

MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA CUARTOS FRÍOS DE
LA EMPRESA INTERHOSPITALARIA SAS

JOHN ALEXANDER LOPEZ PEDREROS

WILMER FERNEY ACEVEDO MONTAÑO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA CUARTOS FRÍOS DE
LA EMPRESA INTERHOSPITALARIA SAS

JOHN ALEXANDER LOPEZ PEDREROS

WILMER FERNEY ACEVEDO MONTAÑO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR

JOSE ANÍBAL SERNA G.

Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph.D I.Q.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2018

DEDICATORIA

A Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia.

A mi madre María Flor. Por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre, aunque está en el cielo, por los ejemplos de humildad y amabilidad que lo caracterizaban.

A mi esposa Mariluz y mis Hijos Samuel y Mariana, por el amor incondicional, el apoyo, fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

A toda mi familia por la unión familiar que siempre los ha caracterizado

John Alexander López Pedreros

A Dios por darme la vida y la fuerza para seguir adelante sobre todas las cosas.

A mis Padres Gabriel y Margarita por los valores enseñados, el amor brindado y la educación los cuales permiten que cumpla cada objetivo propuesto.

A mi esposa Nancy y a mi hija Danna Sofía por su amor incondicional, apoyo y por ser la fuente de inspiración para ser mejor cada día.

A toda mi familia y amigos por ser parte fundamental en este proceso.

Wilmer Ferney Acevedo Montaña

AGRADECIMIENTOS

Queremos dar nuestro agradecimiento a la empresa Interhospitalaria S.A.S por permitirnos aplicar el plan de mantenimiento a su personal técnico con comprometerse con el proyecto aportando todos sus conocimientos, el tiempo para las reuniones y la disponibilidad para la implementación del plan de mantenimiento.

A la Universidad Industrial de Santander, por permitirnos incrementar nuestro conocimiento, contribuyeron significativamente en el desarrollo del trabajo.

Al Ing. José Aníbal Serna, nuestro director de monografía por la asesoría brindada el acompañamiento y ser el guía en todas las fases del proyecto.

Por ultimo a nuestras familias por el apoyo brindado.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	18
1. OBJETIVOS	20
1.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	21
2.1. INTERHOSPITALARIA SAS	21
2.1.1. Misión	21
2.1.2. Visión	21
2.1.3. Datos de la empresa	21
2.1.4. Reseña histórica	22
2.1.5. Localización de la empresa	23
2.1.6. Estructura Organizacional de INTERHOSPITALARIA SAS	25
2.1.7. Productos que comercializa y servicios	26
3. MARCO TEÓRICO	29
3.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO	29
3.1.1. Gestión del mantenimiento	30
3.1.1.1. Tipos de Mantenimiento Correctivo	30
3.2. INSPECCIÓN BASADA EN EL RIESGO (RBI)	31
3.2.1. Elementos de un programa de RBI	33
3.2.2. Enfoque cualitativo	34
3.2.3. Enfoque cuantitativo	34
3.2.4. Enfoque semicuantitativo	35
3.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	35
3.3.1. Análisis de Criticidad	38
3.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	41
3.4.1. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración	42
3.4.1.1. Calor y frío	42

3.4.1.2. Agente de refrigeración	44
3.4.1.3. Ciclo de Refrigeración por Compresión	45
3.4.2. Elementos del Sistema de Refrigeración	48
3.4.2.1. Condensadores	48
3.4.2.2. Válvula de Expansión	49
3.4.2.3. Evaporadores	50
3.4.2.4. Eliminador de vibración	51
3.4.2.5. Separador de aceite	53
3.4.2.6. Filtro deshidratador de línea de aceite	54
3.4.2.7. Recibidor de líquido	55
3.4.2.8. Filtro deshidratador	55
3.4.2.9. Indicador de líquido-humedad	56
3.4.2.10. Válvula solenoide	58
3.4.2.11. Acumulador de succión	60
3.4.2.12. Filtro deshidratador de succión	62
3.4.2.13. Tubería de interconexión del sistema de refrigeración de la cámara frigorífica	63
3.4.2.14. Refrigerantes utilizados en cuartos fríos	64
3.4.2.15. Lubricantes en el sistema de refrigeración de cámaras frigoríficas	68
3.4.2.16. Termostato	70
3.4.2.17. Presostato de baja presión	71
3.4.2.18. Presostato de alta presión	71
3.4.2.19. Contactor	72
3.4.2.20. Centro de carga (Panel de mando)	73
3.4.2.21. Manómetros	75
3.5. DESCRIPCION DEL CUARTO FRIO	76
3.5.1. ¿Qué es un cuarto frio?	76
4. IMPLEMENTACION DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	78
4.1. ELECCIÓN DE FRONTERA DE ESTUDIO	78

4.2. RBI o RCM	79
4.3. GRUPO DE TRABAJO PARA RCM	80
4.4. REUNIONES DEL GRUPO DE TRABAJO PARA RCM	81
4.5. FUNCIONES Y ANÁLISIS DE FALLAS FUNCIONALES	81
4.6. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA	82
4.7. ANÁLISIS DE RIESGO	83
4.8. SELECCIÓN DE TAREAS	83
4.9. PLAN DE MANTENIMIENTO	84
5. CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFIA	87
ANEXOS	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos de la Empresa.....	21
Tabla 2. Historia y evolución del mantenimiento industrial	29
Tabla 3. Valores para estimar la frecuencia y consecuencias	40
Tabla 4. Lista de elementos de un cuarto frio	77
Tabla 5. Listado de personal de la empresa que participo en RCM.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización	24
Figura 2. Mapa vial de la empresa.....	24
Figura 3. Estructura organizacional actual de Interhospitalaria SAS	25
Figura 4. Organigrama del área de mantenimiento.....	28
Figura 5. Matriz de criticidades	32
Figura 6. Gráfica riesgo	34
Figura 7. Función densidad de probabilidad (a), Función de confiabilidad (b).....	37
Figura 8. Matriz de criticidad.....	39
Figura 9. Criterios estimación de consecuencia.....	41
Figura 10. Componentes de un sistema de refrigeración	42
Figura 11. Proceso Sensible.....	44
Figura 12. Proceso Latente.....	45
Figura 13. Descripción del Ciclo	47
Figura 8. Corte de una válvula de termoexpansión típica y sus partes principales	50
Figura 14. Evaporadores	51
Figura 15. Eliminador de vibraciones.....	52
Figura 16. Separador de aceite, tipo sellado y atornillado	53
Figura 17. Ubicación de un separador de aceite en un sistema de refrigeración ..	54
Figura 18. Filtros de aceite	54
Figura 19. Bloques desecantes y filtros deshidratadores de bloques de piedra desecante	56
Figura 20. Indicador de líquido y humedad.....	57
Figura 21. Válvula de solenoide típica de acción directa, normalmente cerrada de dos vías	59
Figura 22. Acumulador del tipo de tubo en “u”	61

Figura 23. Termostato electrónico	70
Figura 24. Presostato dual.....	72
Figura 25. Contactor	73
Figura 26. Panel.....	74
Figura 27. Elementos de un circuito frigorífico en los que se añaden los dispositivos de seguridad y control.	74
Figura 28. Manómetros.....	75
Figura 29. Cuarto frío.....	76
Figura 30. Fronteras del sistema	82
Figura 31 Diagrama de decisión SAE JA1012	84

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Ficha técnica de cuartos fríos.....	89
Anexo B. Reuniones de trabajo para RCM	91
Anexo C. Análisis de criticidad.....	92
Anexo D. Listado de elementos mecánicos que componen un cuarto frio para análisis de criticidad.....	93
Anexo E. Definición de funciones	95
Anexo F. Modo de falla función.....	98
Anexo G. Análisis de efectos	104
Anexo H. Matriz de riesgo – actividades de mantenimiento del sistema	109
Anexo I. Desarrollo de la metodología RCM aplicada al sistema electromecánico de un cuarto frio	110

GLOSARIO

CAUSA DE FALLA: Circunstancia durante el diseño, manufactura o uso que conlleva a una falla.

CONDENSADOR: Tubo con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor hacia el aire ambiente.

CONFIABILIDAD: Probabilidad de que un equipo o sistema logre cumplir una función establecida durante un intervalo de tiempo cuando es operado bajo ciertas condiciones establecidas.

CONSECUENCIA DE FALLA: Daño real o potencial de una falla de una planta para la seguridad, economía o ambiente.

EVAPORADOR: Es la parte del lado de baja presión del sistema de refrigeración en la que el refrigerante líquido hierve o se evapora.

FUNCIONES Y ANÁLISIS DE FALLA (FFA): Identifica y describir las funciones a nivel de sistema, describir la interfaz de entrada y salida requerido para la operación, identificar las formas en las que el sistema puede dejar de funcionar.

INTEGRIDAD: Es la capacidad de los materiales, equipos y estructuras para resistir la carga aplicada contra el defecto de fabricación.

MODO DE FALLA: Descripción cualitativa de cómo un ítem puede fallar.

PLAN DE MANTENIMIENTO: Serie de tareas estructuradas y documentadas que incluye las actividades, procedimientos, recursos y la escala de tiempo requerida para llevar a cabo el mantenimiento.

RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE (RCM): Estrategia de mantenimiento que es centrado en confiabilidad, el cual es desarrollado como un proceso estructurado y soportado en una decisión multidisciplinaria para la determinación del costo-efectivo de los requerimientos óptimos de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operacional.

RIESGO: Combinación de la probabilidad o frecuencia de la ocurrencia de un peligro definido y la magnitud de la consecuencia de lo ocurrido.

RISK BASED INSPECTION (RBI): Metodología de manteniendo para equipos estáticos, basada en el riesgo de falla para determinar la estrategia de inspección.

TERMOSTATO: Actúa para conectar o interrumpir un circuito en respuesta a un cambio en temperatura

VÁLVULA DE EXPANSIÓN: es un dispositivo de medición diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador

VÁLVULA SOLENOIDE: es un dispositivo operado eléctricamente y se utiliza para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o cerrada

RESUMEN EN ESPAÑOL

TÍTULO: MODELO DE MANTENIMIENTO BASADO EN RBI PARA CUARTOS FRÍOS DE LA EMPRESA INTERHOSPITALARIA SAS*

AUTOR: JOHN ALEXANDER LOPEZ PEDREROS
WILMER FERNEY ACEVEDO MONTAÑO **

PALABRAS CLAVES: inspección basada en riesgo (RBI), mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), mantenimiento, refrigeración, cuarto frío.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto propicia la manera adecuada de implementar un plan de mantenimiento basado en las metodologías RBI desarrollada por la normativa del Instituto Americano del Petróleo (API) y las recomendaciones API 580 y mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM). Se describe el análisis de criticidad para determinar las fronteras de estudio. Al realizar un comparativo se identifica que RBI busca la integridad de los equipos y RCM busca la confiabilidad de los equipos. Lo que se pretende es confiabilidad de los equipos, y que realicen las funciones para la que fueron diseñados, Se determina que la metodología a aplicar es mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Se procede a desarrollar el método de mantenimiento centrado en confiabilidad dando respuesta a las siete (7) preguntas que se indican en el ítem 3.3 del marco teórico. Esto con el fin de disponer de un plan de mantenimiento preventivo que se anexe con la instalación y mantenimiento de cuartos fríos de la empresa interhospitalaria. Implementarlo en los equipos ya instalados, permitiendo asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los mismos, optimizando el tiempo de vida útil de los equipos de refrigeración y la conservación de los productos almacenados en el mismo (medicamento y vacunas), a fin de elevar la productividad del Departamento de mantenimiento post venta a través de servicios oportunos y de calidad, fortaleciendo la imagen de la empresa.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Director: José Aníbal Serna G., Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph.D.I.Q.

ABSTRACT

TITLE: MAINTENANCE MODEL BASED ON RBI FOR COLD ROOMS OF THE INTERHOSPITALARIA SAS COMPANY*

AUTHOR: JOHN ALEXANDER LOPEZ PEDREROS
WILMER FERNEY ACEVEDO MONTAÑO **

KEYWORDS: Risk Based Inspection (RBI), Reliability Centred Maintenance (RCM), maintenance, refrigeration, cold room.

DESCRIPTION:

This project propitiates the proper way to implement a maintenance plan based on the RBI methodologies developed by the American Petroleum Institute (API) regulations and API recommendations 580 and maintenance focused on reliability (RCM). The criticality analysis is described to determine the boundaries of the study. When making a comparison it is identified that RBI seeks the integrity of the equipment and RCM seeks the reliability of the equipment. What is intended is the reliability of the equipment, and that they perform the functions for which they were designed. It is determined that the methodology to be applied is maintenance focused on reliability (RCM). We proceed to develop the maintenance method focused on reliability, responding to the seven (7) questions indicated in item 3.3 of the theoretical framework. This in order to have a preventive maintenance plan that is annexed with the installation and maintenance of cold rooms of the interhospital company. Implement it in the equipment already installed, allowing to ensure the reliability and availability of the same, optimizing the life time of the refrigeration equipment and the conservation of the products stored in it (medicine and vaccines), in order to raise productivity of the Department of post-sale maintenance through timely and quality services, strengthening the image of the company.

* Bachelors Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Director: José Aníbal Serna G., Ingeniero Metalúrgico, M.Sc., Ph.D.I.Q.

INTRODUCCIÓN

Los departamentos de instalaciones y montajes de cuartos fríos de la empresa Interhospitalaria que venden e instala estos elementos a nivel nacional para la conservación de medicamentos y vacunas, los cuales son instalados y entregados para su puesta en funcionamiento al cliente final. Al momento de realizar la entrega de los equipos de refrigeración, la empresa otorga una capacitación básica al cliente en el uso operativo del equipo e informa que si se presenta alguna falla en el funcionamiento se debe notificar y solicitar el servicio de mantenimiento correctivo para el equipo. Incrementando las solicitudes de servicio correctivo en los mismos elevando el reporte de incidencias para el Departamento de mantenimiento post venta y deteriorando la imagen de la empresa.

Se ha identificado que el mantenimiento (preventivo y predictivo) post-venta puede ser una oportunidad de mejora para aumentar la confiabilidad de los equipos, ser más competitivos, brindar una mejor calidad de servicio y por ende la captación de nuevos clientes aumentando la capacidad productiva.

Dada esta situación se han desarrollado diferentes estrategias de mantenimiento desde la adquisición de los materiales hasta la puesta en marcha y manutención de los cuartos fríos con mantenimiento correctivo.

La gerencia actual de INTERHOSPITALARIA ha evidenciado que no cuentan con ninguna metodología estratégica de mantenimiento dejando de brindar una confiabilidad y respaldo en los montajes y mantenimientos realizados, por tal motivo plantea la necesidad de crear una estrategia de mantenimiento que permita aumentar la confiabilidad de los equipos instalados y a los equipos a los cuales se les hace mantenimiento (cuartos fríos) logrando adicionalmente la disminución de costos que estén asociados al mantenimiento.

Con la necesidad indicada por la gerencia y la información recolectada por el tipo de procesos que maneja la empresa en los montajes de los cuartos fríos, se diseñó la estrategia de mantenimiento con metodologías preventivas tales como RBI inspección basada en el Riesgo y RCM inspección basada en confiabilidad.

Con el ánimo de iniciar la estrategia de mantenimiento se creó mesas de trabajo conformadas por personal administrativo y técnico de la empresa, con el cual se llevaron a cabo reuniones de retroalimentación de los diferentes avances del proyecto generando procesos de mejora y sensibilización para que sea implementado el proyecto.

Para las metodologías de RBI y RCM, se identificaron los equipos a los cuales se les aplica la metodología, se realizó el análisis de criticidad para definir cuales sistemas o equipos requieren mayor atención, además se plantearon las tareas de mantenimiento para el RCM a través del plan de inspección.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una estrategia de mantenimiento basado en RCM (mantenimiento centrado en la confiabilidad) para los equipos de refrigeración que instalan y les hacen mantenimiento la empresa Interhospitalaria SAS, que permita garantizar la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de refrigeración, de tal forma que cuenten con un mantenimiento programado que asegure su correcto funcionamiento y vida útil.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar y clasificar la información de los elementos de refrigeración instalados en un cuarto frío, realizando una ficha técnica registrando las características físicas y operacionales que se contemplaran en el proceso RCM.
- Definir los procesos y las tareas de mantenimiento que permitan inspeccionar el funcionamiento de los equipos para aumentar la confianza e integridad para cuartos fríos de 1 a 4 toneladas.
- Identificar, evaluar y diseñar un programa de inspección basado en confiabilidad que pueden aumentar la confiabilidad de los equipos críticos en el sistema de refrigeración.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1. INTERHOSPITALARIA SAS

INTERHOSPITALARIA SAS con NIT 800.030.667-2, es una empresa colombiana, dedicada al comercio de equipos medico quirúrgicos la cual realiza actividades económicas como venta de cuartos fríos, refrigeradores, congeladores, cajas térmicas, termos y equipos de medición al igual brinda soporte técnico para toda la línea de refrigeración, cuenta con sede en Bogotá y ciudad de Panamá, además es la representante para Latinoamérica de la marca Vestfrost en equipos de refrigeración en salud.

2.1.1. Misión “Promover y apoyar a los servicios de vacunación de los países en vías de desarrollo para que cuenten con equipos y capacitación suficiente permitiéndoles brindar protección y calidad de vida a la población.”

2.1.2. Visión “Hacernos líderes en el aporte, manejo y capacitación de equipos y tecnologías siempre actuales para el mantenimiento y administración de biológicos, logrando que los pobladores sean correctamente inmunizados sin importar el lugar donde se encuentren.”

2.1.3. Datos de la empresa

Tabla 1. Datos de la Empresa.

RAZON SOCIAL:	INTERHOSPITALARIA S.A.S.
NIT:	800030667-2
DIRECCION:	TV 96B # 24 B- 72 BODEGA Y OFICINA
BARRIO:	COFRADIA
LOCALIDAD:	FONTIBON
TELEFONO:	4185700
FAX:	4131239

CORREO:	Ventas.01@ihltda.com o sopORTE@ihltda.com
---------	--

Fuente: Elaboración propia

2.1.4. Reseña histórica Interhospitalaria SAS, es una empresa dedicada a la comercialización de equipos médico quirúrgicos y su respectivo mantenimiento, específicamente equipos para cadena de frío (conservación de vacunas), lleva en el mercado aproximadamente 20 años fue constituida el 16 de marzo de 1988. La idea inicial fue del sr. Jorge Callejas, quien tenía la empresa junto con su esposa y quien vinculo a los actuales socios. El Sr. Callejas vendió su parte de la empresa, dejándola muy mal económicamente y con muchas deudas, ya que por falta de conocimientos administrativos sufrieron un desfaldo que género un embargo a las cuentas bancarias por parte de la DIAN; después que los actuales socios: el Sr. Arévalo y el Sr. Guevara, compraron las acciones del sr. Callejas tuvieron varios años de trabajo arduo, ya que no contaban con capital suficiente para trabajar, debían hacerlo únicamente comprando los equipos de los cuales ya tenían un contrato firmado, así trabajaron por varios años cancelando las deudas que tenían y ordenando las finanzas para poder trabajar con mayor solvencia.

Después de liberarse del embargo empezaron a surgir negocios grandes que dejaban buenas utilidades, las cuales han sido reinvertidas en el negocio; Posteriormente a la venta de los equipos se dieron cuenta de la necesidad de brindar un soporte técnico para mantener al cliente y como otra línea de ingreso empezando así a realizar charlas técnicas capacitaciones y garantías de visitas preventivas inculcando en el cliente la necesidad de tener su equipo al día y en buen estado obteniendo contratos de mantenimiento tanto preventivo como correctivo hasta el día de hoy con varias entidades tanto públicas como privadas.

La empresa tiene una bodega propia en la que también tiene las oficinas y una zona para la intervención de equipos. En cuanto a empleados en sus inicios

solamente eran los dos socios y una tercera persona que les colaboraba, en la actualidad cuenta con diez (10) personas vinculadas directamente incluidos los socios, sin contar el personal staff.

En el mes de mayo de 2012 realizaron una ampliación al objeto social, quedando así: “El objeto principal de la sociedad serán las siguientes actividades: La sociedad importará exportará, comercializará, distribuirá e instalará toda clase de equipos médicos para la cadena de frío tales como: cuartos fríos, congeladores, refrigeradores, aires acondicionados, equipos fotovoltaicos, cajas frías, termos y sus paquetes fríos, termómetros y demás aparatos de medición y control de temperatura. Partes para recambio. Prestará servicio de mantenimiento preventivo y correctivo, así como la capacitación en el correcto uso de los equipos y procedimientos para el manejo de la cadena de frío. Servicios informáticos para el monitorio y control de temperatura para la cadena de frío y procesos de inmunización o vacunación a nivel nacional e internacional ya sea mediante redes de comunicación inalámbricas, conmutadas, celulares o similares, así como la compra venta desarrollo, creación, invención, comercialización de programas informáticos o software, equipos o hardware y demás suministros. Capacitaciones y elementos varios derivados de dicha actividad. Importación exportación comercialización compra y venta, almacenamiento y distribución de productos biológicos y medicamentos para uso humano y animal del tipo antibióticos, vacunas, sangre y fluidos que requieran o no ser almacenados y manipulados bajo controladas condiciones de temperatura.

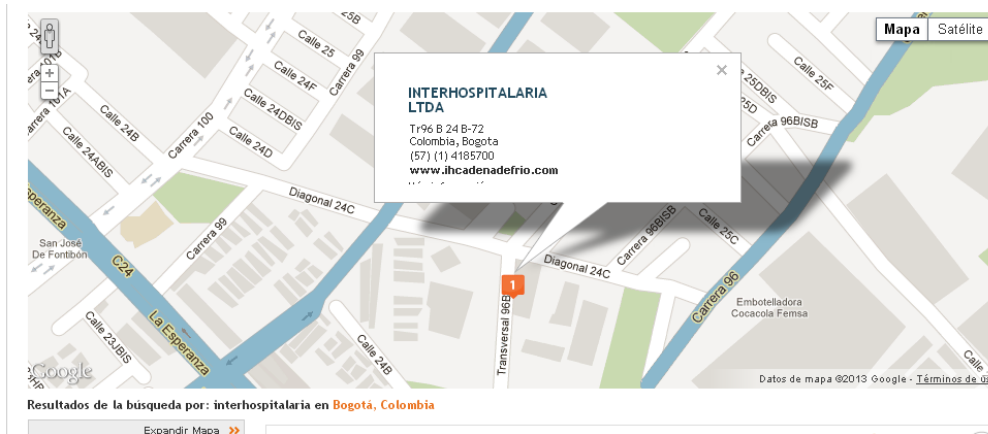
2.1.5. Localización de la empresa El proyecto está orientado a la empresa INTERHOSPITALARIA S.A.S., ubicada en la ciudad de Bogotá en la transversal 96B N° 24B 72 (ver figura 1), en la localidad de Fontibón, Las vías de acceso son: Av. El Dorado, Av. La Esperanza, Av. Ciudad de Cali.

