válvula de expansión y Evaporador

3.	Acumular líquido refrigerante, filtrarlo, controlar su paso y cambiar estado a vapor saturado.	3.1	Incapacitado para cambiar estado	3.1.1	Filtro deshidratador bloqueado		
				3.1.2	Obstrucción en válvula de expansión		
				3.1.3	Línea de líquido deformada o aplastada		
				3.1.4	Rotura en capilar de bulbo sensor		
		3.2	Acumulación defectuosa de líquido	3.2.1	Fuga en empaque de válvula.		
				3.2.2	Válvula de alivio rota		
				3.2.3	Fuga en acumulador		
		3.3	Control de paso ineficiente	3.3.1	Bulbo sensor de válvula de expansión desgastado		
				3.3.2	Vástago interno de válvula de expansión picado		
				3.3.3	Membrana interna de válvula de expansión rota		
		3.4	Filtrado imperfecto	3.4.1	Filtro secante semi-tapado		
		4.	Realizar el intercambio térmico para el cambio de estado de vapor saturado a vapor sobrecalentado	4.1	Imposibilitado para producir cambio de fase.	4.1.1	Electroventiladores quemados
						4.1.2	Fusibles Fundidos
4.1.3	Rotura serpentín						
4.1.4	Rotura de calefactores de deshielo						
4.2	Cambio de fase incompleto.			4.2.1	Mala regulación de la válvula de expansión		
				4.2.2	Evaporador sucio o congelado		
				4.2.3	Rotura de Rodamiento		
				4.2.4	Falta de arrastre o mala compresión del compresor		

Fuente: Elaboración propia a base de análisis SIPOC

2.2.2. Efectos y consecuencias

A continuación se mostraran los efectos (síntomas) de cada modo de falla y la evaluación de las consecuencias, basado en un análisis de criticidad para jerarquizar las fallas, acción crucial para escoger las mejores decisiones en cuanto a tareas de mantenimiento, como se dijo anteriormente se utilizara para ello el número de prioridad de riesgo (NPR).

Donde:

$$\mathbf{NPR = S \times O \times D}$$

Severidad: es la estimación de la gravedad del efecto del modo de falla que puede suscitarse en el sistema de refrigeración.

Ocurrencia: es la probabilidad de que una causa específica en el sistema, resulte en un modo de falla.

Detección: es un valor para clasificar la probabilidad de encontrar la falla antes de que esta se produzca.

Tabla 2-4. Escala de severidad, ocurrencia y probabilidad de detección.

Intervalo	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)
10-9	Muy alta severidad	Muy alta Probabilidad de ocurrencia	Casi imposible de detectar
8-6	Inconveniente Mayor	Alta Probabilidad de ocurrencia	Baja capacidad de detección
5-3	Inconveniente Menor	Moderada probabilidad de ocurrencia	Alta capacidad de detección
2-1	Mínimo Efecto	Baja probabilidad de ocurrencia	Muy alta capacidad de detección

Fuente: Elaboración propia a base de RCM II

Tabla 2-5. Efectos y consecuencias de fallas con su respectivo NPR

Falla Funcional	Modo de Falla		Efectos de la Falla	Consecuencia de la Falla			
				S	O	D	Criticidad
1.1	1.1.1	Motor eléctrico quemado	Aumento de temperatura	9	2	3	54
			Perdida de RPM				
			Exceso de corriente				
			Oscurecimiento de carcasa				
			Perdida de torque				
	1.1.2	Bobina quemada de válvula solenoide	Alambre de bobina cortado	8	3	4	96
			Aumento de corriente				
			Embolo trabado				
			Muelle sin tensión				
	1.1.3	Válvula de admisión pegada en posición cerrada	Embolo trabado	8	2	3	48
			Muelle sin tensión				
	1.1.4	Fuga en tubos de control	Cambios de presión reiteradas	6	1	4	24
			Cambios de temperaturas anormales				
			Vibraciones anormales				
	1.1.5	Fuga en válvula de descarga	Altas vibraciones	7	1	5	35
Ruido anormal							

	1.1.6	Correa cortada	Correa con grietas y/o sequedad	9	2	1	18
			Perdida de tensión				
			Cambio de color o brillo en algunas zonas de la correa				
			Deslizamiento de la correa				
			Ruido anormal				
	1.1.7	Pistones Rotos	Aumento de carga de gas refrigerante	9	3	8	216
			Flujo de líquido inadecuado a través del Evaporador				
	1.1.8	Golpe de líquido	El bulbo de la válvula de expansión no está haciendo buen contacto en la línea de succión	8	4	6	192
			Válvula de expansión mal ajustada				
			Pernos de descarga flojos				
1.2	1.2.1	Filtro obstruido	Capa de hielo alrededor del filtro	5	4	6	120
			Baja de presión en el filtro				
			Baja de temperatura en comparación a la temperatura ambiente en filtro				
			Condensador con alta temperatura				
			Evaporador con temperatura ambiente o mayor				

	1.2.2	Arranque Inundado	Bujes gastados	7	3	7	147
			Bielas gastadas				
			Desgaste de pistones y cilindros en la parte inferior				
			Cigüeñal con desgaste				
	1.2.3	Fuga en red de suministro	Ruido anormal	7	1	6	42
			Manchas de lubricante				
	1.2.4	Regreso de líquido	Sobrecalentamiento del refrigerante en la línea de succión	7	4	7	196
			Evaporador obstruido por suciedad				
			Válvula de expansión mal ajustada				
	1.2.5	Asiento de válvula fisurado o picado	Exceso de carga de gas refrigerante	8	3	6	144
			Altas presiones en el lado de succión				
			Altas temperaturas en el lado de succión				
1.2.6	Anillo de pistón o cilindro gastados	Alta temperatura en lado de descarga	7	4	8	224	
		Perdida de potencia					
		Sobrecalentamiento de gas en la succión tiende a cero					
		Perdida de película lubricante					

