

**DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN
CONDICIÓN (CBM) AL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA BODEGA LAN
CARGO DE LA TERMINAL DE CARGA INTERNACIONAL AEROPUERTO EL
DORADO.**

LUIS CARLOS GOENAGA PARDO

DIEGO ANDRES ROLDÁN GARAY

IVÁN DARÍO ROMERO CÁRDENAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GENERCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2013

**DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO BASADO EN
CONDICIÓN (CBM) AL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA BODEGA LAN
CARGO DE LA TERMINAL DE CARGA INTERNACIONAL AEROPUERTO EL
DORADO.**

LUIS CARLOS GOENAGA PARDO

DIEGO ANDRÉS ROLDAN GARAY

IVÁN DARÍO ROMERO CÁRDENAS

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de Especialista
en Gerencia de Mantenimiento

Director:

Ing. José Adán González Sánchez

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2013

AGRADECIMIENTOS

Luis Carlos Goenaga Expresa sus Agradecimientos a:

A Dios padre, mi fortaleza constante.

A mi esposa, Melissa Paola Cortes, por su amor sincero e incondicional que motivo todo el recorrido de esta especialización.

A mis padres Didacio Antonio Goenaga y Elodia Pardo Otero, por sus valores y enseñanzas suministradas, su amor desinteresado que me han motivado a lograr mis objetivos y crecimiento personal y profesional.

A Esteban Arroyo, que más que jefe mi amigo, por permitir espacios de crecimiento y fortalecimiento profesional.

Diego Andrés Roldan Expresa sus Agradecimiento a:

Agradezco a Dios todo poderoso que junto a mis padres Libardo Roldán y Vilma Garay me han enseñado ese gran amor por la vida y por ser una mejor persona día a día.

A mi familia que a lo largo de este camino que llamamos vida me han ofrecido su apoyo incondicional, en los proyectos que se han presentado a lo largo de mi vida estudiantil y profesional.

Iván Darío Romero Expresa sus Agradecimientos a:

Agradezco a Dios, que con salud, me da la oportunidad de trabajar por mis objetivos y metas de vida, al igual que a mi familia que ha participado durante este camino con apoyo, y me inspiran la alegría y me dan la fortaleza para seguir adelante.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	15
1. LAN CARGO S.A.	16
1.1. GENERALIDADES DE EMPRESA.....	16
1.1.1 Reseña histórica de la empresa.....	16
1.1.2. Ubicación geográfica	19
1.2. MISIÓN.....	19
1.3. VISIÓN.....	19
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
3. OBJETIVOS	23
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	23
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
4. JUSTIFICACIÓN	24
5. MARCO TEORICO.....	26
5.1. MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM)	26
5.2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	29
6. MARCO CONCEPTUAL	33
6.1. MANTENIMIENTO.....	33
6.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	34
6.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	34
6.4. CONFIABILIDAD.	35
6.5. DISPONIBILIDAD.....	35
6.6. MANTENIBILIDAD.....	35

7. MARCO LEGAL	37
7.1. CONSTITUCIÓN NACIONAL	37
7.2. TRATADOS INTERNACIONALES	38
7.3. LEGISLACIÓN NACIONAL.....	41
7.4. NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES	42
8. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN LAN CARGO	45
8.1. DELIMITACIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO	46
8.2. CLASES DE EQUIPOS	48
9. ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLOS (AMEF) Y TAREAS DE MANTENIMIENTO.....	65
10. SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS PREDICTIVAS.....	76
10.1. Análisis de Vibraciones.....	76
10.2. Cadena de Medición	78
10.3. Captación.....	78
10.4. Acondicionamiento de la señal.	79
11.4.1 Visualización.....	80
11.4.2 Medición (Indicación y Registro).....	80
11.4.3 Análisis.	81
11.4.4 Análisis de Acidez al Aceite.....	84
11. Conclusiones.....	86
BIBLIOGRAFIA.....	88
ANEXOS.....	89

Listado de Imágenes

Imagen. 1. Avión comercial Pasajeros LanChile.....	16
Imagen. 2. Avión carguero 767 ABSA Cargo.....	17
Imagen. 3. Ubicación Geográfica Bodega Lan Cargo.....	19
Imagen. 4. Bodega Lan Cargo, Terminal de carga internacional Aeropuerto el Dorado.....	21
Imagen. 5. Aplicación de técnicas CBM.....	27
Imagen. 6. Muestra esquemática de un Refrigerador.....	30
Imagen. 7. Ciclo de Carnot Invertido y Diagrama T-s del Ciclo de Carnot Inverso.....	31
Imagen. 8. Rack de Refrigeración No 1 Bodega Lanco.....	32
Imagen. 9. . Evolución de Expectativas de Mantenimiento.....	33
Imagen. 10. . Enmiendas del protocolo de Montreal.....	39
Imagen. 11. Identificación del circuito de refrigeración Bodega Lan Cargo.....	45
Imagen. 12. Jerarquía de Equipos.....	50
Imagen. 13. Rack de Refrigeración de la Bodega Lan Cargo.....	53
Imagen. 14. Compresor copeland de 34 hp.....	54
Imagen. 15. Condensadoras Remotas del Sistema de Refrigeración.....	54
Imagen. 16. Evaporador ubicado al interior del cuarto Frío.....	55
Imagen. 17. Normativa de Refrigerantes.....	56
Imagen. 18. . Tanque de Refrigerante R507.....	56
Imagen. 19. Tanque de Aceite sistema de Refrigeración Lan Cargo.....	57
Imagen. 20. Filtros circuito de tuberías.....	58
Imagen. 21. Acumulador de Succión Sistema de Refrigeración.....	59
Imagen. 22. Tablero de control y muestra de temperatura del sensor.....	60
Imagen. 23. Componentes del tablero Eléctrico del Sistema.....	60
Imagen. 24. Variador de Frecuencia VLT Danfoss.....	61
Imagen. 25. Válvula solenoide tubería de líquido.....	63
Imagen. 26. Válvula de alivio tanque de refrigerante.....	64

Imagen. 27. Válvula de expansión.	64
Imagen. 28 Analizador de Vibraciones.	77
Imagen. 29. Cadena de Medición.	78
Imagen. 30. Espectro de Vibración con Amplitud expresada en deslizamiento.	82
Imagen. 31. Espectro de vibración con amplitud expresada en velocidad.	82
Imagen. 32. Espectro de vibración con amplitud expresada en aceleración.	83
Imagen. 33. Oscilograma de la vibración mostrada anteriormente	83
Imagen. 34. Cambio de Aceite cárter de compresores.	84
Imagen. 35. Prueba Acidez Aceite de compresores del Sstema de Refrigeración.	85

Listado de Anexos

<u>ANEXO A. (AMEF)</u>	89
<u>ANEXO B. (FORMATOS DE INSPECCION)</u>	94

RESUMEN

TÍTULO: Desarrollo Y Programación Del Mantenimiento Basado En Condición (CBM) Al Sistema De Refrigeración De La Bodega LAN Cargo De La Terminal De Carga Internacional Aeropuerto El Dorado.

AUTORES: Luis Carlos Goenaga Pardo, Diego Andrés Roldan Garay, Iván Darío Romero

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento basado en Condición (CBM), Sistema de Refrigeración, Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)

CONTENIDO:

La globalización en los mercados nacionales e internacionales ha desarrollado todas las áreas y competencias de las empresas a niveles utópicos, los cuales marcan la diferencia entre permanecer en el mercado o desaparecer, estos puntos claves para ser competitivo se ven expuestos en metodologías y herramientas de estandarización y calidad en la administración, ejecución y control.

LAN Cargo como principal empresa de transporte de carga en América debe mantener una alto sistema de gestión en todos sus procesos, la bodega de refrigeración ubicada en el Aeropuerto El Dorado es la infraestructuras de carga más moderna de la terminal, que cuenta con equipos y procesos que diferencian el transporte de artículos refrigerados frente a la competencia, por este motivo se están reforzando todos los punto claves en la gestión administrativa y de mantenimiento de la bodega.

Mantenimiento como pieza fundamental debe garantizar la disponibilidad y calidad del servicio manejando estándares mundiales en la gestión del mantenimiento, por esto se ha propuesto implementar un programa de mantenimiento basado en condición al sistema de Refrigeración. El mantenimiento basado en condición (CBM, Condition Based Maintenance) es la metodología seleccionada para cumplir con los objetivos lineados por la empresa. Se monitorearán parámetros basados por el estudio de los modos de falla AMEF y su criticidad en el sistema, todo esto con la finalidad de tener estándares de mantenimiento de clase mundial.

Monografía.

Facultad de Ingeniería Físico Mecánico. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jose Adán González Sánchez.

SUMMARY

TITLE: DEVELOPMENT AND PROGRAMMING THE CONDITION BASED MAINTENANCE (CBM) THE WAREHOUSE COOLING SYSTEM LAN CARGO FREIGHT EL DORADO INTERNATIONAL AIRPORT.

AUTHORS: Luis Carlos Goenaga Pardo, Diego Andrés Roldan Garay, Iván Darío Romero

KEYWORDS: CONDITION BASED MAINTENANCE (CBM), COOLING SYSTEM, ANALYSIS OF FAILURE MODES AND EFFECTS (FMEA)

CONTENT:

Globalization in national and international markets has developed all areas and business skills utopian levels, which make the difference between staying in the market or disappear, these fundamental points to be competitive are exposed in standardizing methodologies and tools and quality management, execution and control.

Lan Cargo as leading freight company in America should maintain a high management system in all its processes, the cooling warehouse located in El Dorado Airport infrastructure is the most modern freight terminal, which has teams and differing processes of refrigerated transport from competition, for this reason it is reinforcing all fundamental point in the administration and maintenance of the warehouse.

Maintenance as special piece to ensuring the availability and quality of service handling global standards in maintenance management, so it has been proposed to implement a program of condition-based maintenance of cooling system. Condition based maintenance (CBM) is the methodology selected to meet the goals by the company. Based parameters will be monitored by studying FMEA failure modes and criticality in the system, all with the purpose of having standards world-class maintenance.

Monograph
Faculty of Mechanical Engineering-Physical. Expertise in management of maintenance, Director:
Jose Adan Gonzales Sanchez

INTRODUCCION

En la cadena de frío de transporte de productos refrigerados, la unidad de refrigeración de una bodega de almacenamiento se considera como una de las partes del proceso más complejas, su función es determinada como esencial debido a su condición única. Ésta representa un desafío para las tareas de mantenimiento debido a su alto porcentaje de eficiencia y efectividad manejado en su operación.

Para estos tipos de sistemas se han desarrollado diversos tipos de mantenimiento los cuales se pueden implementar a conveniencia dependiendo de las necesidades y presupuesto, el tipo de mantenimiento seleccionado en la Bodega Lan Cargo De La Terminal De Carga Internacional Aeropuerto El Dorado es el basado en condición (CBM) dejando claro que este se apoya en la efectividad de mantenimiento básicos pero no menos importantes como es el correctivo programado y el preventivo.

El sistema de Refrigeración de la Bodega Lan Cargo, está constituido por dos Racks o sistemas paralelos, los cuales están diseñados para que los dos mantengan las condiciones de frío a 2°C promedio al interior del cuarto, con la metodología CBM se logran condiciones básicas de eficiencia y efectividad necesaria en la cadena de frío.

Por medio del presente documento se va a realizar y caracterizar los diferentes modos de fallo existentes para su posterior análisis de criticidad y clasificación para determinar los puntos de monitoreo obligatorios. A partir de estos procesos sistemáticos se determinan los tipos y tiempos de intervención de mantenimiento a realizar en los diferentes equipos y materiales que componen el sistema de refrigeración.

En esta monografía se mostrará paso a paso como desarrollar un programa CBM a equipos tan críticos como lo es un sistema de Refrigeración.

LAN CARGO S.A.

1.1. GENERALIDADES DE EMPRESA

1.1.1 Reseña histórica de la empresa

En el año de 1929 Inicio de operaciones de "Línea Aérea Nacional de Chile" (LAN Chile): Constituida como empresa estatal, con el objetivo de prestar servicios de transporte aéreo de pasajeros, carga y correspondencia, para el año 1946 se realiza el primer vuelo internacional de la Línea Aérea Nacional de Chile: Expandió rutas internacionales con su servicio a Buenos Aires, Argentina.

En 1989 privatizan la compañía, el estado vende el 51 % de las acciones a inversionistas nacionales

Imagen. 1. Avión comercial Pasajeros LanChile.



Fuente: <http://www.lancargo.com/es/historia>

En el año 2000 LAN Chile crea LAN Chile Cargo S.A: Se crea una compañía especializada en el transporte de carga aérea integrando Fast Air, Ladeco y la división de carga de LanChile.

LAN Chile Cargo adquiere participación en MAS AIR: Integración de la aerolínea de transporte de carga aérea mexicana, un año después Inicio operaciones LAN Express: Opera rutas domésticas dentro del país y vuelos regionales. Se Inaugura el nuevo terminal de carga en Miami: La bodega más grande y moderna del aeropuerto internacional de Miami, su vez adquiere participación en ABSA: Integra la aerolínea de transporte de carga aérea brasilera.

Imagen. 2 Avión carguero 767 ABSA Cargo.



Fuente: <http://www.lancargo.com/es/historia>

En el año 2004 Cambio de Imagen a LAN Cargo S.A.: Lan Chile Cargo S.A. pasa a llamarse LAN Cargo S.A, para el año de 2011 se Inicia operación de carga en Colombia: A través de su filial la Línea Aérea Carguera de Colombia S.A., se accede al mercado de carga aérea más grande de Latinoamérica en cuanto a exportaciones a Estados Unidos.

LAN CARGO recibe dos Boeing 777 cargueros: Considerado uno de los cargueros más eficientes del mundo y el de mayor alcance.

El estado Colombiano por intermedio del Presidente Alvaro Uribe Veles, Inauguran en el 2011 las nuevas bodegas de carga en la filial de Colombia, Línea Aérea Carguera de Colombia S.A. en Bogotá: Cuentan con la más alta tecnología y

mayores estándares de calidad, constituyéndose en las bodegas de carga más modernas de Latinoamérica.

LAN CARGO y sus filiales cuentan con una de las Flotas más modernas del mundo, integrada por aviones cargueros y las bodegas de carga de aviones de pasajeros, a las que tienen acceso¹.

Flota de aviones cargueros:

- 12 aviones Boeing 767-300F.
- 4 aviones Boeing 777-200F.

Total: 16 aviones cargueros.

Esta Flota es complementada con aviones cargueros con acuerdos comerciales de wetlease y charters (un Boeing 747-200F y dos Boeing 767-300F).

Flota de aviones pasajeros a las que LAN CARGO y sus filiales tienen acceso (cuyas bodegas son utilizadas para el transporte de carga):

- 14 aviones Dash 8-200.
- 9 aviones Boeing 737-700.
- 76 aviones Airbus 321/A320/A319/A318.
- 31 aviones Boeing 767-300ER.
- 5 aviones Airbus 340-300.

Total: Acceso a las bodegas de carga de 135 aviones de pasajeros.

¹Historia Lan Cargo (citado el 5 de junio de 2013) Disponible en internet en <http://www.lancargo.com/es/historia>

1.1.2. Ubicación geográfica

Lan Cargo, empresa carguera con sede en Colombia está Ubicada en la ciudad de Bogotá en el Aeropuerto Internacional el Dorado.

Imagen. 3 Ubicación Geográfica Bodega Lan Cargo



Fuente: Google Earth

1.2. MISIÓN

Proveer la mejor opción de transporte aéreo de carga entre Latinoamérica y el mundo, generando negocios complementarios que entreguen valor agregado y rentabilidad a la empresa

1.3. VISIÓN

Transportar sueños entregando lo mejor de nosotros para lograr la preferencia de clientes y comunidades, y así construimos una empresa sustentable donde nos encante trabajar

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, Alemania es el principal importador de Flores, mientras que Holanda es el distribuidor número uno en la categoría de exportadores, seguidos por Colombia.

La producción y exportación de flores en Colombia se ha convertido en uno de los principales negocios de los agricultores, sobre todo para los que están en proceso de desarrollo económico. Sin embargo, la industria de las flores cada día es más exigente, debido a que a nivel mundial somos reconocidos por secundar a Holanda en la distribución de este bien, lo que significa que internamente el mercado se ve obligado a mejorar las condiciones de exportación para poder ser atractivos en la plaza mundial. Por lo que, toda empresa Colombiana que quiera incursionar o mantenerse en el mercado floricultor, deberá implementar estrategias a nivel de mercadeo y logístico con el fin de optimizar los procesos para brindar productos de talla mundial con calidad.

Para la parte del transporte éste debe ser aéreo, debido a que por ser perecedero, este producto no puede ser sometido a tiempos largos de distribución.

LAN Cargo, empresa líder en el mercado aeronáutico colombiano, ha resuelto incursionar en la distribución de éste producto y ser parte de la cadena de abastecimiento moldeada globalmente.

Imagen. 4. Bodega Lan Cargo, Terminal de carga internacional Aeropuerto el Dorado.



Fuente: Autores del proyecto

El sistema paralelo o Rack de refrigeración de la bodega Lan Cargo Aeropuerto internacional el Dorado (Imagen 4) constituye el activo más relevante de toda la operación logística, en lo que al manejo de carga y cadena de frío se refiere, ya que el 95% de la carga que se maneja en la bodega son flores.

Actualmente el sistema de refrigeración de la Bodega LAN Cargo, no cuenta con un programa de mantenimiento de clase mundial, que combine confiabilidad y eficiencia, con el programa de mantenimiento preventivo que se tienen actualmente por parte de firma Grivan Ingeniería S.A, se están presentando los siguientes inconvenientes de forma regular o frecuente:

1. Paradas operativas inesperadas
2. Tiempo de operación perdido
3. Perdida de la cadena de frío del producto.
4. Sobrecosto en intervenciones de mantenimiento no planeadas
5. Altos costos en el cambio de piezas y componentes por horas de operación.
6. Frecuencias cortas de mantenimiento, que generan a su vez aumento de la probabilidad de falla y altos costos.

Todos estos inconvenientes anteriormente descritos pueden ocasionar desde la pérdida de cliente por daños de la carga almacenada, hasta el daño total de la maquinaria

Por esto, se debe considerar la presente propuesta, donde se desarrollará un programa de mantenimiento basado en condición (CBM) al sistema de refrigeración de la bodega LAN Cargo Bogotá en la terminal del aeropuerto el Dorado, brindando una guía o punto de partida para forjar unas mejores condiciones de operación.