Figura 1. Localización



Fuente: PAGINAS AMARILLAS [en línea]. 2015. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <http://www.paginasamarillas.com.co/busqueda/interhospitalaria-bogota?match=interhospitalaria>

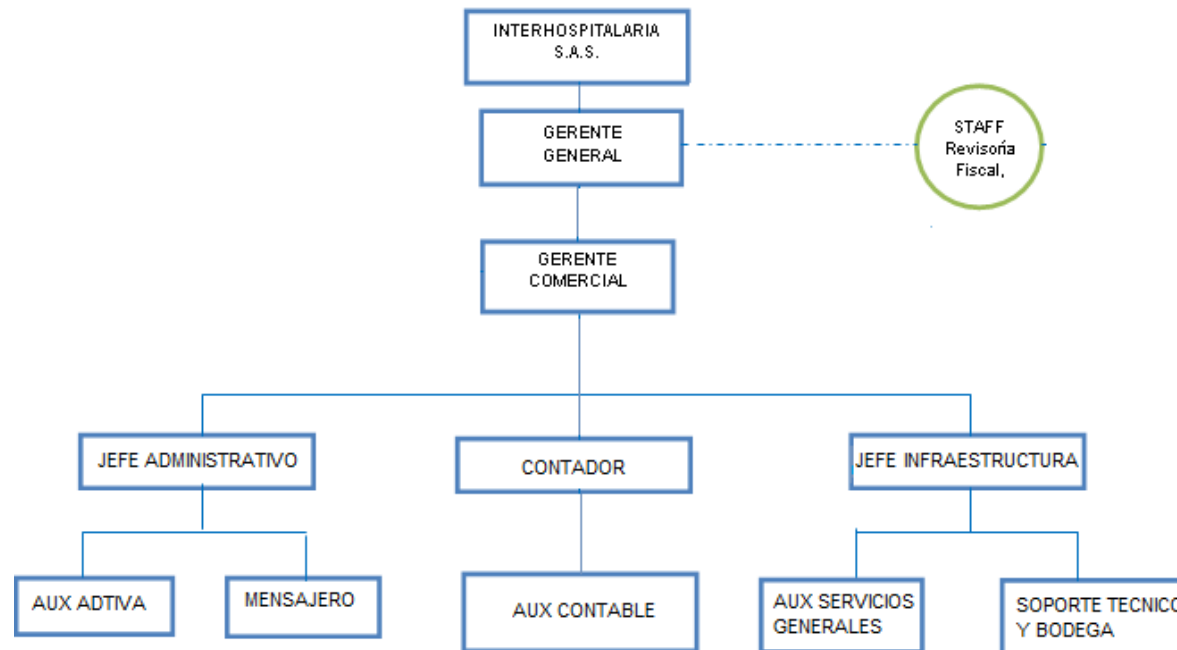
Figura 2. Mapa vial de la empresa



Fuente: PAGINAS AMARILLAS [en línea]. 2015. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <http://www.paginasamarillas.com.co/busqueda/interhospitalariabogota?match=interhospitalaria>

2.1.6. Estructura Organizacional de INTERHOSPITALARIA SAS

Figura 3. Estructura organizacional actual de Interhospitalaria SAS



Fuente: Elaboración propia

2.1.7. Productos que comercializa y servicios

1. Los productos que maneja INTERHOSPITALARIA SAS venta de:

- Cuartos fríos para conservación de vacunas y medicamentos
- Refrigeradores horizontales y verticales eléctricos y solares
- Congeladores horizontales y verticales eléctricos y solares
- Bancos de sangre
- Cajas térmicas y termos para conservación de vacunas
- Equipos de medición de temperaturas
- Sistema de monitoreo remoto de temperaturas.

En cuanto a servicios:

- Asesoría y montajes de cuartos fríos
- Mantenimiento a equipos de refrigeración hospitalaria
- Capacitaciones y charlas en manejo de cadena de frío.

3. Área de Mantenimiento y Servicios

El área de mantenimiento de la empresa INTERHOSPITALARIA SAS cuenta con las siguientes funciones:

- Mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos que tengan bajo contrato (cuartos fríos, aires acondicionados, refrigeradores y congeladores).
- Montaje e instalación de cuartos fríos según especificaciones
- Informes sobre daños ocurridos en los equipos.
- Para los mantenimientos correctivos en algunas ocasiones los trasladan al taller.
- Reparación parcial o total de equipos que llegan con defectos al país.
- Ajustes integrales a los equipos según las condiciones técnicas de

operación o según requerimientos del cliente.

Esta área está integrada por:

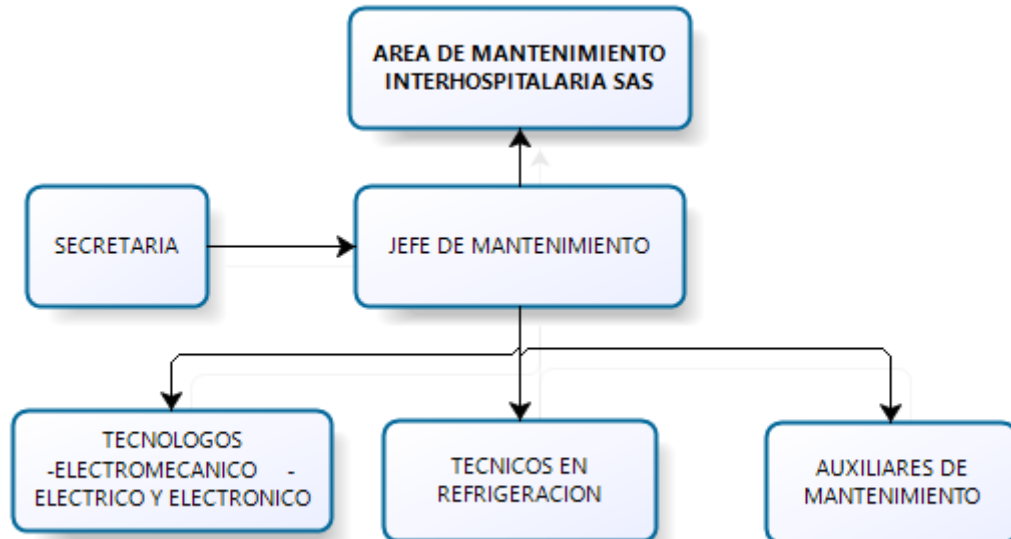
- Jefe de mantenimiento: Ingeniero mecánico
- Secretaria del área
- Tecnólogo electromecánico
- Técnico eléctrico y electrónico
- Técnicos en refrigeración
- Auxiliares de mantenimiento

En esta área el jefe de mantenimiento es el encargado de recibir las órdenes de trabajo y enviar según el requerimiento al tecnólogo, técnico o auxiliar al equipo que presente fallas, para de esta manera realizar las tareas correspondientes para dar un resultado en la confiabilidad operacional y disponibilidad de los equipos.

Para realizar los trabajos de mantenimiento a los equipos, ya sea porque están programados para un mantenimiento preventivo o correctivo, el jefe de mantenimiento y la secretaria son los encargados de recibir las ordenes de trabajo o solicitudes de clientes de diferentes entidades a nivel nacional, con el fin de realizar seguimiento y de esta manera detectar las fallas, causas y consecuencias de la mismas.

El seguimiento realizado por el personal de mantenimiento a los equipos se realiza en inspecciones mediante llamadas o visitas esporádicas a los clientes, en las cuales el personal de mantenimiento debe diligenciar un reporte de mantenimiento en el cual se especifica datos del equipo, la falla que presenta, las causas y consecuencias de la misma y posibles arreglos.

Figura 4. Organigrama del área de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

3. MARCO TEÓRICO

3.1. HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento surge como una necesidad de responder ante las necesidades de asegurar y garantizar el funcionamiento de la maquinaria, es tanto así que con el paso del tiempo ha ido evolucionando, Medrano trata algunos acontecimientos en épocas sobre los diferentes cambios que ha tenido el mantenimiento, a finales del siglo XIX con los procesos de industrialización se da inicio a las reparaciones preventivas solo cuando alguna falla se presentaba, en 1914 se orientó al cuidado del estado físico de las maquinarias y al aspecto correctivo; entre 1950 y 1970 los esfuerzos se enfocaron a los servicios que prestaban las máquinas y con esto se estableció el mantenimiento en el diseño de planta. A partir de 1970 se genera el mantenimiento total de la maquinaria. En el año 2005 se da inicio a un mantenimiento orientado a la Conservación Industrial de las máquinas¹.

Tabla 2. Historia y evolución del mantenimiento industrial

Año	Descripción
1780	Mantenimiento correctivo
1798	Uso de partes intercambiables
1903	Producción industrial masiva
1910	Cuadrillas de mantenimiento correctivo
1914	Mantenimiento preventivo
1931	Control de calidad del producto manufacturado
1950	Control estadístico de calidad
1960	Desarrollo del mantenimiento centrado en la confiabilidad
1971	Desarrollo de mantenimiento productivo total
1995	Desarrollo del proceso de las 5 S
2005	Surgimiento de la filosofía de conservación industrial

Fuente: MEDRANO MÁRQUEZ, José Á. y GONZÁLEZ AJUECH, Víctor L. Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales [en línea]. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria; 2017, p. 5. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=5213557>

¹ MEDRANO MÁRQUEZ, José Á. y GONZÁLEZ AJUECH, Víctor L. Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales [en línea]. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria; 2017, p. 5-7. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=5213557>

3.1.1. Gestión del mantenimiento El mantenimiento es toda actividad encaminada a conservar las propiedades físicas de una institución o empresa a fin de que esté en condiciones para operar en forma satisfactoria y a un costo razonable”², este concepto describe la importancia de los procesos de mantenimiento que requiere realice las industrias para asegurar la funcionalidad y rendimiento de las maquinas, estas actividades son soportadas y ejecutadas por los departamentos o áreas de mantenimiento que tienen las organizaciones.

3.1.1.1. Tipos de Mantenimiento Correctivo “Es el conjunto de acciones encaminadas a reparar las averías o fallas que se presentan en los equipos o en las instalaciones de la empresa cuando éstas han perdido operatividad y es necesario detener la maquina o instalación dañada. Este tipo de mantenimiento se clasifica en: contingente y programa”³. El mantenimiento correctivo en las industrias debe ser concebido como una acción estratégica que permite identificar y mejorar de forma oportuna los fallos que se puedan presentar; así mismo, es una oportunidad para la disponibilidad de los equipos y elevar la productividad y funcionamiento.

Preventivo: “Es el procedimiento programado que previene la ocurrencia de fallas. Sus principales actividades se centran en la limpieza, la lubricación, el recambio programado de piezas y los ajustes en el equipo”⁴. El mantenimiento preventivo, permite proyectar solucionar posibles a fallas que se puedan presentar en el funcionamiento de equipos, esta actividad propende por asegurar el correcto funcionamiento y extender la vida útil de los equipos y/o maquinas.

Predictivo: “Examina, mediante técnicas de análisis predictivas, el estado de los elementos y equipos estableciendo recomendaciones para intervenir de manera oportuna con labores de mantenimiento.”⁵ Este tipo de mantenimiento permite

² Ibid., p. 7

³ Ibid., p. 29

⁴ Ibid., p. 66

⁵ Ibid., p. 98

identificar los equipos y piezas que pueden presentar posibles fallas asegurando su correcto funcionamiento.

3.2. INSPECCIÓN BASADA EN EL RIESGO (RBI)

Es una metodología basada en el riesgo, utilizada en los procesos de mantenimiento a través de planes que definen procedimientos de inspección y focalizar las fallas presentadas en los equipos para garantizar la integridad y funcionamiento de los mismos. Según Meneses *et. Al.* establece que “la metodología de la inspección basada en riesgos, involucra tres actividades principales: estimación del riesgo, evaluación del riesgo y planificación del mantenimiento, que son desarrolladas para identificar los riesgos asociados a cada uno de los equipos desarrollando de acuerdo con los resultados obtenidos, planes de inspección y mantenimiento que aseguren su correcto funcionamiento”⁶.

La norma API RP-580 establece que la inspección basada en el riesgo (Risk Based Inspection - RBI) es una herramienta que permite identificar, evaluar y definir planes de inspección y mantenimiento de equipos para asegurar un funcionamiento confiable y seguro. A través de la metodología se puede determinar la probabilidad que un evento pueda ocurrir. A partir de la evaluación del riesgo se puede identificar que tan significativo es el riesgo y si este es aceptable.

La inspección basada en riesgo se centra en el riesgo y su mitigación, entonces este proceso se fundamenta a partir del análisis del riesgo en la identificación de daños de mecanismos, estimación de los POF, la evaluación de los COF y la identificación de los factores de riesgo, orientados a definir enfoques de inspección y el desarrollo de estrategias efectivas que reduzcan los riesgos asociados.

⁶ MENESES RAMÍREZ, Edgar, *et. al.* Inspección basada en el riesgo (IBR-API RP 580). Risk Based Inspection (IBR-API RP 580). En: Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas [en línea]. vol. 13 no. 26. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/346/304>

La inspección basada en riesgos (RBI) permite optimizar los procesos de trabajo, minimizar y prevenir los riesgos y fallas en los equipos o maquinarias. Optimizar la rentabilidad de recursos y mantenimientos correctivos. Aumentar la vida útil en equipos y maquinarias. Medir el riesgo entonces implica conceptualizar la posibilidad vs consecuencia que algún fallo eventual se pueda presentar, los valores se cuantifican a través de la criticidad de acuerdo con los diferentes niveles establecidos: insignificante (N), bajo (L), medio (M), medio alto (MH), alto (H) y extremo (E) (figura 5).

Figura 5. Matriz de criticidades⁷

		CRITICIDAD				
		E	MH	MH	H	E
CLASE DE PROBABILIDAD	E	MH	MH	H	E	E
	H	M	MH	MH	H	E
	M	M	M	M	MH	H
	L	L	L	M	MH	MH
	N	N	L	M	M	MH
CLASE DE CONSECUENCIA		N	L	M	H	E

Fuente: MENESES RAMÍREZ, Edgar, et. al. Inspección basada en el riesgo (IBR-API RP 580). Risk Based Inspection (IBR-API RP 580). En: Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográfica [en línea]. vol. 13 no. 26. p.4. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/346/304>.

Para realizar este proceso se debe llevar a cabo los siguientes pasos:

- Seleccionar el sistema a evaluar
- Recopilar y validar datos e información
- Análisis del riesgo: identificar mecanismos de daño, determinar la susceptibilidad y las tasas de daño

⁷ Se presenta los niveles de criticidad: N (Negligible), L (Low), M (Medium), MH (Medium High), H (High) y E (Extreme).

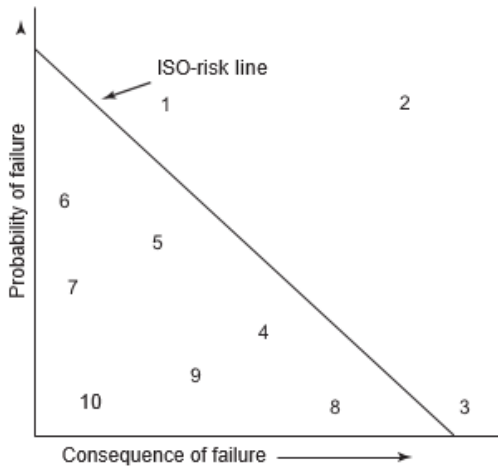
- Estimación de consecuencias: identificar escenarios de consecuencias y determinar la probabilidad de cada escenario de consecuencia
- Estimación de la probabilidad de falla (veces/año)
- Evaluación del riesgo (mediante matriz de riesgos): determinar el riesgo (análisis de sensibilidad, revisar los resultados del análisis de riesgo, coherencia / razonabilidad)
- Clasificación de los riesgos
- Elaboración del plan de inspección
- Revisión y reevaluación del plan de inspección
- Ejecución del plan de inspección

3.2.1. Elementos de un programa de RBI Un programa RBI debe contemplar los siguientes elementos:

- a) Sistemas de gestión para mantener la documentación, las calificaciones del personal, los requisitos de datos, la coherencia del programa y la actualización del análisis.
- b) Método documentado para la determinación de POF.
- c) Método documentado para la determinación de COF.
- d) Sistemas de gestión para mantener la documentación, las calificaciones del personal, los requisitos de datos, la coherencia de la metodología documentada para gestionar el riesgo a través de la inspección, el control del proceso y otras actividades de mitigación.

A través de la RBI se puede determinar que un incidente ocurra (consecuencia) y que tan probable (probabilidad) es que el incidente pueda ocurrir, es una relación de consecuencia y probabilidad, en donde la combinación de la probabilidad que uno o más sucesos se presenten con sus respectivas consecuencias determinaran el riesgo en la operación o funcionalidad de un equipo (figura 6).

Figura 6. Gráfica riesgo



Fuente: American Petroleum Institut. Inspección basada en riesgo API580. p.60

Un programa eficaz identifica y mide las incertidumbres asociadas y si es efectivo posteriormente usa el riesgo para identificar y priorizar las incertidumbres cuando estas deben reducirse. Además, un programa RBI se basa en el riesgo relativo, estos pueden ser cualitativos, cuantitativos o semicuantitativos.

3.2.2. Enfoque cualitativo Los datos utilizados son descriptivos, generalmente con calificativo alto, medio y bajo, Se utiliza cuando se tiene ausencia de datos cuantitativos, generalmente esta valoración está asociada con los conceptos de datos históricos y juicios suministrados por los miembros del equipo. Es un enfoque con una precisión menor, sin embargo, puede ser útil para generar conceptos de equipos que no presentan un riesgo alto.

3.2.3. Enfoque cuantitativo Es un enfoque utilizado en modelos en los que se calculan valores numéricos para determinar la precisión, discriminación del riesgo de un equipo, seguimiento y monitoreo del mismo, evaluación comparativa de la fiabilidad y comparaciones de la funcionalidad del mismo. Este enfoque debe estar documentado a través de una matriz, que permite calcular el riesgo y priorizar los daños de una unidad o equipo. Es un método sistemático a través del cual se

puede identificar con mayor certeza el riesgo, clasificarlo y determinar que lo genera para mitigar los conductores del riesgo.

3.2.4. Enfoque semicuantitativo Este enfoque es término asociado tanto en información que otorga un valor cualitativo a un riesgo cómo en datos cuantitativos que lo califican, lo cual permite calcular el riesgo y establecer conceptos en la aceptación de los riesgos identificados.

3.3. MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)

“El mantenimiento centrado en la confiabilidad (Reliability Centred Maintenance RCM) es una metodología estructurada de forma lógica que pretende preservar las funciones de los sistemas, optimizando la confiabilidad operacional y mejorando los costos, de tal forma que se reduzca la criticidad en modo fallas, mediante la construcción o modificación de un plan de mantenimiento. A partir de construir defensas costo-efectividad razonables contra fallas y aceptar la ocurrencia de algunas fallas, fundadas en actividades de mantenimiento efectivas, priorizando técnicas predictivas y de condición, las primeras en pro de identificar que alguna falla ocurra y la segunda asegurando extender el ciclo de vida del equipo o unidad.

El RCM permite reducir gastos en mantenimiento, mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos (menos número de fallas) y documentar conceptos técnicos de los mismos. Todos estos aspectos redundan para la empresa en la capacidad para balancear los costos de mantenimiento y confiabilidad del servicio, estimar los costos de efectividad de las alternativas de mantenimiento y optimizar los planes de mantenimiento.

Utilizar el método de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) debe garantizar que se dé respuesta satisfactoria y consecuentemente a las siete (7) preguntas que muestran a continuación:

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?
2. ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
3. ¿Qué causa la falla funcional?
4. ¿Qué sucede (efectos) cuando falla?
5. ¿Qué ocurre (consecuencias) si falla?
6. ¿Qué puede hacerse para evitar la falla?
7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?"⁸

El RCM plantea cuatro (4) pasos básicos para tener en cuenta previo a su realización: análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de fallas, selección de actividades de mantenimiento y plan de mantenimiento optimizado según el resultado del RCM.⁹

La metodología RCM se debe realizar en el procedimiento:

1. Selección del equipo y elaboración del contexto operacional: se debe identificar el (os) equipos que presentan mayor consumo de recursos, afectación de seguridad y medio ambiente. Se elabora el contexto operacional: ubicación geográfica, condiciones ambientales, principios de funcionamiento técnico, componentes del equipo, esquemas de redundancia, esquema de operación de la subestación, recursos personales y materiales.
2. Funciones y análisis de falla (FFA): identifica y describir las funciones a nivel de sistema, describir la interfaz de entrada y salida requerido para la operación, identificar las formas en las que el sistema puede dejar de funcionar.
3. Modo de falla: identificar eventos que puedan ocurrir y causar fallas funcionales los componentes del equipo. Se debe listar en forma detallada las diferentes ocurrencias que se presentan tales como uso, desgaste, deterioro por

⁸ MOUBRAY, John. Reliability Centred Maintenance II. New York: Industrial Press Inc., 1992. p. 45

⁹ GÓMEZ SOLANO, Iván Darío. Nuevos Enfoques del RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad). Revista Avances Investigación e Ingeniería. 2006, no. 4, p. 34

corrosión, etc. En caso que se presenten fallas por errores humanos deben ser incluidas si existe la evidencia.

4. Técnica de monitoreo a condición: es el proceso a través del cual se identifican fallas de deterioro para detectar alertas tempranas: medición de temperatura, monitoreo dinámico: medición y análisis de energía, análisis de aceite, monitoreo de corrosión, pruebas no destructivas, pruebas eléctricas.
5. Modelos de probabilidad y confiabilidad: se describen conceptos de confiabilidad que permiten evaluar los equipos y sus componentes, en aspectos relacionados con: operación, fabricantes, condiciones ambientales, etc.