2.1	2.1.1	Electro-ventiladores quemados	Aumento de temperatura	9	3	1	27
			Perdida de RPM				
			Exceso de corriente				
			Oscurecimiento de carcasa				
	2.1.2	Rotura de serpentín	No llega refrigerante al acumulador	9	1	2	18
			Refrigerante no cambia de estado (gaseoso a líquido)				
2.1.3	Válvula bloqueada	Aumento de temperatura en condensador	9	4	5	180	
		Aumento excesivo de presión					
2.2	2.2.1	Fuga en serpentín	Ruido anormal	8	2	4	64
			Perdida de carga de refrigerante				
	2.2.2	Condensador sucio	Aumento de temperatura en condensador	6	5	4	120
			Aumento de presión en condensador				
			Alto radio de compresión				
	2.2.3	Gas no condensable	Refrigerante no cambia de estado (condensador)	9	1	3	27
Gas refrigerante no baja temperatura en evaporador							

	2.2.4	Rotura de Rodamiento	Perdida de RPM en ventilador	7	5	6	210	
			Ruido anormal					
			Vibraciones anormales					
3.1	3.1.1	Filtro deshidratador bloqueado	Aumento de temperatura en descarga	9	3	6	162	
			Baja presión en evaporador					
			Presión de vacío en lado de descarga					
			Paradas y arranques de compresor reiterativas					
				Presión y temperatura en condensador en estado de gas en reposo				
	3.1.2	Obstrucción en válvula de expansión	Aumento de temperatura en evaporador	8	3	7	168	
			Baja de presión en evaporador					
			Baja alimentación de refrigerante al evaporador					
	3.1.3	Línea de líquido deformada o aplastada	Aumento de presión	5	1	5	25	
			Aumento de temperatura					
3.1.4	Rotura en capilar de bulbo sensor	Alimentación de refrigerante descontrolada (muy alta o muy baja)	9	2	5	90		

			Perdida de sobrecalentamiento constante en salida de evaporador				
3.2	3.2.1	Fuga en empaque de válvula	Goteo de lubricante	6	5	7	210
			Manchas de lubricante alrededor de válvula				
	3.2.2	Válvula de alivio rota	Aumento de presión	7	1	7	49
			Demasiado esfuerzo al operar				
	3.2.3	Fuga en acumulador	Manchas de lubricante	6	1	2	12
			Disminución del líquido refrigerante				
Goteo de lubricante							
3.3	3.3.1	Bulbo sensor de válvula de expansión desgastado	Aumento de temperatura en evaporador	9	2	4	72
			Alimentación de refrigerante descontrolada (muy alta o muy baja)				
			Perdida de sobrecalentamiento constante en salida de evaporador				
	3.3.2	Vástago interno de válvula de expansión picado	Presión descontrolada	5	1	7	35
			Alimentación de refrigerante descontrolada (muy alta o muy baja)				
	3.3.3	Membrana interna de válvula de expansión rota	Aumento de temperatura en evaporador	6	1	8	48
Sobrecalentamiento en evaporador							

3.4	3.4.1	Filtro secante semi-tapado	Baja temperatura en filtro	6	5	6	180
			Escarcha alrededor de filtro				
			Temperatura en condensador aumenta				
			Baja de presión en lado de descarga				
4.1	4.1.1	Electro ventiladores quemados	Aumento de temperatura	9	3	1	27
			Perdida de RPM				
			Exceso de corriente				
			Oscurecimiento de carcasa				
	4.1.2	Fusibles Fundidos	Aparición de humo	7	3	2	42
			Exceso de corriente				
	4.1.3	Rotura serpentín	Electro ventilador detenido	9	1	2	18
			Refrigerante no cambia de estado (líquido a gaseoso)				
	4.1.4	Rotura de calefactores de deshielo	Compresor sin alimentación de gas refrigerante	8	1	3	24
			Exceso de hielo en serpentín				
4.2	4.2.1	Mala regulación de la válvula de expansión	Bloqueo de alimentación de refrigerante	7	5	5	175
			Aumento de temperatura en evaporador				
			Serpentín escarchado				
			Sobrecalentamiento en evaporador				

4.2	4.2.2	Evaporador sucio o congelado	Baja presión en evaporador	8	5	4	160
			Aumento de temperatura				
			Aumento de amperaje en compresor				
			Salida de evaporador con líquido				
	4.2.3	Rotura de Rodamiento	Perdida de RPM en ventilador	7	5	6	210
			Ruido anormal				
			Vibraciones anormales				
	4.2.4	Falta de arrastre o mala compresión del compresor	Falta de vapor refrigerante	9	3	6	162
			Temperatura de descarga muy baja				
			Bajo consumo de amperaje				
			Presión de baja inusualmente alta				

Fuente: Elaboración propia en función de modos de fallas

2.2.3 Análisis de consecuencias de falla (NPR)

A través de los efectos y consecuencias, logramos identificar los modos de falla de alto-medio riesgo, los cuales por su alto impacto, requieren de mayor atención dado su nivel de riesgo. Esta atención estará basada en una mejor estrategia de mantenimiento (preventivo o predictivo), mientras las fallas con un nivel de ocurrencia mínimo (1), no serán tomadas en cuenta, debido que son poco creíbles de suscitarse. Por otro lado las fallas de bajo riesgo se pueden definir de forma directa del FMECA.

Modos de falla poco creíble de suscitarse. No Aplican:

Tabla 2-6. Modos de falla de difícil ocurrencia

Modo de Falla		Criticidad
1.1.4	Fuga en tubos de control	24
1.1.5	Fuga en válvula de descarga	35
1.2.3	Fuga en red de suministro	42
2.1.2	Rotura de serpentín	18
2.2.3	Gas no condensable	27
3.1.3	Línea de líquido deformada o aplastada	25
3.2.2	Válvula de alivio rota	49
3.2.3	Fuga en acumulador	12
3.3.2	Vástago interno de válvula de expansión picada	35
3.3.3	Membrana interna de válvula de expansión rota	48
4.1.3	Rotura serpentín	18
4.1.4	Rotura de calefactores de deshielo	24

Fuente: Elaboración propia a base de NPR

Tabla 2-7. Modos de falla de bajo riesgo

Modos de falla de bajo riesgo, con acciones definidas de forma directa:

Modo de Falla		Criticidad
1.1.1	Motor eléctrico quemado	54
1.1.3	Válvula de admisión pegada en posición cerrada	48
1.1.6	Correa cortada	18
2.1.1	Electro ventiladores quemados condensador	27
4.1.1	Electro ventiladores quemados evaporador	27