OBJETIVOS

1.4. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un programa de mantenimiento basado en condición (CBM) al sistema de refrigeración de la bodega de LAN Cargo en del Aeropuerto internacional el Dorado, para lograr un aumento en la efectividad global OEE.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar los Modos y Efectos de fallas (AMEF) de los equipos críticos, para establecer los programas basados en condición (CBM).
- ✓ Realizar un análisis de criticidad al sistema por componente para determinar la planificación de trabajos, de acuerdo a su importancia en el proceso.
- ✓ Identificar las variables críticas del sistema de refrigeración.
- ✓ Seleccionar y recomendar las técnicas de monitoreo que más se adapte al entorno operacional.
- ✓ Elaborar los formatos de inspección.

JUSTIFICACIÓN

Inicialmente los programas de mantenimiento eran programados de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes, donde la frecuencia de intervención era muy corta, con el fin de que los equipos no presentaran fallas durante el periodo de garantía.

Posteriormente, a través del tiempo se fueron mejorando los periodos de mantenimiento, ya sea por experiencia del personal o por el diseño de métodos de trabajo.

Sin embargo, los equipos no están exentos de presentar fallas entre mantenimientos programados, por lo que es necesario identificar y evaluar las causas de los daños para poder ejercer control o eliminarlas de manera efectiva, obteniendo confiabilidad en el desempeño del equipo, ampliando la frecuencia de intervenciones por parte de mantenimiento.

Como se mencionó previamente, el mercado floricultor colombiano está en auge, por lo que la oferta de este producto a nivel internacional es cada vez mayor. Son muchas las empresas que actualmente se encuentran exportando flores, lo que significa que cada día la competencia por brindar un mejor servicio es todo un desafío.

LAN Cargo S.A. actualmente cuenta con cuartos fríos adecuados para el proceso de acopio previo a distribución de éste producto. Estas bodegas deben permanecer con un intervalo de temperaturas entre 2 – 5°C, temperatura ideal de almacenamiento de las flores, ya que no se puede interrumpir la cadena de frío desde el cultivo hasta su despacho final.

Por estas razones, se hace necesario diseñar o acoger un método de mantenimiento que aporte a la eficacia y eficiencia del proceso, donde no solamente se invierta tiempo en solucionar fallas sino en mejorar procesos internos, logística e incluso infraestructura.

Nuestra propuesta acoge las carencias del sistema planteadas previamente, ya que inicialmente se realizaría una prueba diagnóstica donde se evidenciará cuáles son los puntos donde se están presentando las fallas. Posteriormente, se evaluará mediante análisis de criticidad los puntos susceptibles para determinar las variables críticas, y así seleccionar un sistema de monitoreo óptimo que se adapte al entorno operacional. Finalmente, se presentará a la empresa un programa estructurado de mantenimiento basado en condición y confiabilidad el cual aumentará la eficiencia, la calidad y seguridad de la operación.

Algunas de las ventajas que presenta esta propuesta, haciendo el contraste con el método actual utilizado por la compañía, son:

1. Minimización de fallas imprevistas en los equipos de refrigeración.
2. Prolongar la vida útil de los equipos
3. Minimización de gastos en reparaciones de emergencias.
4. Minimización de riesgos para el personal, los equipos y el ambiente.
5. Evitar multas de clientes por atrasos en entregas o daños en el producto.
6. Menor interrupción de la cadena de frío.

MARCO TEORICO

1.6. MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN (CBM)

CBM - Mantenimiento Basado en la Condición, CBM por las siglas de su nombre en Inglés Condition-based Maintenance, tiene como base la Monitorización de las condiciones o estado de los diferentes elementos de una máquina o equipo para decidir el momento óptimo (más adecuado) para realizar las tareas de mantenimiento.

El mantenimiento predictivo o basado en condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según su condición².

¿Qué datos utiliza CBM - Mantenimiento basado en la condición?

- Control de Temperatura, bien mediante termómetros de contacto, infrarrojos, termografía.
- Monitorización Dinámica, control de la energía emitida por equipamientos mecánicos, como el Análisis de Vibraciones, Medida de ultrasonidos, etc.
- Análisis de Aceites, para comprobar las cualidades de cualquier tipo de aceite, sea cual sea su función: Aceites Lubricantes, Aceites Hidráulicos, Aceites Aislantes
- Control de Corrosión
- Comprobaciones Eléctricas
- Supervisión del Rendimiento, comparando datos nominales con los reales en cuando a Caudales, Presiones, tiempos, temperaturas, voltaje³.

² Sueiro Guillermo, Mantenimiento Basado en la Condición (Citado el 12 de Abril 2013). Disponible en (<http://www.lezgon.com/pdf/IB00000013/14%2016%20TECNOLOGIA%20Mant.pdf>)

³ Altmann Carolina, Las técnicas del monitoreo de la condición, como herramienta del mantenimiento Proactivo. Argentina. P 3-6.

Imagen. 5. Aplicación de técnicas CBM



Fuente: Manteniments Montblanc. Mantenimiento Predictivo. (Citado el 12 de Abril de 2013) Disponible en (<http://mantenimentsmontblanc.es/predictivo.html>)

Algunos pasos para implementar un efectivo pmbc

1. *Recopilar las especificaciones técnicas de los activos:* Es un paso crítico en la cadena del PMBC, el proceso de análisis de los datos y diagnóstico de las fallas depende en gran medida de la información técnica de los activos a monitorear, se deben conocer las características mecánicas, eléctricas y operacionales de estos activos. ¿Qué tipo y modelo de rodamientos usa?, ¿se trata de un compresor centrífugo o de uno de tornillo?, ¿cuál es el producto manejado?, ¿velocidad, presión y temperatura de trabajo?

2. *Identificar Los Activos A Incluir En El Programa:* Se trata de listar la maquinaria que será monitoreada, esta selección principalmente se basa en la criticidad de los equipos. ¿Qué tan sensibles son los activos para el proceso productivo?, ¿Cuál es su impacto a la seguridad y al ambiente en caso de fallas?, ¿Cuál es el costo o complejidad de su mantenimiento?, ¿Cuáles equipos tienen fallas recurrentes o con mayor frecuencia? Las respuestas a estas preguntas nos indican el estatus de criticidad de estos equipos y son la primera referencia para seleccionar los activos que integrarán el PMBC. Comenzar con los más críticos es una buena práctica y

luego progresivamente incluir los de menor criticidad. Este paso se apoya en el denominado Análisis de Criticidad.

3. Determinar El Modo Y Efecto De Falla De Los Equipos Seleccionados: Se debe conocer cuáles son los mecanismos que pueden desencadenar en una falla y las consecuencias de esto. Esta información es importante a fin de seleccionar la tecnología y los procedimientos de inspección. Esto requiere del conocimiento de la maquinaria desde el punto de vista mecánico, eléctrico y operacional. Saber cómo la máquina está conformada y como trabaja nos indica los modos en que puede fallar, así se definirá la mejor forma de captar los síntomas de estas fallas en su estado prematuro. Este proceso se conoce como Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF).

4. Seleccionar la tecnología predictiva: Existe un arsenal de tecnologías que permiten captar el lenguaje de la maquinaria. El como la máquina expresa su salud a través de diversos parámetros, es la clave para seleccionar la tecnología adecuada, aquella capaz de captar condiciones anormales en estado prematuro, antes de que las fallas se hagan incontrolables. Estas tecnologías especializadas miden y registran variables representativas del estado funcional de la maquinaria a un nivel tal que permita hacer seguimiento a la evolución de los diversos problemas detectados y activen el potencial de la planificación y programación oportuna y específica del mantenimiento⁴.

⁴ Revista. Estrategias de Mantenimiento Predictivo. Venezuela.2012.

1.7. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Un circuito de refrigeración corresponde a un arreglo mecánico basado en principios de la termodinámica y mecánica de fluidos diseñado para transferir energía térmica entre dos focos, desplazando la energía térmica contenida en uno de sus focos a fin de obtener una menor temperatura en este. Estos focos suelen ser sistemas termodinámicamente cerrados.

Este cometido se lleva a cabo forzando la circulación de un fluido refrigerante por el interior de un circuito cerrado – o semicerrado de tuberías e intercambiadores de calor, la circulación de este fluido refrigerante se realiza a través de máquinas de fluido como compresores y/o bombas, conforme la naturaleza y estado del refrigerante.

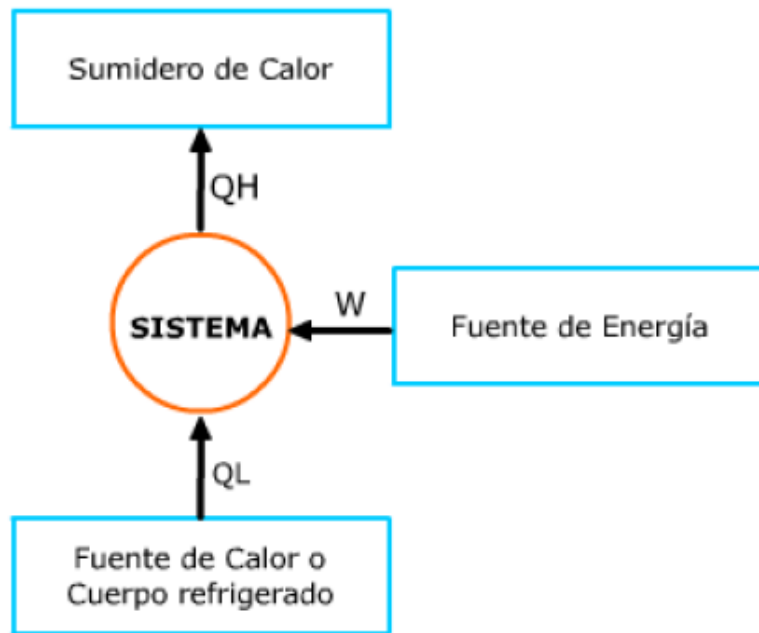
La constitución y configuración de un circuito de refrigeración no guarda un estándar establecido, ya que varía conforme la aplicación y fluido utilizado. Estos varían desde el clásico enfriamiento por agua en motores de combustión interna por medio de radiadores, hasta el control de temperatura por medio de torres de refrigeración⁵.

Se sabe por experiencia que el calor se transfiere en la dirección de temperatura decreciente, es decir, desde medios a temperaturas alta hacia los de temperatura baja. Este proceso de transferencia de calor ocurre en la naturaleza sin requerir ningún dispositivo. Sin embargo, el proceso inverso no puede ocurrir por sí mismo. La transferencia de calor de un medio que se encuentra a baja temperatura hacia otro de temperatura alta requiere dispositivos especiales llamados refrigeradores⁶.

⁵Cengel & Boles “Termodinámica” 1994 Vol. I, Pág. 8.

⁶Yunus A Cengel, Termodinámica Sexta Edición, México Mc Graw Hill 209. P 289

Imagen. 6. Muestra esquemática de un Refrigerador.

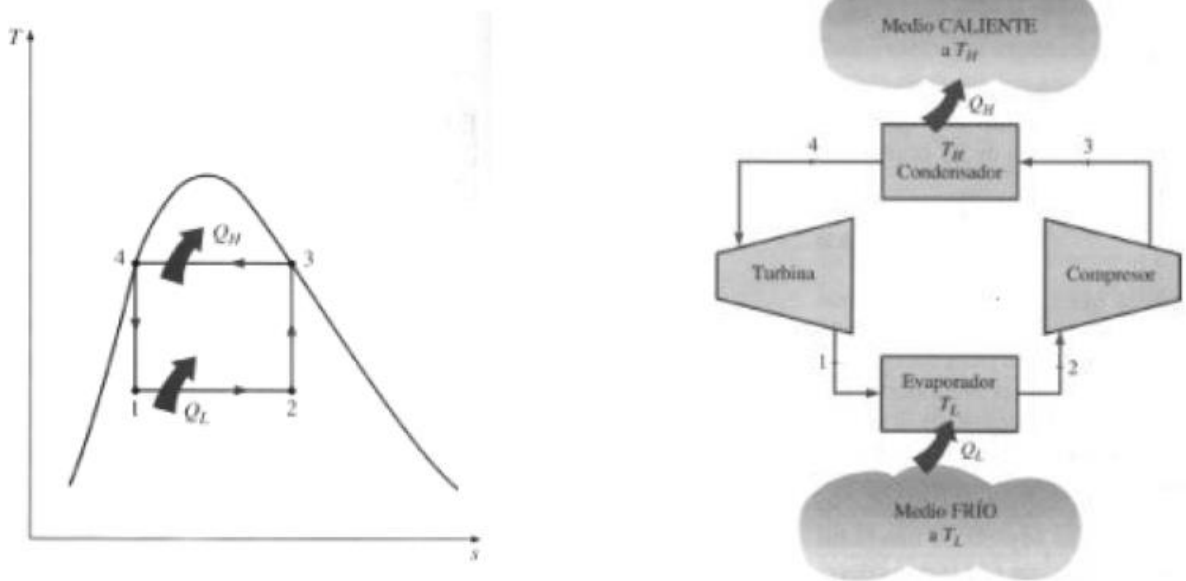


Fuente: Yunus A. Cengel Termodinámica Sexta Edición.

Los refrigeradores son dispositivos cíclicos y los fluidos de trabajo utilizados en los ciclos de refrigeración se llaman refrigerantes. Un refrigerador se muestra esquemáticamente en la figura No 6. En este caso Q_L , es la magnitud del calor extraído del espacio refrigerado a la temperatura T_L ; Q_H es la magnitud del calor rechazado hacia el espacio caliente a temperatura T_H , y W es la entrada neta de trabajo al refrigerador.

Tanto los refrigeradores como los sistemas de Refrigeración operan bajo el mismo principio que es el ciclo inverso de Carnot, descrito en la figura No 7, cuyas líneas de flujo se mueven en dirección contraria a las manecillas del reloj.

Imagen. 7. Ciclo de Carnot Invertido y Diagrama T-s del Ciclo de Carnot Inverso.



Fuente: Yunus A Cengel, Termodinámica Sexta Edición.

Considere un ciclo de Carnot invertido ejecutado dentro de la campana de saturación de un refrigerante, como el que se muestra en la figura No 7.

1-2 Se transfiere (absorción) calor reversiblemente desde la región fría T_L , de forma isotérmica donde el refrigerante experimenta cambios de fase.

2-3 Se comprime el refrigerante isentrópicamente, hasta que alcanza la temperatura máxima T_H .

3-4 Se transfiere calor reversiblemente a la región caliente a T_H , de forma isoterma, donde el refrigerante experimenta cambios de fase (vapor a líquido).

4-1 Se expande el refrigerante isentrópicamente hasta, alcanzar la temperatura mínima T_L .

Los inconvenientes de un ciclo de refrigeración de Carnot como modelo de dispositivo práctico radican en los procesos de compresión y expansión. En general debe evitarse comprimir una mezcla húmeda por el daño de las presencias de pequeñas gotas líquidas puedan causar al compresor (caso análogo de las turbinas de vapor). La expansión con una turbina bajo condiciones similares a la ya descrita es igual de perjudicial, la restricción a las condiciones de saturación limita la capacidad de absorber calor. Las modificaciones para evitar estos dos tipos de problemas inherentes al ciclo de Carnot conducen en la práctica al ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Imagen. 8. Rack de Refrigeración No 1 Bodega Lanco



Fuente: Autores proyecto

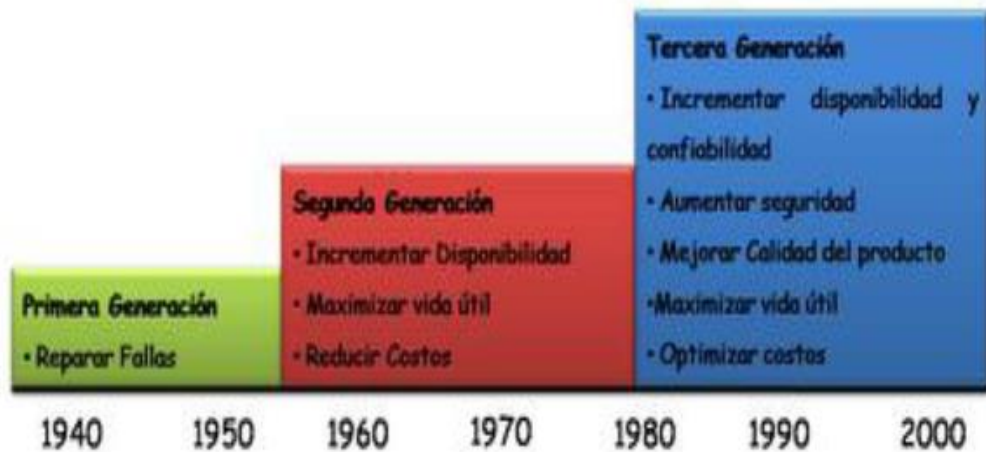
En la Figura No 8, se aprecia los componentes básicos de un sistemas de refrigeración, como el compresor, y unidades condensadoras en la parte superior, al interior del cuarto frío se encuentran los evaporadores y en cada uno de ellos la válvula de expansión.

MARCO CONCEPTUAL

1.8. MANTENIMIENTO.

Conjunto de acciones que permite mantener o restablecer un dispositivo a un estado específico de operación, para cumplir un servicio determinado. También puede definirse como de técnicas y procedimientos orientados a preservar las funciones de los activos industriales. El ingeniero de mantenimiento de hoy debe definir las acciones proactivas y preventivas para minimizar el desgaste de los componentes de la maquinaria y asegurar que esta opere de manera segura, eficiente y confiable, garantizando, además de la integridad del activo físico, la seguridad personal y ambiental⁷.

Imagen. 9. . Evolución de Expectativas de Mantenimiento.



Fuente: <http://ingmttoep.blogspot.com/p/las-generaciones-del-mantenimiento.html>

⁷TORRES, Ronald. "Estrategias Basadas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Mcc) para el Mejoramiento del Plan de Mantenimiento de Las Bombas de Doble Tornillo del Terminal Orimulsión® Jose" Tesis de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, UDO, Puerto La Cruz, Venezuela (2007).

1.9. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es una actividad que se realiza después de la ocurrencia de la falla. El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en llevar los equipos después de una falla a sus condiciones originales, por medio de la restauración o reemplazo de componentes o partes de equipos, debido a desgastes, daños o roturas.

1.10. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Esta forma de mantenimiento surge debido a la necesidad de remediar los inconvenientes del mantenimiento correctivo. A diferencia del anterior, la sustitución de las piezas o partes del sistema que pudieran causar averías se realiza con una cierta periodicidad, determinada mediante criterios estadísticos.