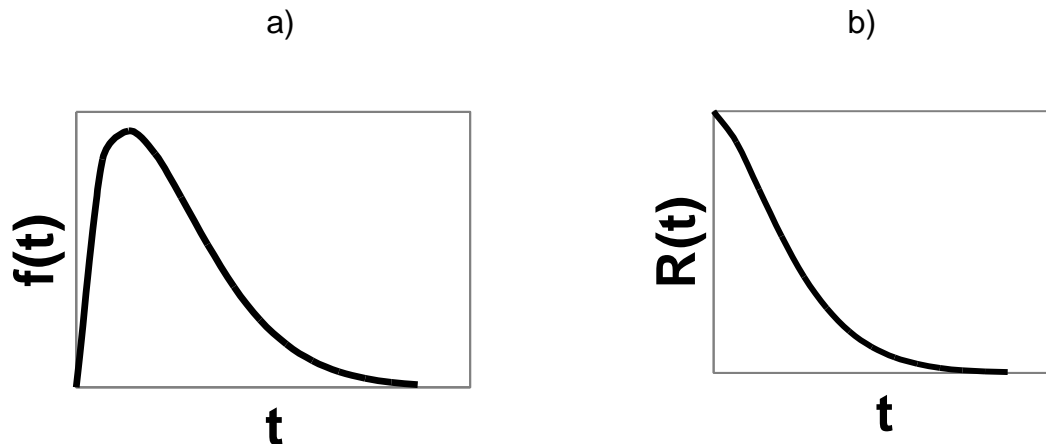
La confiabilidad es el inverso probabilístico de la función $F(t)$, que define la probabilidad que un sistema realice su función sin presentar fallas en un intervalo de tiempo determinado y bajo condiciones establecidas. La confiabilidad se define mediante:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Definición de confiabilidad:

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt = \int_t^{\infty} f(t)dt$$

Figura 7. Función densidad de probabilidad (a), Función de confiabilidad (b)



3.3.1. Análisis de Criticidad Es una metodología que permite analizar jerarquias o procesos entre: instalaciones, sistemas, equipos y elementos de un equipo, para mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo. A través de este método se puede cuantificar las fallas que se presentan en las áreas, unidades y sus elementos, para diseñar o desarrollar planes de mantenimiento que optimicen los costos y mitigue las fallas.

En la criticidad se identifica el riesgo que se pueda presentar, el cual se expresa a través de la fórmula:

$$R(t) = P(t) \times C$$

Donde:

R(t) es el riesgo de la función del tiempo

P(t) es la probabilidad de ocurrencia de un evento en función del tiempo

C son las consecuencias

El análisis de criticidad se realiza a través de una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. Su estructura está compuesta por un eje vertical en el cual se representa la frecuencia de fallas y en un eje horizontal las consecuencias en que incurren las unidades, sistemas, equipos en el momento de realizar el estudio, en caso tal que presenten fallas. Maneja un código de colores que permite identificar el riesgo (figura 8).

Figura 8. Matriz de criticidad

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

A. Criticidad alta color rojo C. Criticidad media color amarillo B. Criticidad baja color verde

Fuente: SAE, International JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. Aug. 2002-01

La criticidad se determina multiplicando la probabilidad de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias.

Criticidad= Frecuencias X Consecuencia

Para realizar el análisis de criticidad se debe partir de lo siguiente:

1. Definir el nivel de análisis: definir los niveles donde se realizará el análisis: instalación, sistema, equipo o elemento, de acuerdo con la jerarquización de los activos. Una vez se identifique el nivel, se debe disponer del tipo de instalación, relación entre sistema y equipos, ubicación geográfica, filosofía de operación, diagramas de flujo de procesos, registro de fallas, frecuencia de ocurrencia de fallas, registro de impactos de producción y de impactos en la seguridad de los procesos.
2. Definir la criticidad: identificar la frecuencia de la falla y las consecuencias de las fallas. La tabla 3 presenta los valores para estimar la frecuencia, los criterios están

definidos a partir de cuantificar la frecuencia de falla en número de eventos por año.

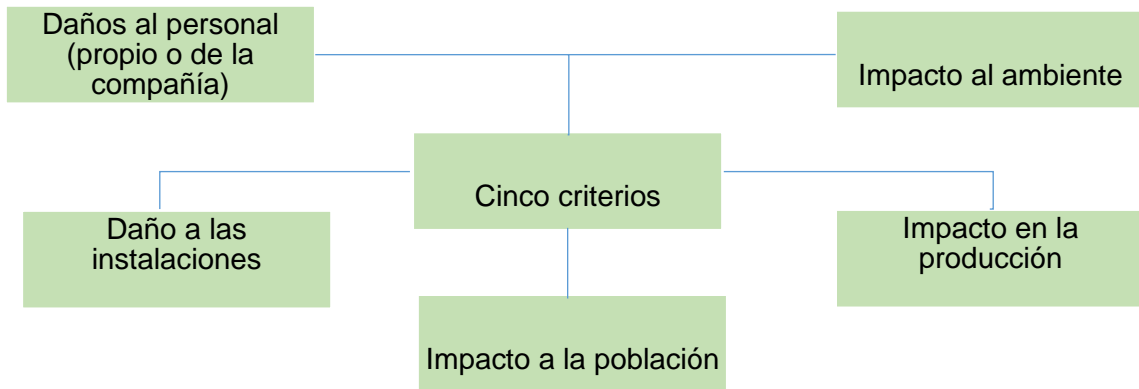
Tabla 3. Valores para estimar la frecuencia y consecuencias

FACTOR DE FRECUENCIA (FF)	
Descripción	Ponderación
Frecuente, Mas de 3 eventos al año	5
Probable, 1-3 eventos al año	4
Posible, 1 evento en 3 años	3
Improbable, 1 evento en 5 años	2
Sumamente improbable, menos de un evento en 5 años	1
FACTORES DE CONSECUENCIAS	
Impacto operacional (IO)	Ponderación
Perdidas mayores 75% producción mes	5
Perdidas 50% a 74% producción mes	4
Perdidas 25% a 49% producción mes	3
Perdidas 10% a 24% producción mes	2
Perdidas inferiores 10% producción mes	1
Factor flexibilidad operacional (FO)	Ponderación
No existe stock, tiempos reparación altos	5
Stock parcial, procedimiento reparación complejo	4
Stock parcial, procedimiento reparación sencillo	3
Stock Suficiente, procedimiento reparación complejo	2
Stock suficiente, tiempos reparación bajos	1
Costos de mantenimiento (CM)	Ponderación
Costos materiales superior 20000 USD	5
Costos materiales superior 10000-20000 USD	4
Costos materiales superior 3000-10000 USD	3
Costos materiales superior 200-3000 USD	2
Costos materiales inferior 200 USD	1
Impacto medio ambiente (IMA)	Ponderación
Daños irreversibles en el ambiente	5
Daños severos al ambiente	4
Daños medios al ambiente	3
Daños mínimos al ambiente	2
Sin daño ambiental	1
Impacto seguridad (IS)	Ponderación
Muerte o incapacidad	5
Incapacidad parcial o permanente	4
Daños o enfermedades severas	3
Daños leves en personas	2
Sin impacto en la seguridad	1

Fuente: RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Norma SAE JA1011

Para la estimación de las consecuencias se define los criterios figura 9.

Figura 9. Criterios estimación de consecuencia



Fuente: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Adaptación Norma SAE JA1011.

3.4. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El diseño de los sistemas de refrigeración fue creado con la denominación de realizar el proceso de enfriamiento del aire, “los primeros sistemas de aire acondicionado que tenían equipo central proporcionaban sólo aire templado para propósitos de confort y ventilación, con una red de ductos y un tipo de control relativamente simples. La adición de equipos de enfriamiento, humidificación y deshumidificación permitió proporcionar confort a lo largo de todo el año y en todos los climas”¹⁰. Con el avance de la tecnología la concepción se fue redefiniendo a diseñar sistemas de refrigeración para control de ambientes, temperatura, calidad y humedad.

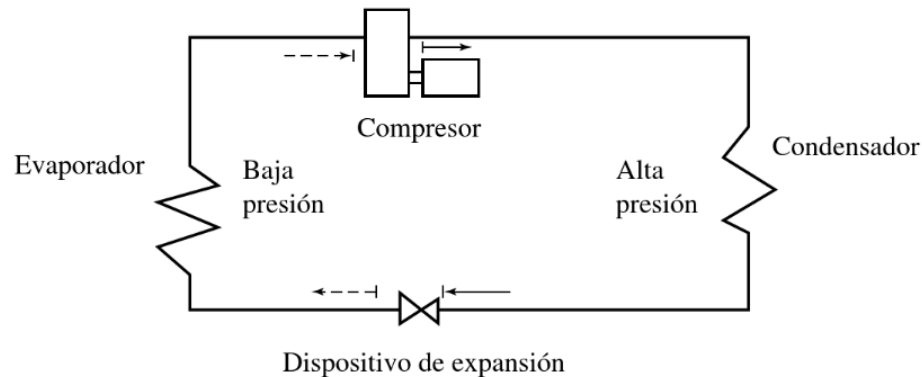
“Los componentes básicos de un sistema de refrigeración típico son: el compresor, el condensador, el evaporador, la válvula de expansión y el sistema de control.”¹¹ Otro concepto en los equipos de refrigeración hace relación a “los sistemas de refrigeración por compresión constan, básicamente, de cuatro elementos que

¹⁰ MC QUISTON, Faye, *et. al.* Calefacción, ventilación y aire acondicionado: análisis y diseño. México: Limusa Wiley, 2003. p. 10

¹¹ *Ibid.*, p. 19

consideramos fundamentales a través de los cuales circula un fluido refrigerante: compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador (figura 10).”¹²

Figura 10. Componentes de un sistema de refrigeración



Fuente: FRANCO LIJÓ, Juan Manuel. Manual de refrigeración [en línea]. Editorial Reverté, 2012. p.2 (Recuperado 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3214863>.

3.4.1. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración “Es la rama de la ciencia que trata del proceso de reducir y mantener más baja que su alrededor, la temperatura de un espacio dado o de un producto, ya que el calor absorbido se transfiere a otro cuerpo, es evidente que el proceso de refrigeración es opuesto al de calefacción.

3.4.1.1. Calor y frío El calor es una forma de energía que se radia de un cuerpo a otro. Como se sabe la principal fuente de calor es el Sol, produciéndose también por otros medios: combustión, fricción, electricidad, reacciones químicas y por la compresión de aire o vapor. En cuanto al frío, no existe teóricamente como termino positivo, sino que representa simplemente ausencia de calor, la refrigeración debe considerarse, por consiguiente, como un proceso de extracción de calor.

¹² FRANCO LIJÓ, Juan Manuel. Manual de refrigeración [en línea]. Editorial Reverté, 2012. p.4 (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3214863>.

- **Transmisión del Calor**

El calor pasa siempre del cuerpo más caliente al más frío, a través de todo objeto, no existiendo materia que intercepte totalmente esta transmisión. Los materiales aislantes que se emplean en las paredes de las neveras o cámaras sirven para retardar únicamente el paso del calor; pero, a pesar de su positiva eficacia en este sentido, téngase en cuenta que gran parte del trabajo de todo equipo de refrigeración se emplea precisamente para absorber el calor que se ha filtrado a través de las paredes aisladas.

Existen tres métodos de transmisión de calor:

- **Radiación:**

Es la transmisión de calor a través de sustancias intermedias, sin calentar estas. El calor transmitido por los rayos solares no calienta el aire a través del cual pasan dichos rayos, sino que ejerce su acción sobre los objetos que aquellos encuentran en su camino, los cuales absorben dicho calor.

- **Convección:**

Es el calor que se transmite por mediación de un agente: líquido o vapor. Las corrientes de aire son los agentes más comunes en la transmisión de calor por convección. El enfriamiento de una sustancia en el interior de la nevera se verifica a través del aire contenido en la misma, el cual actúa de agente transmisor dirigiéndose a la superficie más fría del evaporador por medio de las corrientes de convección.

- **Conducción:**

Es la transferencia de calor a través de un cuerpo sólido llamado conductor. Los metales son buenos conductores de calor, siendo llamados aislantes los malos conductores¹³.

¹³ ALARCÓN CREUS, José. Tratado práctico de refrigeración automática. 12 Ed. Barcelona: Editorial Marcombo, 1998. p.227

3.4.1.2. Agente de refrigeración En cualquier proceso de refrigeración, el cuerpo empleado como absorbente de calor se llama agente de refrigeración o agente refrigerante.

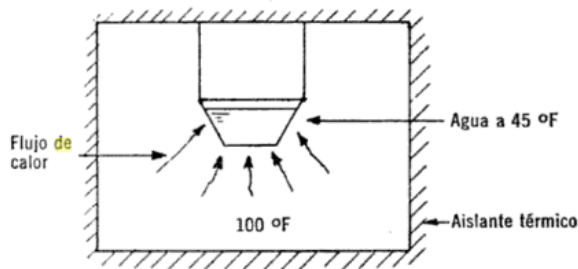
Los procesos de refrigeración se clasifican en sensibles y latentes.

- **Proceso Sensible**

Cuando la temperatura del refrigerante varia al absorber calor.

Suponga que un espacio cuya temperatura es de 100°F está aislado térmicamente. Si se coloca un recipiente con agua a 45°F, como se muestra en la figura 11, el calor del espacio fluirá hacia el agua hasta que ambas temperaturas sean iguales.

Figura 11. Proceso Sensible



Fuente: ALARCÓN CREUS, José. Tratado practico de refrigeración automática. 12 Ed. Barcelona: Editorial Marcombo, 1998. p.228

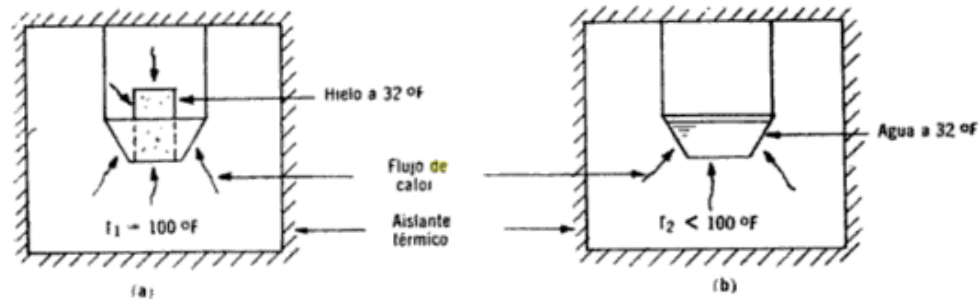
- **Proceso latente**

Cuando la temperatura del refrigerante, al absorber calor, permanece constante y causa cambio de estado. En los dos procesos, la temperatura del agente de refrigeración es menos que la temperatura del espacio por refrigerar.

Si se coloca un trozo de hielo a 32°F en un espacio aislado térmicamente, cuya temperatura es 100°F, el hielo absorberá calor, pero no cambiará su temperatura,

solo su estado físico, de sólido a líquido, como se puede ver en la figura 12. El calor absorbido por el hielo es el calor latente de congelación del hielo, y al proceso realizado se le da el nombre de latente¹⁴.

Figura 12. Proceso Latente



Fuente: HERNÁNDEZ, Goribar. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. México: Limusa Noriega Editores, 2009.

3.4.1.3. Ciclo de Refrigeración por Compresión Existen dos presiones en el sistema de compresión: la de evaporación o de baja presión y la de condensación o de alta presión.

En el ciclo de refrigeración el refrigerante actúa como medio de transporte para absorber el calor del producto ubicado en el evaporador y llevarlo al condensador, donde es disipado a la atmósfera, o en caso de sistemas enfriados por agua, al agua de enfriamiento (sistemas de refrigeración marina). Un cambio de estado líquido a vapor y viceversa permite al refrigerante absorber y descargar grandes cantidades de calor en forma eficiente.

El ciclo básico opera de la siguiente forma: el refrigerante líquido a alta presión se almacena en el tanque receptor después de condensarse, enseguida se conduce a través de la tubería de líquido, pasando por un filtro desecante, para llegar al control de flujo refrigerante que separa el lado de alta presión del lado de baja

¹⁴ HERNÁNDEZ, Goribar. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. México: Limusa Noriega Editores, 2009.

presión en el sistema. Hay varios instrumentos de control que pueden emplearse, pero únicamente se considera la válvula de expansión termostática. Esta válvula controla la alimentación del refrigerante líquido al evaporador, y por medio de un pequeño orificio reduce la presión del refrigerante a la de evaporación o baja presión.

La reducción de presión en el refrigerante líquido provoca que éste hierva o se vaporice hasta que el refrigerante alcanza la temperatura de saturación correspondiente a la de su presión. Conforme el refrigerante de baja temperatura pasa a través del evaporador, el calor fluye a través de las tuberías del evaporador hacia el refrigerante, haciendo que la acción de ebullición continúe hasta que el refrigerante se encuentra totalmente vaporizado. La válvula de expansión termostática regula el flujo de refrigerante hacia el evaporador, de acuerdo con la necesidad para mantener una diferencia de temperatura determinada a cierto sobrecalentamiento deseado entre la temperatura de vaporización y el vapor que sale del evaporador.

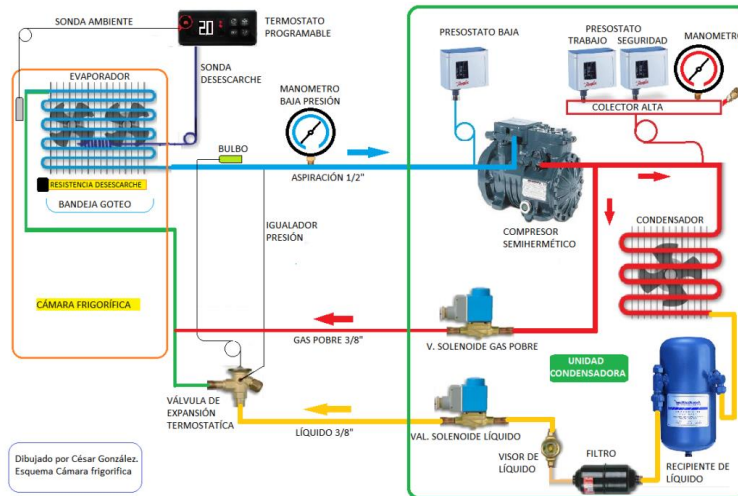
Conforme la temperatura del gas que sale del evaporador varía, el bulbo de la válvula de expansión registra la variación y actúa para modular la alimentación de refrigerante a través de la válvula de expansión y así adaptarse a las nuevas necesidades. El vapor refrigerante que sale del evaporador viaja a través de la línea de succión hacia la entrada del compresor. Éste toma el vapor a baja presión y lo comprime aumentando tanto su presión como su temperatura.

El vapor caliente a alta presión es bombeado fuera del compresor, a través de la válvula de descarga, hacia el serpentín o tubería del condensador para que se condense; el gas a alta presión lo enfría un medio externo.

En sistemas enfriados por aire se usa, generalmente, un ventilador y un condensador aleteado. Al bajar la temperatura del vapor refrigerante, éste alcanza la temperatura de saturación correspondiente a la alta presión del condensador,

entonces el vapor se condensa y fluye al recipiente, repitiéndose nuevamente el ciclo¹⁵ (figura 13).

Figura 13. Descripción del Ciclo



Fuente: GONZÁLEZ VALIENTE, Cesar. Desescarche Gas Pobre [en línea]. s.f. (Recuperado en 15 septiembre 2018). Disponible en <https://frigoristas.wordpress.com/desescarche-gas-pobre-2/>

- **Procesos que se llevan a cabo en un ciclo de refrigeración**

Los líquidos para evaporarse necesitan calor.

- La temperatura a la que se evapora un líquido o se condensa un vapor depende de la presión (tabla presión-temperatura).
- El calor fluye siempre del cuerpo de mayor temperatura al de menor. El aire también es un cuerpo.
- Saturación: El refrigerante se halla en condición de saturación cuando está en proceso de cambio de estado, ya sea evaporando o condensando. Bajo esta

¹⁵ Carrera de técnico en refrigeración y A.A módulo de cámara frigoríficas con capacidad hasta 20 hp. p.92

condición, supresión y temperatura permanecen constantes, sólo cambia de estado físico.

- **Sobrecalentamiento del gas:** Son los grados de temperatura adicionales que el vapor de salida del evaporador adquiere sobre la temperatura de evaporación del líquido, estos grados son sentidos por el bulbo para que la V. E. T. pueda regular el flujo de líquido al evaporador. Esto significa que a partir de donde se termina el líquido empieza a sobrecalentarse el vapor.
- **Subenfriamiento del líquido:** Son los grados de temperatura que el refrigerante líquido puede disminuir debajo de la temperatura de condensación.
- **El subenfriamiento:** sólo se puede obtener al final del condensador o en la línea de líquido, después de que todo el vapor se ha condensado. El subenfriamiento del líquido, si lo hay, mejorará la capacidad de la V. E. T.¹⁶

3.4.2. Elementos del Sistema de Refrigeración

3.4.2.1. Condensadores El condensador más común es el tubo con aletas en su exterior, las cuales disipan el calor hacia el aire ambiente, la transferencia de calor se lleva a cabo de modo eficaz forzando grandes cantidades de aire a través del condensador. Los condensadores enfriados por aire son fáciles de instalar, baratos de mantener, no requieren agua y no tienen peligro de congelarse en tiempo de frío. Sin embargo, es necesario un suministro adecuado de aire fresco y el ventilador puede crear problemas de ruido en grandes instalaciones.

En regiones muy cálidas, la temperatura relativamente elevada del aire ambiente tal vez produzca presiones de condensación elevadas; sin embargo, si la superficie del condensador es adecuada puede utilizarse satisfactoriamente en toda clase de climas. Estos condensadores han sido utilizados en cuartos fríos con gran éxito durante muchos años en áreas cálidas y secas en donde el agua

¹⁶ Ibid., p. 93

escasea, y dado el incremento en la escasez de agua en áreas densamente habitados.¹⁷

3.4.2.2. Válvula de Expansión El control de flujo con mayor aplicación en la actualidad en cuartos fríos de hasta 20 hp es la válvula de expansión termostática. Debido a su capacidad para controlar el refrigerante y a su adaptabilidad a las muchas y variadas aplicaciones del ciclo de refrigeración, la válvula de expansión termostática ha jugado un papel importante en el continuo progreso de la industria de refrigeración y su tecnología. Como muchos otros componentes del sistema, el desarrollo de la válvula de expansión termostática ha sido resultado de la evolución técnica.

La válvula de expansión termostática, o válvula de termo expansión, es un dispositivo de medición diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador, en la misma proporción en que el refrigerante líquido dentro del evaporador se va evaporando.

Esto lo logra manteniendo un sobrecalentamiento predeterminado a la salida del evaporador (línea de succión), lo que asegura que todo el refrigerante líquido se evapore dentro del evaporador, y que solamente regrese al compresor refrigerante en estado gaseoso. La cantidad de gas refrigerante que sale del evaporador puede regularse, puesto que la termo válvula responde a:

1. La temperatura del gas que sale del evaporador.
2. La presión del evaporador.

En conclusión, las principales funciones de una válvula de termo expansión son: reducir la presión y la temperatura del líquido refrigerante, alimentar líquido a baja presión hacia el evaporador, según la demanda de la carga, y mantener un

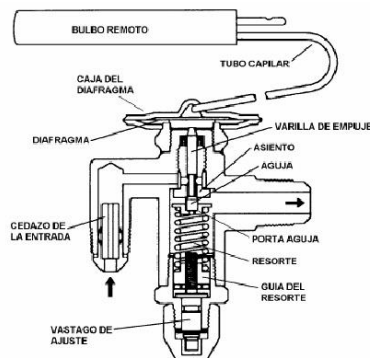
¹⁷ Ibid., p. 23

sobrecalentamiento constante a la salida del evaporador, debido a que en el nombre dado a este dispositivo se incluye la palabra termo, se tiene la falsa idea de que se utiliza para controlar directamente la temperatura, y muchos técnicos intentan erróneamente controlar la temperatura del refrigerador moviendo el ajuste de la válvula¹⁸.