4.1.2	Fusibles Fundidos	42
-------	-------------------	----

Fuente: Elaboración propia a base de NPR

Modos de falla de alto-medio riesgo, que deben definirse acciones de mantenimiento según diagrama de decisiones RCM:

Tabla 2-8. Modos de falla a suscitarse en el sistema

Modo de Falla		Criticidad
1.1.2	Bobina quemada de válvula solenoide	96
1.1.7	Pistones Rotos	216
1.1.8	Golpe de líquido	192
1.2.1	Filtro obstruido	120
1.2.2	Arranque Inundado	147
1.2.4	Regreso de líquido	196
1.2.5	Asiento de válvula fisurado o picado	144
1.2.6	Anillo de pistón o cilindro gastados	224
2.1.3	Válvula Bloqueada	180
2.2.1	Fuga en serpentín	64
2.2.2	Condensador sucio	120
2.2.4	Rotura de Rodamiento	210
3.1.1	Filtro deshidratador bloqueado	162
3.1.2	Obstrucción en válvula de expansión	168
3.1.4	Rotura en capilar de Bulbo sensor	90
3.2.1	Fuga en empaque de válvula	210
3.3.1	Bulbo sensor de válvula de expansión desgastado	72
3.4.1	Filtro secante semi-tapado	180
4.2.1	Mala regulación de la válvula de expansión	175
4.2.2	Evaporador sucio o congelado	160
4.2.3	Rotura de Rodamiento	210
4.2.4	Falta de arrastre o mala compresión del compresor	162

Fuente: Elaboración propia a base de NPR

2.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

A través de los métodos implementados se logró realizar la planeación del mantenimiento, por medio del análisis de modos de fallas y efectos (FMECA), el cual da un entendimiento global del sistema, empezando por mostrar el funcionamiento con todos los datos técnicos (presiones y temperaturas) del sistema de refrigeración gracias a la intención de diseño, para luego identificar las cuatro etapas del mismo utilizando el análisis funcional SIPOC que entrega sus entradas, procesos y salidas. Además se consiguió establecer las formas en que pueden presentarse las fallas en los equipos (falla funcional y modo de falla), las cuales al no tener registros de parte de la empresa, fueron determinadas gracias a los conocimientos del encargado de mantenimiento, posteriormente fueron jerarquizadas a través del número de prioridad de riesgo (NPR), con el cual, se logró identificar las fallas de alto y medio riesgo.

CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

3. PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO

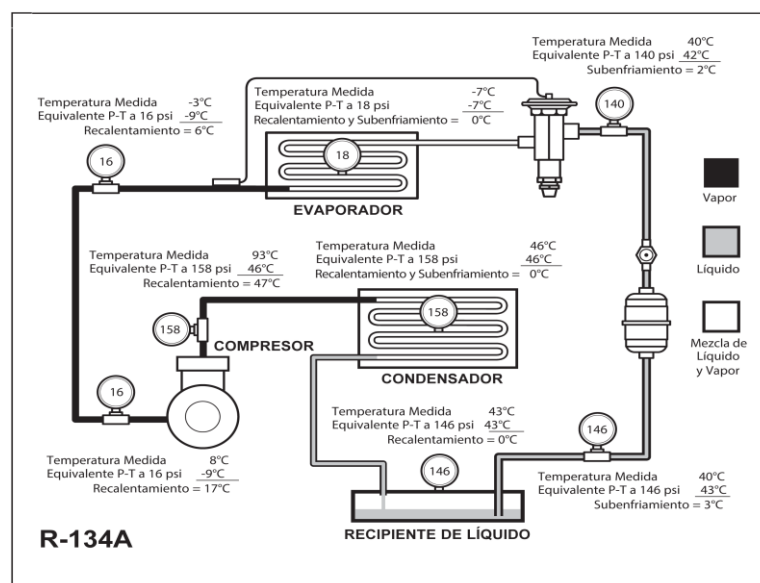
3.1. PARAMETROS A CONSIDERAR EN EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

Los problemas más frecuentes en los sistemas de refrigeración, se encuentran relacionados con los rangos de temperatura y presión uno de ellos es el sobrecalentamiento, es uno de los problemas más serios en estos sistemas. Las causas que provocan el sobrecalentamiento se pueden diferenciar en cuatro categorías:

- Alta presión de condensación
- Baja presión de succión
- Alto sobrecalentamiento del compresor

¿Cómo medir el sobrecalentamiento en el compresor?

- Medir la presión en la válvula de servicio de succión del compresor
- Convertir ésta a temperatura de saturación usando las tablas de presión vs temperatura (equivalente P-T) (véase figura 3-2.)
- Medir con termómetro la temperatura de la línea de succión a una distancia aproximada de 30 cm del compresor
- Restar la temperatura de saturación de la temperatura de la línea de succión



Fuente: http://sporlanonline.com/literature/international/s1/10-135_S1.pdf

Figura 3-1. Ejemplos de medidas de presión-temperatura reales en un sistema operando normalmente

TEMPERATURA °C	R-134a(J)	TEMPERATURA °C	R-134a(J)	TEMPERATURA °C	R-134a(J)
-50	21.1	-10	14.4	25	81.8
-48	20.0	-9	15.5	26	84.7
-46	18.9	-8	16.8	27	87.7
-44	17.6	-7	18.0	28	90.7
-42	16.2	-6	19.3	29	93.8
-40	14.7	-5	20.6	30	97.0
-39	13.9	-4	22.0	31	100.2
-38	13.0	-3	23.4	32	103.6
-37	12.1	-2	24.8	33	106.9
-36	11.2	-1	26.3	34	110.4
-35	10.3	0	27.8	35	113.9
-34	9.3	1	29.3	36	117.6
-33	8.2	2	30.9	37	121.2
-32	7.2	3	32.6	38	125.0
-31	6.1	4	34.3	39	128.8
-30	4.9	5	36.0	40	132.7
-29	3.7	6	37.8	41	136.7
-28	2.4	7	39.6	42	140.8
-27	1.1	8	41.5	43	144.9
-26	0.1	9	43.5	44	149.2
-25	0.8	10	45.4	45	153.5
-24	1.5	11	47.5	46	157.9
-23	2.2	12	49.6	47	162.4
-22	3.0	13	51.7	48	167.0
-21	3.8	14	53.9	49	171.7
-20	4.6	15	56.1	50	176.4
-19	5.4	16	58.4	51	181.3
-18	6.3	17	60.8	52	186.2
-17	7.2	18	63.2	53	191.2
-16	8.1	19	65.7	54	196.4
-15	9.1	20	68.2	55	201.6
-14	10.1	21	70.8	56	206.9
-13	11.1	22	73.5	57	212.3
-12	12.2	23	76.2	58	217.8
-11	13.3	24	79.0	59	223.4