Para la planificación de actividades de mantenimiento preventivo, es necesaria una correcta aplicación de criterios estadísticos para determinar los tiempos adecuados de intervención.

Mantenimiento preventivo, involucra todas las acciones que se planean y programan con el objetivo de ajustar, reparar o cambiar partes en equipos, antes de que ocurra una falla o daños mayores, eliminando o reduciendo al mínimo los gastos de mantenimientos y por supuesto, estableciendo controles para aumentar la productividad.

Dentro del mantenimiento preventivo, se encuentra una técnica denominada Mantenimiento Predictivo, que se basa principalmente en el análisis de la condición. Su punto fuerte está en que es capaz de brindar información que permite conocer el estado de un elemento en un momento determinado y como ha sido su comportamiento a través del tiempo. Es decir, permite asignar los recursos de acuerdo a las necesidades de cada equipo conocidas antes de que ocurra la falla, mediante el monitoreo de la condición. El monitoreo de la condición no es

más que un proceso que consiste en medir periódicamente una o varias variables asociadas a la máquina e interpretarlas con el fin de conocer el estado en que se encuentra⁸

1.11. CONFIABILIDAD.

Es la probabilidad de que un equipo cumpla una función específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente. Si se tiene un equipo sin falla, se dice que el equipo es ciento por ciento confiable o que tiene una probabilidad de supervivencia igual a uno.

Si la efectividad de un equipo disminuye, es posible de que este se haga menos confiable debido a la reducción del tiempo entre fallas.

1.12. DISPONIBILIDAD.

La disponibilidad es una función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado

Si la disponibilidad disminuye, es probable que también lo hagan las horas en que el equipo produce, y por ende, se hace menos efectivo.

1.13. MANTENIBILIDAD.

Está definida como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos, es una función del diseño

⁸Administración y Técnicas de Mantenimiento, Instituto Tecnológico de MInatitlan, (1972)

del equipo (factores tales como accesibilidad, modularidad, estandarización y facilidades de diagnóstico, facilitan enormemente el mantenimiento).

La Mantenibilidad aumenta a medida que el tiempo fuera de servicio (TFS) disminuye. Un aumento del TFS trae como consecuencia elevación de las horas de parada y por ende reducción en la efectividad.

MARCO LEGAL

1.14. CONSTITUCIÓN NACIONAL

Llamada “norma de normas”. Es un conjunto de normas de carácter superior que determinan la organización básica del Estado, los principios a los que debe obedecer su funcionamiento y las relaciones con los particulares. Su contenido se cifra en la exigibilidad de los principios, valores, fines y derechos de los ciudadanos.

Capítulo 3, Artículo 80 La Constitución Nacional promulga que es obligación del Estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. El Estado debe prevenir y controlar todos los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales, exigir la reparación de los daños causados y cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas.

Alcance: aplica para todos los factores ambientales y ecológicos dentro del territorio nacional. Es nuestro derecho exigir al Estado y a las instituciones que lo conforman las condiciones y garantías para cumplir la Constitución y proteger nuestros recursos naturales, agua, suelo, aire y demás.

Capítulo 5, Artículo 95, Numeral 8 Según la Constitución, es deber de cada colombiano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

Alcance: aplica para todos los factores ambientales y ecológicos de los ecosistemas del territorio nacional. Como ciudadanos de este país somos responsables y partícipes de la conservación del medio ambiente y de contribuir en la reparación de los daños que le causemos. Las personas que realizan

mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, en las labores diarias de su oficio, deben velar por la conservación de los recursos y evitar acciones que atenten contra el medio ambiente; de no ser así, el Estado impondrá sanciones.

1.15. TRATADOS INTERNACIONALES

Protocolo de Montreal y sus enmiendas el Protocolo de Montreal es un acuerdo ambiental multilateral con un régimen de cumplimiento estricto que se desarrolló con el objeto de establecer las acciones y mecanismos para reducir y eliminar las sustancias agotadoras de la capa de ozono SAO en el mundo. Entró en vigencia el 1 de enero de 1989. Hoy en día, 189 países hacen parte del Protocolo de Montreal y se han comprometido a eliminar el consumo y la producción de SAO conforme a este tratado.

Alcance: aplica para todas las sustancias químicas que científicamente estén relacionadas con el agotamiento de la capa de ozono. Con los ajustes y enmiendas que ha tenido, controla el uso de 98 SAO, además de los equipos que, para su fabricación y funcionamiento, las requieren. Tiene aplicación para los países que lo han ratificado y han ratificado cada una de sus enmiendas.

Enmiendas y ajustes: el Protocolo de Montreal está sujeto a cambios que reflejen los avances tecnológicos, descubrimientos científicos y aspectos económicos coyunturales relacionados con la problemática del agotamiento de la capa de ozono. Los ajustes del Protocolo de Montreal pueden modificar los calendarios de eliminación de las sustancias ya controladas así como los valores de potencial de agotamiento de ozono –PAO.

Se aplican automática y obligatoriamente a todos los países que ha ratificado el Protocolo o la enmienda pertinente que introdujo la sustancia controlada. Las enmiendas al Protocolo de Montreal pueden introducir medidas de control para nuevas SAO. Son obligatorias sólo después de su ratificación.

Imagen. 10. . Enmiendas del protocolo de Montreal.

Enmienda	Año
De Londres	1990
De Copenhague	1992
De Montreal	1997
De Beijing	1999

Fuente: PNUMA 2001. www.unep/etp.org

Las principales obligaciones de los países que son parte del Protocolo de Montreal surgen precisamente de las medidas de control impuestas. Los Estados parte deben cumplir con las fechas establecidas en un cronograma, tanto para la eliminación del consumo y producción de las SAO, como para su importación y exportación con países que no sean parte del Protocolo o de alguna de sus enmiendas.

Las obligaciones de congelación y eliminación para los países en desarrollo denominados por el Protocolo “Artículo 5”, toman en cuenta que estos países no suelen tener fácil acceso a tecnologías alternativas, conocimientos técnicos e inversiones de capital y por consiguiente sus calendarios de congelación y eliminación se encuentran atrasados con respecto al de los países desarrollados, llamados “Artículo 2”. Esta diferencia permite proveer apoyo técnico y práctico a

los países del artículo 5 para asegurar una transición paulatina hacia tecnologías que no empleen SAO.

Las Partes del Protocolo han adoptado una serie de acciones frente al incumplimiento de un país miembro. Entre otras, las siguientes:

- Prestar asistencia adecuada cuando el país indique las dificultades para lograr cumplir con sus obligaciones
- Formular advertencias
- Establecer barreras comerciales
- Imponer sanciones económicas
- Suspender derechos y/o privilegios concretos en el marco del Protocolo.

Protocolo de Kyoto es un tratado internacional cuyo objetivo principal es disminuir el cambio climático causado por la actividad humana y manifiesto a través del llamado “efecto invernadero”. El Protocolo de Kyoto impone compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones de seis gases presentes en la atmósfera, denominados “gases efecto invernadero” que ocasionan calentamiento global. El Protocolo entró en vigor el 16 de febrero del año 2005 y ha sido ratificado por 141 países, entre ellos 30 industrializados.

Alcance: para lograr reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012, este Protocolo obliga a los países industrializados a disminuir el uso de energías fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas y desincentiva el uso de refrigerantes como el CFC-12 y el HFC 134a. Los países del sur tienen obligación de hacer un inventario de sus emisiones y pueden participar a través de los mecanismos propuestos por el Protocolo: Comercio de derechos de emisión, Mecanismos de Implementación Conjunta y Mecanismos de Desarrollo Limpio.

1.16. LEGISLACIÓN NACIONAL

Ley 29 de 1992 con esta ley se adoptó en nuestro país el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987 con su enmienda adoptada en Londres -en 1990- y ajuste de Nairobi -en 1991-. Esta ley fue aprobada por el Congreso de la República.

Alcance: la participación de Colombia en el Protocolo de Montreal es ley de la República y como tal, obliga al país y a todos los colombianos a cumplir con los compromisos adquiridos bajo las directrices del Protocolo. Esta ley se constituye en el marco general para implementar las estrategias nacionales para eliminar el consumo de SAO.

Resolución 528 de 1997 esta resolución prohíbe la producción de refrigeradores, congeladores y combinación de refrigerador - congelador, de uso doméstico, que contengan o requieran para su producción u operación clorofluorocarbonatos (CFC), y fija requisitos para la importación de los mismos equipos. Aprobada conjuntamente por el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Comercio Exterior.

Alcance: aplica para todos aquellos fabricantes nacionales de equipos de refrigeración y congelación de uso doméstico y para las empresas importadoras de estos equipos.

Resolución 304 de 2001 y Resolución 734 de 2004 la resolución 304 de 2001 emanada del Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Comercio Exterior, modificada por la Resolución 734 de 2004, establece cupos anuales para las

importaciones de CFC, y el mecanismo de control para asignación de los cupos de importaciones.

Alcance: aplica para las empresas nacionales importadoras de CFC en cualquier presentación.

Decreto 4741 de 2005 busca prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

Alcance: las disposiciones se aplican en el territorio nacional a las personas que generen, gestionen o manejen residuos o desechos peligrosos. Obliga a todas las personas que manejan sustancias químicas peligrosas para el medio ambiente a conocer y aplicar medidas en cuanto a la generación y manejo de las sustancias residuales. En el caso del sector, aplica para las sustancias refrigerantes residuales producto del uso de los diferentes refrigerantes utilizados en los servicios de mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado-, que, al final, se convierten en un peligro eminente para el medio ambiente y en especial para el deterioro de la capa de ozono.

1.17. NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES

ANSI/ASHRAE 34 el American Standard ANSI / ASHRAE 34 publicado en el año 2001 y titulado “Designation and Safety Classification of Refrigerants” es una clasificación que permite asignar de forma clara y con reconocimiento internacional los nombres y grupos de seguridad de todos los refrigerantes usados, según su composición química.

Alcance: aplica para todos los refrigerantes usados según su composición química. La clasificación está más ampliamente detallada en el numeral 5.2 de esta cartilla.

ISO: 7,10, 22, 32, 68, 220 la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema para especificar la viscosidad de los aceites industriales mediante un número estándar que se agrega al final del nombre de todos los aceites industriales, incluidos los usados en refrigeración.

Alcance: aplica a todos los aceites industriales, incluidos los usados en refrigeración. Si desea profundizar más en el tema de aceites remítase al numeral 6 de esta cartilla.

ARI 740, ISO 11650 el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (ARI) de los Estados Unidos formuló este estándar para establecer métodos de prueba con el fin de definir y evaluar el funcionamiento de equipos de recuperación y/o reciclaje frente a niveles de pureza o contaminación, capacidad, velocidad y pérdidas por purga para minimizar la emisión a la atmósfera de refrigerantes de referencia.

Alcance: aplica para equipos de recuperación y/o reciclaje de refrigerantes puros, mezclas azeotrópicas y zeotrópicas y sus contaminantes normales presentes en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Este estándar define el equipo de prueba, procedimientos de muestreo y técnicas analíticas que serán usados para determinar el funcionamiento del equipo de recuperación y/o reciclaje de refrigerantes hidrocarburos halogenados y mezclas que contienen hidrocarburos halogenados. La última versión publicada es de 1998.

Guía Q – ARI esta guía de referencia, expedida por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado –ARI- de los Estados Unidos, sobre recuperación de contenido y reciclaje apropiado de cilindros de refrigerante ofrece un procedimiento para recuperar el contenido y posterior reciclaje de cilindros.

Alcance: se puede aplicar para los cilindros de refrigerante halogenado rellenables y no rellenables –desechables-, que cumplen especificaciones del Departamento

de Transporte Americano –DOT, con capacidad mayor a 8 libras de agua y usados para transportar refrigerante vendido en los Estados Unidos.

Guía K – ARI esta guía de referencia, expedida por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado –ARI- de los Estados Unidos, trata sobre recipientes o contenedores para refrigerantes halogenados no inflamables recuperados y describe buenas prácticas, útiles para quienes suministran, usan, almacenan y transportan este tipo de recipientes⁹.

Alcance: aplica para recipientes con presiones de servicio no mayor a 400 Psig en almacenamiento y transporte de refrigerantes halogenados no inflamables recuperados. No aplica para recipientes a presión fabricados con las especificaciones de la American Society of Mechanical Engineers –ASME- que no hayan sido aprobados por el Departamento de Transporte Americano –DOT.

Guía N – ARI esta guía de referencia, expedida por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (ARI) de los Estados Unidos, asigna colores para los recipientes de refrigerantes. Así mismo, establece definiciones y consideraciones básicas para el desarrollo de la guía de colores y sus criterios de asignación.

Alcance: aplica para identificar por colores los envases y/o cilindros de refrigerantes usados corrientemente y producidos en cantidades significativas¹⁰.

⁹ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales. Cartilla didáctica. Diciembre 2006.

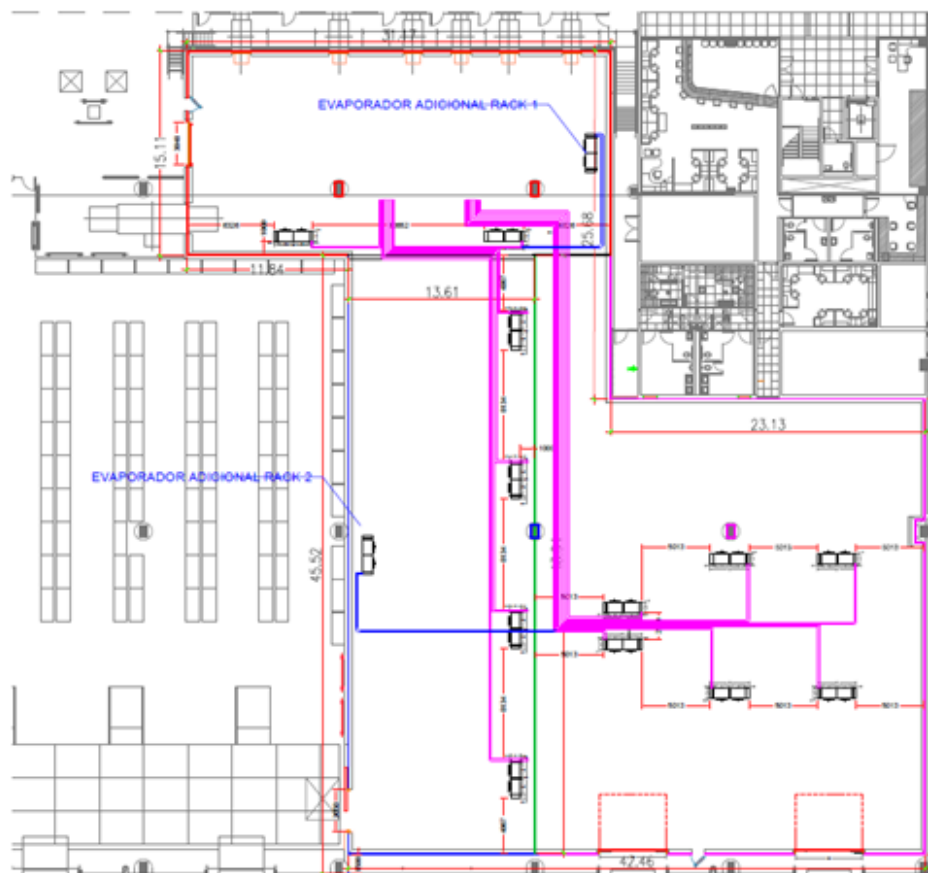
¹⁰ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales. Cartilla didáctica. Diciembre 2006.

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN LAN CARGO

El sistema de Refrigeración está ubicado en el terminal de carga Internacional Aeropuerto el dorado de la Ciudad de Bogotá, complejo logístico que fue inaugurado en el año 2011 y que cuenta con la infraestructura más moderna de Latinoamérica.

Todo este sistema, conforma el activo más relevante de la operación ya que la mayoría de la carga que se maneja es perecedera. Este está constituido por dos Rack de Refrigeración los cuales barren a su vez con 2500 MBH de carga térmica.

Imagen. 11. Identificación del circuito de refrigeración Bodega Lan Cargo.



Fuente: Autores del Proyecto

La figura N11, muestra la identificación de circuitos de refrigeración al interior del cuarto Frío, se identifican 7 evaporadores por cada Rack, distribuidos de manera estratégica para mantener condiciones de temperaturas entre los 2°C y los 5°C.

1.18. DELIMITACIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El objetivo de estudio de la presente monografía es el sistema de Refrigeración de la Bodega Lan Cargo en la terminal de carga internacional Aeropuerto el Dorado.

El Alcance del mismo son los equipos, componentes, sistemas de control, tuberías y accesorios que intervienen directamente en el proceso de suministro de calor a baja temperatura; como es el caso de la alimentación eléctrica, condiciones ambientales y factores externos, no intervienen dentro de la funcionalidad y desempeño del sistema de Refrigeración.

De igual manera el aumento de la carga térmica al interior del cuarto, motivo al tiempo de apertura de puertas y al aumento del calor de campo, no hace parte de este estudio, debido aunque es un factor importante para mantener las condiciones operacionales en el desempeño del sistema de Refrigeración

Estructuración de jerarquías ISO 14224.

Para tomar como guía métodos de selección de equipos, componentes e ítems mantenible, tomaremos estudiaremos la Norma ISO 14224.

ISO 14224

Esta Norma internacional brinda una base para la recolección de datos de Confiabilidad y Mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación transporte de petróleo y gas natural, con

criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias. Sus definiciones son tomadas del RCM¹¹.

Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan Cuantificar la Confiabilidad de Equipos y compararla con la de otros de características similares.

Los principales objetivos de esta norma internacional son:

a) Especificar los datos que serán recolectados para el análisis de:

- Diseño y configuración del Sistema.
- Seguridad, Confiabilidad y Disponibilidad de los Sistemas y Plantas.
- Costo del Ciclo de Vida.
- Planeamiento, optimización y ejecución del Mantenimiento.

b) Especificar datos en un formato normalizado, a fin de:

- Permitir el intercambio de datos entre Plantas.
- Asegurar que los datos sean de calidad suficiente, para el análisis que se pretende realizar.