- **Partes principales**

Las partes principales de una válvula de termo expansión son: el bulbo remoto, el diafragma, las varillas de empuje, el asiento, la aguja, el resorte, la guía del resorte y el vástago de ajuste. La figura 8, muestra la ubicación de estas partes principales. El vástago de ajuste sirve para variar la presión del resorte. Si se gira en el sentido del reloj, aumenta la tensión del resorte y, por lo tanto, su presión; si se gira en el sentido contrario, disminuye la presión del resorte¹⁹.

Figura 8. Corte de una válvula de termoexpansión típica y sus partes principales



Fuente: Carrera de técnico en refrigeración y A.A módulo de cámara frigoríficas con capacidad hasta 20 hp

3.4.2.3. Evaporadores El evaporador es la parte del lado de baja presión del sistema de refrigeración en la que el refrigerante líquido hierve o se evapora, absorbiendo el calor a medida que se convierte en vapor, esto permite lograr el

¹⁸ Ibid., p. 23

¹⁹ Ibid., p. 31

objetivo del sistema: la refrigeración. Los evaporadores se fabrican en gran variedad de formas y estilos para satisfacer las necesidades específicas de cada aplicación (figura 14).

El tipo más común es el evaporador de serpentín ventilador o convección forzada; en él el refrigerante se evapora dentro de tubos con aletas al extraer el calor del aire que pasa a través del serpentín mediante un ventilador. Los evaporadores de expansión directa son aquellos en los que el refrigerante se alimenta directamente al serpentín de refrigeración a través de un dispositivo de control, una válvula de termo expansión, la cual absorbe el calor directamente, a través de las paredes del evaporador, del medio que debe refrigerarse.²⁰

Figura 14. Evaporadores



Fuente: ENRIQUEZ, Fran. Selección de evaporadores. Tipos de evaporadores [en línea]. 2017. (Recuperado en 15 septiembre 2018). Disponible en <http://coolproyect.es/2017/12/06/seleccion-de-evaporadores/>.

3.4.2.4. Eliminador de vibración Prevenir la transmisión de ruido y vibración del compresor a través de la tubería de refrigeración requiere eliminadores de vibración en la línea de descarga, así como en la de succión. En unidades grandes se emplea con frecuencia tubería metálica flexible. Los eliminadores de vibración metálicos deben seleccionarse con un diámetro igual o mayor a la tubería donde

²⁰ Ibid., p. 45

se conectan, debido a los movimientos de la pared interna del eliminador, una velocidad excesiva del gas refrigerante puede causar problemas de ruido y siseo.

Una instalación inadecuada puede provocar la rotura del eliminador de vibración debido a las tensiones resultantes del movimiento de la línea, lo que genera fugas de refrigerante. Debido a su construcción, un eliminador de vibración metálico se ajusta fácilmente al movimiento en una dirección radial, pero no debe someterse a fuerzas de tensión o compresión.

La instalación n de los eliminadores de vibración metálicos debe ir paralela al cigüeñal, lo más cerca posible del compresor, el torque de arranque del motor tiende a bambolear el compresor de lado a lado en el arranque, y el montaje en paralelo al cigüeñal permitirá que el eliminador se adapte fácilmente al movimiento²¹ (figura 15).

Figura 15. Eliminador de vibraciones

a)



b)



Fuente: (a) REFRIGERACIÓN. CORREA & CÁRDENAS LTDA. Eliminadores de vibraciones. 2016. (Recuperado en 15 septiembre 2018). Disponible en <https://www.refrigeracioncyc.com/p/eliminadores-vibraciones-refrigeracion/>. (b) Elaboración propia.

²¹ Ibid., p. 49

3.4.2.5. Separador de aceite Aunque los sistemas bien diseñados son efectivos para evitar problemas de retorno del aceite, existen ciertos casos en los que el empleo de separadores de aceite tal vez sea necesario; con mayor frecuencia se requieren en los sistemas de temperatura baja o en sistemas en los que se presentan problemas de retorno de aceite²².

Un separador de aceite consiste básicamente en una cámara de separación para el aceite y el gas de descarga, como el que se muestra en la figura 16.

Figura 16. Separador de aceite, tipo sellado y atornillado

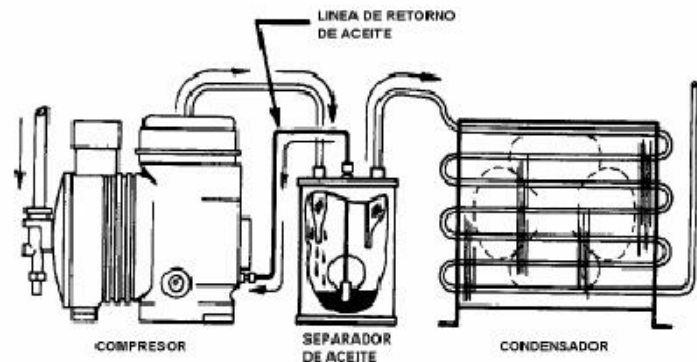


En un sistema de refrigeración siempre existe alguna cantidad de aceite en circulación, y el aceite que abandona el compresor lo arrastra el gas de descarga caliente, el cual se desplaza a gran velocidad. El separador de aceite, cuando se utiliza, se instala en el conducto de descarga, entre el compresor y condensador, como se ilustra en la figura 17 Por medio de deflectores y una reducción de la velocidad del gas en la cámara separadora de aceite, la mayor parte de éste se separa del gas caliente y es devuelto al cárter del compresor mediante una válvula de flotador y tubería de conexión. La eficiencia de un separador de aceite varía con las condiciones de carga y nunca es eficaz a 100%, aun en condiciones

²² Ibid., p. 50

ideales, en caso de que el diseño de un sistema motive el arrastre de aceite, un separador de aceite sólo puede demorar la dificultad de lubricación, pero no subsanarla.

Figura 17. Ubicación de un separador de aceite en un sistema de refrigeración



3.4.2.6. Filtro deshidratador de línea de aceite Durante muchos años estos filtros han sido usados como filtros de aceite en sistemas de refrigeración que usan aceite mineral o alquilbenzeno como lubricante; proporcionan filtración y secado del aceite (figura 18), la contaminación se acumula sobre todo en el aceite y es un excelente auxiliar para la descontaminación y protección de los sistemas de refrigeración²³.

Figura 18. Filtros de aceite



²³ Ibid., p. 50

Fuente: Carrera de técnico en refrigeración y A.A módulo de cámara frigoríficas con capacidad hasta 20 hp. p. 51

3.4.2.7. Recibidor de líquido Un recibidor es, básicamente, un tanque de almacenamiento para refrigerante líquido, que se utiliza prácticamente en todas las unidades equipadas con válvula de expansión, el recibidor deberá ser lo suficientemente grande para alojar la carga completa de refrigerante.

Para acumular el refrigerante en el recibidor, éste deberá de tener una válvula de servicio a la salida del recibidor debe disponerse de modo que siempre haya refrigerante líquido, aun cuando el nivel del tanque receptor pueda variar. El fin es evitar que penetre vapor en el conducto de líquido, por consiguiente, si la salida se encuentra en la parte superior o si se ha colocado a un lado, se utiliza un tubo sumergido que se extiende hasta $\frac{1}{2}$ ", aproximadamente, del fondo²⁴.

3.4.2.8. Filtro deshidratador La humedad es uno de los enemigos básicos de un sistema de refrigeración; su nivel debe mantenerse al mínimo con el fin de evitar alteraciones en el funcionamiento del sistema o el deterioro del compresor, aun con las más extremadas precauciones, la humedad penetrará en un sistema en el momento en que éste se abra para mantenimiento. A menos que el sistema sea evacuado a fondo y vuelto a cargar después de haber estado expuesto a la humedad, el único medio efectivo para eliminar pequeñas cantidades de humedad es el empleo de un deshidratador.

Los deshidratadores o secadores, tal como se denominan en forma genérica, están constituidos por una envoltura rellena con un agente de secado, provista de un filtro adecuado en cada extremo.

Los deshidratadores se montan en la línea de líquido, de forma que todo el refrigerante en circulación pase a través del secador cada vez que circula por el

²⁴ Ibid., p. 52

sistema, la mayoría de los secadores están constituidos de modo que puedan desempeñar la doble función de filtro y secador. Se utilizan muchos agentes de secado diferentes, aunque prácticamente todos los secadores modernos desechables o de elemento recambiable, como se muestra en la figura 19. Se considera buena práctica desechar el elemento secador utilizado cada vez que se abre el sistema, y sustituirlo por un nuevo secador o agente secador²⁵.

Figura 19. Bloques desecantes y filtros deshidratadores de bloques de piedra desecante



Fuente: Carrera de técnico en refrigeración y A.A módulo de cámara frigoríficas con capacidad hasta 20 hp. p. 53

3.4.2.9. Indicador de líquido-humedad El indicador de líquido y humedad es un accesorio ampliamente utilizado en los sistemas de refrigeración, es un dispositivo de metal con una mirilla de vidrio, la cual permite observar la condición del refrigerante, antes se utilizaba como indicador de líquido únicamente una simple mirilla. Luego, surgió la idea de aprovechar esa ventana al interior para indicar humedad, y en la actualidad todos los fabricantes lo hacen con ese doble propósito (figura 20). La función más importante de un indicador de líquido y humedad es revelar la presencia de exceso de humedad en el refrigerante, lo que puede ser nocivo para el dispositivo de expansión y al sistema completo, y la otra

²⁵ Ibid., p. 52

función es observar a través del cristal el paso de refrigerante, el cual debe estar totalmente líquido²⁶.

Figura 20. Indicador de líquido y humedad



Fuente: Propia

La otra función importante de un indicador de líquido y humedad es mostrar el flujo de refrigerante en la línea de líquido. Como es sabido, el refrigerante debe llegar al dispositivo de expansión en forma pura y totalmente líquida para que este componente trabaje con máxima eficiencia, si por alguna razón llega menor cantidad de líquido, o una mezcla de líquido y vapor, la eficiencia del dispositivo de expansión se reduce, y generalmente afecta la eficiencia de todo el sistema.

Existen varias causas por las que puede suceder esto:

1. Falta de refrigerante.
2. Filtro deshidratador obstruido parcialmente por suciedad.
3. Restricciones en la línea de líquido.
4. Línea de líquido excesivamente larga.
5. Falta de subenfriamiento en el refrigerante.

²⁶ Ibid., p.53

Si en un sistema de refrigeración hay una o varias de estas condiciones, se manifestarán en el indicador de líquido por la presencia de burbujas o vapor. Esto sucederá si el indicador está instalado en un punto de la línea de líquido, entre el filtro deshidratador y el dispositivo de expansión.

Estas burbujas, en realidad, indican que el refrigerante líquido se está evaporando parcialmente en alguna parte de la línea. Cuando esto sucede es necesario determinar cuál es la verdadera causa antes de tomar alguna acción correctiva. Cabe aclarar que en algunos sistemas tal vez aparezcan burbujas en el indicador al arrancar o al detenerse el compresor, estas son acciones de igualación normales, y no deben confundirse con ninguna de las mencionadas arriba.

3.4.2.10. Válvula solenoide La válvula de solenoide es un dispositivo operado eléctricamente y se utiliza para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o cerrada; se cierra por gravedad, presión o la acción de un resorte; y se abre por el movimiento de un émbolo operado por la acción magnética de una bobina energizada eléctricamente, o viceversa Una válvula de solenoide consiste de dos partes accionantes distintas pero integrales: un solenoide (bobina eléctrica) y el cuerpo de la válvula.

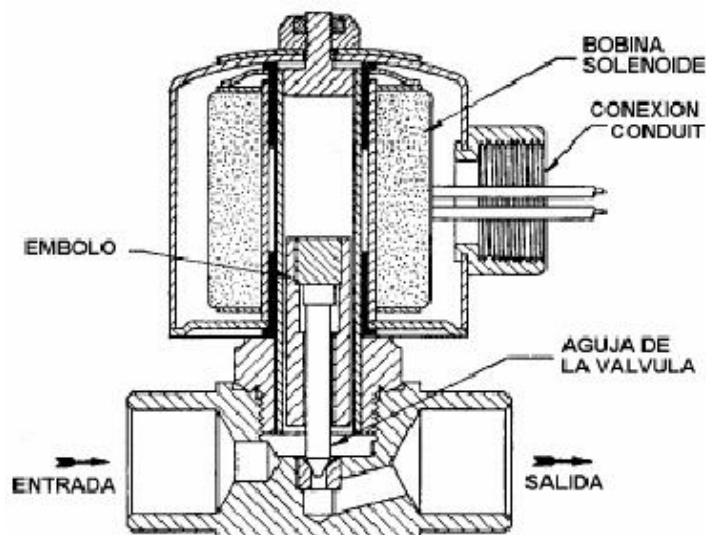
En la mayoría de las aplicaciones de refrigeración es necesario abrir o detener el flujo, en un circuito de refrigerante, para controlar automáticamente el flujo de fluidos en el sistema, por lo general, para este propósito se utiliza una válvula de solenoide accionada eléctricamente. Su función básica es la misma que una válvula de paso manual, pero siendo accionada eléctricamente se puede instalar en lugares remotos y puede controlarse mediante interruptores eléctricos simples.

Las válvulas de solenoide pueden manipularse con interruptores termostáticos, de flotador, de baja presión, de alta presión, por reloj o con cualquier otro dispositivo que abra o cierre un circuito eléctrico. El interruptor termostático es el dispositivo

más común en sistemas de refrigeración. En la figura 21 puede apreciarse las partes principales ya integradas de una válvula de solenoide típica. La aguja de la válvula está unida mecánicamente a la parte inferior del émbolo, e n esta válvula en particular, cuando se energiza la bobina el émbolo es levantado hacia el centro de la bobina y levanta la aguja del orificio donde está sentada, lo que permite el flujo.

Cuando se desenergiza la bobina, el peso del émbolo hace que caiga por gravedad y cierre el orificio, por lo que el flujo se detiene, en algunos tipos de válvulas, un resorte empuja el émbolo para que cierre la válvula; esto permite que la válvula pueda instalarse en otras posiciones diferentes a la vertical²⁷.

Figura 21. Válvula de solenoide típica de acción directa, normalmente cerrada de dos vías



Fuente: Carrera de técnico en refrigeración y A.A módulo de cámara frigoríficas con capacidad hasta 20 hp. p. 53

²⁷ Ibid., p.55

3.4.2.11. Acumulador de succión Un acumulador de succión es, básicamente, un recipiente a presión diseñado para evitar daños al compresor debido a una inundación repentina de refrigerante o aceite líquidos, la cual puede llegar por la línea de succión hacia el compresor.

Un acumulador de succión es un depósito temporal para retener el exceso de esta mezcla de aceite y refrigerante líquidos, y luego la envía en forma de gas a una proporción que el compresor pueda manejar de manera segura (figura 22).

Los acumuladores de succión están diseñados para retener un porcentaje de la carga total de refrigerante del sistema; además, evitan el golpe de líquido y la dilución excesiva del aceite del compresor.

Debe existir una cierta cantidad de turbulencia controlada para evitar que el acumulador de succión sirva como separador de aceite, y para que el aceite no se quede atrapado dentro de éste, el retorno de refrigerante y aceite debe hacerse en una proporción suficiente, lo que asegura mantener tanto la eficiencia de operación del sistema como el nivel adecuado de aceite en el cárter.

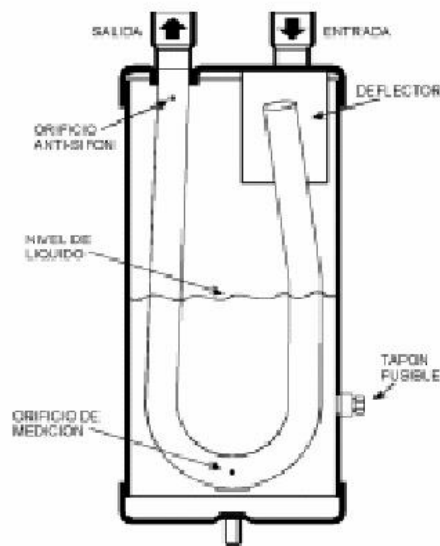
Una de las fallas más comunes en los compresores de refrigeración es la inundación; es decir, el regreso de refrigerante y/o aceite líquido en grandes cantidades, esto puede dañar los compresores, desde la dilución del aceite con refrigerante líquido hasta el “golpe de líquido”.

Como es sabido, los líquidos no se comprimen y los compresores están diseñados para comprimir vapor únicamente, por lo que tienen muy poca tolerancia para el refrigerante o el aceite líquidos.

La mayoría de los sistemas están expuestos a que les llegue por la línea de succión cierta cantidad de refrigerante o aceite líquidos, en especial los de baja

temperatura, si este flujo de líquido es pequeño o no muy frecuente, el compresor puede tolerarlo; pero si el flujo es grande y continuo, acabará con el compresor en muy corto tiempo, según el punto donde se halle entre estas dos situaciones, el compresor puede estar operando durante meses o años y en forma repentina regresar suficiente líquido y fallar sin motivo aparente, en estos casos, la mejor protección es instalar un acumulador de succión²⁸.

Figura 22. Acumulador del tipo de tubo en “u”



Fuente: Carrera de técnico en refrigeración y A.A módulo de cámara frigoríficas con capacidad hasta 20 hp. p. 58

Los acumuladores han sido utilizados por décadas, primero en equipo original, y más recientemente como equipo instalado en el campo, aunque se han tenido disponibles los datos de aplicación, su significado con respecto al acumulador y al funcionamiento del sistema nunca se ha aclarado. Los fabricantes se han visto obligados a evaluar cada modelo en términos del sistema en el cual se aplicará.

La aplicación en el campo se ha basado primordialmente en seleccionar un modelo, cuyas conexiones sean de la misma medida de la línea de succión, y que

²⁸ Ibid., p. 57

el tamaño sea lo suficientemente grande para retener cerca de la mitad de la carga de refrigerante, en la actualidad no hay una clasificación estándar para los acumuladores, la exactitud de los datos de clasificación depende de la clase del equipo empleado para determinar dicha clasificación.

El acumulador de succión deberá instalarse en la línea de succión, tan cerca como se pueda del compresor (mínimo 15 cm), para permitir una acción venturi completa. En sistemas de ciclo reversible, como el de las bombas de calor, el acumulador debe instalarse entre la válvula reversible y el compresor, en algunos casos, cuando se agrega un acumulador a un sistema ya existente, se presenta el problema de la falta de espacio en el gabinete, esto tal vez requiera algo de tubería adicional, pero puede instalarse fuera del gabinete.

3.4.2.12. Filtro deshidratador de succión Durante mucho tiempo la pregunta era: ¿dónde es mejor instalar un filtro deshidratador, en la línea de líquido o en la línea de succión?, al avanzar en este análisis se hará evidente que sólo hay dos ubicaciones prácticas para la instalación de los filtros deshidratadores: la línea de succión y la línea de líquido. Como ya se mencionó, los componentes que más afectan los contaminantes son el compresor y la válvula de expansión.

Es obvio que los filtros deshidratadores deban de instalarse cerca de estos componentes. Hace tiempo, la costumbre había sido instalar un filtro deshidratador en la línea de líquido para proteger la válvula de termoexpansión o el capilar, y en la línea de succión no se instalaba nada, o en algunas ocasiones se instalaba sólo un filtro de cartón o fieltro, pero sin desecante, y sólo temporalmente durante el arranque inicial del sistema, o para limpieza después de una quemadura, y luego era retirado²⁹.

²⁹ Ibid., p. 60

3.4.2.13. Tubería de interconexión del sistema de refrigeración de la cámara frigorífica Quizá el primer arte que aprende cualquier principiante de mecánico de refrigeración es el desoldar las tuberías y conexiones, el tendido de tubería es una tarea tan común que con frecuencia se soslaya la importancia crítica que tiene el funcionamiento correcto de cualquier sistema, parece elemental que en cualquier sistema de tuberías lo que entra en un lado de la tubería debe salir por el otro; sin embargo, en un sistema con tuberías mal diseñadas no es raro que un mecánico de servicio agregue litros de aceite al sistema y aparentemente desaparezcan sin dejar rastro; por supuesto, el aceite descansa en la parte inferior de los tubos del sistema, por lo general en el evaporador o en la línea de succión.

Cuando se corrigen las tuberías o las condiciones de operación, el aceite retornará al compresor y esos mismos litros de aceite deben extraerse del sistema, los componentes de un sistema de refrigeración están conectados por tres tuberías de refrigerante: la tubería de líquidos, que conecta el evaporador; la tubería de descarga, del compresor hacia el condensador, y la tubería de succión, del evaporador y de vuelta al compresor, la tubería de líquidos transporta el líquido a temperatura templada a alta presión desde el condensador hacia la válvula de expansión termostática, la tubería de descarga por lo general es más pequeña que la de succión, la tubería de descarga lleva el vapor caliente a alta presión del compresor hacia el condensador, la tubería de succión lleva el vapor de baja presión y frío del serpentín del evaporador a la entrada del compresor³⁰.

- **Materiales de tuberías de refrigerante**

La mayor parte de las tuberías empleadas en los sistemas de refrigeración se fabrica de cobre, en el negocio de la refrigeración el tamaño de las tuberías se expresa en función de su diámetro externo, en tanto que en plomería se identifican con el diámetro interior nominal, la tubería de cobre utilizada en las instalaciones

³⁰ Ibid., p. 60

del sistema de refrigeración de las cámaras frigoríficas es del tipo flexible y rígido. Los tubos flexibles no requieren de codos para sus curvas; se requiere de un dobla tubo para darles los grados de doblez que se requieran, mientras que los tubos rígidos requieren de conexiones para que tengan dobleces de 45 o 90°.

Clasificación de las tuberías de cobre utilizadas en refrigeración **K, L y M**, con base en el espesor de su pared:

K: pared gruesa; aprobada para refrigeración.

L: pared mediana; aprobada para refrigeración.

M: pared delgada; no se utiliza en refrigeración.