Fuente: http://sporlanonline.com/literature/international/s1/10-135_S1.pdf

Figura 3-2. Equivalencias de presión-temperatura de refrigerante 134a

Debido a estos problemas que se pueden presentar en el sistema, se desarrolló tablas con parámetros a considerar que servirán como apoyo en las tareas propuestas en la hoja final de decisiones de RCM. A continuación se dividirán las tablas en dos secciones que consisten en el lado de alta presión y baja presión con sus respectivos rangos de datos que se deben obtener al momento de medir temperatura y chequear los manómetros, estos datos suministrarán el soporte necesario para realizar las tareas de mantenimiento.

Tabla 3-1. Rangos de temperatura y presión lado de descarga y succión

Lado de descarga			Lado de succión		
Equipo	Temperatura	Presión (psi)	Equipo	Temperatura	Presión (psi)
Compresor	70-90°C	160-210	Válvula de expansión	(-5) a (-10)°C	14-20
Condensador	35-47°C	160-190	Evaporador	(-3) a (-6)°C	14-17

Línea de Liquido	33-45°C	140-160	Línea de succión	(-3) a 8°C	14-18
------------------	---------	---------	------------------	------------	-------

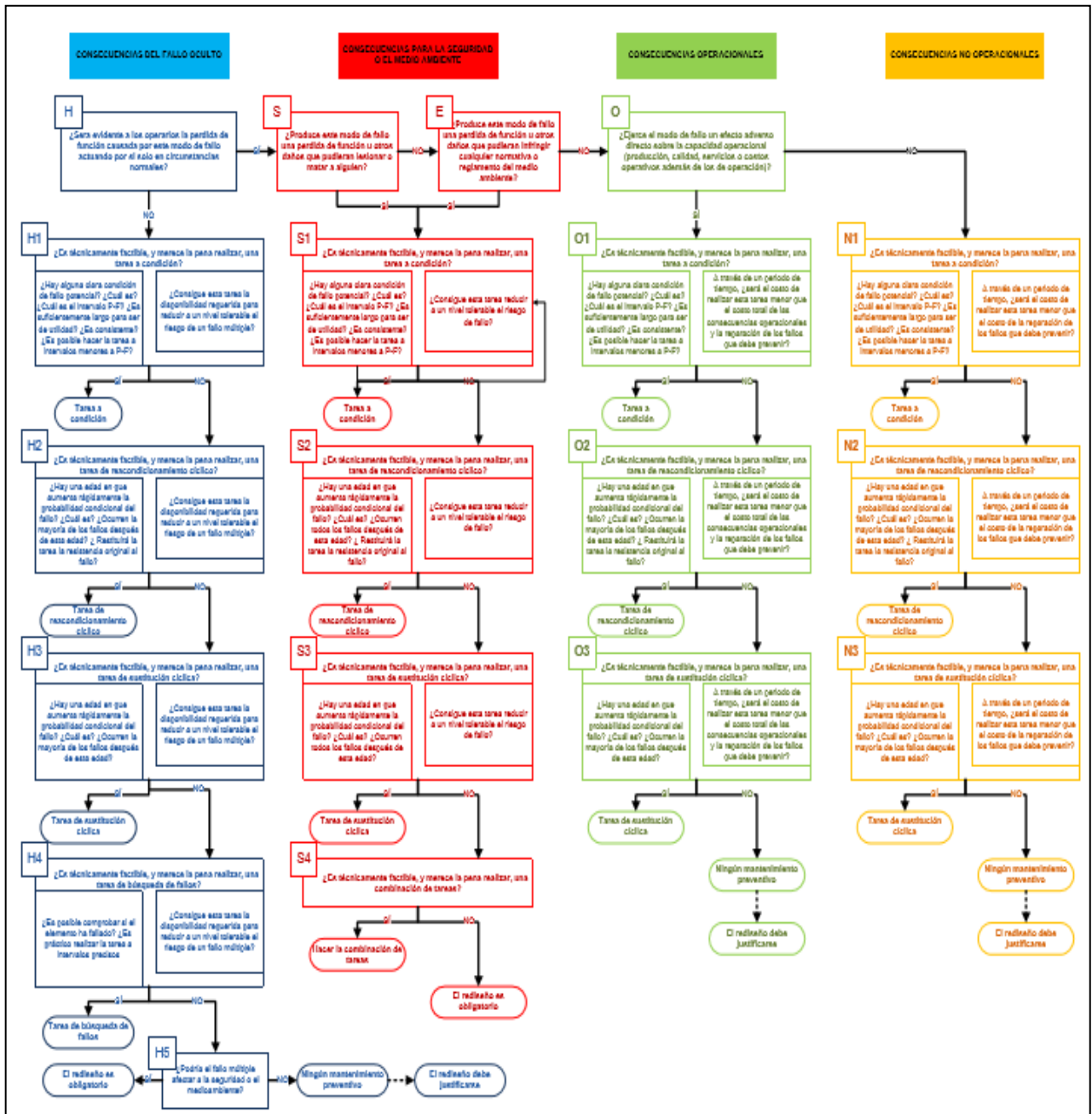
Fuente: Elaboración propia a base de análisis SIPOC

3.2. DIAGRAMA DE DECISIÓN DE RCM

Luego de finalizar el proceso de gestión de mantenimiento FMECA (capítulo 2), y haber identificado los modos de falla de alto-medio riesgo a través de sus consecuencias de falla (riesgo evaluado en NPR), el siguiente paso es realizar el diagrama de decisión RCM (Reliability Centred Maintenance). Este diagrama definirá las tareas proactivas técnicamente factibles, quien será el encargado de realizar dicha tarea y su frecuencia apropiada, para ello se deben responder las preguntas formuladas por el diagrama, que expresan los resultados que podrían generar los modos de falla, en cuanto a falla oculta, consecuencia para la seguridad o medio ambiente, consecuencias operacionales y consecuencias no operacionales. A través de las decisiones tomadas en cuanto a los efectos y consecuencias se comenzaran a responder las preguntas señaladas en el diagrama de decisiones, (véase figura 3-1).