Si bien la norma está orientada al registro de fallas, son de gran importancia las posibilidades de aplicación que presenta para definir los límites y jerarquía de los equipos de Operación, como también la calificación de la jerarquía de las Fallas. Parte desde el Modo de Falla, (perdida de la función) hasta el detalle de la Causa de Falla y el componente (ítem mantenible para la norma), que provoca el evento. Esta calificación tiene como ventaja que limita la profundidad de detalle del análisis, acotando el nivel al que llega el Técnico de Mantenimiento (y las que quedan para un Especialista como metalografía, fractomecánica, etc.)

¹¹ Análisis ISO 14224/OREDA Relación con RCM – FMEA(Citado el 20 de Junio de 2013)
Disponible en Internet en
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0605MarioTroffelISO14224.pdf>.

La norma ISO 14224 toma la máquina dividiéndola de mayor a menor jerarquía o grado de detalle:

- ✓ CLASES
- ✓ SISTEMA
- ✓ SUB SISTEMA
- ✓ ÍTEM MANTENIBLE
- ✓ COMPONENTE DE DETALLE (en un grado último de división, opcional)

Esta división es primordial y de la mayor importancia debido a que permite definir cómo se tratará a los Equipos, respecto a la posterior interpretación de los resultados; y luego cómo se asociarán los Registros de Operación y Mantenimiento, de modo de contar con metodologías sencillas de Análisis (y la aplicación de software avanzados) Los Registros de Mantenimiento deben relacionarse con cada nivel dentro de la jerarquía del Equipo a fin de que puedan compararse.

1.19. CLASES DE EQUIPOS

A partir de la estructura presentada por la norma, acorde a un orden de JERARQUÍA, se establecen cuáles son las Clases de Equipos (siendo este el nivel más alto) se les puede asociar a Funciones; cada una en su contexto operacional; entendiendo por Función, de acuerdo con la definición de RCM, a las razones por las cuales un equipo existe dentro del proceso.

Acorde al glosario definimos como Clase a un determinado tipo de Equipo, que para la norma son los siguientes:

Sistemas

Bajo los conceptos de RCM / FMEA, y así lo toma la Norma ISO 14224, se considera sistema a un conjunto que realiza una función específica, en un Servicio determinado dentro del Proceso, pudiéndose identificar una entrada y una salida.

Para nuestro estudio el sistema es el de Refrigeración.

Sub sistemas

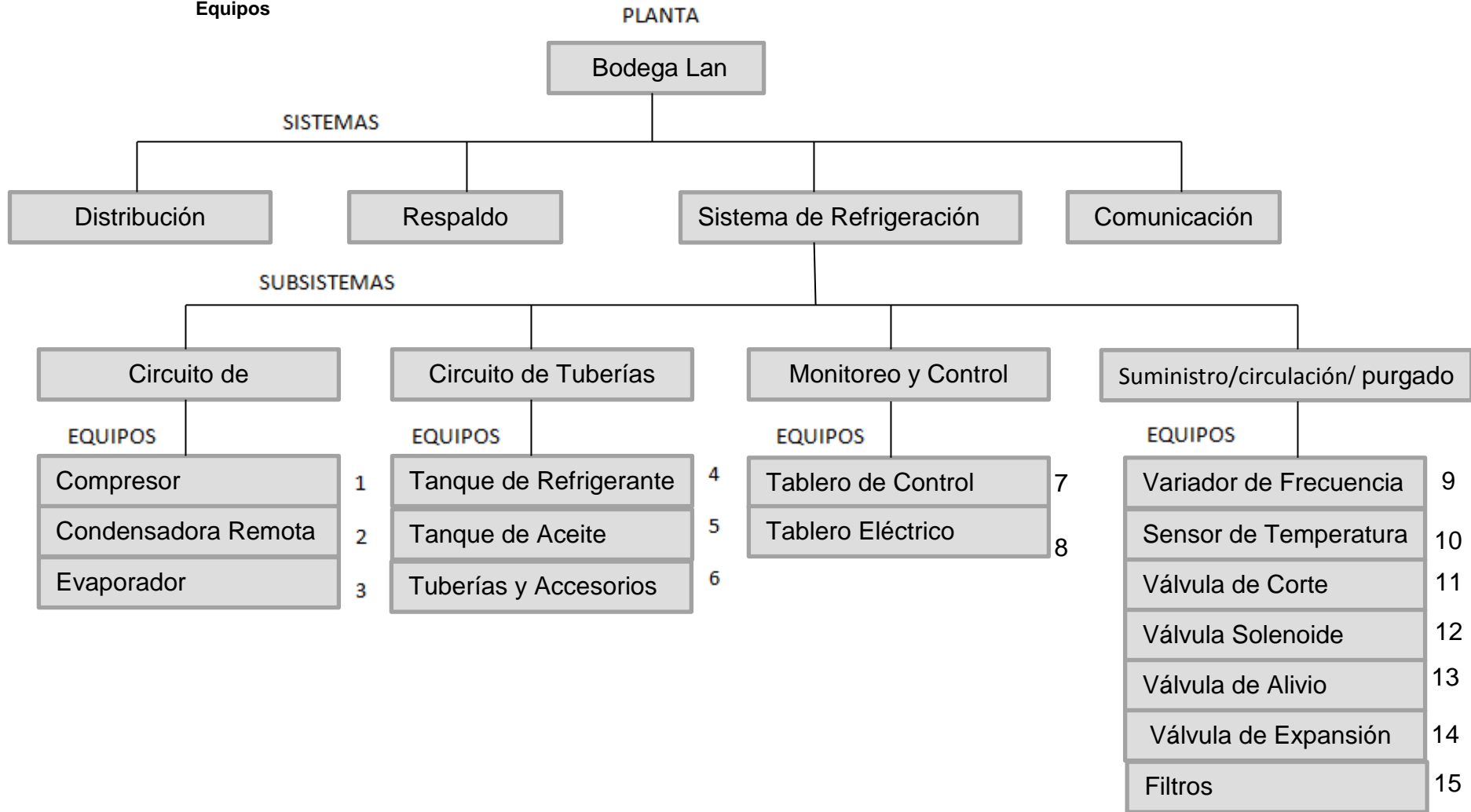
Son aquellos Equipos que posibilitan que el Sistema realice su función operativa y se pueden dividir por sus funciones específicas. Todo Equipo calificado como Sub Sistema que falle, afecta directamente al Sistema.

Los subsistemas de nuestro sistema de refrigeración para este estudio son:

- ✓ Circuito de Refrigeración
- ✓ Circuito de tuberías
- ✓ Suministro/Circulación/Purgado
- ✓ Monitoreo y Control

En la imagen siguiente se aprecia la matriz jerárquica para la gestión de mantenimiento para cada uno de los componentes.

Imagen. 12. Jerarquía de Equipos



ISO 14224

Componente 1	Componentes 2.	Componentes 3.	Componente 4.	Componente 5.	Componente 6.	Componente 7.
RRCO01/D	RRCR13/D	RREV21/D	RRTR55/D	RRTA58/D	RRTBA60/D	RRTC75/C
RRCO02/C	RRCR14/D	RREV22/D	RRTR56/S	RRTA59/D	RRTBA61/D	RRTC76/C
RRCO03/D	RRCR15/D	RREV23/D	RRTR57/D		RRTBA62/D	
RRCO04/D	RRCR16/S	RREV24/D			RRTBA63/D	
RRCO05/D	RRCR17/C	RREV25/D			RRTBA64/D	
RRCO06/A	RRCR18/D	RREV26/D				
RRCO07/D	RRCR19/S	RREV27/D				
RRCO08/D	RRCR20/S	RREV28/D				
RRCO09/S		RREV29/D				
RRCO10/D		RREV30/D				
RRCO11/A		RREV31/D				
RRCO12/D		RREV32/D				

Componente 8.	Componente 9.	Componente 10.	Componente 11.	Componente 12.	Componente 13.	Componente 14.
RRTE68/C	RRVF33/D	RRST38/D	RRVC42/D	RRVS45/D	RRVA49/S	RRVE50/D
RRTE69/C	RRVF34/D	RRST39/D	RRVC43/D	RRVS46/D		RRVE51/D
RRTE70/C	RRVF35/D	RRST40/D	RRVC44/D	RRVS47/D		RRVE52/D
RRTE71/C	RRVF36/D	RRST41/D		RRVS48/D		RRVE53/D
RRTE72/C	RRVF37/D					RRVE54/D
RRTE73/C						Componente 15.
RRTE74/C						RRFL65/C
						RRFL66/C
						RRFL67/C

Circuito de Refrigeración

Está conformado por 14 evaporadores, 6 compresores, dos condensadoras remotas con 14 moto-ventiladores, encargados de permitir las condiciones de temperatura al interior del cuarto tal como se aprecia en la figura 13.

Imagen. 13. Rack de Refrigeración de la Bodega Lan Cargo.



Fuente: Autores del Proyecto

Compresor

Los compresores de cada uno de los Rack de refrigeración son compresores copeland de 34 hp, los cuales están constituidos por tres cámaras de compresión, estos equipos cumplen dos funciones en el ciclo de refrigeración: en primer lugar succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En segundo lugar, el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio disponible para la condensación del vapor refrigerante¹².

La figura 13 muestra el compresor copeland utilizados en la bodega Lan Cargo.

¹² Revista Grivan Ingeniería 2012.

Imagen. 14. Compresor copeland de 34 hp.



Fuente: Autores del Proyecto

Condensadora Remota.

Como su nombre lo indica este equipo está ubicado en la cubierta de nuestra Bodega, su función principal es realizar el intercambio de calor con el ambiente, para que el refrigerante cambie de gas recibido por el compresor a una mínima mezcla de líquido y gas enviada hacia la válvula de expansión.

Imagen. 15. Condensadoras Remotas del Sistema de Refrigeración.



Fuente: Autores del Proyecto.

Evaporador

Intercambio de calor ubicado al interior del cuarto Frío, los conforman dos moto-ventiladores, encargados de disipar el calor a baja temperatura al recinto, en su interior está ubicada la válvula de expansión electrónica la cual regula el refrigerante según las condiciones del ambiente.

El ramal de tuberías instaladas al interior del evaporador está rodeado de aletas las cuales para este tipo de equipo son tres aletas por pulgada, ya que son directamente proporcionales con la temperatura que manejan

Imagen. 16. Evaporador ubicado al interior del cuarto Frío



Fuente: Autores del Proyecto

Circuito de Tuberías

El circuito de tuberías del sistema se compone por tuberías de cobre Schedule 40 cuyos diámetros varían desde $\frac{1}{4}$ " , hasta $2 \frac{1}{2}$ " .

En las tuberías de descarga se manejan presiones superiores a los 240 Psi, a una temperatura superior a los 70°C , la tubería de succión maneja presiones entre los 40 Psi y 30 Psi, esta última en diferentes ramales es recubierta con fibra o material térmico con la finalidad de evitar la condensación.

Tanque de Refrigerante

El tanque Recibidor cuyas dimensiones son de 18"x 60", es el encargado de almacenar el refrigerante en estado líquido, el volumen almacenado en este tanque equivale a 7 pipetas de Refrigerante R507 de 25 libras C/U.

Este Refrigerante es HFC Hidrofluorocarbonato, remplazo al refrigerante R502, este refrigerantes presenta buenas propiedades para bajas temperaturas.

Imagen. 17. Normativa de Refrigerantes.



Fuente: Normativa uso Refrigerantes. (Citada el 21 de Junio de 2013). Disponible en internet en <http://www.sustituy22condaikin.com/normativa.php>

El tanque de refrigerante se compone de dos mirillas de inspección, donde podemos verificar el nivel en caso de fuga.

Imagen. 18. . Tanque de Refrigerante R507.



Fuente: Autores del Proyecto.

Tanque de Aceite

El depósito de Aceite permite el almacenamiento por retorno del aceite en el sistema, su principal función es permitir el correcto funcionamiento del compresor eliminando las concentraciones de fricción entre sus componentes.

En su interior reposa un filtro para la filtración de impurezas de todo su recorrido.

El aceite que usa el sistema de Refrigeración de la Bodega Lan Cargo es un lubricante sintético marca Emkarate, técnicamente conocido como Aceite Polyol ester ideal para sistema de refrigeración, especialmente para aquellos sistemas que utilizan HFC (R-134a, R-404A y R-507).

Imagen. 19. Tanque de Aceite sistema de Refrigeración Lan Cargo.



Fuente: Autores del Proyecto

Filtros

Los filtros ubicados en toda la línea de tuberías tanto en la descarga como en la succión, permiten la filtración de impurezas que son catastróficas para la vida útil del compresor.

En la imagen No 20, se evidencia el filtro de la tubería de líquido costado derecho y filtro de la tubería de Aceite.

Imagen. 20. Filtros circuito de tuberías



Fuente: Autores del Proyecto

Acumulador de Succión

La función principal del Acumulador de succión es permitir que al compresor llegue refrigerante en estado líquido, ya que si esto ocurre el funcionamiento del compresor se vería afectado, se humedecería el embobinado y entraría en corto eléctrico.

Imagen. 21. Acumulador de Succión Sistema de Refrigeración.



Fuente: Autores del Proyecto.

Monitoreo Y control

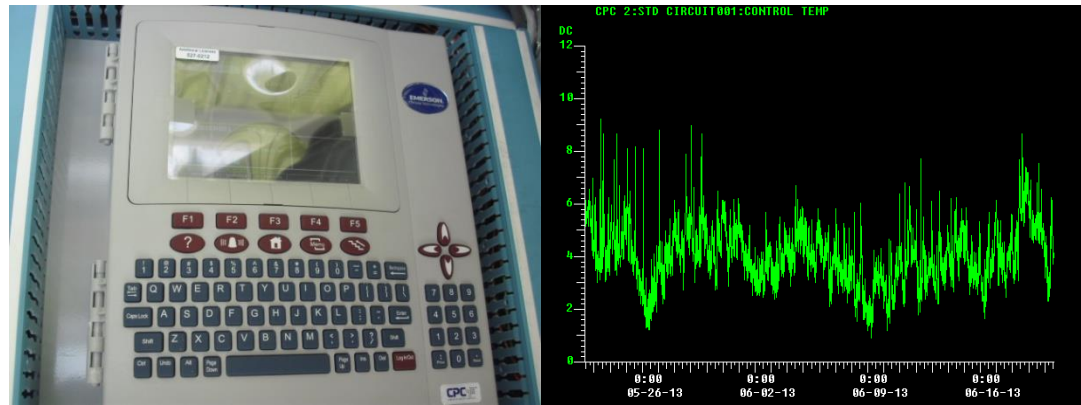
El subsistema de monitoreo y control permite la Interfase Hombre-Máquina, ya que gracias a sus componentes se pueden modificar parámetros en tiempo real del sistema, además se puede verificar el comportamiento de las variables críticas del sistema.

Este subsistema lo componen el tablero de control y el tablero eléctrico.

Tablero de Control

Permite la Administración del sistema tanto en Sitio como Remotamente, está incorporado con un Software desarrollado pro Emerson denominada InSite, en el cual se muestran las variables y lecturas de los diferentes sensores.

Imagen. 22. Tablero de control y muestra de temperatura del sensor.



Fuente: Autores del Proyecto

Tablero Eléctrico

Permite la protección de los equipos del sistema, está constituido por contactores, protectores de fase, guarda-motores, Breaker. Este tablero eléctrico también es monitoreado en el tablero de control, el software envía señales de encendido de equipas, fase invertida, salto de un guarda-motor, fundamental para que el sistema de refrigeración cumpla con los parámetros de carga requerida al interior del cuarto Frío.

Imagen. 23. Componentes del tablero Eléctrico del Sistema.



Fuente: Autores del Proyecto.

Suministro, circulación y purgado.

Este Subsistema permite el flujo del refrigerante por toda la tubería, aún en el estado gaseoso, mezcla-líquido, y líquido del refrigerante.

Es muy importante dentro del sistema de refrigeración, ya que su correcta instalación y facilidad de servicio contribuyen a la detección de fugas tanto de refrigerante R507, como aceite Emkarate.

Variador de Frecuencia

Este componente se utiliza para controlar la velocidad de giro del motor en los evaporadores disminuyendo la frecuencia de 69Hz, hasta 45Hz, se recomienda que la frecuencia no esté por debajo de los 30 Hz¹³, el mismo modo contribuye a que los decibeles por el de ruido de los evaporadores al interior del cuarto disminuyan.

Imagen. 24. Variador de Frecuencia VLT Danfoss



Fuente: Autores del Proyecto.

Sensor de Temperatura.

Son los encargados de tomar una señal analógica, como lo es la temperatura ambiente del cuarto, y convertirla en digital por medio del controlador.

Estos sensores envían una señal luego del registro de la temperatura, al controlador CPC de Emerson, y este a su vez por medio del transductor de

¹³Manual Instalación y Programación VLT Danfoss 2008.

presión realiza la apertura de la válvula solenoide para que al evaporador le llegue refrigerante, de este modo evapora y mejora las condiciones del recinto.



Figura 21. Sensor de Temperatura de Succión. Fuente: Autores del Proyecto.

Válvula de Corte

La función de la válvula de corte como su nombre lo indica es cortar el flujo del refrigerante cuando se requiera, ya sea por fuga por debajo de la línea, por intervención de mantenimiento, o reemplazo de componentes.

A su vez están provistas de una válvula medidora de presión para la instalación de manómetros, con el fin de garantizar el paso de refrigerante.

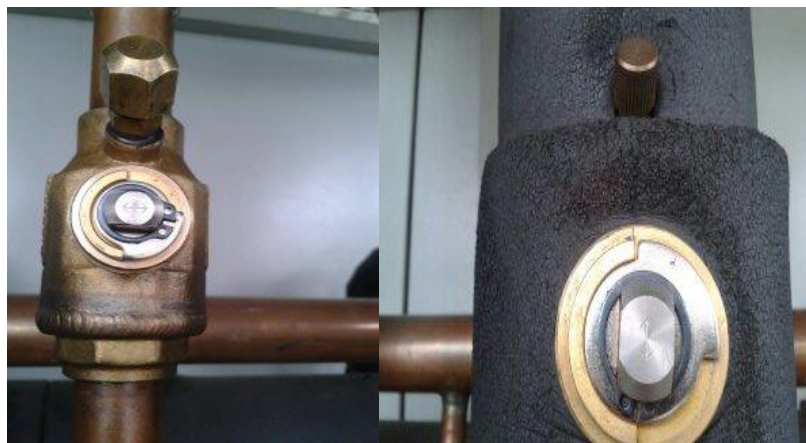


Figura 22. Válvulas de corte del sistema. Fuente: Autores del Proyecto.