La tubería de pared delgada tipo M no se utiliza en conductos para refrigerante presurizados, ya que no tiene suficiente espesor de pared para cumplir con los códigos de seguridad. Sin embargo, se emplea en líneas de agua, drenajes de condensados, y otros requerimientos relacionados del sistema.

La tubería de pared gruesa tipo K está diseñada para uso especial, donde se pudieran esperar condiciones anormales de corrosión y fricción.

La de tipo L es más frecuente para uso de refrigeración y se encuentra en el comercio con mayor facilidad³¹.

3.4.2.14. Refrigerantes utilizados en cuartos fríos Un gas refrigerante es una sustancia capaz de absorber y transportar grandes cantidades de calor; lo puede hacer debido a que cambia de estado, el líquido absorbe calor cuando tiene una baja presión y cambia de fase (líquido a vapor), y lo libera cuando está en alta presión y en fase gaseosa, en la refrigeración mecánica se requiere un proceso que pueda transmitir grandes cantidades de calor, económica y eficientemente, y

³¹ Ibid., p. 61

que pueda repetirse en forma continua. Los procesos de evaporación y condensación de un líquido son, por lo tanto, los pasos lógicos en el proceso de refrigeración, un refrigerante debe satisfacer dos importantes requisitos:

1. Debe absorber el calor rápidamente, a la temperatura requerida por la carga del producto.
2. El sistema debe usar el mismo refrigerante constantemente, por razones de economía y para el enfriamiento continuo, no existe el refrigerante perfecto, y hay una gran variedad de opiniones sobre cuál es el más apropiado para aplicaciones específicas³².

- **Clases de refrigerantes**

Existen muchos tipos de refrigerantes, algunos de ellos se usan en forma habitual, en las primeras instalaciones de refrigeración se empleaban, por lo general, amoníaco, bióxido de azufre, propano, etano y cloruro de etilo, los cuales aún se usan en varias aplicaciones, sin embargo, debido a que estas sustancias son tóxicas, peligrosas o tienen características no deseadas, han sido reemplazadas por otras creadas especialmente para usarse en refrigeración, en trabajos a temperaturas extra bajas, o en instalaciones con grandes compresores centrífugos, se usan refrigerantes especiales, pero en equipo de refrigeración para cámaras frigoríficas, tal vez se trabaje con clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos, mezclas zeotrópicas, mezclas azeotrópicas o hidrofluorocarbonos.

Muchos refrigerantes que se usan en la actualidad contienen carbono, flúor, cloro y, en algunos casos, hidrógeno, la excepción son el amoníaco y los HFC (hidrofluorocarbonos), los clorofluorocarbonos (CFC), como su nombre lo indica, los clorofluorocarbonos (CFC) consisten en cloro, flúor y carbono, como no contienen hidrógeno, los refrigerantes CFC son químicamente muy estables,

³² Ibid., p. 62

inclusive cuando se liberan a la atmósfera, pero como contienen cloro en su composición están dañando la capa de ozono, permanecen en la atmósfera de 60 a 1700 años, en la actualidad quizás algunas cámaras frigoríficas están trabajando con refrigerante 12 (R-12) o refrigerante 502 (R-502), aunque hoy nuestro país tiene el compromiso de eliminar el consumo al 100%, de estas sustancias para el año 2010, ya que dañan la capa de ozono debido a su contenido de cloro.

Actualmente se ha reducido en más de 90% el consumo, y un logro importante es que, a partir de septiembre del 2005, en México ya no se producen estas sustancias.

Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), son la segunda categoría que está vigente actualmente, aunque contienen cloro, que daña la capa de ozono, los refrigerantes HCFC también contienen hidrógeno, que los hace químicamente menos estables una vez que suben a la atmósfera, en países en desarrollo está permitido su uso hasta el año 2040, El R-22 es un ejemplo de un refrigerante HCFC que se ha utilizado en todo el mundo por muchos años.

En la actualidad existen muchas cámaras frigoríficas que están trabajando con este refrigerante debido a sus características a bajas temperaturas de evaporación.

Mezclas zeotrópicas, se identifican por un número de tres cifras que comienza con el número 4, seguido de una letra mayúscula para diferenciar diversas proporciones de mezcla las forman dos o más sustancias simples o puras, que al mezclarse en las cantidades preestablecidas generan una nueva sustancia, la cual tiene temperaturas de ebullición y condensación variables, para estas mezclas se define el punto de burbuja como la temperatura a la cual se inicia la evaporación, y el punto de rocío como la temperatura a la cual se inicia la condensación. También se requiere definir otras características, como el fraccionamiento, que es el cambio en la composición de la mezcla cuando ésta cambia de líquido a

vapor(evaporación) o de vapor a líquido (condensación), y el deslizamiento de la temperatura, que es el cambio de temperatura durante la evaporación debido al fraccionamiento de la mezcla. Ejemplos: R-404A, R-407C, R-401A, R-401B o R-409A.

Mezclas azeotrópicas, así se denominan las mezclas de dos o más componentes de diferente volatilidad, las cuales, al utilizarlas en un sistema de refrigeración, no cambian su composición ni su temperatura de saturación al hervir en el evaporador, o se condensan a una presión constante. La composición del líquido es la misma que la del vapor.

Las mezclas azeotrópicas pueden inclusive destilarse, sin que cambie su composición, el prefijo a antes de la palabra zeótropo es de raíz latina y significa una negación, por lo que la palabra azeótropo se puede interpretar como que “no cambia al hervir”, al combinar los componentes, la mezcla resultante se comporta en muchas maneras como si fuera un solo refrigerante puro, con una sola temperatura de saturación correspondiente a una presión dada. A las mezclas azeotrópicas que se comercialicen deberá asignárseles un número de identificación progresiva de la serie 500. El refrigerante de mezcla azeotrópica más empleado en cámaras frigoríficas es el R-507.

Hidrofluorocarbonos (HFC), estos son sustancias que contienen hidrógeno, flúor y carbono, no contienen cloro y por consiguiente no dañan la capa de ozono; su PAO es igual a cero, el HFC de uso habitual en nuestro país es el R-134a este refrigerante ha sido seleccionado como el refrigerante alternativo para reemplazar al CFC-12 o al R-12 en cámaras frigoríficas para temperatura media³³.

³³ Ibid., p. 63

3.4.2.15. Lubricantes en el sistema de refrigeración de cámaras frigoríficas Los compresores de refrigeración requieren de un lubricante que, además de mantener aceitadas sus partes mecánicas, sirva como barrera para separar el gas del lado de la descarga del de la succión, también actúa como medio enfriante, transfiriendo el calor de los bujes, y de todos los elementos del mecanismo del compresor, al cárter, de donde es enviado a las paredes del compresor, generalmente, mientras se tenga una mayor viscosidad en el lubricante, será mejor el sellado y menor el nivel de ruido, en un sistema hermético o semihermético, en donde el motor eléctrico es expuesto al gas refrigerante y al aceite, se requiere de un lubricante con propiedades dieléctricas. El refrigerante va transportando una pequeña porción de lubricante a lo largo del sistema de refrigeración.

Este lubricante debe regresar al compresor rápidamente y ser capaz de fluir en bajas temperaturas, estar libre de partículas suspendidas, o de elementos tales como la cera, que pudieran tapan el control de flujo, o quedarse depositadas en el evaporador y afectar la transferencia de calor, en el sistema hermético, el lubricante sólo debe de cargarse una vez y debe durar toda la vida del compresor.

La estabilidad química requerida en la presencia de gas refrigerante, metales, barniz aislante del motor eléctrico del compresor y contaminantes es tal vez la característica que hace diferentes a los lubricantes para sistemas de refrigeración de los que se usan en otras aplicaciones³⁴.

- **Lubricantes minerales**

Los lubricantes minerales, obtenidos por destilación del petróleo, deben seleccionarse especialmente para:

³⁴ Ibid., p. 65

- Soportar diversas condiciones de trabajo.
 - Ser un excelente lubricante a altas temperaturas.
 - Permanecer estable en un amplio rango de temperaturas.
 - Tener la capacidad de mezclarse adecuadamente con el refrigerante (miscibilidad) de manera que la proporción de aceite que viaja por el sistema, transportado por el gas refrigerante, permanezca unido a él y regrese al cárter del compresor.
 - Tener un índice de viscosidad alto, sin que al bajar su temperatura en el evaporador aumente su viscosidad y tienda a quedarse atorado en él, separándose del refrigerante que vuelve al compresor.
 - Tener un punto de floculación bajo (temperatura a la cual el componente parafínico de un aceite mineral se solidifica, depositándose como sedimento, lo cual invariablemente se produce en el dispositivo de expansión, creándose, como consecuencia, una restricción al flujo de refrigerante, que puede llegar a convertirse en obstrucción permanente).
 - Tener higroscopicidad, definida como la capacidad de retener humedad mediante la interacción de fuerzas de atracción molecular de una sustancia con el agua, estas son las principales propiedades que se deben buscar en un aceite lubricante de refrigeración, los sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes CFC y HCFC trabajan con aceite mineral³⁵.
- **Lubricantes sintéticos tipo alquilbenceno**

Los lubricantes sintéticos tipo alquilbenceno, debido a sus características sobresalientes en propiedades lubricantes y sobre todo a su alta estabilidad química y térmica, y a la ausencia de parafinas, han sustituido a los aceites minerales en sistemas que funcionan con gases CFC o HCFC. El hecho de que sean altamente higroscópicos es considerado por los fabricantes de compresores como una variable manejable, esto mediante la implementación de medidas de

³⁵ Ibid., p. 66

control de humedad durante la producción y carga del lubricante, así como la creación de las condiciones aceptables en un sistema, para alcanzar niveles de deshidratación máximos, que se logran mediante el empleo de filtros secadores de suficiente capacidad, y un efectivo procedimiento de deshidratado del sistema mediante un proceso de alto vacío³⁶.

3.4.2.16. Termostato Un termostato actúa para conectar o interrumpir un circuito en respuesta a un cambio en temperatura, existen numerosos tipos de termostatos mecánicos, que van desde un simple interruptor bimetalico a interruptores múltiples que actúan con la señal de bulbos sensibles remotos, los termostatos tienen un punto de control fijo o bien son ajustables. Normalmente, un termostato de refrigeración cerrará su circuito con una elevación de la temperatura y lo interrumpirá con un descenso de ésta (figura 23) ³⁷.

Figura 23. Termostato electrónico



Fuente: Propia

³⁶ Ibid., p. 66

³⁷ Ibid., p. 68

3.4.2.17. Presostato de baja presión El presostato de baja presión tiene dos aplicaciones en refrigeración: protección contra cargas bajas y control de temperatura en el espacio refrigerado, este presostato se emplea como protección en una carga baja ajustando el control de modo que se abran los contactos cuando exista un valor por debajo de la presión de funcionamiento normal del evaporador.

Este es un control electromecánico, la conexión mecánica se conecta al lado de baja presión del compresor, también se puede conectar a la tubería o válvula de servicio de succión, la conexión eléctrica se conecta en serie con el compresor; el presostato controla el paro y arranque a través de un relevador.

Este tipo de control se puede ajustar para que el compresor pare y arranque en respuesta a la presión (para evitar que trabaje en vacío). Algunos técnicos conectan el control de baja presión para realizar el ciclo bomba fuera (recuperar el refrigerante del evaporador cuando el termostato abre sus contactos)³⁸.

3.4.2.18. Presostato de alta presión Un control de alta presión es sensible a la presión de descarga del compresor y normalmente se utiliza para parar el compresor si se presenta una presión excesiva, deberá utilizarse el control adecuado de alta presión para el tipo de refrigerante del sistema, puesto que el límite de presión permisible varía según los diferentes refrigerantes.

Un control de alta presión cierra un contacto al bajar la presión y lo abre cuando aumenta, existen controles de restablecimiento manuales o automáticos, dependiendo de la elección del funcionamiento deseado del sistema, este control también es electromecánico; la conexión mecánica se conecta en el lado de alta presión del compresor; además, se puede conectar en la tubería o válvula de

³⁸ Ibid., p. 69

servicio de descarga. La parte eléctrica se conecta en serie con el control de baja presión, termostato y relevador para proteger al compresor de daños probables si presenta altas presiones, estos tipos de controles se ajustan a la presión que se requiere que abra sus contactos (figura 24)³⁹.

Figura 24. Presostato dual



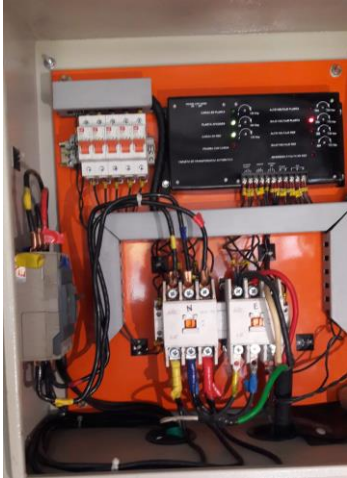
Fuente: Propia

3.4.2.19. Contactor Este es un dispositivo a través del cual pasa la corriente de carga, y que abre y cierra el circuito para arrancar o detener el motor del compresor, condensador, evaporador, etc. El contactor no dispone de elementos protectores, sólo se compone de unos juegos de platinos y la bobina de retención, la tensión de la bobina de retención del contactor varía según la aplicación que se le dará; en el mercado hay de 24, 120, 220 y 440 voltios, también el tamaño del contactor dependerá de la corriente que pasará a través de los platinos (figura 25)⁴⁰.

³⁹ Ibid., p. 69

⁴⁰ Ibid., p. 74

Figura 25. Contactor



Fuente: Propia

3.4.2.20. Centro de carga (Panel de mando) La parte principal de un circuito eléctrico de una cámara de refrigeración es el centro de carga, en él se encuentran todos los accesorios de potencia que controlan el paso de corriente al motor del compresor, por lo regular, ahí se instalan las líneas eléctricas que se distribuirán entre los accesorios eléctricos que trabajan en una cámara de refrigeración.

Es una caja que recibe las tres líneas vivas de corriente eléctrica y la conexión de tierra; en el interior tiene tres placas de donde se derivarán las demás líneas aisladas para maniobrar el paso de corriente (figura 26)⁴¹.

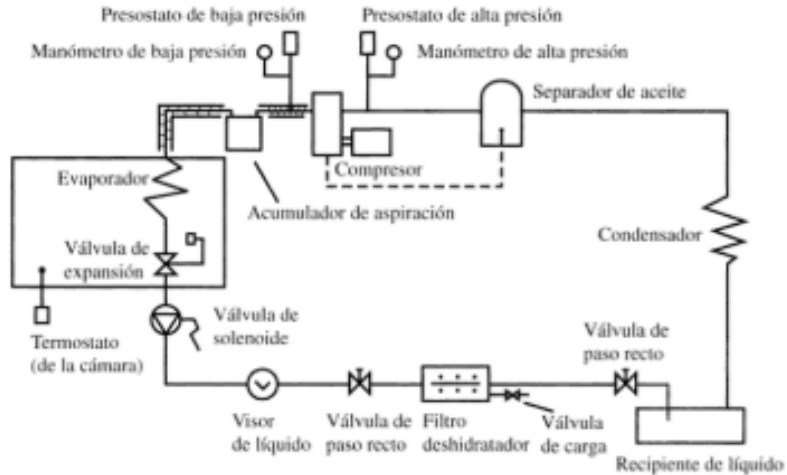
⁴¹ Ibid., p. 75

Figura 26. Panel



Fuente: Propia

Figura 27. Elementos de un circuito frigorífico en los que se añaden los dispositivos de seguridad y control.



Fuente: Franco Lijó, Juan Manuel. Manual de refrigeración. Barcelona: Editorial Reverté, 2006. p. 4

3.4.2.21. Manómetros “Dan una información muy importante de la carga que tiene el sistema, en todo circuito frigorífico hay que distinguir presión de alta y baja por lo tanto se tiene un manómetro para alta y otro para baja presión (figura 28).

Sus principales características son:

- a) Lo que diferencia a un manómetro de alta de uno de baja presión, está en los valores de sus escalas:
 - En el manómetro de baja presión, suele estar comprendida entre -1/+10 bar.
 - En el manómetro de alta presión, va de 0 a 35 bar.

- b) Se distinguen por sus colores
 - Baja azul, alta rojo

- c) En todo manómetro hay que distinguir varias escalas:
 - Una corresponde a las presiones
 - Y dos o tres más, que corresponden a las temperaturas de otros tantos fluidos refrigerantes”⁴².

Figura 28. Manómetros



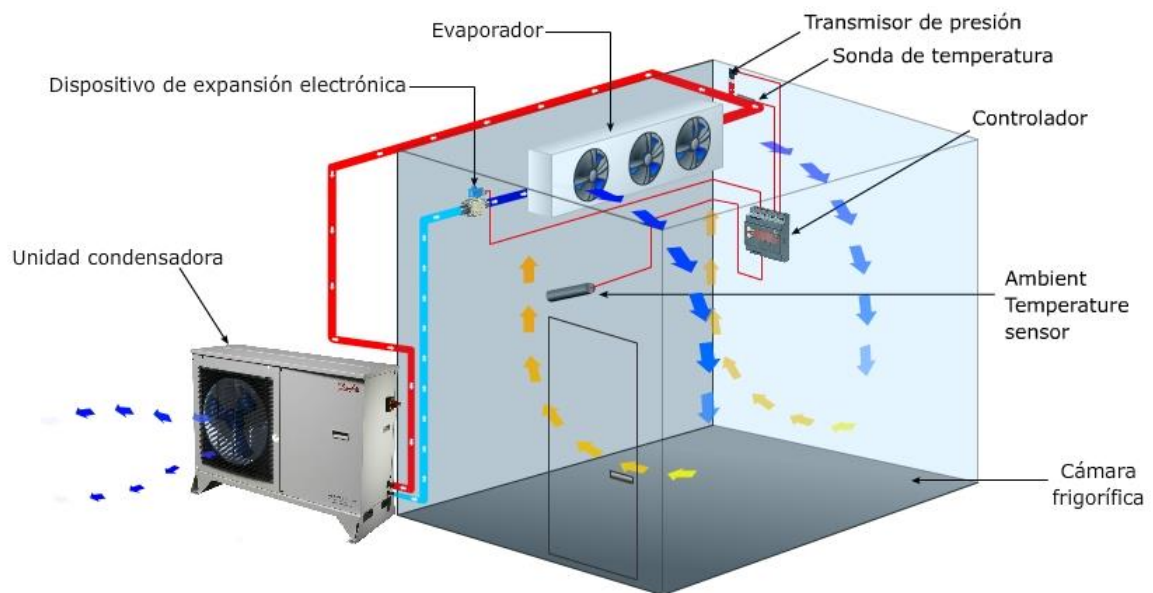
Fuente: VIA INDUSTRIAL. Manómetros con glicerina. 2008-2019. (Recuperado en 22 septiembre 2018). Disponible en <http://www.viaindustrial.com/manometros-con-glicerina>.

⁴² Franco Lijó, Juan Manuel. Manual de refrigeración. Barcelona: Editorial Reverté, 2006. P. 159

3.5. DESCRIPCION DEL CUARTO FRIO

3.5.1. ¿Qué es un cuarto frío? Es una nevera o congelador que tiene una mayor capacidad y que permite almacenar los productos de una manera organizada y de acuerdo a sus características a una temperatura inferior a la temperatura ambiente (Anexo A)⁴³.

Figura 29. Cuarto frío



Fuente: Cámaras frigoríficas – Módulo 1 [en línea]. s.f. (Recuperado en 22 septiembre 2018). Disponible en <https://frigoristas.wordpress.com/camaras-frigorificas-1/>

Listado de elementos que componen el cuarto frío controlan el paso de corriente al motor del compresor, por lo regular, ahí se instalan las líneas eléctricas que se distribuirán entre los accesorios eléctricos que trabajan en una cámara de refrigeración (Tabla 4).

⁴³ Mateus, Vanessa. ¿Cómo funciona un cuarto frío? 2013. (Recuperado en 22 septiembre 2018). Disponible en <https://prezi.com/vllwqegwlc dw/como-funciona-un-cuarto-frio/>

Tabla 4. Lista de elementos de un cuarto frío

Elemento	Marca	Modelo
Compresor a 220 VAC	KRUNER	2C0692SH-2DU
Condensador	BITZER	
Ventilador de condensador y evaporador 220 VAC	MIPAL	Tipo Axial 30"
Filtro secador	DANFOSS	DCL084 1/2 "
Válvula de expansión	DANFOSS	TEX2 orificio 5
Evaporador	DANFOSS	
Válvula solenoide, 220 VAC	DANFOSS	EVR6 Conexión 1/2", 220 VAC
Manómetro glicerinado	RITHEM	baja, rango 0 a 100 PSI y de alta 0 a 500 PSI
Presostato de alta y baja	DANFOSS	electromecánico
Visor de líquido y humedad	DANFOSS	SGN12 1/2"
Separador de aceite	EMERSON	A-F58877 1/2 "
acumulador de refrigerante	EMERSON	
Controlador de temperatura	FULLGAUGE	TC940RI PLUS
Contactador tripolar para motocompresor y ventiladores	SIEMENS	3RT1026, CI20
Tubería de cobre 1/2		L o Y
Tubería de cobre 3/8		L o Y

Fuente: Elaboración propia

4. IMPLEMENTACION DE ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO

La implementación de la metodología RBI basada en el riesgo, involucra tres actividades principales estimación del riesgo, evaluación del riesgo y planificación del mantenimiento, en pro de aumentar la integridad de los equipos y de esta forma garantizar la conservación de los productos y aumentar la confianza en los clientes. Para los cuartos fríos, busca evitar grandes costos de mantenimiento, debido a la no ejecución de mantenimiento preventivo ocasionando la pérdida de medicamentos por cadena de frío.

Para iniciar con la metodología RBI, se conformó una mesa de trabajo de la siguiente manera: una persona que conozca todo el proceso administrativo de la empresa, una persona que sea experto en montajes de cuartos fríos y mantenimiento, para lograr un conocimiento integral del funcionamiento de los mismos y un experto en la metodología RBI, para dar inicio al análisis de criticidad de todo el sistema.

Arrojando que la etapa electromecánica del cual se compone el cuarto frío es la de mayor riesgo ya que es donde se alojan los elementos más críticos y requieren mayor atención.

4.1. ELECCIÓN DE FRONTERA DE ESTUDIO

La etapa objeto de estudio son los componentes del sistema de refrigeración, el cual se compone de; el compresor, condensador, dispositivo de expansión, evaporador y control del sistema.

Debido a que la integridad es la capacidad de los materiales, equipos y estructuras para resistir la carga aplicada contra el defecto de fabricación, y construcción o daños causados por su rendimiento o por la interacción con el entorno. Y lo que se

plantea en los objetivos es confiabilidad de los equipos, y que realicen las funciones requeridas satisfactoriamente en condiciones específicas dentro de un período de tiempo determinado o la duración de la probabilidad de un rendimiento sin fallas en las condiciones establecidas.