- H: ¿Será evidente a los operarios la pérdida de función causada por este modo de fallo actuando por el solo en circunstancias normales?
- S: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función y otros daños que pudieran lesionar o matar a alguien?
- E: ¿Produce este modo de fallo una pérdida de función u otros daños que pudieran infringir cualquier normativa o reglamento del medio ambiente?
- O: ¿Ejerce el modo de fallo un efecto adverso directo sobre la capacidad operacional (producción, calidad, servicios o costos operativos además de los de operación)?
- H1-S1-O1-N1: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea a condición?
- H2-S2-O2-N2: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tardea de reacondicionamiento cíclico?
- H3-S3-O3-N3: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de sustitución cíclica?
- H4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una tarea de búsqueda de fallos?
- S4: ¿Es técnicamente factible, y merece la pena realizar, una combinación de tareas?

➤ H5: ¿Podría el fallo múltiple afectar a la seguridad o el medioambiente?



Fuente: Elaboración en base de la memoria estudio de factibilidad de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad

Figura 3-3. Resultados diagrama de decisiones RCM

3.2.1 Proceso de decisión de RCM

La tabla de decisión RCM, permite asentar las respuestas formuladas en el diagrama de decisiones y en función de las respuestas obtenidas se puede registrar:

- La tarea propuesta a realizar,
- La labor detallada a ejecutar.
- El intervalo con el que se realizara el mantenimiento.
- Que persona está capacitada para realizar la tarea propuesta.

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	A acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
			N				N	N	S				Inspeccionar estado de bobinas eléctricas, en caso de ser necesario realizar reemplazo de bobina.	Anualmente	Electromecánico	
			N				N	N	S				Realizar cambio de aceite refrigerante.	Anualmente	Mecánico	

Fuente: Elaboración en base de la memoria estudio de factibilidad de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad

Figura 3-2. Diagrama de decisiones RCM

La tabla está dividida en 16 columnas, la columna referencia de información, conformada por F, FF y FM, identifican los modos de falla correspondiente. Los encabezados de las próximas 10 columnas identifican a las preguntas del diagrama de decisiones, donde:

- Las columnas tituladas H, S, E, O son utilizadas para registrar las respuestas a las preguntas referentes a las consecuencias de cada modo de falla.
- Las siguientes tres columnas (tituladas H1, H2 y H3, etc.) registran si ha sido encontrada una tarea proactiva y de qué tipo (falla oculta, seguridad u operacional).
- En caso de ser necesario responder las preguntas de “a falta de”, deben ser registradas en las columnas H4, H5 y S4.

3.2.2 Hoja de decisión de RCM

Al responder las preguntas del diagrama de decisiones y en relación a los modos de falla del sistema de refrigeración se procede a llenar la hoja final, en definitiva esta hoja muestra no solo la tarea propuesta a realizar de acuerdo al modo de falla, sino también muestra porque se ha seleccionado, la información entregada es muy preciada, si en alguna situación se presenta la necesidad de cambiar alguna tarea de mantenimiento. A continuación se presentara la hoja final de decisiones RCM (véase tabla 3-2.)

Tabla 3-2. Hoja de decisión RCM

Referencia de Información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	A acción a falta de				Tarea Propuesta	Intervalo Inicial	A realizarse por
							S1	S2	S3							
							O1	O1	O3							
F	FF	FM	H	S	E	O	N1	N2	N3	H4	H5	S4				
Bobina quemada de válvula solenoide			N				N	N	S				Inspeccionar estado de bobinas eléctricas, en caso de ser necesario realizar reemplazo de bobina.	Anualmente	Electromecánico	
Pistones Rotos			N				N	N	S				Realizar cambio de aceite refrigerante.	Anualmente	Mecánico	
Golpe de líquido			S	N	N	S	S						Medir y ajustar en caso de ser necesario el sobrecalentamiento en el compresor y evaporador.	Semanalmente	Mecánico	
Filtro obstruido			S	N	N	S	N	N	S				Sustituir filtro de compresor	Semestralmente	Mecánico	
Arranque Inundado			S	N	N	S	S						Verificar la operación del calefactor del cárter.	Semanalmente	Mecánico	
Regreso de líquido			S	N	N	S	S						Inspeccionar buen funcionamiento de ciclo de deshielo, verificando que no exista exceso de hielo.	Semanalmente	Mecánico	
													Verificar apropiada carga de gas refrigerante.	Periódicamente	Mecánico	
Asiento de válvula fisurado o			S	N	N	S	S						Medir temperatura con cámara termografía en lado de succión de compresor y comprobar que se encuentre dentro de los parámetros establecidos.	Periódicamente	Mecánico	

picado										Verificar manómetros de línea de baja presión, estén dentro de presiones adecuadas.	Semanalmente	Mecánico
Anillo de pistón o cilindro gastados	S	N	N	S	S					Medir temperatura de pistones con cámara termografía, y verificar se encuentren dentro de parámetros establecidos.	Semanalmente	Mecánico
										Verificar nivel de aceite lubricante de compresor.	Periódicamente	Mecánico
Válvula Bloqueada	S	N	N	S	S					Verificar gas refrigerante se encuentra dentro de los parámetros (presión-temperatura), utilizar cámara termografía y observar manómetros de condensador.	Semanalmente	Mecánico
Fuga en serpentín	S	N	N	S	S					Realizar inspección visual y auditivo en serpentín y verificar que no exista ruido anormal.	Semanalmente	Mecánico
Condensador sucio	S	N	N	S	S					Limpieza de condensador y electroventiladores.	Mensualmente	Mecánico
Rotura de Rodamiento	S	N	N	S	N	N	S			Reemplazar rodamientos de electroventiladores de condensador.	Anualmente	Mecánico
Filtro deshidratador bloqueado	S	N	N	S	N	N	S			Sustituir filtro deshidratador ubicado línea de líquido posterior a acumulador.	Anualmente	Mecánico
Obstrucción en válvula de expansión	S	N	N	S	S					Limpieza de válvula de expansión.	Trimestralmente	Mecánico
Rotura en capilar de bulbo sensor	S	N	N	S	N	N	S			Inspección, en caso de rotura de bulbo sensor, reemplazar válvula de expansión completa.	Mensualmente	Mecánico