Válvula Solenoide

Esta válvula es usualmente utilizada en sistemas de refrigeración, permite el paso de refrigerante a través de señales de pulso dadas por la bobina, estas señales son registradas por medio de la señal previa que envía el sensor ubicado en la succión del evaporador, el controlador envía a su vez la orden de apertura de acuerdo a los pulsos de la bobina, es decir si la temperatura del evaporador es muy alta, los pulsos que envía la bobina sean mayores.

Imagen. 25. Válvula solenoide tubería de líquido



Fuente: Autores del proyecto

Válvula de Alivio

Esta válvula está ubicada en la parte superior del tanque de líquido de refrigerante, están diseñadas para liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido (presión de tarado). Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por un exceso de presión. Existen también las válvulas de alivio que liberan el fluido cuando la temperatura supera un límite establecido, son llamadas también válvulas de seguridad.

Imagen. 26. Válvula de alivio tanque de refrigerante.



Fuente: Autores del Proyecto.

Válvula de Expansión

Es considerada el cerebro del equipo¹⁴, trabaja mediante un control electrónico, en el cual sensores de temperatura envían las señales al controlador y este mediante esos datos mantiene un sobrecalentamiento dentro de los parámetros permitidos para el funcionamiento del equipo.

Imagen. 27. Válvula de expansión.



Figura 25. Fuente: Autores del Proyecto.

¹⁴Válvula de Expansión. (Citado el 21 de Junio de 2013). Disponible en Internet en http://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula_de_expansi%C3%B3n

ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLOS (AMEF) Y TAREAS DE MANTENIMIENTO

En el AMEF se reconocerán e identificarán las fallas potenciales del proceso de refrigeración de los Racks de Lan Cargo, con el propósito principal de eliminarlas o de optimizar en lo máximo su tiempo de ocurrencia realizando rutinas de mantenimiento. Se consigue con la elaboración de este AMEF realizar un análisis, buscando anticiparse a las fallas más potenciales y más críticas para nuestro sistema de refrigeración. Se realizó un listado en el cual se encuentran cada uno de los Subsistemas, al igual que los equipos que conforman cada uno de estos con su respectiva codificación para mayor facilidad al momento de consultar el AMEF.

Tabla 1. Codificación Modo De Falla

EQUIPO	CODIFICACION	COMPONENTE
1. Compresor	RRCO01/D	Cámara de Compresión
	RRCO02/C	Manual de succión
	RRCO03/D	Temporizador electrónico
	RRCO04/D	Control de nivel de aceite (Traxs oil)
	RRCO05/D	
	RRCO06/A	Presostato Dual
	RRCO07/D	Motor
	RRCO08/D	Válvula de descarga
	RRCO09/S	Amortiguador
	RRCO10/D	Carcaza
	RRCO11/A	Filtro de Aceite
	RRCO12/D	Bomba de Engranaje
2. Condensadora Remota	RRCR13/D	Motor
	RRCR14/D	Ventilador
	RRCR15/D	Conexiones eléctrica
	RRCR16/S	rejillas de protección
	RRCR17/C	Serpentines
	RRCR18/D	Canales
	RRCR19/S	estructura soporte

	RRCR20/S	Caja de Control
3. Evaporador	RREV21/D	Motor
	RREV22/D	ventilador
	RREV23/D	Conexiones eléctrica
	RREV24/D	rejillas de protección
	RREV25/D	serpentine
	RREV26/D	canales
	RREV27/D	estructura soporte
	RREV28/D	Caja de Control
	RREV29/D	Transductor de presión
	RREV30/D	Distribuidor de Refrigerante
	RREV31/D	Resistencias eléctricas
	RREV32/D	Sistema de Protección
4. Tanque de Refrigerante	RRTR55/D	Mirillas de nivel
	RRTR56/S	Estructura
	RRTR57/D	Válvula de alivio
5. Tanque de Aceite	RRTA58/D	Mirillas de nivel
	RRTA59/D	Válvula de Drenaje
6. Tuberías y Accesorios	RRTBA60/D	Tuberías
	RRTBA61/D	Juntas de expansión
	RRTBA62/D	Manómetros
	RRTBA63/D	aislamientos
	RRTBA64/D	Válvulas de check
7. Tablero de Control	RRTC75/C	Controlador CPC
	RRTC76/C	Tarjetas multiflex
8. Tablero Eléctrico	RRTE68/C	Guarda motores
	RRTE69/C	Contactares
	RRTE70/C	Tarjetas de comunicación
	RRTE71/C	protector de fase
	RRTE72/C	Display
	RRTE73/C	fusibles
	RRTE74/C	Transformador
9. Variador de frecuencia	RRVF33/D	Disipador
	RRVF34/D	Panel de Control
	RRVF35/D	Condensador
	RRVF36/D	Rectificador
	RRVF37/D	Filtro de Aire
10. Sensor de Temperatura	RRST38/D	Termocupla

	RRST39/D	Conexiones eléctrica
	RRST40/D	Caja de Conexión
	RRST41/D	Tarjeta Multiflex
11. Válvula de Corte	RRVC42/D	Cuerpo
	RRVC43/D	Vástago
	RRVC44/D	Empaque de vástago
12. Válvula Solenoide	RRVS45/D	Bobina
	RRVS46/D	Cuerpo
	RRVS47/D	Sellos O-Ring
	RRVS48/D	Conexiones eléctrica
13. Válvula de alivio	RRVA49/S	Tapón
14. Válvula de Expansión	RRVE50/D	Cuerpo
	RRVE51/D	Bobina
	RRVE52/D	Vástago
	RRVE53/D	Transductor de presión
	RRVE54/D	Sellos O-Ring
15. Filtros	RRFL65/C	Filtro tubería líquido
	RRFL66/C	Filtro de Aceite
	RRFL67/C	Filtro de aire

Fuente: Autores del Proyecto

	Suministro/circulación/ purga
	Circuito de Refrigeración
	Circuito de Tuberías.
	Monitoreo y Control

ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

De acuerdo a las siguientes tablas de hace la respectiva ponderación para la determinación de los equipos a monitorear en el CBM, la puntuación está dada según el efecto y consecuencia en el funcionamiento del sistema, así como en su recurrencia.

Tipo de Efecto	Valor
C	2
A	3
D	4
S	5

Ocurrencia x 5 años	Valor
≤ 1	2
< 10	3
≤ 20	4
> 20	5

Cuadro de criticidad ponderado por modo de falla:

CODIGO	DESCRIPCION DE ELEMENTO	TIPO DE EFECTO	OCURRENCIA	CRITICIDAD
RRCO01/D/01	Motor quemado por sobre voltaje	4	2	8
RRCO01/D/02	Flipar de válvula roto	4	3	12
RRCO02/C/01	Motor bloqueado por sobrepresión	2	4	8
RRCO03/D/01	Tarjeta electrónica quemada	4	2	8
RRCO04/D/01	Sensor de indicador de Aceite desalineado	4	2	8
RRCO05/D/01	Mala calibración del transductor	3	2	6
RRCO06/A/01	Ruptura de la tubería por corrosión	4	3	12
RRCO07/D/01	Caída de una de las fases	4	2	8
RRCO07/D/02	Desgaste en Rodamientos	3	3	9
RRCO08/D/01	Deformación de empaquetadura	4	2	8
RRCO09/S/01	Deformación estructural	5	4	20
RRCO10/D/01	Rotura estructural	4	2	8
RRCO11/A/01	Taponamiento de filtros	4	2	8
RRCO12/D/01	Alta tolerancia entre los dientes	4	2	8
RRCR13/D/01	Desgaste en Rodamientos estator y rotor	4	5	20

RRCR14/D/01	Desbalanceo en el aspa	3	3	9
RRCR15/D/01	Corto eléctrico	2	3	6
RRCR16/S/01	Quebramientos en puntos de soldadura	5	2	10
RRCR17/C/01	presencia de impurezas entre aletas	3	4	12
RRCR18/D/01	tubería obstruida con sedimentos	3	2	6
RRCR19/S/01	Desajuste en los puntos de fijación	5	2	10
RRCR20/S/01	Dilatación de juntas	5	2	10
RREV21/D/01	Desgaste en Rodamientos estator y rotor	4	3	12
RREV22/D/01	Cambio del Sentido de giro del motor	5	5	25
RREV23/D/01	Corto eléctrico	4	3	12
RREV24/D/01	Quebramientos en puntos de soldadura	4	2	8
RREV25/D/01	presencia de impurezas entre aletas	4	3	12
RREV26/D/01	tubería obstruida con sedimentos	4	3	12
RREV27/S/01	Desajuste en los puntos de fijación	5	2	10
RREV28/D/01	Dilatación de juntas	4	2	8

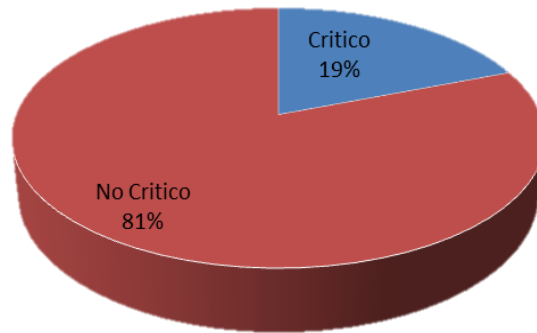
RREV29/D/01	Mala calibración del transductor	4	2	8
RREV30/D/01	Taponamiento	4	3	12
RREV31/D/01	Salto de guarda motor de las resistencias	4	2	8
RREV32/D/01	Baja carga en la batería del controlador	4	2	8
RRVF33/D/01	Rotura estructural	5	3	15
RREV33/D/01	Baja carga en la batería del controlador	4	2	8
RRVF35/D/01	Condensador Quemado	4	2	8
RRVF36/D/01	Rectificador Abierto	4	2	8
RRVF37/D/01	desprendimiento de película	4	2	8
RRST38/D/01	Aislamiento inadecuado en las terminales	4	2	8
RRST39/D/01	Corto eléctrico	4	2	8
RRST40/D/01	DILATACIONES	4	2	8
RRST41/D/01	Quema de Fusibles	4	4	16
RRVC42/D/01	Rotura se sellos	4	2	8
RRVC43/D/01	Eje pegado	4	2	8
RRVC44/D/01	Desgaste empaquetadura	4	2	8
RRVS45/D/01	Atascamiento en líneas de entrada	4	2	8

RRVS46/D/01	Embolo de carrera frenado	4	2	8
RRVS47/S/01	Estrangulamiento del sello	5	2	10
RRST48/D/01	Corto eléctrico	3	2	6
RRVA49/S/01	Tapón pegado	5	2	10
RRVE50/D/01	Rotura se sellos	4	3	12
RRVE51/D	atascamiento en las líneas de entrada	4	2	8
RRVE52/D/01	Eje pegado	4	2	8
RRVE53/D/01	Mala calibración del transductor	4	2	8
RRVE54/D/01	estrangulamiento del sello	4	2	8
RRTR55/D/01	Quebramiento del vidrio de inspección	3	2	6
RRTR56/D/01	Estructura en mal estado con presencia de grietas	4	2	8
RRTR57/D/01	Rotura en el resorte de retorno	4	2	8
RRTA58/D/01	Quebramiento del vidrio de inspección	4	3	12
RRTA59/D/01	Taponamiento en la válvula	4	2	8
RRTBA60/D/1	Impurezas dentro de la tubería	4	2	8
RRTBA61/D/1	Corrosión dentro y fuera de la tubería	4	2	8
RRTBA62/D/1	escape en racor de entrada	4	3	12

RRTBA63/C/1	Discontinuidad en el material de aislamiento	2	2	4
RRTBA64/D/1	Desgaste o Rotura	4	2	8
RRFL65/D/1	Obstrucción a la salida del filtro	4	2	8
RRFL66/D/1	Filtro OBSTRUIDO	4	2	8
RRFL67/D/1	Taponamiento	4	2	8
RRTE68/C/1	No enciende motor	2	2	4
RRTE69/D/1	Aislamiento Inadecuado	4	2	8
RRTE70/C/1	Corto Circuito en la tarjeta	2	2	4
RRTE71/C/1	Sobre voltaje	2	2	4
RRTE72/D/1	Tarjeta electrónica en corto	4	2	8
RRTE73/D/1	Rotura de filamento	4	2	8
RRTE74/D/1	Aislamiento en conexiones abierta	4	2	8
RRTC75/D/1	Tarjeta electrónica quemada por sobre voltaje	4	2	8
RRTC76/C/1	Tarjeta electrónica con baja corriente	2	2	4

Según la muestra anterior se clasificaron los modos de falla de los componentes que constituyen el sistema de refrigeración ponderándolos por impacto y ocurrencia, filtrando los que tienen mayor puntuación de criticidad (>12 Pts), este puntaje se definió debido a que el mayor puntaje posible por componente es 50 por lo tanto el que tenga puntaje de la mitad más 1 se considera crítico.

TASA DE CRITICIDAD



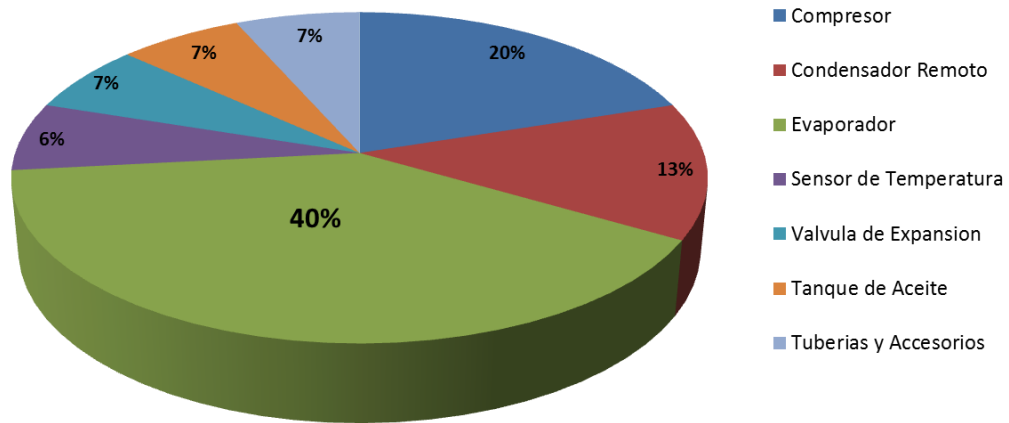
MODOS DE FALLA CRITICOS POR EQUIPO

CODIGO	DESCRIPCION DE ELEMENTO	DE	TIPO DE EFECTO	OCURRENCIA	CRITICIDAD
RRCO01/D/02	Flipar de válvula roto		4	3	12
RRCO06/A/01	Ruptura de la tubería por corrosión		4	3	12
RRCO09/S/01	Deformación estructural		5	4	20
RRCR13/D/01	Desgaste en Rodamientos estator y rotor		4	5	20
RRCR17/C/01	presencia de impurezas entre aletas		3	4	12
RREV22/D/01	Cambio del Sentido de giro del motor		5	5	25
RREV23/D/01	Corto eléctrico		4	3	12

RREV25/D/01	presencia de impurezas entre aletas	4	3	12
RREV26/D/01	tubería obstruida con sedimentos	4	3	12
RREV30/D/01	Taponamiento	4	3	12
RREV33/D/01	Baja carga en la batería del controlador	5	3	15
RRST41/D/01	Quema de Fusibles	4	4	16
RRVE50/D/01	Rotura se sellos	4	3	12
RRTA58/D/01	Quebramiento del vidrio de inspección	4	3	12
RRTBA62/D/1	escape en racor de entrada	4	3	12

Debido a que en el evaporador tiene un número representativo de modos de falla críticos se debe contemplar y cumplir las recomendaciones del fabricante al igual que las rutinas de mantenimiento adjuntas en el AMEF para este componente.

Pareto de ocurrencia por modo de falla



SELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS PREDICTIVAS

Las herramientas predictivas seleccionadas se detallan en los Análisis de Modos de falla y Efectos, al igual que las recomendaciones de personal especializado y a la capacidad de adaptación al entorno operacional, se optó por el Análisis de Vibraciones y el análisis de acidez del Aceite, como herramientas predictivas. Estas técnicas predictivas poseen gran capacidad de detectar síntomas aún con el equipo encendido, que detectan condiciones anormales de componentes y a su vez pueden causar si no se corrigen estos síntomas paradas al sistema.

1.20. Análisis de Vibraciones.

Esta técnica del mantenimiento predictivo se basa en la detección de fallos en equipos rotativos principalmente, a través del estudio de los niveles de vibración. El objetivo final es obtener la representación del espectro de las vibraciones de un equipo en funcionamiento para su posterior análisis.

Para aplicarla de forma efectiva y obtener conclusiones representativas y válidas, es necesario conocer determinados datos de la máquina como son la velocidad de giro, el tipo de cojinetes, correas, número de alabes o de palas, etc., y elegir los puntos adecuados de medida. También es necesario seleccionar el analizador más adecuado a los equipos existentes en la planta¹⁵.

Existen dos técnicas diferentes:

- Medición de la amplitud de la vibración: Da un valor global del desplazamiento o velocidad de la vibración. Cuando la vibración sobrepasa el valor preestablecido el equipo debe ser revisado. Únicamente informa de que hay un problema en el equipo, sin poderse determinar por esta técnica donde está el problema

2. Análisis del espectro de vibración: La vibración se descompone según su frecuencia. Analizando el nivel de vibración en cada una de las frecuencias se puede determinar la causa de la anomalía.

Imagen. 28 Analizador de Vibraciones.