4.2. RBI o RCM

La inspección basada en riesgo (RBI) como producto asociado a la integridad aplicado para equipos mecánicos estáticos o estacionarios, y el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) como producto relacionado con la confiabilidad aplicado para máquinas rotativas o sistemas mecánicos funcionales, en las dos metodologías se realiza evaluación del riesgo, el cual es definido como la función de la probabilidad de falla y la consecuencia de la falla. Dado que los dos métodos definen el riesgo, debería haber un enfoque similar para desarrollar el nivel de desempeño definido.

Ya que el objetivo es diseñar una estrategia de mantenimiento que garantice la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos de refrigeración, de tal forma que cuenten con un mantenimiento programado que asegure su correcto funcionamiento y vida útil. Se determina que la metodología a aplicar es mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) como producto relacionado con la confiabilidad.

Con respecto a lo indicado anteriormente, se procede a describir los elementos de estudio con sus características técnicas y condiciones operacionales y sus funciones, análisis de fallas, el cual a partir de la función principal de cada elemento se determinan las fallas funcionales y a cada falla funcional se le haya sus modos de falla y por último a cada modo de falla se determinan los efectos de falla.

Luego se realizó un análisis de las consecuencias de cada modo de falla, para cada modo de falla se evaluaron las consecuencias con el medio ambientales, en seguridad física, económico e imagen corporativa de la empresa, adicional se contempló el valor económico y el riesgo y su criticidad.

Para determinar las tareas de mantenimiento se utilizó con el diagrama de decisión SAE JA1012.

Una vez analizadas las dos metodologías se identificó que lo que se pretende conseguir a través del plan de mantenimiento es la confiabilidad de las instalaciones de los equipos y su funcionamiento, y no la integridad de los mismos dado que la funcionalidad de los cuartos fríos es la conservación de los medicamentos y las vacunas, y no el transporte de estos insumos. Por tanto, se identificó que la metodología que se debe utilizar es mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

4.3. GRUPO DE TRABAJO PARA RCM

El grupo que se conformó para el desarrollo de RCM es interdisciplinario de la empresa, del área administrativa y mantenimiento, que cuentan con el conocimiento sobre el funcionamiento de los cuartos fríos.

A continuación, se lista el personal que participo en RCM y su cargo dentro de la empresa.

Tabla 5. Listado de personal de la empresa que participo en RCM

NOMBRE	CARGO
Carlos Guevara	Jefe de Mantenimiento
Bladimir Barahona	Tecnólogo Electromecánico
Carlos Sánchez	Técnico en electricidad y electrónica
Alejandro castillo	Técnico en refrigeración
Daniel Jiménez	Técnico en refrigeración

John Guerrero	Técnico en refrigeración
Miller guerrero	Técnico Mantenimiento
Wilmer Acevedo	Facilitador

Fuente: Elaboración propia

Se escogió como líder de la estrategia de mantenimiento de RCM a Ing. Wilmer Acevedo, persona que tendrá como funciones guiar y facilitar el proceso de implementación del RCM, con el fin de que se realice de forma ordenada y efectiva.

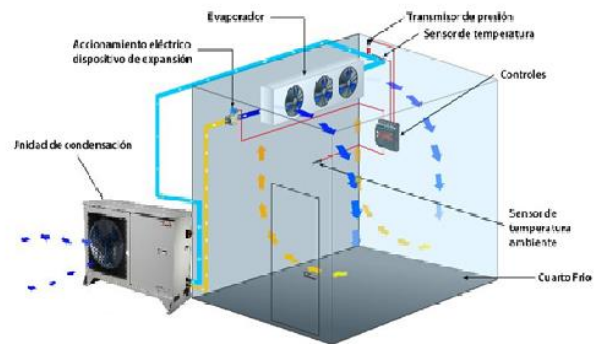
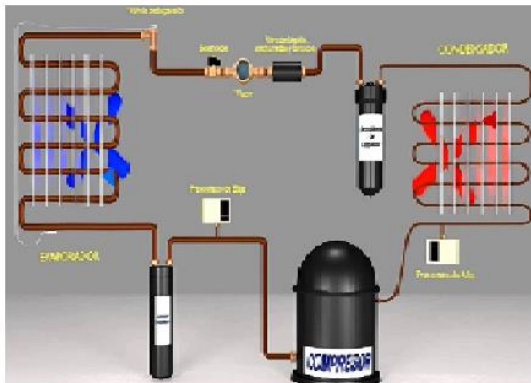
4.4. REUNIONES DEL GRUPO DE TRABAJO PARA RCM

Para el desarrollo de la metodología de RCM, se efectuaron reuniones con el objetivo de estudiar las 7 preguntas del RCM, y de este modo lograr que todos los integrantes del grupo socialicen sus ideas y verificar que la información contenida en los informes sea correcta con respecto al funcionamiento de los cuartos fríos de la empresa. En el Anexo B se detallan los objetivos de las reuniones realizadas.

4.5. FUNCIONES Y ANÁLISIS DE FALLAS FUNCIONALES

Como toda máquina el cuarto frío objeto de estudio, cuenta con unas especificaciones de funcionamiento en condiciones normales para ello se definieron las funciones del sistema electromecánico cuarto frío. Ver Anexo D. Definición de funciones, al igual para el planteamiento inicial definimos las fronteras con el fin de lograr ser más específicos en cuanto a los eventos que se pueden presentar y la forma de contención que adoptaríamos para contrarrestar dicha situación.

Figura 30. Fronteras del sistema



4.6. ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA

El modo de falla es definido como el evento o mecanismo que causa la falla funcional se realizó la descripción de cada uno en el desarrollo del estudio y la aplicación de matrices.

Mediante este análisis se describió los efectos que se producen a partir de la ocurrencia de los modos de falla. La descripción del efecto contempló aspectos como la incidencia que el efecto podría causar a la seguridad de las personas y el medio ambiente, las consecuencias operacionales, el riesgo económico y la imagen corporativa además del valor económico del riesgo. Adicionalmente se efectuó el análisis de si la falla por si misma era evidente para el operador en las condiciones normales, lo cual responde al primer cuestionamiento del diagrama de decisión utilizado, consignando su resultado en la hoja de trabajo como Falla Oculta

La falla funcional de un equipo es la pérdida de la capacidad de desarrollar su principio de funcionamiento de forma total, parcial o desarrollar un funcionamiento erróneo (Anexo F y G).

4.7. ANÁLISIS DE RIESGO

La valoración de riesgo permite establecer si los modos de falla son tolerables, inadmisibles o si puedan ser llevados a falla. Identificados los efectos que se producen sobre la seguridad de las personas, el medio ambiente, los impactos económicos, la imagen corporativa se valoran frente a la Matriz de Riesgo y son ponderados por el mayor de los impactos.

En el presente estudio se desarrolló la matriz de riesgo para las actividades de Mantenimiento del Sistema, ya que la empresa no contaba con ningún tipo de matriz como se muestra en el Anexo H.

4.8. SELECCIÓN DE TAREAS

Con la información recopilada y todo el desarrollo del ítem tratados anteriormente hace que se puedan tomar decisiones frente a los riesgos de los modos de falla estudiados. Los tipos de tareas seleccionados fueron priorizados de acuerdo a las siguientes posibles opciones:

1. Monitoreo o Búsqueda de fallas
2. Recuperación de la condición.
3. Cambio de partes.
4. Análisis de condición.
5. Correr a falla.

Para integrar las tareas con las consecuencias se usó el Diagrama de Decisión propuesto por la SAE JA1012, ya que es una herramienta base y sirve de guía según lo evidenciado en una clase

5. CONCLUSIONES

Dado la importancia de los elementos que están en el interior de los cuartos fríos (medicamentos y vacunas) su costo, su potencia inmunogenica, su condición de almacenamiento entre 2°C + 8°C, se evidencia que la mayoría de procesos están en el nivel muy alto y alto en la matriz de criticidad por tal razón la mayoría de modos de falla detectados deben tener toda la atención puesta ya que al presentarse esa condición las consecuencias pueden ser complejas no solo a nivel económico también se ve afectada la población que a la cual no se le podría aplicar las vacunas teniendo un trasfondo social y posterior la imagen corporativa al permitir el daño del cuarto y no haber generado un proceso de seguimiento para tener la disponibilidad en su máxima expresión del sistema electromecánico en todo momento de allí la importancia de estructurar de forma adecuada el plan de mantenimiento.

El desarrollo de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad – RCM permitió la dar solución a interrogantes planteados sobre definir y analizar las fallas funcionales, los modos de falla, los riesgos en seguridad, medio ambiente, operacionales y las consecuencias con probabilidad de ocurrencia sobre el sistema electromecánico de los cuartos fríos.

El diseño del Plan de Mantenimiento estructurado mediante la aplicación de la metodología RCM está orientado al cumplimiento de los requerimientos regulatorios y establece bases sólidas para la gestión eficiente del activo en procura de minimizar la probabilidad de materialización de los modos de falla analizados.

Generando el análisis de criticidad como punto inicial de análisis, se encontró que componentes electromecánicos del cuarto frío son los más críticos ya que presenta el valor de riesgo más alto, y su mantenimiento es el más costoso por lo que requiere una mayor demanda de tiempo, y representa el mayor riesgo.

Se realizó la evaluación de consecuencias de cada modo de falla y se planteó para cada uno, una tarea de mantenimiento en la que se definió la periodicidad, horas hombre, recursos, materiales y de ser necesario que repuesto se requiere.

Para la implementación de la estrategia de mantenimiento RCM y RBI se requiere la gestión de recursos por parte de la gerencia y área de mantenimiento, así como la disposición del personal para dar cumplimiento a las tareas programadas

Con el mantenimiento centrado en confiabilidad se logra mejorar el conocimiento de los equipos y como estos pueden llegar a no cumplir la función deseada; sin embargo, su aplicación exige gran recurso de horas hombre y su implementación puede ser dispendiosa; razón por la cual debe aplicarse solo a aquellos activos que son críticos para la operación del sistema o que causen grandes pérdidas operacionales.

BIBLIOGRAFIA

BOHN (2005), Instalación del sistema de refrigeración, Editorial Bohn.Copeland, Gilvert (1981),

Boletines de ingeniería, Editorial Gilvert Copeland.Copeland, Gilvert (1992),

DOUNCE VILLANUEVA, Enrique. La productividad en el mantenimiento industrial [en línea]. 3 ed. México, D.F.: Grupo Editorial Patria; 2014. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3227904>.

Estrategias de gestión organizacional para la microempresa Interhospitalaria SAS, localizada en la ciudad de Bogotá. Tecnología en Gestión Empresarial. Bogotá, octubre de 2012.

FRANCO LIJÓ, Juan Manuel. Manual de refrigeración [en línea]. Editorial Reverté, 2012. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3214863>.

Guía de ayuda técnica 2006. Editorial Emerson. Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (ARI), 1999.

INTERHOSPITALARIA S.A.S. Documento institucional.

Manual de refrigeración y aire acondicionado, tomos I, II y III, Prentice Hall Hispanoamérica.

Manual técnico de Valycontrol (refrigeración y aire acondicionado) (1997), Editorial Valycontrol.Whitman, William C. y Johnson, William M. (1998),

MC QUISTON, Faye. Calefacción, ventilación y aire acondicionado: análisis y diseño. México: Limusa Wiley, 2003. 261 p.

MEDRANO MÁRQUEZ, José Á., GONZÁLEZ AJUECH, Víctor L. Mantenimiento: técnicas y aplicaciones industriales [en línea]. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria; 2017. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=5213557>

MENESES RAMÍREZ, Edgar, et. al. Inspección basada en el riesgo (IBR-API RP 580).

NAVARRO ELOLA, Luis, PASTOR TEJEDOR, Ana Clara y MUGABURU LACABRERA, Jaime Miguel. Gestión integral de mantenimiento [en línea]. Barcelona: Marcombo; 1997. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3185475>.

Principios de la refrigeración, CECSA. Emerson, 2006,

RAMOS MARTÍN, Alicia, RAMOS MARTÍN, María Jesús y VIÑAS VILA, Santiago. Montaje y mantenimiento de equipos [en línea]. Madrid: McGraw-Hill España; 2013. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3212469>.

Risk Based Inspection (IBR-API RP 580). En: Revista del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas [en línea]. Vol. 13 No. 26. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/346/304>

ROY, J. Manual de refrigeración Gilvert Copeland, partes 1, 2, 4 y 5, (1992). Editorial Gilvert Copeland. Dossat, (1990),

SANZ DEL CASTILLO, Félix Y SANZ DEL CASTILLO, Dionisia. Control de refrigeración [en línea]. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia; 2014. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3219194>.

Tecnología de refrigeración y aire acondicionado, tomos 1 y 2, Editorial Marcombo.

VILLANUEVA MANRESA, Rafael. Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración [en línea]. Alicante: ECU; 2009. (Recuperado en 30 abril 2018). Disponible en <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibliouissp/detail.action?docID=3195411>.

ANEXOS

Anexo A. Ficha técnica de cuartos fríos

 <p style="text-align: center;">Cadena de Frío</p>	<h2 style="margin: 0;">FICHA TECNICA CUARTO FRIO</h2>			INTERHOSPITALARIA
				MANTENIMIENTO
Línea: Cuartos Fríos	Modelo: CFNAL-01	Aprobado por: Ing. de Mantenimiento	Fecha: 1 de octubre 2018	Versión: 2018
<p>Cuarto Frío: Fabricado en paneleería desarmable inyectada en poliuretano de alta densidad en acero galvanizado pre pintado, temperatura de 2 a 8 °C aproximados. Enfriamiento por convección forzada, color almendra en la parte exterior, con auto cierre hermético, y chapa de seguridad, iluminación interior y termómetro de control de temperatura exterior visible.</p>				
<p>Especificaciones Técnicas</p> <p>Material: paneleería desarmable inyectada en poliuretano de alta densidad en acero galvanizado pre pintado. Puerta isotérmica forrada en acero inoxidable. Capacidad: 1 a 4 TR. Control de temperatura. Alimentación eléctrica monofásica y/o trifásica. Accesorios: cerradura, candado de seguridad, material lavable, fácil desinfección y drenado.</p>				
<p>Accesorios</p> <p>cerradura candado de seguridad material lavable fácil desinfección y drenado.</p>				
<p>Características De Uso</p> <p>Verificar temperatura inicial. Cargar con productos pre-enfriados. Almacenar productos en canastillas sobre estibas.</p>				
<p>Control Especial Durante El Manejo</p> <p>Verificar la temperatura Verificar que la puerta este bien sellada Manejar siempre las buenas practicas en la utilización de este equipo. Mantener circulación del aire entre los productos en Canastillas. No cubrir con papel.</p>				



FICHA TECNICA CUARTO FRIO

INTERHOSPITALARIA

MANTENIMIENTO

PROCEDIMIENTO DE LIMPIEZA Y DESINFECCION:

Apagar el equipo

utilizacion de EPP y ropa adecuada de trabajo

Humedecer las superficies a limpiar con suficiente agua potable, de modo que el agua la cubra totalmente.

En caso de no poder utilizar una manguera, el agua debe estar contenida en recipientes completamente limpios como baldes plásticos.

Enjabonar las superficies a limpiar esparciendo solución de jabón alcalino al 2% con una esponja o cepillo.

Restregar las superficies eliminando completamente todos los residuos que puedan estar presentes en ellas.

Muchas veces estos residuos no son muy visibles, por esta razón la operación debe ser hecha concienzudamente de modo que toda el área que está siendo tratada quede completamente limpia.

La superficie se deja en contacto con el jabón por un periodo de dos a cinco minutos, este tiempo puede prolongarse dependiendo del tipo de superficie a limpiar y del tipo de jabón que se esté utilizando.

Enjuagar con suficiente agua potable, de modo que el agua arrastre totalmente el jabón.

Revisar visualmente para verificar que ha sido eliminada toda la suciedad.

En caso de necesitarse se debe hacer de nuevo un lavado con solución de jabón alcalino hasta que la superficie quede completamente limpia.

Desinfectar cuando la superficie está completamente limpia.

Para la misma se utiliza una solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm. La solución de desinfectante



Anexo B. Reuniones de trabajo para RCM

FECHA	OBJETIVO	OBSERVACIONES
02/06/2018	Reunión de conformación de mesas de trabajo, el guía presenta los objetivos, alcance de las actividades del desarrollo de la metodología RCM. -Se asignan responsabilidades para los integrantes.	
30/06/2018	Aportes sobre el funcionamiento de los cuartos fríos. Funciones y estándares asociados al contexto operacional Desarrollo del análisis de criticidad por todo el grupo para los elementos que componen el cuarto frío y definición de fronteras.	
13/07/2018	Presentación informe de análisis de criticidad.	
27/07/2018	Desarrollo del análisis de falla con respecto al contexto operacional.	
10/08/2018	Presentación informe de análisis de falla y retroalimentación.	
24/08/2018	Mesa de trabajo para análisis de que causa la falla, consecuencias de cada modo de falla, que ocurre y que puede hacerse para evitar la falla.	
02/10/2018	Mesa de trabajo para el desarrollo de toda la estrategia de mantenimiento RCM.	

Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Análisis de criticidad

ELEMENTO DE ESTUDIO	FUNCIONES	Cons. Seguridad	Cons. Ambiental	Cons. Imagen	Cons, operacional	Cons, Financiera	Evaluacion del riesgo
Sistema de evaporacion	Hacer circular el aire de la camara frigorifica, mediante medianrte ventiladores por el serpentín para sacar el aire caliente del del cuarto.	4B	2C	3B	3D	3A	Alto
Sintema de condensacion	medio por el cual el refrigerante pasa de estado gaceoso a liquido para aumentar la presion al refrigerante para disipar la temperatura del refrigerante.	4C	4B	3B	3D	3A	Alto
Sistema de control	Generacion de un control para regular el comportamiento del sistema de frio mediante las variables definidas obteniendo un dominio de las variables de salida hasta alcanzar valores predeterminados	3D	3B	3A	2D	3A	Alto
Camara frigorifica	Almacenamiento de productos como medicamentos o bacunas para su conservacion. mediante el desenso de temperatura interna	2A	2B	2A	A1	2A	Bajo
Iluminacion camara frigorifica	Proporcionar iluminacion en la parte interna del cuarto frio, para visualizar elementos dentro del cuato frio	1C	2B	2A	A2	1A	Bajo
Cortina PVC	bloquear el paso de aire caliente hacia el interior de cuarto frio	1B	1B	1A	A1	1A	Bajo
Estanteria	organización de manera ordenada de los medicamentos y vacunas sin que tengan contacto con el piso ni paredes.	1A	1B	1A	A1	1A	Bajo

Fuente: Elaboración propia

Anexo D. Listado de elementos mecánicos que componen un cuarto frio para análisis de criticidad

ELEMENTO	FUNCION
Compresor	Aumentar la presión y desplazar un fluido refrigerante
Condensador	Intercambiar la temperatura de presión que sale del compresor y transformarla en líquido.
Ventilador de condensador	Extraer la temperatura alta del condensador
Filtro secador	Filtrar impurezas y humedad en el sistema de circulación del refrigerante
Válvula de expansión	Aumentar o regular la salida del refrigerante al evaporador
Evaporador	Absorber calor del espacio a enfriar
Ventilador evaporador	Desplazar el aire frio por todo el gabinete
Válvula solenoide	Apertura y cierre de paso de refrigerante
Manómetro baja	Visualizar la presión de refrigerante por el lado de succión que tiene el sistema
Manómetro alta	Visualizar la presión de refrigerante por el lado de descarga que tiene el sistema
Presostato de alta	Proteger el compresor cuando la presión supera los límites ajustados
Presostato de baja	Proteger el compresor cuando la presión disminuye los límites ajustados
Visor de líquido y humedad	Permitir la visualización del estado de nivel de refrigerante y de humedad del sistema
Separador de aceite	Separar el refrigerante del aceite para que el compresor no se quede sin aceite

acumulador de refrigerante	Retener el refrigerante en estado líquido y dejarlo salir en forma de gas
Controlador de temperatura	Prender y apagar el sistema por medio de las temperaturas programadas
Contactador para motocompresor	Habilitar o deshabilitar el motocompresor
Contactador para ventiladores	Habilitar o deshabilitar los ventiladores

Fuente: Elaboración propia

Anexo E. Definición de funciones

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	COD. DE FUN.	FUNCIONES
Sistema electromecánico cuarto frio	Compresor a 220 VAC krüner, modelo 2C0692SH-2DU	VIN 220 VAC, TRIFASICO, 15 A max. para compresor de 3HP	F1	Aumentar la presión y desplazar un fluido refrigerante por todo el sistema
Sistema electromecánico cuarto frio	Condensador Bitzer	VIN 220 VAC, TRIFASICO, 5 A Max, 1570W para ventiladores	F2	Intercambiar la temperatura de presión que sale del compresor y transformarla en líquido.
Sistema electromecánico cuarto frio	Ventilador de condensador y evaporador MIPAL 220 VAC Tipo Axial 2 Fases, aspa 30 "	Operación Automática mediante controlador programable	F3	Extraer la temperatura del condensador o evaporador
Sistema electromecánico cuarto frio	Filtro secador Danfoss ref. DCL084 1/2 "	presión de trabajo por línea de baja entre 20 y 45 PSI	F4	Filtrar impurezas y humedad en el sistema de circulación del refrigerante
Sistema electromecánico cuarto frio	Válvula de expansión Danfoss TEX2 orificio 5	Presión de trabajo por línea de alta entre 150 y 220 PSI	F5	Aumentar o regular la salida del refrigerante al evaporador

Sistema electromecánico cuarto frio	Evaporador	Refrigerante R22	F6	Absorber calor del espacio a enfriar
Sistema electromecánico cuarto frio	Válvula solenoide, Danfoss, Mod. EVR6 Conexión 1/2", 220 VAC		F7	Apertura y cierre de paso de refrigerante
Sistema electromecánico cuarto frio	Manómetro gliserinado RITHEM de baja, rango 0 a 100 PSI y de alta 0 a 500 PSI		F8	Visualizar la presión de refrigerante por el lado de succión y de descarga que tiene el sistema
Sistema electromecánico cuarto frio	Presostato de alta y baja Danfoss, electromecánico		F9	Proteger el compresor cuando la presión supere o disminuya de los límites ajustados.
Sistema electromecánico cuarto frio	Visor de líquido y humedad danfoss 1/2" Mod. SGN12		F10	Permitir la visualización del estado de nivel de refrigerante y de humedad del sistema
Sistema electromecánico cuarto frio	Separador de aceite Emerson Mod. A-F58877 1/2		F11	Separar el refrigerante del aceite para que el compresor no se quede sin aceite.