Fuga en empaque de válvula	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazo de empaque de válvula de acumulador de líquido.	Anualmente	Mecánico
Bulbo sensor de válvula de expansión desgastado	S	N	N	S	S						Comprobar parámetros de líquido refrigerante en el controlador de flujo.	Semanalmente	Mecánico
Filtro secante semi-tapado	S	N	N	S	S						Limpieza de Filtro de acumulador	Mensualmente	Mecánico
Mala regulación de válvula de expansión	S	N	N	S	N	S					Inspeccionar y en caso de ser necesario reajustar válvula de expansión.	Semestralmente	Mecánico
Evaporador sucio o congelado	S	N	N	S	S						Limpieza de evaporador	Mensualmente	Mecánico
Rotura de Rodamiento	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazo de rodamientos de electroventiladores de evaporador	Anualmente	Mecánico
Falta de arrastre o mala compresión del compresor	S	N	N	S	S						Medir temperatura en lado de descarga del compresor y comprobar que se encuentre dentro de los parámetros establecidos.	Semanalmente	Mecánico
											Verificar presión se encuentre dentro de los parámetros, observando manómetro de baja.	Semanalmente	Mecánico

Fuente: Elaboración propia a base de diagrama de decisión RCM

3.3 MODELO DE PLANIFICACIÓN MANTENCIÓN EQUIPO CRÍTICO

Para realizar una planificación de mantenimiento adecuada, se vuelve necesario responder algunas preguntas definidas, de tal manera, de tener en cuenta todos los parámetros indispensables para llevar a cabo la labor de mantenimiento. En este caso, se utilizará el equipo crítico correspondiente al compresor, para desarrollar su planificación de mantenimiento apropiado. Las veintiséis preguntas, serán detalladas y respondidas a continuación:

1. ¿Qué trabajo se requiere realizar?
 - 1.1 Inspección de cableado y bobina eléctrica.
 - 1.2 Cambio de filtros.
 - 1.3 Inspeccionar calefactor del cárter.
 - 1.4 Inspección ciclo de deshielo.
 - 1.5 Verificar carga de gas refrigerante.
 - 1.6 Medir temperatura en lado de baja y alta presión.
 - 1.7 Verificación de manómetros.
 - 1.8 Cambio de aceite lubricante.

2. ¿Por qué se debe realizar?
 - 2.1 Mantenimiento preventivo anual.

3. ¿Cuáles son las recomendaciones del fabricante o especialistas para esta actividad?

¿Se consideraron en el alcance del trabajo?

 - 3.1 Retiro de carga de gas refrigerante.
 - 3.2 Cambio de filtros.
 - 3.3 Cambio de aceite lubricante.

4. ¿Cómo se debe realizar el trabajo?

Nota: Realizar de forma previa toma de aceite para analizar y verificar si existe desgaste y en caso de existir, que tipo se está produciendo dentro de la unidad compresora.

-----Mantenimiento Compresor de Pistones-----

 - 4.1 Cortar energía eléctrica de alimentación de unidad refrigerante.
 - 4.2 Corroborar con multímetro, la no existencia de energía eléctrica en unidad condensadora.

- 4.3 Cerrar y aislar válvulas de servicio (succión y descarga).
 - 4.4 Verificar la no existencia de retorno de aceite.
 - 4.5 Despresurizar unidad compresora y almacenar con bomba de vacío.
 - 4.6 Verificar presión interna del compresor (atmosférica).
 - 4.7 Retirar aceite por purga del compresor y almacenar en recipientes diseñados para tal función.
 - 4.8 Retirar tapas del cárter.
 - 4.9 Limpieza de cárter.
 - 4.10 Retirar filtro de aceite y cambiar.
 - 4.11 Recambio de empaquetadura de compresor.
 - 4.12 Inspeccionar estado de pistones y cilindros, en caso, de existir desgaste excesivo reemplazar pistones.
 - 4.13 Inspeccionar estado de cigüeñal; en caso, de existir desgaste excesivo reemplazar.
 - 4.14 Inspeccionar estado de bujes y bielas, en caso, de existir desgaste excesivo reemplazar.
 - 4.15 Reemplazar correas tipo v.
 - 4.16 Tensar y alinear correas de forma correspondiente.
 - 4.17 Limpieza exterior de compresor.
 - 4.18 Colocar tapa de cárter.
 - 4.19 Ingresar aceite a medida de visor, utilizar bomba de aceite.
 - 4.20 Retirar con bomba de vacío, todo gas no condensable dentro de unidad.
 - 4.21 Introducir nitrógeno, para comprobar sello hermético de empaquetadura.
 - 4.22 Provocar vacío, para ratificar la no existencia de nitrógeno ni gases condensables.
 - 4.23 Abrir válvulas de servicio (succión y descarga), para que ingresen gases refrigerantes a la unidad de compresión.
 - 4.24 Activar protecciones eléctricas de fuerza y control (disyuntores) de unidad de compresión.
 - 4.25 Puesta en marcha de compresor.
5. ¿Cuál es la secuencia correcta de las actividades asociadas al trabajo?
 - 5.1 Desenergizar alimentación de unidad compresora.
 - 5.2 Cerrar válvulas de servicio.
 - 5.3 Despresurizar unidad compresora.
 - 5.4 Purgar aceite de compresor.