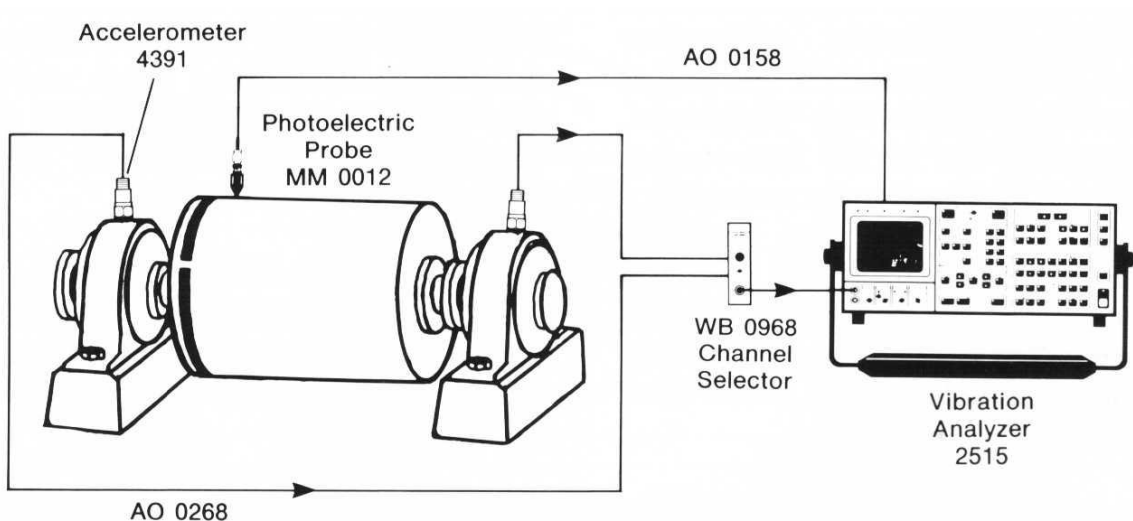


¹⁵ Mantenimiento Industrial Predictivo. Técnicas de Mantenimiento Condicional basadas en la medición de variables físicas. Editorial Renovetec 2009.

1.21. Cadena de Medición

La medición y el análisis de vibración comprenden las siguientes fases: Captación, acondicionamiento, medición o valoración y análisis. Cada una de estas fases puede llevarse a cabo en un instrumento distinto, instalado consecuentemente, o bien todas las fases integradas en un único instrumento denominado colector analizador.

Imagen. 29. Cadena de Medición.



Fuente: Análisis de vibraciones en máquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo.
Alfonso García Castro

1.22. Captación.

La captación de la vibración constituye el eslabón crítico de la cadena de medición. Esta etapa implica la conversión de una magnitud mecánica (aceleración, velocidad o desplazamiento) en una magnitud eléctrica (voltaje o

corriente) mediante un sensor apropiadamente especificado de conformidad con la aplicación.

Para que la captación de una señal de vibración sea confiable, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

1. Elegir adecuadamente el punto y dirección de captación, según los intereses del ensayo.
2. Fijar correctamente el sensor, esto es adherirlo rígidamente a la pieza de interés y no elementos intermedios como láminas, para así transmitir efectivamente la vibración al sensor.
3. Fijar el sensor a láminas o piezas flexibles intermedias generarán mediciones que en la mayoría de los casos son erróneas.
4. No perturbar apreciablemente el sistema vibratorio, por ejemplo por efecto de la presión de contacto o por la masa del captador.
5. Elegir adecuadamente las características del sensor, como son: sensibilidad o factor de conversión de la magnitud vibratoria en señal eléctrica, el rango de frecuencia y la masa del sensor.

1.23. Acondicionamiento de la señal.

Para que un sensor genere una señal útil para los efectos de medición y análisis, es necesaria una instrumentación electrónica auxiliar.

Algunos sensores generan por sí solos una señal eléctrica (en voltaje), en este caso, la instrumentación auxiliar tiene por objeto amplificarla o adecuar impedancias.

Otros sensores no producen por ellos mismos una tensión eléctrica, sino que traducen la vibración en variación de un parámetro eléctrico (resistencia, capacidad, inducción).

Para transformar esta variación en forma de tensión es necesario previamente suministrar alimentación eléctrica al sensor.

11.4.1 Visualización.

Actualmente, la medición y análisis de vibración se efectúan por medio de instrumentos electrónicos y no por observación directa de su representación gráfica, pero es conveniente y muy aconsejable utilizar la observación directa en la puesta a punto y supervisión de una cadena de medición, esto puede ser llevado a cabo por medio de un osciloscopio o en la pantalla del analizador.

La visualización directa facilita la detección de errores en el funcionamiento del sensor y de su instrumentación auxiliar, tales como defectos de puesta a tierra, introducción de señales parásitas, interrupción en la conducción de la señal, saturaciones, mal adherencia o fijación del sensor, etc.

11.4.2 Medición (Indicación y Registro).

Consiste en la valoración y registro de las características de la vibración (amplitud, frecuencia y fase). Las características a medirse eligen de acuerdo con los objetivos de la medición. Por ejemplo, si es de interés el análisis de la vibración, las características a medir son amplitud y frecuencia, en cambio si el objetivo es el balanceo del rotor de una máquina, las características a medir son amplitud y fase.

La vibración suele expresarse también en escala logarítmica, cuyas unidades son decibeles (dB), análogas a las empleadas en la medición de ruido. La escala logarítmica en decibeles es útil para representar amplitudes y frecuencias, porque amplifica las señales de valores pequeños y atenúa las de valores altos, presentando un gráfico con resolución proporcional constante y de tamaño moderado en rangos de medición bastante amplios.

El decibel es el logaritmo de la relación entre el nivel de la magnitud que se mide y un nivel de referencia, por lo tanto carece de dimensiones. Para conocer el valor absoluto del nivel medido es necesario definir el nivel de referencia y calcularlo mediante la fórmula:

$$N(dB) = 20 \text{Log}_{10} \left(\frac{a}{a_{ref}} \right)$$

Dónde:

N = Número de decibeles

a = Nivel Medido (nivel o escala de vibración)

a_{ref} = Nivel de referencia

11.4.3 Análisis.

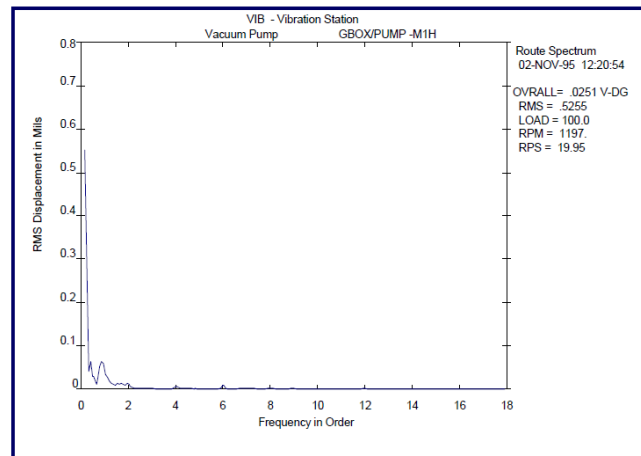
En esta etapa se efectúa la transformación de la señal que entra en dominio del tiempo y se convierte a dominio de frecuencia. Igualmente se presenta la señal en sus componentes de diferentes frecuencias, permitiendo así analizar la participación de las diversas fuentes generadoras de vibración.

El éxito en el análisis de la vibración depende en gran medida de una correcta selección del parámetro cinemático que se ha de evaluar, debido a que una misma señal de vibración expresada como desplazamiento, velocidad o aceleración puede ser atenuada o amplificada dependiendo de la frecuencia a la cual se presente el pico de vibración.

Esta característica se observa en los espectros de las figuras 28, 29 y 30; los cuales muestran el espectro del mismo punto en la misma condición de operación, pero la amplitud de vibración es expresada en diferente parámetro cinemático en cada gráfica.

En la figura 31 se observa la misma medición de los anteriores espectros pero expresada como función del tiempo (oscilograma)¹⁶.

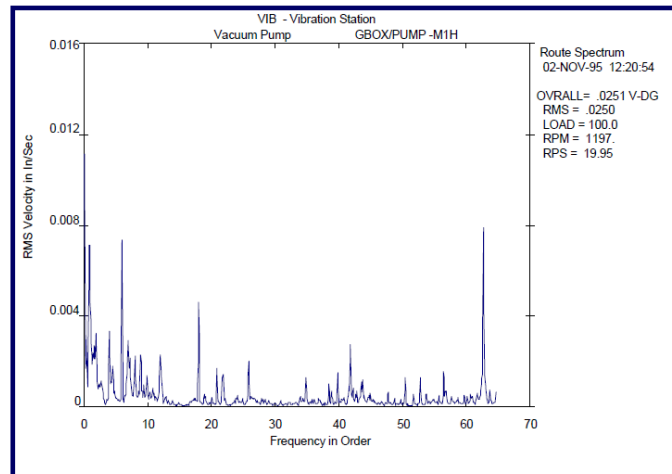
Imagen. 30. Espectro de Vibración con Amplitud expresada en deslizamiento.



Fuente: Análisis de vibraciones en máquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo.

Alfonso García Castro

Imagen. 31. Espectro de vibración con amplitud expresada en velocidad.



Fuente: Análisis de vibraciones en máquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo.

Alfonso García Castro

¹⁶Análisis de vibraciones en máquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo. Alfonso García Castro 2011.

Imagen. 32. Espectro de vibración con amplitud expresada en aceleración.

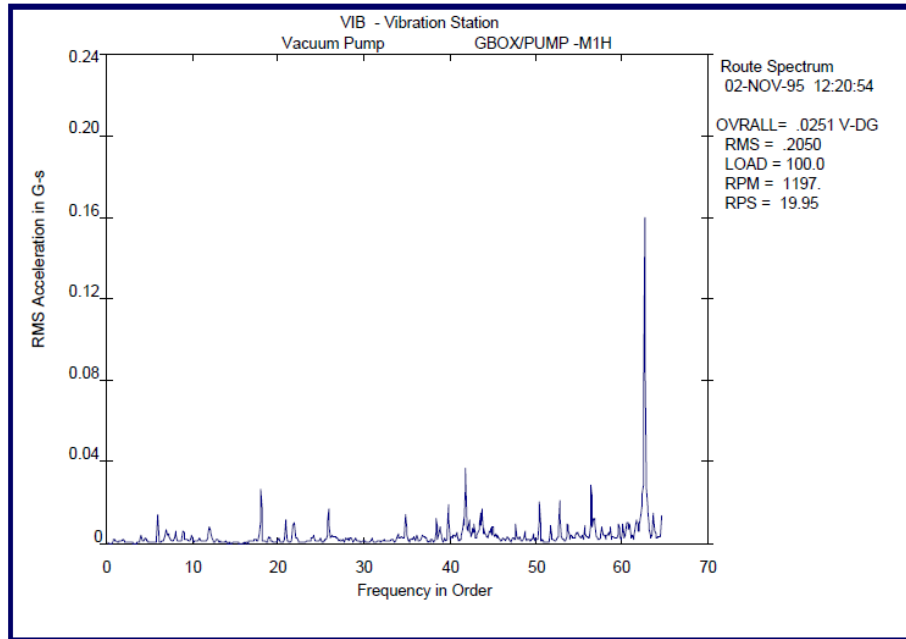
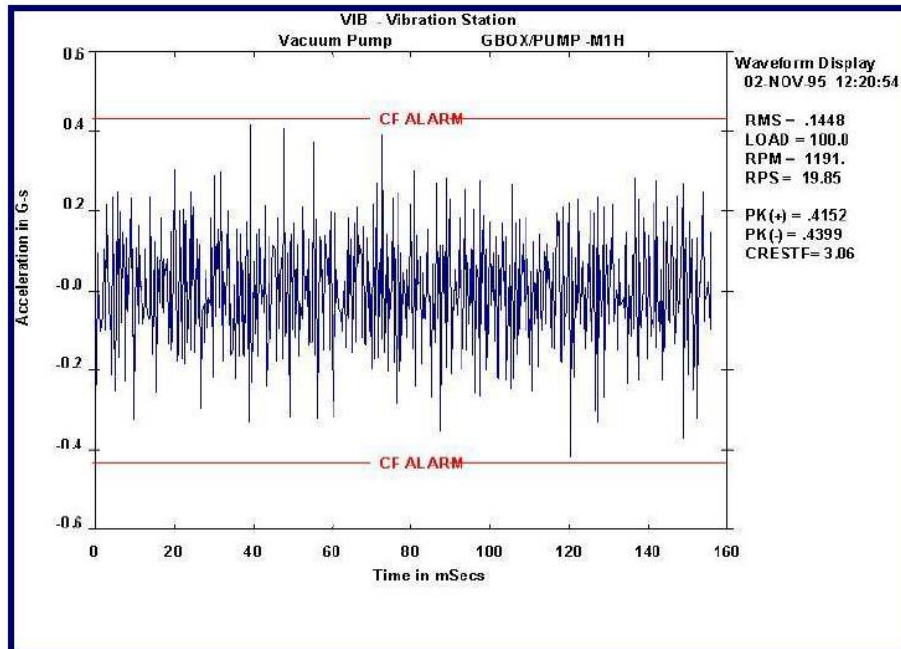


Figura 30. Fuente: Análisis de vibraciones en máquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo. Alfonso García Castro

Imagen. 33. Oscilograma de la vibración mostrada anteriormente

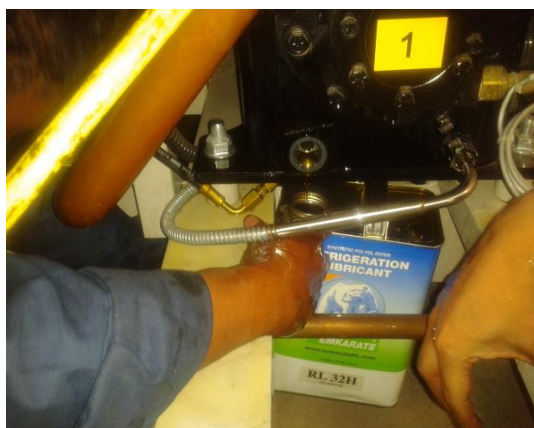


Fuente: Análisis de vibraciones en máquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo. Alfonso García Castro

11.4.4 Análisis de Acidez al Aceite.

La tribología es la ciencia y tecnología que estudia la fricción entre superficies con movimiento relativo entre sí, incluye también el estudio de la lubricación y el desgaste. Los aceites y grasas lubricantes representan la “sangre” de la maquinaria industrial, sus funciones básicas son disminuir la fricción, el desgaste y disipar el calor, por lo tanto el monitoreo del aceite o el de sus propiedades es de vital importancia para definir el estado o condición de una máquina. el monitoreo de la condición de los lubricantes comprende el estudio y análisis de sus propiedades físicas y químicas como la viscosidad, la temperatura, la acidez, nivel de aditivos, la presencia de elementos contaminantes como agua o partículas sólidas y el estudio de los elementos de desgaste de componentes.

Imagen. 34. Cambio de Aceite cárter de compresores.



Fuente: Autores del Proyecto.

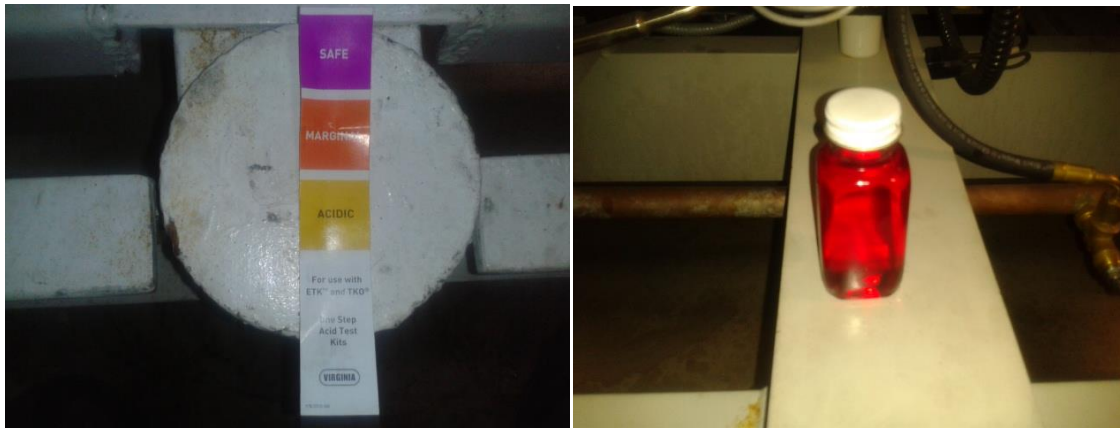
La imagen anterior muestra el desmonte del filtro de Aceite del Racks No 2, y el drenaje de Aceite del Carter del compresor No 1, esta operación del cambio de aceite en el carter de cada compresor se ejecuto para los seis compresores.

En este procedimiento se llevo a cabo una prueba de acidez de Aceite para determinar el estado de las propiedades químicas y físicas del aceite en cada Racks. La puerba consite en sacar una muestra de aceite en el carter del compresor y añadirlo en el probador de acidez universal.

La mayoría de los lubricantes se oscurecen con el tiempo, de hecho el aceite para motores de combustión se oscurecen rápidamente por los efectos asociados con los desechos del combustible. Esto hace que detectar cambios en el color sea una tarea poco precisa para determinar la real condición de un lubricante, no obstante podemos entrenar la vista para detectar cambios inusuales basados en nuestra experiencia y en las aplicaciones específicas de la planta. La oscuridad extrema en un lubricante es síntoma de oxidación, un aspecto lechoso o nublado puede ser indicativo de exceso de agua, por este motivo es recomendable la prueba de acidez.

Con esta prueba determinamos si el aceite está o no en condiciones de uso, ya que los ácidos en el sistema son una de las principales causas de quemaduras de compresores.

Imagen. 35. Prueba Acidez Aceite de compresores del Sistema de Refrigeración.



Fuente: Autores del Proyecto.

Una vez el Aceite es agregado en el frasco donde se encuentra el líquido de prueba se esperan 15 segundos y se observa en la parte inferior el color generado con esta mezcla, para nuestro caso aceite se encontraba libre de Acidez ya que el color nunca cambió a marginal naranja que es acidez media ni a amarillos que es acidez total.

Conclusiones.

1. La implementación de un Plan de Monitoreo de Condición, mejorará la Confiabilidad, por la anticipación a la falla, y mejora la Planificación de los trabajos del recurso de mantenimiento.
2. Los resultados mostrados en el análisis de criticidad da como subsistema más crítico el evaporador, por este motivo la programación de mantenimiento debe tener una frecuencia más corta que las de los otros subsistemas. A su vez nos indica que parámetros deben ser tenidos en cuenta para la selección de parámetros de monitoreo.
3. Realizando el análisis de Acidez a una frecuencia anual garantizamos la reducción de costos en el cambio total de todo el aceite del sistema que se tiene contemplado anualmente en el predictivo, realizándolo solo cuando la condición de este se requiera.
4. De acuerdo a la ponderación en el AMEF realizado a los componentes de los subsistemas, el 80 % de los modos de falla es no crítico, ya que de llegar a falla alguna de estos ítems no afectaría la correcta funcionalidad del sistema.
5. Se determina que temas de suciedad y polución al interior del cuarto están afectado considerablemente el funcionamiento del evaporador, mediante rutinas de limpieza e inspección visual se espera eliminar los modos de falla.
6. Con la implementación de esta propuesta la productividad y eficiencia del sistema de Refrigeración aumentarían, permitiendo cumplir con indicadores de clase mundial tales como MTTR (Tiempo Medio de Reparación) y MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas)



7. Para la buena gestión de este programa de mantenimiento se requiere de la subcontratación para la aplicación de análisis de vibraciones, para validar estado de rodamientos, y termografía para validar balances de carga en las diferentes líneas de los tableros eléctricos.