Sistema electromecánico cuarto frio	Acumulador de refrigerante Emerson		F12	Retener el refrigerante en estado líquido y dejarlo salir en forma de gas.
Sistema electromecánico cuarto frio	Controlador de temperatura Fullgauge Mod TC940RI PLUS		F13	Enviar señales de encendido y apagado de compresor, ventiladores y mostrar indicación de temperaturas
Sistema electromecánico cuarto frio	Contactador tripolar para moto compresor y ventiladores SIEMENS, mod. 3RT1026, CI20		F14	Anclar sistema para encendido y apagado de compresor y ventiladores

Fuente: Elaboración propia

Anexo F. Modo de falla función

Cód. Func.	Función	Cód. FF	Descripción Falla Funcional	Cód. MF	Modo de Falla
F1	Cód. Fun.	FF1	totalmente incapaz de aumentar la presión	MF1	Compresor quemado por mala conexión
				MF2	Pistón desgastado por falta de lubricación
		FF2			Pistón desgastado por falta de lubricación
		FF3	no mantiene la presión constante	MF3	Motor bloqueado por trabajo fuera del rango de voltaje
F2	Intercambiar la temperatura de presión que sale del compresor y transformarla en líquido.	FF4	totalmente incapaz de transporta el refrigerante	MF4	Tubería con fugas
		FF5	pérdida progresiva de condensación del refrigerante	MF5	Obstrucción en el condensador por acumulación de partículas de polvo

F3	Extraer la temperatura del condensador o evaporador	FF6	totalmente incapaz de transmitir movimiento	MF6	Ventilador bloqueado por voltaje inadecuado
		FF7	Transmite movimiento pero muy suave.	MF7	Ventilador desgastado por falta de lubricación
		FF8	genera ruido y golpes cuando se mueve el aspa	MF8	Aspa desbalanceada por desajuste
		FF9	Transmite movimiento pero muy suave.	MF9	Eje desalineado por desbalanceo del aspa,
F4	Filtrar impurezas y humedad en el sistema de circulación del refrigerante	FF10	Totalmente incapaz de filtrar humedad e impurezas	MF10	Taponamiento por partículas internas en el sistema de refrigeración
		FF11	Eficiencia en el sistema menor al 70%	MF11	Sistema con Humedad

F5	Aumentar o regular la salida del refrigerante al evaporador	FF12	Inyección de refrigerante descalibrada o descompensada	MF12	Diafragma desgastado por vida útil
		FF13	Totalmente incapaz de permitir el paso de refrigerante	MF13	Obstrucción o taponamiento de la válvula de expansión
F6	Absorber calor del espacio a enfriar	FF14	totalmente incapaz de absorber calor del recinto	MF14	Obstrucción en el serpentín por acumulación de partículas en la tubería del evaporador
		FF15	pérdida progresiva del refrigerante	MF15	Tubería con fugas
F7	Apertura y cierre de paso de refrigerante	FF16	Totalmente incapaz de dar paso de refrigerante	MF16	No se acciona el electroimán
		FF17	No sostiene la bala durante el ciclo	MF17	Bobina intermitente

F8	Visualizar la presión de refrigerante	FF18	Error en la lectura de la presión	MF18	Fuga de glicerina
	por el lado de succión y de descarga que	FF19	Daño en el diafragma	MF19	Exceso de presión
	tiene el sistema	FF20	Lectura de presión errónea	MF20	Desajuste interno
F9	Proteger el compresor cuando la presión supere o disminuya de los límites ajustados	FF21	Totalmente incapaz de deshabilitar el sistema	MF21	Aislamiento de las terminales eléctricas
		FF22	Daño en el diafragma	MF22	diafragma roto por sobrepresión
		FF23	Totalmente incapaz de tomar presiones	MF23	Tubería obstruida o abierta
F10	Permitir la visualización del estado de nivel de refrigerante y de humedad del sistema	FF24	Totalmente incapaz de permitir visualización	MF24	Mirilla sucia o Opacada
		FF25	Permite visualización pero genera cambio de tonalidad	MF25	Indicador que tiene humedad el sistema

F11	Separar el refrigerante del aceite para que el compresor no se quede sin lubricación	FF26	Totalmente incapaz de separar aceite	MF26	Tubería obstruida o abierta
		FF27	Permite la separación pero no entrega refrigerante al 100%	MF27	Salida con residuos que disminuyen el paso de refrigerante
F12	Retener el refrigerante en estado líquido y dejarlo salir en forma de gas	FF28	totalmente incapaz de retener	MF28	Tanque roto o fuga por sobrepresión
		FF29	totalmente incapaz de retener	MF29	Retenedor defectuoso
F13	Enviar señales de encendido y apagado de compresor, ventiladores y mostrar indicación de temperaturas	FF30	totalmente incapaz de enviar señales	MF30	Controlador quemado por sobre voltaje
		FF31	prende pero no envía señales	MF31	controlador bloqueado
		FF32	Envía señales pero con desfase	MF32	controlador defectuoso
F14	Anclar sistema para	FF33	Totalmente incapaz de	MF33	Bobina quemada por sobre tensión

	encendido y apagado de compresor y ventiladores		anclar señales		
		FF34	Totalmente incapaz de anclar señales	MF34	Bobina bloqueada por falta de tensión
		FF35	Totalmente incapaz de anclar señales	MF35	Bobina aislada por sulfatación en terminales

Anexo G. Análisis de efectos

Modo de Falla	Descripción Efectos (efecto de falla)
Compresor quemado por mala conexión	Corto circuito, Calentamiento del bloque, ruido, intenta arrancar, pero se bloquea, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frio. se debe reparar o cambiar totalmente, no hay riesgo de seguridad ni riesgo al medio ambiente
Pistón desgastado por falta de lubricación	Calentamiento del bloque, ruido, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frio, presenta amenaza ambiental si se requiere cambio de aceite o en el momento de llenado, no existe riesgo de seguridad, se debe verificar nivel de aceite y rellenar
Pistón desgastado por falta de lubricación	Calentamiento del bloque, ruido, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frio, presenta amenaza ambiental si se requiere cambio de aceite o en el momento de llenado, no existe riesgo de seguridad, se debe verificar nivel de aceite y rellenar
Motor bloqueado por trabajo fuera del rango de voltaje	Calentamiento del bloque, ruido, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frio. Existe Riesgo de seguridad por manejo de electricidad, no existe riesgo ambiental, se debe verificar alimentación eléctrica
Tubería con fugas	Existe presencia de aceite y refrigerante, Se genera perdida de la presión, no se mantiene la temperatura del cuarto, no existe riesgo de seguridad, existe riesgo ambiental por manejo de aceites, verificar fuga y reparar.
Obstrucción en el condensador por acumulación de partículas de polvo	Presencia de polvo en la tubería, se genera alarma ineficiencia en el sistema, no mantiene la temperatura, no existe riesgo ambiental ni de seguridad, requiere lavado del condensador.
Ventilador bloqueado por voltaje inadecuado	Aumento de la presión, se sube el amperaje del compresor, rendimiento del sistema disminuirá, ruido anormal del compresor, no existe riesgo ambiental existe riesgo de seguridad al verificar voltajes, no requiere ser cambiado

Ventilador desgastado por falta de lubricación	Aumento de la presión, se sube el amperaje del compresor, rendimiento del sistema disminuirá, ruido anormal del compresor, no genera riesgo de seguridad y riesgo ambiental, requiere ser cambiado.
Aspa desbalanceada por desajuste	Daño en la estructura de soporte del ventilador, daño en el condensador, ruido fuerte en el ventilador, riesgo eléctrico y riesgo ambiental si perfora la tubería, cambio de aspa.
Eje desalineado por desbalanceo del aspa	Daño en la estructura de soporte del ventilador, daño en el condensador, ruido fuerte en el ventilador, riesgo eléctrico y riesgo ambiental si perfora la tubería, cambio de aspa.
Taponamiento por partículas internas en el sistema de refrigeración	No genera paso de refrigerante, aumento de la presión, riesgo de seguridad por apertura del sistema (soldar) y riesgo ambiental (manejo de aceite y refrigerante) requiere ser cambiado y limpiar el sistema
Sistema con Humedad	Se genera paso de refrigerante, pero se evidencia que el evaporador no se escarcha completamente, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental (aceite y refrigerante)
Diafragma desgastado por vida útil	Se evidencia que el evaporador no está distribuyendo el refrigerante de forma adecuada porque hay espacios de la tubería que no están con escarcha, aumento de temperatura en el cuarto frío, riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser cambiada.
Obstrucción o taponamiento de la válvula de expansión	Se evidencia que no existe presencia de escarcha en la tubería o no está fría, aumento de temperatura en el cuarto, existe riesgo ambiental (refrigerante y aceite), abrir el sistema y realizar barrido con nitrógeno.

Obstrucción en el serpentín por acumulación de partículas en la tubería del evaporador	Se genera alarma ineficiencia en el sistema, no mantiene la temperatura, requiere lavado con desincrustante del evaporador. No existe riesgo ambiental ni de seguridad, lavado evaporador
Tubería con fugas	Se genera pérdida de la presión, no se mantiene la temperatura del cuarto, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), verificar fuga y reparar.
No se acciona el electroimán	Calentamiento del solenoide, No existe retorno de refrigerante, no existe evaporación por ende la temperatura del cuarto frío aumenta, no existe riesgo ambiental, riesgo de seguridad por verificación de voltaje. Comprobar que la solenoide genere magnetismo.
Bobina intermitente	Se bloquea el sistema por presiones, evaporación ineficiente, temperatura del cuarto frío aumentara, riesgo de seguridad (verificar alimentación eléctrica)
Fuga de glicerina	Presencia de glicerina alrededor de los manómetros, no hay riesgo de seguridad ni ambiental desde que no se desmonte del sistema. requiere ser recargado o reemplazado
Exceso de presión	Se visualiza la aguja en valores por fuera de los permitidos, existe riesgo de seguridad (abrir el sistema) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser reemplazado
Desajuste interno	Se visualiza la aguja en valores por fuera de los de trabajo, existe riesgo de seguridad (abrir el sistema) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser reemplazado
Aislamiento de las terminales eléctricas	Se observa sulfatación o desconexión de los cables, riesgo seguridad (manejo de voltajes) no hay riesgo ambiental, requiere ser limpiado con limpia contactos
Diafragma roto por sobrepresión	Riesgo de seguridad (manejo de voltajes) riesgo ambiental (refrigerante) requiere ser reemplazado.

Tubería obstruida o abierta	Se observa presencia de aceite en las uniones, riesgo seguridad (manejo de voltajes) hay riesgo ambiental (refrigerante y aceite) la fuga requiere ser corregida.
Mirilla sucia u Opacada	No se evidencia de forma adecuada el paso de refrigerante, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental (refrigerante), requiere ser cambiada.
Indicador que tiene humedad el sistema	Se evidencia el cambio de la tonalidad del indicador de humedad, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental (refrigerante), se debe cambiar el filtro y volver a cargar el sistema, realizar vació.
Tubería obstruida o abierta	Riesgo ambiental (refrigerante y aceite) requiere corregir fuga o limpiar tubería mediante presurización.
Salida con residuos que disminuyen el paso de refrigerante	Riesgo ambiental (refrigerante y aceite) requiere corregir fuga o limpiar tubería mediante presurización, requiere cambio de filtro
Tanque roto o fuga por sobrepresión	Se evidencia perforación en el cilindro, Riesgo ambiental (refrigerante y aceite) requiere corregir fuga o cambiar de tanque, requiere cambio de filtro y cambio de tanque si esta perforado.
Retenedor defectuoso	Se evidencia congelación en la tubería de succión del compresor, que riesgo ambiental (refrigerante y aceite) riesgo seguridad (soldar), requiere ser cambiado el tanque
Controlador quemado por sobre voltaje	No se prende el display, olor a quemado, no prende ningún elemento del cuarto frio, aumento de temperatura, riesgo de seguridad (eléctrico), requiere ser cambiado.
Controlador bloqueado	Se evidencia la temperatura pero no enciende ningún elemento, Riesgo de seguridad (eléctrico) no hay riesgo ambiental, requiere ser cambiado.
Controlador defectuoso	El controlador envía señales y activa elementos pero presenta desfases o lecturas erróneas, existe riesgo de seguridad (eléctrico), requiere ser reprogramado o reseteado.

Bobina quemada por sobre tensión	Corto circuito contactor quemado, Calentamiento del bloque, intenta arrancar, pero se bloquea, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frío riesgo de seguridad (eléctrico), se debe cambiar.
Bobina bloqueada por falta de tensión	Calentamiento del bloque, no hay riesgo ambiental, riesgo en seguridad (eléctrico), verificar que esté llegando el voltaje y la señal adecuada.
Bobina aislada por sulfatación en terminales	Se evidencia que ancla el sistema pero no se activa ningún elemento, riesgo de seguridad, no hay riesgo ambiental, se debe limpiar con limpia contactos.

Fuente: Elaboración propia

Anexo H. Matriz de riesgo – actividades de mantenimiento del sistema

CONSECUENCIAS				CONSECUENCIA	VALOR	PROBABILIDAD				
SEGURIDAD	AMBIENTALES	COSTOS	IMAGEN			IMPOSIBLE	IMPROBABLE	REMOTO	OCASIONAL	MODERADO
Más de un muerto	Efectos irreversibles	>100	Internacional	Catastrófico	1	Medio	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Incapacidad permanente (parcial o total)	Efectos irreversibles en menos de 2 años	ENTRE 100M - 10M	Difusión Nacional del evento	Critico	2	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
Incapacidad temporal (entre 2 y 5 días)	Efectos reversibles en menos de 6 meses	ENTRE 10 M- 1M	Difusión Regional del evento	Marginal	3	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto
Incapacidad temporal (> 1 día)	Efectos pueden ser controlados	ENTRE 1M- .05M	Difusión Local del evento	Insignificante	4	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto
Ningún tipo de lesión	No afecta el medio ambiente	<0.05M	Ningún impacto	Ninguno	5	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
						> 10 Años	< 10 Años	< 5 Años	< 2 Años	< 6 Meses
						A	B	C	D	E

TABLA DE VALORACION POR OCURRENCIA				
Probabilidad de ocurrencia	Probabilidad estadística	Descripción	Frecuencia	Valor
Moderado	Mayor al 84%	Alta probabilidad de ocurrencia; es probable que ocurra muchas veces.	Más de 8 veces al año.	1
Ocasional	Entre 50% y 84%	Significativa probabilidad de ocurrencia; es probable que ocurra varias veces.	Entre 1 y 7 veces al año.	2
Remoto	Entre 20% y 50%	Mediana probabilidad de ocurrencia; es probable que ocurra algunas veces.	Una vez entre 1 y 2 años.	3
Improbable	Entre 2% y 20%	Baja probabilidad de ocurrencia; es poco probable que ocurra pero es posible.	Una vez entre los 3 y 5 años.	4
Imposible	Entre 0% y 2%	Es casi imposible que ocurra; puede ocurrir en circunstancias excepcionales.	Una vez después de los 5 años.	5

Fuente: Elaboración propia

Anexo I. Desarrollo de la metodología RCM aplicada al sistema electromecánico de un cuarto frío

Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos (efecto de falla)	FALLA OCULTA	Valor del Riesgo	TIPO DE DECISIÓN			DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	Cod. Tarea
						TAREAS PROACTIVAS (PREVENTIVO Y PREDICTIVO)	ACCIONES A FALTA DE					
						Mantenimiento a condición	Monitoreo (Busqueda de Falla)	Correr a falla				
Aumentar la presión y desplazar un fluido refrigerante por todo el sistema,	totalmente incapaz de aumentar la presión	Compresor quemado por mala conexión	Corto circuito, Calentamiento del bloque, ruido, intenta arrancar pero se bloquea, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frío. se debe reparar o cambiar totalmente, no hay riesgo de seguridad ni riesgo al medio ambiente,	SI	Alto		SI		Inspección General del sistema de conexión y las fases del compresor - si se evidencia condición realizar conexión adecuada.	2 al año	* Humano: 3HH Técnico en refrigeración * Repuestos: compresor, filtro y refrigerante * Productividad: 3 Horas de verificación de temperaturas en el cuarto * Procedimiento	PMM01
		Piston desgastado por falta de lubricación	Calentamiento del bloque, ruido, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frío, presenta amenaza ambiental si se requiere cambio de aceite o en el momento de llenado, no existe riesgo de seguridad, se debe verificar nivel de aceite y rellenar	SI	Alto		SI		Verificar acidez de aceite del compresor si el PH no pasa reazalar cambio de forma inmediata de aceite	2 al año	* Humano: 2HH Técnico en refrigeración * Repuestos: aceite sintético y refrigerante * Productividad: 3 Horas de verificación de temperaturas en el cuarto * Procedimiento	PMM03
		Piston desgastado por falta de lubricación	Calentamiento del bloque, ruido, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frío, presenta amenaza ambiental si se requiere cambio de aceite o en el momento de llenado, no existe riesgo de seguridad, se debe verificar nivel de aceite y rellenar	SI	Alto		SI		Verificar nivel de aceite del compresor en la mirilla- si hace falta reaprovisionar	2 al año	* Humano: 2HH Técnico en refrigeración * Repuestos: papel de prueba PH, aceite sintético, filtro y refrigerante * Productividad: 3 Horas de verificación de temperaturas en el cuarto * Procedimiento	PMM02
	Motor bloqueado por trabajo fuera del rango de voltaje	Calentamiento del bloque, ruido, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frío. Existe Riesgo de seguridad por manejo de electricidad, no existe riesgo ambiental, se debe verificar alimentación eléctrica	SI	Muy Alto		SI		Verificar voltaje de entrada al compresor si sale de parametros normales de trabajo colocar protección eléctrica	2	* Humano: 1HH Técnico en electricista * Repuestos: protector electrónico * Productividad: 1 Horas de verificación de temperaturas en el cuarto * Procedimiento	PMM04	

Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos (efecto de falla)	FALLA OCULTA	Valor del Riesgo	TIPO DE DECISIÓN			DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	Cod. Tarea
						TAREAS PROACTIVAS (PREVENTIVO Y PREDICTIVO)	ACCIONES A FALTA DE					
						Mantenimiento a condición	Monitoreo (Busqueda de Falla)	Correr a falla				
Intercambiar la temperatura de presión que sale del compresor y transformarla en líquido.	totalmente incapaz de transporta el refrigerante	Tubería con fugas	existe presencia de aceite y refrigerante, Se genera pérdida de la presión, no se mantiene la temperatura del cuarto, no existe riesgo de seguridad, existe riesgo ambiental por manejo de aceites , verificar fuga y reparar.	NO	Muy Alto		SI		Verificación general de todas las uniones de soldadura en toda la tubería de cobre del sistema mediante inspección visual y detector de fugas-si existe condición pasar a corregir	2	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos:detector de fugas electrónico * Procedimiento	PMM05
	pérdida progresiva de condensación del refrigerante	Obstrucción en el condensador por acumulación de partículas de polvo	presencia de polvo en la tubería, Se genera alarma ineficiencia en el sistema, no mantiene la temperatura, no existe riesgo ambiental ni de seguridad, requiere lavado del condensador.	NO	Medio	SI			Realizar lavado de condensador con hidrolavadora y jabon con el fin de no llegar a condición	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos: hidrolavadora y jabon * Procedimiento	PMM06
Extraer la temperatura del condensador o evaporador	totalmente incapaz de transmitir movimiento	Ventilador bloqueado por voltaje inadecuado	Aumento de la presión, se sube el amperaje del compresor, rendimiento del sistema disminuirá, ruido anormal del compresor, no existe riesgo ambiental existe riesgo de seguridad al verificar voltajes, no requiere ser cambiado	NO	Alto		SI		Realizar toma de voltajes en la alimentación del ventilador-si se presenta condición instalar protector electrónico	2	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos:tester, pinza voltiamperimétrica * Procedimiento	PMM06
	Transmite movimiento pero muy suave.	Ventilador desgastado por falta de lubricación	Aumento de la presión, se sube el amperaje del compresor, rendimiento del sistema disminuirá, ruido anormal del compresor, no genera riesgo de seguridad y riesgo ambiental, requiere ser cambiado	NO	Alto	SI			Realizar lubricación al eje y al rotor del ventilador con aceite multipropósito	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos:herramientas y aceite * Procedimiento	PMM07
	genera ruido y golpes cuando se mueve el aspa	Aspa desbalanceada por desajuste	daño en la estructura de soporte del ventilador, daño en el condensador, ruido fuerte en el ventilador, riesgo eléctrico y riesgo ambiental si perfora la tubería,cambio de aspa	NO	Alto		SI		Realizar ajuste y torqueo en el aspa y eje con relación a su ajuste que no exista-si se evidencia esa condición desmontar y realizar balanceo de aspas, si esta muy deformada cambiar	2	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos:herramientas y aceite * Procedimiento	PMM08
	Transmite movimiento pero muy suave.	Eje desalineado por desbalanceo del aspa,	daño en la estructura de soporte del ventilador, daño en el condensador, ruido fuerte en el ventilador, riesgo eléctrico y riesgo ambiental si perfora la tubería,cambio de aspa	SI	Alto		SI		Realizar ajuste y torqueo en el aspa y eje con relación a su ajuste que no exista-si se evidencia esa condición desmontar y alinear si no es posible realizar cambio inmediatamente	2	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos:herramientas y calibrador * Procedimiento	PMM09

Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos (efecto de falla)	FALLA OCULTA	Valor del Riesgo	TIPO DE DECISIÓN			DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	Cod. Tarea
						TAREAS PROACTIVAS (PREVENTIVO Y PREDICTIVO)	ACIONES A FALTA DE					
						Mantenimiento a condición	Monitoreo (Busqueda de Falla)	Correr a falla				
Filtrar impurezas y humedad en el sistema de circulación del refrigerante	Totalmente incapas de filtrar humedad y impurezas	Taponamiento por partículas internas en el sistema de refrigeración	no genera paso de refrigerante, aumento de la presión, riesgo de seguridad por apertura del sistema (soldar) y riesgo ambiental (manejo de aceite y refrigerante) requiere ser cambiado y limpiar el sistema	SI	Alto			Si	Realizar toma de presiones de trabajo y seguimiento a trayectoria de refrigerante hasta donde llega tomar tubería para corroborar temperaturas - si se evidencia condición realizar cambio de filtro y barrido del sistema		* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos: Manómetros, herramientas * Repuestos: filtro * Procedimiento	PMM10
	Eficiencia en el sistema menor al 70%	Sistema con Humedad	se genera paso de refrigerante, pero se evidencia que el evaporador no se escarcha completamente, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental (aceite y refrigerante)	NO	Medio		Si	Inspección de presiones de trabajo, condición de aceite, refrigerante, y tonalidad del indicador de humedad, verificar temperaturas en tubería - si se alteración en	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos: Manómetros, herramientas * Repuestos: filtro * Procedimiento	PMM11	
Aumentar o regular la salida del refrigerante al evaporador	Inyección de refrigerante descalibrada o descompensada	Diafragma desgastado por vida útil	se evidencia que el evaporador no está distribuyendo el refrigerante de forma adecuada porque hay espacios de la tubería que no están con escarcha, aumento de temperatura en el cuarto frío, riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser cambiada.	NO	Alto			Si	Realizar toma de presiones de trabajo y seguimiento a trayectoria de refrigerante hasta donde llega tomar tubería para corroborar temperaturas desmontar válvula y limpiarla - si se evidencia condición realizar cambio de filtro y válvula de expansión		* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos: Manómetros, herramientas * Repuestos: filtro y válvula de expansión * Procedimiento	PMM12
	Totalmente incapas de permitir el paso de refrigerante	Obstrucción o taponamiento de la válvula de expansión	se evidencia que no existe presencia de escarcha en la tubería o no está fría, aumento de temperatura en el cuarto, existe riesgo ambiental (refrigerante y aceite), abrir el sistema y realizar barrido con nitrógeno.	SI	Alto			Si	Realizar toma de presiones de trabajo y seguimiento a trayectoria de refrigerante hasta donde llega tomar tubería para corroborar temperaturas desmontar válvula y limpiarla - si se evidencia condición		* Humano: 1HH Técnico en refrigeración * Elementos: Manómetros, herramientas * Procedimiento	PMM13

Absorber calor del espacio a enfriar	totalmente incapaz de absorber calor del recinto	Obstrucción en el serpentín por acumulación de partículas en la tubería del evaporador	Se genera alarma ineficiencia en el sistema, no mantiene la temperatura, requiere lavado con desincrustante del evaporador. No existe riesgo ambiental ni de seguridad, lavado evaporador	SI	Medio	SI			Realizar lavado de evaporador con hidrolavadora y jabon con el fin de no llegar a condicion, verificar traslado de medicamento a cajas termicas	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: hidrolavadora y jabon * Procedimiento	PMM14
	perdida progresiva del refrigerante	Tubería con fugas	Se genera perdida de la presión, no se mantiene la temperatura del cuarto, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), verificar fuga y reparar.	NO	Muy Alto		SI		Verificación general de todas las uniones de soldadura en toda la tubería de cobre del sistema mediante inspección visual y detector de fugas-si existe condicion pasar a corregir	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: detector de fugas electronico * Procedimiento	PMM15
Apertura y cierre de paso de refrigerante	Totalmente incapaz de dar paso de refrigerante	No se acciona el electroiman	Calentamiento de la solenoide, No existe retorno de refrigerante, no existe evaporacion por ende la temperatura del cuarto frio aumenta, no existe riesgo ambiental, riesgo de seguridad por verificación de voltaje. Comprobar que la solenoide genere magnetismo.	SI	Alto		SI		Realizar verificación de accionamiento de la valvula solenoide- si cumple condicion verificar que llegue alimentacion desde el panel	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion o electricista * Elementos: voltmetro y herramienta * Procedimiento	PMM16
	No sostiene la bala durante el ciclo	Bobina intermitente	se bloquea el sistema por presiones, evaporacion ineficiente, temperatura del cuarto frio aumentara, riesgo de seguridad (verificar alimentacion electrica)	SI	Alto			SI	Realizar verificación de accionamiento de la valvula solenoide- si cumple condicion realizar el cambio		* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion o electricista * Elementos: voltmetro y herramienta * repuestos: valvula solenoide * Procedimiento	PMM17

Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos (efecto de falla)	FALLA OCULTA	Valor del Riesgo	TIPO DE DECISIÓN			DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	Cod. Tarea
						TAREAS PROACTIVAS (PREVENTIVO Y PREDICTIVO)	ACIONES A FALTA DE					
						Mantenimiento a condición	Monitoreo (Busqueda de Falla)	Correr a falla				
Visualizar la presión de refrigerante por el lado de succión y de descarga que tiene el sistema	Error en la lectura de la presión	Fuga de glicerina	Presencia de glicerina alrededor de los manómetros, no hay riesgo de seguridad ni ambiental desde que no se desmonte del sistema, requiere ser recargado o reemplazado	NO	Alto		SI		Realizar inspeccion visual sobre el nivel de glicerina de los manómetros- si cumple condicion realizar retanqueado	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y glicerina * Procedimiento	PMM18
	Daño en el diafragma	Exceso de presión	se visualiza la aguja en valores por fuera de los permitidos, existe riesgo de seguridad (abrir el sistema) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser reemplazado	NO	Medio		SI		Realizar toma de presiones y llevar control sobre valores de trabajo permitidos- si cumple condicion realizar ajuste al sistema	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros * Procedimiento	PMM19
	Lectura de presión errónea	Desajuste interno	se visualiza la aguja en valores por fuera de los de trabajo, existe riesgo de seguridad (abrir el sistema) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser reemplazado	NO	Medio			SI	Realizar toma de presiones corroborar valor medido- si cumple condicion realizar cambio de manometro		* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros * Procedimiento	PMM20
Proteger el compresor cuando la presión supere o disminuya de los límites ajustados	Totalmente incapas de deshabilitar el sistema	Aislamiento de las terminales eléctricas	se observa sulfatacion o desconexion de los cables, riesgo seguridad (manejo de voltajes) no hay riesgo ambiental, requiere ser limpiado con limpiacontactos	SI	Alto		SI		Realizar verificación y limpieza de las terminales de conexión de los presostatos con limpia contactos	2	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros * Procedimiento	PMM21
	Daño en el diafragma	diafragma roto por sobrepresion	Riesgo de seguridad (manejo de voltajes) riesgo ambiental (refrigerante) requiere ser reemplazado.	SI	Alto			SI	Realizar verificación de presiones y ajustar presostato si se cumple la condicion realizar cambio inmediatamente		* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros *repuesto presostato * Procedimiento	PMM22
	Totalmente incapas de tomar presiones	Tubería obstruida o abierta	se observa presencia de aceite en las uniones, riesgo seguridad (manejo de voltajes) hay riesgo ambiental(refrigerante y aceite) la fuga requiere ser corregida	NO	Alto		SI		Realizar verificación de presiones y verificar estadu de uniones y presion de encendido y apagado- si se cumple la condicion abrir sistema y realizar limpieza y corregir fuga	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros *repuesto presostato * Procedimiento	PMM23
Permitir la visualización del estado de nivel de refrigerante y de humedad del sistema	Totalmente incapas de permitir visualización	Mirilla sucia o Opacada	no se evidencia de forma adecuada el paso de refrigerante, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental (refrigerante), requiere ser cambiada.	NO	Alto			SI	Realizar desmonte de mirilla y cambiarla		* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros *repuesto Mirilla * Procedimiento	PMM24
	Permite visualización pero genera cambio de tonalidad	Indicador que tiene humedad el sistema	se evidencia el cambio de la tonalidad del indicador de humedad, riesgo de seguridad (soldar) riesgo ambiental(refrigerante), se debe cambiar el filtro y volver a cargar el sistema, realizar vacio.	NO	Alto		SI		Realizar inspeccion del indicador de humedad cuando salga de parametros programar cambio de filtro y aceite	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion *repuesto filtro * Procedimiento	PMM25

Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos (efecto de falla)	FALLA OCULTA	Valor del Riesgo	TIPO DE DECISIÓN			DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	Cod. Tarea
						TAREAS PROACTIVAS (PREVENTIVO Y PREDICTIVO)	ACIONES A FALTA DE					
						Mantenimiento a condicion	Monitoreo (Busqueda de Falla)	Correr a falla				
Visualizar la presión de refrigerante por el lado de succión y de descarga que tiene el sistema	Error en la lectura de la presión	Fuga de glicerina	Presencia de glicerina alrededor de los manómetros, no hay riesgo de seguridad ni ambiental desde que no se desmonte del sistema. requiere ser recargado o reemplazado	NO	Alto		Si		Realizar inspeccion visual sobre el nivel de glicerina de los manómetros- si cumple condicion realizar retanqueado	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y glicerina * Procedimiento	PMM18
	Daño en el diafragma	Exceso de presión	se visualiza la aguja en valores por fuera de los permitidos, existe riesgo de seguridad (abrir el sistema) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser reemplazado	NO	Medio		Si		Realizar toma de presiones y llevar control sobre valores de trabajo permitidos- si cumple condicion realizar ajuste al sistema	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros * Procedimiento	PMM19
	Lectura de presión erronea	Desajuste interno	se visualiza la aguja en valores por fuera de los de trabajo, existe riesgo de seguridad (abrir el sistema) riesgo ambiental (refrigerante y aceite), requiere ser reemplazado	NO	Medio			Si	Realizar toma de presiones corroborar valor medido- si cumple condicion realizar cambio de manometro		* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: herramienta y manómetros * Procedimiento	PMM20
Separar el refrigerante del aceite para que el compresor no se quede sin lubricacion	Totalmente incapaz de separar aceite	Tuberia obstruida o abierta	Riesgo ambiental (refrigerante y aceite) requiere corregir fuga o limpiar tubería mediante presurización.	SI	Muy Alto		SI		Verificación general de todas las uniones de soldadura en toda la tubería de cobre del sistema mediante inspeccion visual y detector de fugas-si existe condicion pasar a corregir	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion * Elementos: detector de fugas electronico * Procedimiento	PMM26
	Permite la separacion pero no entrega refrigerante al 100%	Salida con residuos que disminuyen el paso de refrigerante	Riesgo ambiental (refrigerante y aceite) requiere corregir fuga o limpiar tubería mediante presurización, requiere cambio de filtro	SI	Alto		Si		Realizar inspeccion del indicador de humedad cuando salga de parametros programar cambio de filtro y aceite y realizar barrido en tanque	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion *repuesto filtro * Procedimiento	PMM27
Retener el refrigerante en estado líquido y dejarlo salir en forma de gas	totalmente incapas de retener	Tanque roto o fuga por sobrepresion	se evidencia perforacion en el cilindro, Riesgo ambiental (refrigerante y aceite) requiere corregir fuga o cambiar de tanque, requiere cambio de filtro y cambio de tanque si esta perforado.	NO	Alto		Si		Realizar inspeccion a uniones y toma de presiones- si cumple condicion realizar cambio o correccion de forma inmediata	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeracion *repuesto tanque * Procedimiento	PMM28
	totalmente incapas de retener	Retenedor defetuoso	se evidencia congelacion en la tubería de succion del compresor, quieriesgo ambiental (refrigerante y aceite) riesgo seguridad (soldar), requiere ser cambiado el tanque	SI	Alto			Si	cambio de tanque programar de manera urgente cambio de filtro y aceite y realizar barrido.		* Humano: 2HH Técnico en refrigeracion *repuesto filtro y acumulador de liquido * Procedimiento	PMM29

Función	Descripción Falla Funcional	Modo de Falla	Descripción Efectos (efecto de falla)	FALLA OCULTA	Valor del Riesgo	TIPO DE DECISIÓN			DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	Cod. Tarea
						TAREAS PROACTIVAS (PREVENTIVO Y PREDICTIVO)	ACIONES A FALTA DE					
						Mantenimiento a condición	Monitoreo (Busqueda de Falla)	Correr a falla				
Enviar señales de encendido y apagado de compresor, ventiladores y mostrar indicación de temperaturas	totalmente incapas de enviar señales	Controlador quemado por sobre voltaje	no se prende el display, olor a quemado, no prende ningún elemento del cuarto frío, aumento de temperatura, riesgo de seguridad (eléctrico), requiere ser cambiado.	NO	Alto		Si		realizar procesos de toma de voltajes de entrada, torqueado de cables y señales - si se cumple condición instalar protectores de voltaje	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración o electricista *repuesto controlador * Procedimiento	PMM30
	prende pero no envía señales	controlador bloqueado	se evidencia la temperatura pero no enciende ningún elemento, Riesgo de seguridad (eléctrico) no hay riesgo ambiental, requiere ser cambiado.	SI	Alto			Si	realizar procesos de cambio inmediato		* Humano: 1HH Técnico en refrigeración o electricista *repuesto controlador * Procedimiento	PMM31
	Envía señales pero con desfase	controlador defectuoso	el controlador envía señales y activa elementos pero presenta desfases o lecturas erróneas, existe riesgo de seguridad (eléctrico), requiere ser reprogramado o reseteado.	SI	Alto		Si		realizar procesos de toma de valores y realizar método de comparación con elementos externos (termómetro) realizar proceso de reseteo - si se cumple condición cambiar el controlador	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración o electricista *repuesto controlador * Procedimiento	PMM32
Anclar sistema para encendido y apagado de compresor y ventiladores	Totalmente incapas de anclar señales	Bobina quemada por sobre tensión	Corto circuito contactor quemado, Calentamiento del bloque, intenta arrancar pero se bloquea, Se genera aumento de temperatura en el interior del cuarto frío. riesgo de seguridad (eléctrico), se debe cambiar	SI	Alto		Si		realizar tomas de voltajes a la alimentación de la bobina, verificar que si se accione con un destornillador, comprobar temperatura de la carcasa - si se cumple condición cambiar solenoide	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración o electricista *repuesto solenoide * Procedimiento	PMM33
	Totalmente incapas de anclar señales	Bobina bloqueada por falta de tensión	calentamiento del bloque, no hay riesgo ambiental, riesgo en seguridad (eléctrico), verificar que este llegando el voltaje y la señal adecuada.	SI	Alto		Si		realizar torqueado en las conexiones, tomas de voltajes a la alimentación de la bobina, verificar que si se accione con un destornillador, comprobar temperatura de la carcasa	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración o electricista * Procedimiento	PMM34
	Totalmente incapas de anclar señales	Bobina aislada por sulfatación en terminales	se evidencia que ancla el sistema pero no se activa ningún elemento, riesgo de seguridad, no hay riesgo ambiental, se debe limpiar con limpiacontactos.	SI	Alto		Si		realizar torqueado en las conexiones verificación de voltaje y limpieza con limpiacontactos	1	* Humano: 1HH Técnico en refrigeración o electricista * Procedimiento	PMM35

Anexo J. Plan de mantenimiento para cuartos fríos mediante metodología RCM

PLAN DE MANTENIMIENTO PARA CUARTOS FRIOS METODOLOGIA RCM		
Codigo Tarea	DESCRIPCION DE TAREAS	PERIODICIDAD EN MESES DURANTE EL AÑO
PMM01	Inspección General del sistema de conexión y las fases del compresor - si se evidencia condicion realizar conexión adecuada.	2
PMM02	Verificar nivel de aceite del compresor en la mirilla- si hace falta reaprovisionar	2
PMM03	Verificar acidez de aceite del compresor - si el PH no pasa reazalir cambio de forma inmediata de aceite	2
PMM04	Verificar voltaje de entrada al compresor- si sale de parametros normales de trabajo colocar proteccion electrica	12
PMM05	Verificación general de todas las uniones de soldadura en toda la tubería de cobre del sistema mediante inspeccion visual y detector de fugas-si existe condicion pasar a corregir	12
PMM06	Realizar toma de voltajes en la alimentacion del ventilador-si se presenta condicion instalar protector electronico	12
PMM07	Realizar lubricacion al eje y al rotor del ventilador con aceite multiproposito	12
PMM08	Realizar ajuste y torqueo en el aspa y eje con relacion a su ajuste que no exista- si se evidencia esa condicion desmontar y realizar balanceo de aspas, si esta muy deformada cambiar	12
PMM09	Realizar ajuste y torqueo en el aspa y eje con relacion a su ajuste que no exista- si se evidencia esa condicion desmontar y alinear si no es posible realizar cambio inmediatamente	12
PMM10	Realizar toma de presiones de trabajo y seguimiento a trayectoria ia de refrigerante hasta donde llega tomar tubería para corroborar temperaturas - si se evidenci condicion realizar cambio de filtro y barrido del sistema.	12
PMM11	Inspección de presiones de trabajo, condicion de aceite, refrigerante, y tonalidad del indicador de humedad, verificar temperaturas en tubería - si se alteracion en parametros programar cambio de filtro.	-
PMM12	Realizar toma de presiones de trabajo y seguimiento a trayectoria de refrigerante hasta donde llega tomar tubería para corroborar temperaturas desmontar valvula y limpiarla - si se evidenci condicion realizar cambio de filtro y valvula de expansion.	12
PMM13	Realizar toma de presiones de trabajo y seguimiento a trayectoria de refrigerante hasta donde llega tomar tubería para corroborar temperaturas desmontar valvula y limpiarla - si se evidenci condicion realizar barrido y cambio de filtro.	-
PMM14	Realizar lavado de evaporador con hidrolavadora y jabon con el fin de no llegar a condicion, verificar traslado de medicamento a cajas termicas	-
PMM15	Verificación general de todas las uniones de soldadura en toda la tubería de cobre del sistema mediante inspeccion visual y detector de fugas-si existe condicion pasar a corregir	12
PMM16	Realizar verificación de accionamiento de la valvula solenoide- si cumple condicion verificar que llegue alimentacion desde el panel	12
PMM17	Realizar verificación de accionamiento de la valvula solenoide- si cumple condicion realizar el cambio	12
PMM18	Realizar inspeccion visual sobre el nivel de glicerina de los manometros- si cumple condicion realizar retanqueado	-
PMM19	Realizar toma de presiones y llevar control sobre valores de trabajo permitidos- si cumple condicion realizar ajuste al sistema	12
PMM20	Realizar toma de presiones coroborrar valor medido- si cumple condicion realizar cambio de manometro	12
PMM21	Realizar verificación y limpieza de las terminales de conexión de los presostatos con limpia contactos	12
PMM22	Realizar verificación de presiones y ajustar presostato si se cumple la condicion realizar cambio inmediatamente	12
PMM23	Realizar verificación de presiones y verificar estadu de uniones y presicon de encendido y apagado- si se cumple la condicion abrir sistema y realizar limpieza y corregir fuga	12
PMM24	Realizar desmonte de mirilla y cambiarla	12
PMM25	Realizar inspeccion del indicador de humedad cuando salga de parametros programar cambio de filtro y aceite	-
PMM26	Verificación general de todas las uniones de soldadura en toda la tubería de cobre del sistema mediante inspeccion visual y detector de fugas-si existe condicion pasar a corregir	12
PMM27	Realizar inspeccion del indicador de humedad cuando salga de parametros programar cambio de filtro y aceite y realizar barrido en tanque	12
PMM28	Realizar inspeccion a uniones y toma de presiones- si cumple condicion realizar cambio ocorrecion de forma inmediata	12
PMM29	cambio de tanque programar de manera urgente cambio de filtro y aceite y realizar barrido.	12
PMM30	realizar procesos de toma de voltajes de entrada , torqueado de cables y señales - si se cumple condicion instalar protectores de voltaje	-
PMM31	realizar procesos de cambio inmediato	12
PMM32	realizar procesos de toma de valores y realizar metodo de comparacion con elemntos externos (termometro) realizar proceso de reseteo - si se cumple condicion cambiar el controlador	-
PMM33	realizar tomas de voltajes a la alimentacion de la bobina, verificar que si se accione con un destornillador, comprobar temperatura de la carcaza - si se cumple condicion cambiar solenoide	12
PMM34	realizar torqueado en las conexiones, tomas de voltajes a la alimentacion de la bobina, verificar que si se accione con un destornillador, comprobar temperatura de la carcaza	12
PMM35	realizar torqueado en las conexiones verificación de voltaje y limpieza con limpiacontactos	12
PERSONAL REQUERIDO	EN TODAS LAS ACTIVIDADES SE REQUIERE TECNICO EN REFRIGERACION Y TECNICO ELECTRICO Y ELECTRONICO	
NOTA GUIA	EN LAS CASILLAS DONDE EXISTE UN GUION ES PORQUE LA TAREA CORRIO A FALLA POR ENDE NO HAY UN TIEMPO	

Anexo I. Rutina individual de inspección para cuartos fríos

OBSERVACIONES GENERALES:

PROTOCOLO DEL FORMATO: Este formato debe permanecer en el cuarto de máquinas del cuarto frío para realizar la rutina de inspección mensual por parte del equipo de mantenimiento de IH, su renovación es anual. Los jefes o coordinadores de mantenimiento deberán verificar estos formatos mensualmente.

MODO DE ARCHIVO: Este formato se debe archivar con las respectiva hoja de vida de los equipos junto con la hoja de observaciones, con firma del líder de mantenimiento, anualmente.



RUTINA MENSUAL DE INSPECCION PARA CUARTOS FRIOS DE 1 A 4 TR

CODIGO:
MT-IH-01
VERSION:
OO1
VIGENCIA:
01/10/2018

CUARTO FRIO														
Año:		Mes												Observación
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Código Tarea	Descripción de la tarea	ENERO	FEBRE RO	MARZ O	ABR IL	MAY O	JUNI O	JULI O	AGOS TO	SEPTIEM BRE	OCTUB RE	NOVIEMB RE	DICIEMB RE	
PMM01	Inspección General del sistema de conexión y las fases del compresor - si se evidencia condición fuera de parámetros realizar conexión adecuada.													
PMM02	Verificar nivel de aceite del compresor en la mirilla- si hace falta reaprovisionar													
PMM03	Verificar acidez de aceite del compresor - mediante inspección visual o test de acides, si el PH no pasa realizar cambio de forma inmediata de aceite y filtro													
PMM04	Verificar voltaje de entrada al compresor- si sale de parámetros normales de trabajo colocar protección eléctrica													
PMM05	Verificación general de todas las uniones de soldadura en toda la tubería de cobre del sistema mediante inspección visual y detector de fugas-si existe condición de fuga pasar a corregir.													
PMM06	Realizar toma de voltajes en la alimentación del ventilador-si se presenta parámetros fuera de condición instalar protector electrónico													

ESTADO	BUEN ESTADO	✓	Si el equipo está en mal estado, diligenciar la casilla de observaciones al respaldo.
	MAL ESTADO	×	

Técnico responsable de revisión mes 1:

Técnico responsable de revisión mes 2:

Técnico responsable de revisión mes 3:

Técnico responsable de revisión mes 4:

Técnico responsable de revisión mes 5:

Técnico responsable de revisión mes 6:

Técnico responsable de revisión mes 7:

Técnico responsable de revisión mes 8:

Técnico responsable de revisión mes 9:

Técnico responsable de revisión mes 10:

Técnico responsable de revisión mes 11:

Técnico responsable de revisión mes 12:

Nombre y firma jefe de mantenimiento cierre de planilla anual (Estas revisiones deben estar supervisadas por el jefe de mantenimiento 1 vez por mes)