- 5.5 Retirar tapa de cárter.
 - 5.6 Reemplazar filtro.
 - 5.7 Reemplazar empaquetadura.
 - 5.8 Inspección de elementos internos.
 - 5.9 Reemplazo correas tipo v.
 - 5.10 Colocar tapa de cárter.
 - 5.11 Rellenar aceite.
 - 5.12 Comprobar hermeticidad.
 - 5.13 Provocar vacío.
 - 5.14 Abrir válvulas de servicio.
 - 5.15 Activar protecciones eléctricas.
 - 5.16 Puesta en marcha.
 - 5.17 Realizar pruebas de correcto funcionamiento.
 - 5.18 Limpieza de zona de trabajo.
6. ¿Qué errores o fallas se han cometido en mantenciones anteriores en este equipo, cuáles y como se evitaran?
- 6.1 Arranque inundado, verificación de labores de mantención (Check List).
7. ¿Qué trabajos previos se deben realizar?
- 7.1 Verificar repuestos en bodega.
 - 7.2 Retirar repuestos de bodega.
 - 7.3 Verificar la no existencia de productos en cámara.
 - 7.4 Retiro de muestra de aceite.
8. ¿Cuándo se debe realizar?
- 8.1 Calendarización previa de encargado de mantenimiento.
9. ¿El inicio de este trabajo depende del termino o entrega de otras actividades, cuáles?
- 9.1 Retiro previo de productos de cámara refrigerante.
 - 9.2 Quitar gas refrigerante de forma anticipada.
10. ¿El término de este trabajo afecta el inicio de otro trabajo?
- 10.1 No afecta inicio de ningún otro trabajo.
11. ¿Existen otros trabajos paralelos que deben realizarse en este equipo?

11.1 Análisis de aceite lubricante.

12. ¿Qué repuestos e insumos se necesitan?

• Filtro de aceite		2 (c/u)
• Juego de empaquetadura		1 (c/u)
• Purgador		1 (c/u)
• Anillos*		1 (c/u)
• Correa de transmisión tipo V		1 (c/u)
• Aceite refrigerante HFC BSE32		(c/u)
• Refrigerante 134A		1 galón (c/u)
• Reten de aceite		1 (c/u)
• Biela*		(c/u)
• Cigüeñal*		(c/u)
• Pistones*		(c/u)
• Waype		10 (c/u)
• Limpiador desengrasante		1 (c/u)

NOTA: Los repuestos marcados con (*) se venden por conjunto u unidad, además se encuentran sujetos a la vida útil del compresor.

13. ¿Qué herramientas se necesitan?

• Alicata universal		1 (c/u)
• Caiman		2 (c/u)
• Alicata de punta		1 (c/u)
• Juego de llaves punta corona	10mm,16mm,26mm	
• Juegos de dados	7mm,10mm,13mm	
• Llave ratchet	1/4mm	1 (c/u)
• Extensión corta	1/4mm	1 (c/u)
• Llave dinamométrica		1 (c/u)
• Martillo de goma		1 (c/u)
• Juegos llave allen		
• Árbol manométrico		1 (c/u)
• Trinquete	10mm, 13mm	2 (c/u)
• Destornillador plano		1 (c/u)
• Destornillador estrella		1 (c/u)

- Alicates Cortantes

1 (c/u)

14. ¿Qué equipos se necesitan?

- Bomba de vacío
- Bomba de aceite
- Multímetro digital

15. ¿Qué competencias técnicas requiere el trabajo?

- 15.1 Mecánica
- 15.2 Lubricación
- 15.3 Eléctrica
- 15.4 Refrigeración Industrial
- 15.5 Cambios de correas
- 15.6 Empaquetaduras

16. ¿Qué servicios se requieren contratar?

- 16.1 Ningún servicio externo es necesario contratar.

17. ¿Quién o quienes realizarán el trabajo?

- 17.1 Encargados de Mantenimiento (Mecánico y supervisor).

18. ¿Quién será el Responsable del trabajo?

- 18.1 Supervisor: Nombre
- 18.2 Mecánico: Nombre

19. ¿Cómo asegura Ud. que las personas que ejecutaran el trabajo, sabrán cómo realizar el trabajo?

- 19.1 Informar sobre el procedimiento a realizar de forma previa.
- 19.2 Adjuntar pauta de planificación de tareas.

20. ¿Cuál es el tiempo disponible para realizar el trabajo?

- 20.1 Tiempo disponible: El tiempo disponible será acordado por el encargado de mantenimiento según su planificación de tareas.

21. ¿En qué horario se realizara el trabajo?

- 21.1 Jornada laboral normal.

22. ¿Estimación de recursos necesarios para realizar el trabajo?
- 22.1 Encargados de mantenimiento: Mecánico + supervisor.
23. ¿Cómo se recepcionará el trabajo?
- 23.1 Mantenición mecánica compresor: Check List Recepción Equipo.
24. ¿Qué pruebas se realizaran?
- 24.1 Ingreso de nitrógeno para corroborar sello hermético de empaquetadura y compresor.
- 24.2 Provocar vacío dentro del compresor para retirar gases no condensables, que se encuentran dentro de la unidad.
- 24.3 Tomar datos de consumo de amperaje, verificar presiones de aceite, presiones de descarga, presiones de baja.
- 24.4 Verificar a través del visor de aceite, se encuentre dentro de los niveles correspondientes.
25. ¿Quién o quienes realizaran las pruebas?
- 25.1 Encargados de mantenimiento: Mecánico + supervisor.
26. Fotografías:



Fuente: Elaboración propia

Figura 3-4. Compresor de Pistones

3.4 PAUTA DE TRABAJO Y CHECK LIST

A continuación de la planificación, se deben desarrollar las pautas de trabajo y check list, las cuales son fundamentales en la realización de tareas importantes dentro de una empresa, con ello se asegura la calidad del trabajo, ya que, estos documentos sirven como recordatorios de cada uno de los puntos específicos que se deben ejecutar.

3.4.1 Pauta de Trabajo

La pauta de trabajo, al igual que el check list, es fundamental para que los encargados de realizar el mantenimiento, realicen el procedimiento de forma adecuada, siguiendo el orden y métodos indicados en el paso a paso de la pauta de trabajo. A continuación se expondrá la pauta de trabajo correspondiente del compresor.

Pauta de Trabajo - Mantencion Compresor De Pistones H41H1501CS					
Item	Lista de Actividades	Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Cortar energía eléctrica de alimentación de unidad refrigerante.				
2	Corroborar con multímetro, la no existencia de energía eléctrica en unidad condensadora.				
3	Cerrar y aislar válvulas de servicio (succión y descarga).				
4	Verificar la no existencia de retorno de aceite.				
5	Despresurizar unidad compresora y almacenar con bomba de vacío.				
6	Verificar presión interna del compresor (atmosférica).				
7	Retirar aceite por purga del compresor y almacenar en recipientes diseñados para tal función.				
8	Retirar tapas del cárter.				
9	Limpieza de cárter.				
10	Retirar filtro de aceite y cambiar.				
11	Recambio de empaquetadura de compresor.				
12	Inspeccionar estado de pistones y cilindros, en caso, de existir desgaste excesivo reemplazar pistones.				