BIBLIOGRAFIA

1. Análisis de vibraciones en máquinas diagnóstico de fallas y mantenimiento predictivo. Alfonso García Castro 2011.
2. Altmann Carolina, Las técnicas del monitoreo de la condición, como herramienta del mantenimiento Proactivo. Argentina. P 3-6
3. Bosa Mercanil de Colombia, Floricultores Colombianos Buscan Conquistar Mercado Asiatico, citado 10 de Marzo 2013, disponible en: (www.bna.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=199:floricultores-colom.)
4. Revista. Estrategias de Mantenimiento Predictivo. Venezuela.2012.
5. Sueiro Guillermo, Mantenimiento Basado en la Condición (Citado el 12 de Abril 2013). Disponible en (<http://www.lezgon.com/pdf/IB00000013/14%2016%20TECNOLOGIA%20Mant.pdf>)
6. TORRES, Ronald. “Estrategias Basadas en el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Mcc) para el Mejoramiento del Plan de Mantenimiento de Las Bombas de Doble Tornillo del Terminal Orimulsión® Jose” Tesis de Grado, Departamento de Ingeniería Mecánica, UDO, Puerto La Cruz, Venezuela (2007).
7. Yunus A Cengel, Termodinamica Sexta Edición, Mexico Mc Graw Hill 209. P 617



ANEXOS

ANEXO A. (AMEF).



		FEHA: _____ DEPARTAMENTO: _____ RESPONSABLE: _____ EDITADO POR: _____ SUBSISTEMA: _____				PARTE NUMERO: _____ REVISION # _____ FECHA DE REVISION _____							
Descripción del componente	Función	Cod Falla Funcional	Descripción Falla Funcional	Cod Modo de Falla (MF)	Modo de Falla	Descripción de Efectos	Falla Oculta	Riesgo Ambien.	Riesgo Humano	Riesgo Econom.	Descripción de Tareas	Frecuencia	Recursos
Camara de Compresion	Comprimir gas Refrigerante a una presión de 240 Psi	RRCO01/D	No Comprime	RRCO01/D/01	Motor quemado por sobrevoltaje	Motor se para	NO	5D	5A	B2	Medir parametros de amperaje y voltaje	Mensual	Manuales, bitacora, herramientas de mano, instrumentos de medida y un técnico de Refrigeración
				RRCO01/D/02	Flapper de valvula roto	Fuga de presión	NO	4D	5A	B1	Realizar analisis de termografia	3 meses	Manuales, herramienta especializada y tecnico especializado para el cambio de asientos en valvulas
Maniful de succion	Mantener la presión de succion a 30 Psi	RRCO02/C	Presiones de succión superiores a 30 Psi	RRCO02/C/01	Motor bloqueado por sobrepresion	Salto del contactor del presostato.	SI	5D	5A	D4	Limpiza o cambio de filtros si requiere	Mensual	Catologo de Partes, Tecnico y herramienta especializada para cambio de filtro
Temporizador electronico	Encenderse a los 120 segundos luego del sexto ciclo de trabajo	RRCO03/D	Encendido despues de mas de 120 segundos despues del sexto ciclo de trabajo	RRCO03/D/01	Tarjeta electrónica quemada	Aumento de presión de succión y baja presión de descarga en el sistema	NO	5D	5A	D4	Cambio de tarjeta electrónica	Mensual	Manuales, Tecnico electronico, Herramientas especiales, Instrumentacion de Calibracion
Control de nivel de aceite (Trax oil)	Mantener el nivel de aceite según indicador en mirilla	RRCO04/D	Niveles de aceite por fuera de parametros	RRCO04/D/01	Sensor de indicador de Aceite desalineado	Recalentamiento en las piezas sometidas a fricción	NO	5D	4A	5D	Realizar chequeo de la alineacion del sensor	Mensual	Manuales, Tecnico electronico, Herramientas especiales, Instrumentacion de Calibracion
	Apagarce cuando el nivel de aceite no sea el permitido	RRCO05/D	Encendido con niveles de Aceite no permitido	RRCO05/D/01	Mala calibracion del trasductor	Fricción y desgaste en piezas mecanicas.	NO	5A	5A	D3	Chequear el nivel de aceite.	Trimestral	Ficha de Seguridad del Lubricante y especificaciones del fabricante.
Presostato Dual	Apagarce una vez la presión de succion este por debajo de los 30 Psi	RRCO06/A	Encenderse por debajo de los limites establecidos (30 Psi)	RRCO06/A/01	Roptura de la tuberia por corrosion	Fuga de refrigerante	NO	4B	5A	D4	Realizar plan de proteccion contra la corrosion en los componentes.	bimestral	Tecnico especializado en recubrimientos contra la corrosion.
Motor	Convertir energia electrica en energia mecanica giratoria a una potencia y velocidad determinada	RRCO07/D	Baja limite de potencia y R.P.M.	RRCO07/D/01	Caida de una de las fases	Giro Forzado	NO	4D	5A	B1	Analisis termografico	Trimestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de medición
				RRCO07/D/02	Desgaste en Rodamientos	Vibracion y ruido excesivo	NO	5D	5A	D4	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de
Valvula de descarga	Cerrarse ante paro de compresor	RRCO08/D	Mal sellamiento de cierre	RRCO08/D/01	Deformacion de empaquetadura	Perdida de Presion	NO	5D	5A	B2	Cambio de empaquetaduras	8000 horas	Tecnico especializado en Compresores

	FEHA: _____	PARTE NUMERO: _____	
	DEPARTAMENTO: _____	REVISION # _____	
	RESPONSABLE: _____	FECHA DE REVISION _____	
	EDITADO POR: _____		
	SUBSISTEMA: _____		

Carcaza	Proteger los componentes internos de agentes externos	RRCO10/D	Permite el ingreso a agentes externos	RRCO10/D/01	Rotura estructural	Ingreso de Humedad y polucion	SI	5D	4A	5D	Inspección visual	Trimestral	Mecanico de linea, herramientas basicas
Filtro de Aceite	Retener las particulas contaminantes de la linea	RRCO11/A	No permite la conduccion normal del fluido	RRCO11/A/01	Taponamiento	Recalentamiento del sistema	SI	5A	5A	D3	Cambio de filtro	2000 horas	Tecnico especializado en Compresores
Bomba de Engranaje	Recircular aceite al sistema	RRCO12/D	No recircula aceite	RRCO12/D/01	Alta tolerancia entre los dientes	Desgaste en piezas sometidas a friccion	SI	4B	5A	D4	Analisis termografico	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de medicion
Motor	Convertir energia electrica en energia mecanica giratoria a una potencia y velocidad determinada	RRCR13/D	Baja limite de potencia y R.P.M.	RRCR13/D/01	Desgaste en Rodamientos estator y rotor	Alta temperatura de condensacion	SI	4D	5A	B1	Analisis termografico	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de medicion
ventilador	Disipar Calor al ambiente	RRCR14/D	No extrae calor	RRCR14/D/01	Desbalanceo en el aspa	Vibracion y ruido excesivo	NO	5D	5A	B2	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de
Conexiones electricas	suministrar alimentacion de corriente al motor	RRCR15/D	No conduce	RRCR15/D/01	Corto electrico	Paro del motor	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Trimestral	Electrico de linea, herramientas basicas
Rejillas de proteccion	Proteger los alaves de elementos extraños	RRCR16/S	No Protege	RRCR16/S/01	Quebramientos en puntos de soldadura	Obstruccion en el giro de los alaves	NO	5D	4A	5D	Inspección visual	Mensual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Serpentines	Intercambiar calor con el medio circundante	RRCR17/C	No intercambia calor	RRCR17/C/01	presencia de impurezas entre aletas	Aumento de presion en la salida del serpiente	SI	5A	5A	D3	Inspección visual	Mensual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Canales	Trasegar el fluido por el sistema	RRCR18/D	Bajo Caudal del Fluido	RRCR18/D/01	tuberia obstruida con sedimentos	Sobrepresion del sistema	SI	5D	5A	B2	Inspección visual	Mensual	Mecanico de linea, herramientas basicas
estructura soporte	Soportar cargas de componentes	RRCR19/S	No soporta carga	RRCR19/S/01	Desajuste en los puntos de fijacion	Rotura de piezas	NO	4D	5A	B1	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de
Caja de Control	Confinar las conexiones electrica en condiciones libres de humedad y particulas externas	RRCR20/S	NO resguarda las conexiones	RRCR20/S/01	Dilatacion de juntas	Ingreso de Humedad y polucion	SI	5D	5A	D4	Inspección visual	Trimestral	Mecanico de linea, herramientas basicas
Motor	Convertir energia electrica en energia mecanica giratoria a una potencia y velocidad determinada	RREV21/D	Baja limite de potencia y R.P.M.	RREV21/D/01	Desgaste en Rodamientos estator y rotor	Alta temperatura de condensacion	NO	5D	5A	D4	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de medicion
ventilador	Disipar Calor al ambiente	RREV22/D	No intercambia calor	RREV22/D/01	Cambio del Sentido de giro del motor	alta temperatura al interior del cuarto	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas
Conexiones electricas	suministrar alimentacion de corriente al motor	RREV23/D	No conduce	RREV23/D/01	Corto electrico	Paro del motor	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas
Rejillas de proteccion	Proteger los alaves de elementos extraños	RREV24/D	No Protege	RREV24/D/01	Quebramientos en puntos de soldadura	Obstruccion en el giro de los alaves	NO	5A	5A	D3	Inspección visual	Trimestral	Mecanico de linea, herramientas basicas
Serpentines	Intercambiar calor con el medio circundante	RREV25/D	No intercambia calor	RREV25/D/01	presencia de impurezas entre aletas	Aumento de presion en la salida del serpiente	SI	5D	5A	B2	Inspección visual	Mensual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Canales	Trasegar el fluido por el sistema	RREV26/D	Bajo Caudal del Fluido	RREV26/D/01	tuberia obstruida con sedimentos	Sobrepresion del sistema	SI	5A	5A	D3	Inspección visual	Trimestral	Mecanico de linea, herramientas basicas, limpieza
estructura soporte	Soportar cargas de componentes	RREV27/D	No soporta carga	RREV27/S/01	Desajuste en los puntos de fijacion	Rotura de piezas	NO	4D	5A	B1	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de

	FEHA: _____	PARTE NUMERO: _____	
	DEPARTAMENTO: _____	REVISION # _____	
	RESPONSABLE: _____	_____	
	EDITADO POR: _____	FECHA DE REVISION _____	
	SUBSISTEMA: _____	_____	

Caja de Control	Confinar las conexiones electrica en condiciones libres de humedad y particulas externas	RREV28/D	NO resguarda las conexiones	RREV28/D/01	Dilatacion de juntas	Ingreso de Humedad y polusion	SI	5D	5A	D4	Inspección visual	Trimestral	Electrico de linea, herramientas basicas
Trasductor de Presion	Transforma señal analoga en digital	RREV29/D	No emite señal	RREV29/D/01	Mala calibracion del trasductor	Desconfiguración parametros del sistema	NO	5D	5A	B2	Rutina preventiva de calibración	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas
Distribuidor de Refrigerante	Recircular el refrigerante	RREV30/D	No recircula	RREV30/D/01	Taponamiento	Congelamiento en el distribuidor	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Mensual	Mecanico de linea, herramientas basicas, limpieza
Resistencias electricas	Descongelar tuberia de serpiente	RREV31/D	No descongela	RREV31/D/01	Salto de guardamotor de las resistencias	Congelamiento en el serpiente	SI	5D	4A	5D	Inspección visual	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas
Panel de Control	Permitir la interfase entre Hombre-Maquina para visualizar, monitorear y controlar el sistema	RREV32/D	No Controla	RREV32/D/01	Baja carga en la bateria del controlador	Desconfiguración parametros del sistema	NO	5D	5A	D4	Inspección visual	Mensual	Electronico de linea, herramientas basicas
Disipador	Disipar el calor que se encuentra en su medio circundante	RRVF33/D	No disipa el Calor	RRVF33/D/01	Rotura estructural	Aumento de Temperatura	NO	5D	5A	B2	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de medición
Panel de Control	Permitir la interfase entre Hombre-Maquina para visualizar, monitorear y controlar el sistema	RRVF34/D	No Controla	RREV33/D/01	Baja carga en la bateria del controlador	Desconfiguración parametros del sistema	NO	5D	5A	D4	Inspección visual	Mensual	Electronico de linea, herramientas basicas
Condensador	Almacenar Energia eléctrica sustentando un Campo	RRVF35/D	No condensa	RRVF35/D/01	Condensador Quemado	Circuito Abierto	SI	5D	5A	B2	Medir parametros de amperaje y voltaje	Mensual	Manuales, bitacora, herramientas de mano, instrumentos de medida y un técnico de Refrigeración
Rectificador	Convierte una señal de corriente alterna de entrada en corriente directa de salida	RRVF36/D	No rectifica	RRVF36/D/01	Rectificador Abierto	Variador Bloqueado	NO	5D	5A	B2	Medir parametros de amperaje y voltaje	Mensual	Manuales, bitacora, herramientas de mano, instrumentos de medida y un técnico de Refrigeración
Filtro de Aire	Restringir el paso de particulas y elementos que pudieren afectar el proceso	RRVF37/D	No filtra	RRVF37/D/01	desprendimiento de pelicula	Acumulación de polución al interior del panel de control	SI	5D	4A	5D	Inspección visual	Mensual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Termocupla	Trasmitir señal de temperatura	RRST38/D	No transmite	RRST38/D/01	Aislamiento inadecuado en las terminales	Lectura de temperatura errada	NO	5A	5A	D3	Inspección visual	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas de medicion, pinza amperimetrica
Conexiones electricas	suministrar alimentacion de corriente al sensor	RRST39/D	No hay alimentacion electrica	RRST39/D/01	Corto electrico	No enciende el sensor	NO	5D	5A	B2	Inspección visual	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas de medicion, pinza
Caja de Conexión	Proteger todas las conexiones electricas	RRST40/D	conexiones electricas con contacto a la intemperie	RRST40/D/01	Dilatacion de juntas	Presencia de Humedad dentro de la caja	SI	4D	5A	B1	Inspección visual	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas de medicion, pinza
Tarjeta Multiflex	Permite el paso de señales	RRST41/D	No realiza la comunicacion	RRST41/D/01	Quema de fusible	Datos de proceso por fuera de rango	NO	4D	5A	B2	Inspección visual	Mensual	Electrico de linea, herramientas basicas de medicion, pinza
Cuerpo	Confinar el fluido a su presión de servicio	RRVC42/D	No contiene el fluido	RRVC42/D/01	Rotura se sellos	Fuga del cuerpo de la valvula	NO	5D	5A	D4	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de
Vastago	Guia y soporte para el mecanismo de cierre	RRVC43/D	No Gira	RRVC43/D/01	Eje pegado	No hay movimiento	NO	5D	5A	B2	Inspección visual	Anual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Empaque de vastago	Generar hermeticidad entre el vastago y el cuerpo del vastago	RRVC44/D	No sella	RRVC44/D/01	Desgaste empaquetadura	fugas	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Anual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Bobina	Convertir enrgia electrica en energia mecanica.	RRVS45/D	Movimiento forzado	RRVS45/D/01	Atascamiento en lineas de entrada	Baja presion de salida	NO	5D	4A	5D	Inspección visual	Trimestral	Electrico de linea, herramientas basicas

		FEHA: _____ DEPARTAMENTO: _____ RESPONSABLE: _____ EDITADO POR: _____ SUBSISTEMA: _____				PARTE NUMERO: _____ REVISION # _____ FECHA DE REVISION _____							
Sellos O-Ring	Sellar union de dos piezas	RRVS47/S	No hay sello	RRVS47/S/01	Extrangulamiento del sello	Escape de refrigerante	SI	5D	5A	B2	Inspección visual	Semestral	Mecanico de linea, herramientas basicas
Conexiones electricas	suministrar alimentacion de corriente a la valvula	RRVS48/D	No hay alimentacion electrica	RRST48/D/01	Corto electrico	No enciende el sensor	NO	5A	5A	D3	Inspección visual	Trimestral	Elctrico de linea, herramientas basicas, pinza amperimetrica
Tapon	Liberar sobrepresión del sistema	RRVA49/S	No libera sobrepesiones	RRVA49/S/01	Tapon pegado	Explosión del tanque	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Anual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Cuerpo	Confinar el fluido a su presión de servicio	RRVE50/D	No contiene el fluido	RRVE50/D/01	Rotura se sellos	Fuga del cuerpo de la valvula	NO	5D	5A	D4	Inspección visual	Semestral	Mecanico de linea, herramientas basicas
Bobina	Convertir energía eléctrica en energía mecanica	RRVE51/D	pulsaciones forzadas	RRVE51/D	atascamiento en las lineas de entrada	baja presión de descarga	NO	5D	5A	B2	Inspección visual	Mensual	Mecanico de linea, herramientas basicas
Vastago	Guia y soporte para el mecanismo de cierre	RRVE52/D	No Gira	RRVE52/D/01	Eje pegado	No hay movimiento	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Mensual	Lubricador y mecanico de linea, herramientas basicas
Trasdutor de presion	Transforma señal analoga en digital	RRVE53/D	No emite señal	RRVE53/D/01	Mala calibracion del trasdutor	Desconfiguración parametros del sistema	NO	5D	4A	5D	Calibracion y parametrizacion	Mensual	Tecnico electronico especialista, manual y catalogo
Sellos O-Ring	Sellar unión de dos piezas	RRVE54/D	no sella	RRVE54/D/01	estrangulamiento del sello	Fuga de Refrigerante	NO	5D	5A	D4	Inspección visual	Trimestral	Mecanico de linea, herramientas basicas y repuesto
Mirillas de Nivel	Sistema para inspeccionar el nivel	RRTR55/D	Mala visibilidad del nivel	RRTR55/D/01	Quebramiento del vidrio de inspeccion	Mala Lectura en el nivel de aceite	NO	5D	5A	B2	Inspección visual	Semestral	Lubricador y mecanico de linea, herramientas basicas
Estructura	Soportar y anclar tanque	RRTR56/S	No soporta el peso del tanque	RRTR56/D/01	Estructura en mal estado con prececia de grietas	Fugas, posibles falla en la estructura	NO	4D	5A	B1	Analisis de vibraciones	Semestral	Contratista, tecnico especialista, instrumento de
Valvula de alivio	Liberar Fluido cuando la presion interna del sistema sobrepasa del limite permitido	RRTR57/D	No libera Fluido a alta presion	RRTR57/D/01	Rotura en el resorte de retorno	Sobrepresion el sistema	NO	5D	5A	B2	Inspección visual	Semestral	Lubricador y mecanico de linea, herramientas basicas
Mirillas de Nivel	Sistema para inspeccionar el nivel	RRTA58/D	Mala visibilidad del nivel	RRTA58/D/01	Quebramiento del vidrio de inspeccion	Mala Lectura en el nivel de aceite	SI	5A	5A	D3	Inspección visual	Semestral	Lubricador y mecanico de linea, herramientas basicas
Valvula de drenaje	Evacuar fluido excesivo del sistema	RRTA59/D	No evacua el fluido del sistema	RRTA59/D/01	Taponamiento en la valvula	Presion alta en la linea	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Semestral	Mecanico de lineas, herramientas basicas
Tuberias	Conducir el fluido por el sistema	RRTBA60/D	El Flujo del fluido no es adecuado	RRTBA60/D/1	Impurezas dentro de la tuberia	Bajo caudal a lo largo de la tuberia	NO	5D	5A	D4	Inspección visual	Mensual	Lubricador y mecanico de linea, herramientas basicas, limpieza
Juntas de Expansión	Absorber los movimientos causados por dilatacion termica	RRTBA61/D	Grieta en el recubrimiento de la tuberia	RRTBA61/D/1	Corrosion dentro y fuera de la tuberia	Fuga de Refrigerante	NO	5D	5A	B2	Inspección visual	Mensual	Lubricador y mecanico de linea, herramientas basicas, limpieza
Manómetros	Istrumento para medir la presion en varios puntos de la linea de refrigeracion.	RRTBA62/D	Variacion en la lectura nominal	RRTBA62/D/1	escape en racor de entrada	Lectura de presion errada	NO	4D	5A	B1	Inspección visual	Mensual	Lubricador y mecanico de linea, herramientas basicas, limpieza



FEHA: _____
 DEPARTAMENTO: _____
 RESPONSABLE: _____
 EDITADO POR: _____
 SUBSISTEMA: _____

PARTE NUMERO: _____
 REVISION # _____
 FECHA DE REVISION _____



Aislamientos	Aislar la tubería para conservar la temperatura	RRTBA63/C	La tubería no conserva la temperatura del refrigerante	RRTBA63/C/1	Descontinuidad en el material de aislamiento	Perdida de Temperatura del fluido que va por la tubería	SI	5D	4A	5D	Inspección visual	Semestral	Contratista en aislamiento
Valvula Check	No deja retornar el fluido en un punto determinado	RRTBA64/D	no sella entre el vástago y el cuerpo de la válvula	RRTBA64/D/1	Desgaste o Rotura	Fugas de Refrigerante y perdidas de presión	NO	5A	5A	D3	Inspección visual	Semestral	Lubricador y mecánico de línea, herramientas básicas, limpieza
Filtro Tubería de Fluido líquido	Restringir el paso de partículas y elementos que pueden afectar el proceso	RRFL65/D	No permite conducción uniforme del fluido	RRFL65/D/1	Obstrucción a la salida del filtro	Refrigerante contaminado	NO	4B	5A	D4	Inspección visual	Semestral	Mecánico de líneas, herramientas básicas
Filtro de Aceite	Restringir el paso de partículas y elementos que pueden contaminar el aceite	RRFL66/D	No Filtra	RRFL66/D/1	Filtro obstruido	Alta temperatura en las piezas sometidas a fricción	SI	5D	5A	D4	Análisis por temperatura	2000 horas	Contratista especialista en compresores pirometro
Filtro de Aire	Restringir el paso de partículas y elementos que pueden contaminar el Aire de succión	RRFL67/D	No filtra	RRFL67/D/1	Taponamiento	Flujo de Aire por debajo de la normal	NO	5D	5A	B2	Inspección visual	Semestral	Mecánico de líneas, herramientas básicas
Guarda-Motores	Proteger el motor de sobrevoltajes eléctricos	RRTE68/C	No permite paso eléctrico	RRTE68/C/1	No enciende motor	No refrigera	NO	5D	5A	D4	Inspección visual	Trimestral	Eléctrico de línea, herramientas básicas, pinza amperimétrica
Contactores	Componente electromecánico que interrumpe o restablece el paso de la corriente	RRTE69/D	Contactador no Opera	RRTE69/D/1	Aislamiento Inadecuado	Bobina Abierta	NO	5D	4A	5D	Inspección visual	Semestral	Contratista en aislamiento
Tarjetas de Comunicación	Permite la señal y comunicación con el operador	RRTE70/C	Señal de operación intermitente	RRTE70/C/1	Corto Circuito en la tarjeta	No se permite el control de los equipos en tiempo real	NO	5A	5A	D3	Medir parámetros de amperaje y voltaje	Mensual	Electrónico de línea, planos y catálogo de la tarjeta
Protector de fase	Proteger el sistema eléctrico	RRTE71/D	No conduce	RRTE71/C/1	Sobrevoltaje	No enciende el motor	NO	4D	5A	B1	Medir parámetros de amperaje y voltaje	Mensual	Eléctrico de línea, herramientas básicas, pinza amperimétrica
Display	Monitorear un sistema o equipo con entradas y salidas digitales	RRTE72/D	No muestra caracteres	RRTE72/D/1	Tarjeta electrónica en corto	No es posible lectura de los parámetros	NO	4D	5A	B1	Limpieza y medición de corrientes	Mensual	Electrónico de línea, planos y catálogo de la tarjeta
Fusibles	Interrumpir el paso de corriente a un valor determinado	RRTE73/D	No interrumpe la corriente	RRTE73/D/1	Rotura de filamento	Circuito Abierto	NO	5D	5A	D4	Medir parámetros de amperaje y voltaje	Mensual	Eléctrico de línea, herramientas básicas
Transformador	Convierte la energía eléctrica alterna en un nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de interacción electromagnética	RRTE74/D	No Transforma	RRTE74/D/1	Aislamiento en conexiones abiertas	No hay Alimentación de energía	NO	5D	5A	B2	Medir parámetros de amperaje y voltaje	Semestral	Contratista en aislamiento
Controlador CPC	Asegurar la operación automática del sistema	RRTC75/D	No existe control sobre los equipos	RRTC75/D/1	Tarjeta electrónica quemada por sobrevoltaje	Equipos y sistema fuera de parámetros	NO	4D	5A	B1	Limpieza y medición de corrientes	Trimestral	Electrónico de línea, planos y catálogo de la tarjeta
Tarjetas Multiflex	Permite el paso de señales	RRTC76/C	No hay comunicación	RRTC76/C/1	Tarjeta electrónica con baja corriente	Equipos y sistema fuera de	NO	5D	4A	5D	Limpieza y medición de	Trimestral	Electrónico de línea, planos y catálogo de la

ANEXO B. (FORMATOS DE INSPECCION)

LÍNEA AÉREA CARGUERA DE COLOMBIA S.A		CHECKLIST - MANTENIMIENTO GENERAL DE LA BODEGA						Codigo del Documento : MNT-JOC-006 Revisión 1.								
		FECHA:	RESPONSABLE:				LUNES		MARTES		M/COLES		JUEVES		VIERNES	
		TAREAS														
		H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	
CUARTO FRÍO	1	La temperatura promedio del cooler se encuentra en el rango de 2°C - 5°C														
	2	Las bandejas de drenaje de los evaporadores se encuentran en buen estado y sin filtraciones.														
	3	Los indicadores de medida del cuarto frío se encuentran en los parametros normales.														
	4	El Deck se encuentra en buenas condiciones y con las BTU completas														
	5	Los paneles, puertas, lamparas, tomas eléctricas y demás elementos que componen el cuarto frío se encuentran en buen estado.														
MONTACARGAS	6	Antes de iniciar los turnos correspondientes, todos los operarios completaron sus listas de verificación y los equipos se encuentran en optimas condiciones para su operación.														
	7	Los niveles de agua de las baterías se encuentran en los niveles correctos.														
	8	Las baterías estan siendo cargadas en sus posiciones correspondientes, respetando los tiempos de carga y descanso.														
	9	Todos los procedimientos establecidos en BOL-CGO-003 se estan cumpliendo correctamente.														
	10	La limpieza en el área de cargue de las baterías y de los equipos es el apropiado.														
BASCULAS Y SCANNERS	11	Todas las básculas operan correctamente y los agentes de recibo están completando las listas de verificación.														
	12	Las revisiones y mediciones metrologicas se encuentran al día.														
	13	Todos los scanners operan correctamente. Los rodillos, bandas, sistemas electricos, barreras y demás se encuentran en buenas condiciones de operación.														
RACKS	14	Los racks de almacenamiento de la bodega estan ajustados, con sus seguros y rejas ubicadas correctamente.														
	15	No se evidencian daños en la estructura de los racks que puedan comprometer su capacidad de almacenaje.														
VARIOS	16	Las puertas de la bodega (Recibo carga, salida a rampa y puertas internas) operan														
	17	Verificar condiciones de limpieza Bodega y Activos														
	18	Las visitas programadas de mantenimiento a los activos de la bodega se han realizado según el cronograma establecido.														
	19	Todas las herramientas y utensilios necesarios para realizar labores de mantenimiento y limpieza se encuentran completos, operativos y en su lugar asignado.														
20	El programa de limpieza de la bodega se está cumpliendo según lo establecido.															

LÍNEA AÉREA CARGUERA DE COLOMBIA S.A		CHECKLIST - MANTENIMIENTO GENERAL DE LA BODEGA						CÓDIGO: FCO-CGO-033 ÁREA: CGO PAGINA: 2 de 2			
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

OBSERVACIONES Y ACCIONES TOMADAS CUARTO FRÍO:

OBSERVACIONES Y ACCIONES TOMADAS MONTACARGAS:



FICHA TECNICA - SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Departamento: Mantenimiento		Codigo Documento	MNT-JOC-001
		Revisión	1
FECHA: DÍA (30) MES (07) AÑO (2012)			
FECHA DE INSTALACIÓN EQUIPO: DÍA (14) MES (05) AÑO (2011)			
EQUIPO: Racks 1 y 2		UTILIZACIÓN: Temperatura de conservación	
CÓDIGO DEL EQUIPO:		No.PLACA LEY:	
DISTRIBUIDOR: Grivan Ingeniería		CONTACTO/TEL: FERNANDO GRISALES 310 463 6102	
FECHA COMPRA: DÍA () MES () AÑO ()		COSTO:	
Modelo: BRPPR-225-3-M6D		Serie: M11D90436/37	
SISTEMA			
BAJA TEMPERATURA () MEDIA TEMPERATURA(x)			
COMPRESORES			
SELLADO: () SEMIHERMÉTICO: (x) ABIERTO: () SCROLL: ()		CANTIDAD: 6	
MODELO: 6DK3R35ME-TSK	MARCA: Copeland	MODELO ACOUPLE MOTOR:	
SERIE: EK11C03961R/62R/63R/64/65R/66R	AMPERIOS: 123	VOLTAJE: 460	
Tamaño Manifold: 4"	R.L.A.: 63	L.R.A.:283	
No. FASES: 3	POTENCIA: 23 HP	CANT. ACEITE:(Gal): 4	
No de Camaras de Compresión: 3	CONTACTOR: 3RT10451AN16(80A)	Tipo de ACEITE: BSE-32	
CFM: 75			
CONDENSADORAS			
ALTO(mm): 800	ANCHO(mm):1200	PROFUNDIDAD(mm): 5400	
TIPO DE CONDENSACIÓN: AGUA () AIRE (X)			
MARCA: BOHN	MODELO:BNL-S07-A055	SERIE:	
DIAM. TUBERÍA(Pulg): 2- 5/8"	CALOR TOTAL RECHAZADO:1248,9 MBH	TIPO: Remotas	
No.ALETASxPULGADA: 10	No. FILAS:		
No. VENTILADORES: 7	MODELO MOTOR:	RPM MOTORES: 1140	
FLA:23,1	VOLTAJE: 460	No.FASES: 3	
TEMP. CONDENSACIÓN °F: 90	PESO: 4230 Lb	TAMAÑO FRAME(mm):	
TEMP. EXTERIOR °F: 60	SENTIDO GIRO VENT:Contrario Manesillas Reloj		No. ALETAS: 3
EVAPORADORES			
ALTO(mm): 1000	ANCHO(mm): 1800	PROFUNDIDAD(mm):850	
CAPACIDAD: 135 MBH	DIAM.TUBERIA(Pulg):	No. EVAPORADORES: 14	
No. VENTILADORES: 2	MOD. VENTILADOR:NKH 2X6 B2L	MARCA VENT: BOHN	
AMPERAJE VENTILADORES:7,6 amp	VOLTAJE: 460 voltios	No.FASES: 3	
AMPERAJE DESHIELO: 45 amp	DIÁMETRO EJE(Pulg): 1/2	TAMAÑO EJE(mm):120	
No RESISTENCIAS: 14	SENTIDO GIRO VENT: Contrario Manesillas Reloj		
ÁREA SERPENTÍN(m ²): 0,85	No. ALETASxPULGADA:8		
TIPO SIST.DESCONGEL: RESISTENCIAS		VÁLVULA DE EXPANSIÓN/CONTENCIÓN:HENRY 9270-9290-MS42	
REFERENCIA VÁLVULA EXP/CONTENCIÓN:SPORLAN ME19S270 / MKC 2		No. VÁLVULAS EXP/CONTENCIÓN:3	
TIPO REFRIGERANTE			
R-12 ()	R-22 ()	R-507 (X)	R-404A ()
PRESIÓN/ALTA: 240Psig		PRESIÓN/BAJA:40 Psig	PRESIÓN/ACEITE:125 psig
ACCESORIOS			
DIAM.TUBERIA/SUCC: 1 - 5/8	DIAM.TUBERIA/ALTA: 2 - 5/8	DIAM.TUBERÍA/LIQUIDO: 2- 1 /8	
LONG APROX TUB.SUCC(mm):21,000		LONG.APROX.TUB.ALTA(mm):19,000	
TAMAÑO MANIFOLD: 2 1/8		VALVULA DE PASO PRINCIPAL: 2 1/8	
CONTROLADOR: CPC-E2-RX100	FUENTE DE PODER TARJETAS: 140-0101(100VA)		
TANQUE RECIBIDOR: VERTICAL	DIMESIONES: 18"X60"		
OBSERVACIONES:			
A la fecha el sistema lleva efectuado el mantenimiento despues de año de operación, encontrando equipos y componentes en buenas condiciones, han operando los parametros de fucionamiento dentro de las ventanas operaciones establecidas, en la prueba de acidez realizada el aceite de los compresores no se encontraron niveles de humedad alto, lo que nos garantiza realizar el proximo cambio de aceite al sistema en otra frecuencia.			

Codigo documento: MNT-JOC-002		Mes			Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	RECUENCIA																	
Revisión: 1	INICIO MTTO d/h/m :	:	:	:	:	:	:	:	:	:																		
03/08/2012	TERMINACION MTTO d/h/m :	:	:	:	:	:	:	:	:	:																		
COMPONENTE	ACTIVIDAD	Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Julio			RECUENCIA								
		B	R	C	B	R	C	B	R	C	B	R	C	B	R	C	B	R	C	B	R	C	2	3				
																							M	E				
1. RACKS	A . ASEO GENERAL																						X					
	B . ASEO ESTRUCTURAS SOPORTES																							X				
	C . REVISION ESTADO ILUMINACIÓN																							X				
2. COMPRESORES	A. REVISION DE PRESIONES																							X				
	- SUCCION (RANGO NORMAL)																							X				
	- DESCARGA (RANGO NORMAL)																							X				
	B . REVISION CARGA DE REFRIGERANTE DEL SISTEMA																							X				
	C . CHEQUEO OPERACION BOMBA DE LUBRICACION																							X				
	D . VERIFICAR CONGELAMIENTO EN LA CARCASA																							X				
	E . CHEQUEAR AISLAMIENTO BOBINADO DEL MOTOR																								X			
	F . REVISAR SISTEMA DE ACOPLAMIENTO																								X			
	G -CONTROL DE BAJA PRESION																								X			
	H -CONTROL DE ALTA PRESION																								X			
I -CONTROL DE ACEITE																								X				
J -FILTRO DESHIDRATADOR																									X			
3. EVAPORADORES	A . REVISION ESTADO DE SERPENTIN																								X			
	B . REVISION BANDEJA DE DRENAJE																								X			
	C .CHEQUEAR ESTADO DE RESISTENCIAS																								X			
	D . REVISION ESTADO DE MOTOR(ES)																								X			
	E . TOMAR TEMPERATURA DEL AIRE A LA ENTRADA DEL EVAPORADOR																								X			
	G.TOMAR TEMPERATURA DEL AIRE A LA SALIDA DEL																											
	H. EVAPORADOR																								X			
	I.LIMPIEZA GENERAL																								X			
	J -VALVULA SOLENOIDE																									X		
	K -LIMPIEZA VALVULA DE EXPANSION																									X		
L- VERIFICAR ESTADO DEL SENSOR DE TEMPERATURA																									X			
4. CONDENSADORES	A .REVISION ESTADO DE SERPENTIN																								X			
	B .CHEQUEO FLUJO DE AIRE ENFRIAMIENTO																								X			
	C . REVISION ESTADO DE VENTILADORES																								X			
	D . REVISION ESTADO DE MOTOR(ES)																									X		
	E . TOMAR TEMPERATURA DEL AIRE A LA ENTRADA DEL CONDENSADOR																									X		
	F.TOMAR TEMPERATURA DEL AIRE A LA SALIDA DEL CONDENSADOR																									X		
	G.LIMPIEZA GENERAL																									X		
7. TABLEROS ELECTRICOS	A -TERMICOS																									X		
	B -BORNES																										X	
	C -CONTACTOR(ES)																										X	
	D -TEMPORIZADOR(ES)																										X	
	E -LIMPIEZA GENERAL																										X	
Mes :	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO																						
Firma quien realiza el Trabajo :	_____																											
Firma de quien recibe el trabajo:	_____																											
Observaciones:	_____																											