Fuente: Elaboración a base de Planificación Mantención Agitador 553-28-028

Figura 3-5. Pauta de Trabajo

13	Inspeccionar estado de cigüeñal; en caso, de existir desgaste excesivo reemplazar.				
14	Inspeccionar estado de bujes y bielas, en caso, de existir desgaste excesivo reemplazar.				
15	Reemplazar correas tipo v.				
16	Tensar y alinear correas de forma correspondiente.				
17	Limpieza exterior de compresor.				
18	Colocar tapa de cárter.				
19	Ingresar aceite a medida de visor, utilizar bomba de aceite.				
20	Retirar con bomba de vacío, todo gas no condensable dentro de unidad.				
21	Introducir nitrógeno, para comprobar sello hermético de empaquetadura.				
22	Provocar vacío, para ratificar la no existencia de nitrógeno ni gases condensables.				
23	Abrir válvulas de servicio (succión y descarga), para que ingresen gases refrigerantes a la unidad de compresión.				
24	Activar protecciones eléctricas de fuerza y control (disyuntores) de unidad de compresión.				
25	Puesta en marcha de compresor.				
Pruebas de Funcionamiento		Ejecutor	Nombre	Firma	Fecha
1	Tomar datos de consumo de corriente con amperímetro de tenazas				
2	Verificar presiones de aceite, corroborar nivel de aceite sea correcto, como indica el visor.				
3	Verificar presiones de descargar y succión				
4	Medir temperatura en lado de succión				
5	Medir temperatura en zona de pistones,				

Fuente: Elaboración a base de Planificación Mantenimiento Agitador 553-28-028

Figura 3-6. Pauta de Trabajo – Pruebas de Funcionamiento

3.4.2 Check List

Tal como su nombre lo indica, un check list es una lista de tareas predefinidas, de pasos elementales. A continuación se expondrá un check list, de labores que se deben verificar en el proceso de mantenimiento del compresor de pistones.

FiordoSur SeaFood - PGP 2017			
Check List Recepción: Compresor De Pistones H41H1501CS			
Item	Actividad	Si	No
1	Verificar carga de gas refrigerante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Verificar presión de descarga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Verificar presión de succión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Verificar temperatura de descarga	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Verificar temperatura de succión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Verificar nivel de aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Verificar presión de aceite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Verificar tensión de correa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Verificar sistema eléctrico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Verificar calefactor del cárter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Verificar ciclo de deshielo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Verificar consumo de amperaje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Verificar funcionamiento de las válvulas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Verificar área limpia de trabajo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

Nombre ITO _____

Fecha _____

Firma _____

Fuente: Elaboración a base de Planificación Mantenimiento Agitador 553-28-028

Figura 3-7. Check List

3.5. ANÁLISIS DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN

En este capítulo se consiguió la elaboración del plan de mantenimiento, comenzando por determinar los parámetros a considerar, que ayudaran a la hora de realizar las labores de mantenimiento, siendo de apoyo en las tareas propuestas. Luego con el diagrama de decisiones RCM, al responder sus preguntas formuladas (rellenando la hoja de decisiones) se logra definir las tareas proactivas, quien será el encargado de realizar dicha labor de mantenimiento y su intervalo de tiempo. Posteriormente se creó un modelo de planificación de mantención de un equipo crítico, en este caso específico el compresor de pistones, que entrega todos los parámetros necesarios para llevar a cabo los trabajos de mantención. Finalmente se logró confeccionar la pauta de trabajo y check list imprescindibles para asegurar la correcta realización de las tareas de mantenimiento en el equipo.

CONCLUSIÓN

Como resultado del trabajo mostrado anteriormente, es posible afirmar la correcta elaboración del plan de mantenimiento para la empresa frigorífica Fiordo Sur, para ello, fue necesario tener conocimiento de su proceso productivo y su problemática principal, la cual deriva de la falta de un correcto mantenimiento.

La jerarquización de equipos, basada en la matriz cualitativa de riesgo, confirmo al sistema de refrigeración como el equipo principal, y por tanto de mayor criticidad. Una vez tenida esta información en cuenta, se procedió al denominado proceso de planeación del mantenimiento (FMECA), a través de él, se logra tanto el entendimiento del funcionamiento del ciclo de refrigeración, reconocer sus etapas-procesos gracias al diagrama SIPOC y por ultimo reconocer los modos de fallas, efectos y consecuencias, consecuencias que a su vez, fueron jerarquizadas utilizando el análisis de consecuencias de fallas (NPR), gracias a esto, se identificó las fallas de medio y alto riesgo.

Los modos de falla de medio-alto riesgo, fueron procesados por el diagrama de decisiones de RCM, el cual otorga una tarea de mantenimiento, un intervalo de tiempo y al encargado de realizar dicha acción.

Finalmente, se demuestra un modelo de planificación de mantenimiento para un equipo que integra el sistema de refrigeración, basado en veintiséis preguntas que integran todos los parámetros necesarios para llevar a cabo dicha labor de mantención, además de incluir el check list y pauta de trabajo correspondientes. Como se puede apreciar, se llevaron a cabo, todas las acciones necesarias para implementar apropiadamente un mantenimiento basado en confiabilidad (RCM), para el sistema de refrigeración de la empresa Fiordo Sur, la cual será responsable de la implementación o no de este.

BIBLIOGRAFÍA

- RCM II Mantenimiento centrado en confiabilidad, John Moubray, edición española.
- Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleado criterios de riesgo y confiabilidad, José R. Aguilar-Otero, Rocío Torres-Arcique, Diana Magaña-Jiménez
- Apuntes asignatura “Gestión del mantenimiento”, Carlos Baldi Gonzales
- Apuntes asignatura “Gestión del mantenimiento”, Andrés Aranguiz Garrido
- SAE. 1999. Norma SAE JA 1011 – Evaluation Criteria for Reliability – Centered Maintenance (RCM) Processes.