

GERENCIAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE
AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN DEL EDIFICIO DEL COR DE LA
REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA CON BASE EN LA METODOLOGÍA
R.C.M.

LUIS FERNANDO GÓMEZ GOMEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2012

GERENCIAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE
AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN DEL EDIFICIO DEL COR DE LA
REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA CON BASE EN LA METODOLOGÍA
R.C.M.

LUIS FERNANDO GÓMEZ GOMEZ

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

Director:

Ing. Rodolfo Zuluaga molina

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

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

2012

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

A Dios, mi lazarillo incondicional.

A mi familia, el amor y necesidad del que estén cada día mejor me impulsan a luchar y prepararme para los retos propios del desarrollo profesional.

A la Empresa Colombiana de Petróleos Ecopetrol la cual me permitió ampliar mis horizontes de conocimiento y con sus recursos he alcanzado grandes metas y desarrollo.

A Rodolfo Zuluaga Compañero y Amigo quien tuvo la paciencia y profesionalismo para acompañarme en esta iniciativa.

CONTENIDO

	Pag
INTRODUCCIÓN	14
1. ASPECTOS GENERALES	17
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.2. OBJETIVOS	19
1.2.1. Objetivos Generales:	19
1.2.2. Objetivos Específicos:.....	19
2. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO	20
3. ESTRATEGIA DE RCM.....	21
3.1. MARCO TEORICO	21
3.1.1. Confiabilidad	21
3.1.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM.....	21
3.2. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISION	25
3.2.1 Descripción Del Sistema	25
3.2.2 Alcance Y Delimitación Del Estudio.....	26
3.3. MATRIZ DE JERARQUIA SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISION COR.....	26
3.4. SUBSISTEMAS EQUIPOS Y COMPONENTES.....	27
3.4.1. Unidades manejadoras	30
3.4.1.1. Sección de Ventilación.....	30
3.4.1.2. Serpentín.	31
3.4.1.3. Recalentador Eléctrico	31
3.4.1.4. Humidificador	32
3.4.1.5. Filtros	33
3.4.1.6. Panel eléctrico	33
3.4.1.7. Variador de velocidad	34
3.4.1.8. Carcasa	35
3.4.2. Circuito de Agua de Refrigeración.	35
3.4.2.1. Bombas de velocidad variable (3).....	37
3.4.2.2. Variador de frecuencia (3)	38
3.4.2.3. Válvula By-pass (1)	38

3.4.2.4. Sensores de temperatura común (4)	39
3.4.2.5. Switch diferencial de presión (5)	40
3.4.2.6. Válvulas de aislamiento (4):	41
3.4.2.7. Válvula triple.....	42
3.4.2.8. Tanque de expansión.....	42
3.4.2.9. Separador de aire de la red hidráulica	43
3.4.2.10. Válvula reguladora de caudal de dos vías (4)	44
3.4.2.11. Manómetros de glicerina (4) (1 - 150 psi)	45
3.4.2.12. Tuberías y accesorios.	45
3.4.3. Circuito de Aire.....	46
3.4.3.1. Ductería metálica.	46
3.4.3.2. Control de Volumen por zona.	46
3.4.3.3. Rejillas y accesorios.....	51
3.4.5. Chillers	53
3.4.5.1. Compresores Semiherméticos de Doble Tornillo	55
3.4.5.2. Accionamientos eléctricos de protección y control.	55
3.4.5.3. Circuitos Frigoríficos y Evaporador	56
3.4.5.4. Condensador.....	57
3.4.5.5. Controles	57
3.4.5.6. Pantalla y Teclado.....	58
3.5. MATRIZ DE FUNCIONES, MODOS DE FALLA, EFECTOS Y TAREAS	59
4. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	69
4.1 Estrategia Del Plan De Mantenimiento.....	69
4.2 Metodología del Plan de Mantenimiento	69
4.3 Análisis del Mantenimiento basado en el análisis del Árbol de Falla... 71	71
4.3.1 Actividades Generales de Mantenimiento Unidades Manejadoras	72
4.3.2 Actividades de Mantenimiento Circuitos de Refrigeración.	73
4.3.3 Mantenimiento de Chillers	74
4.3.4 Mantenimiento de Ductos y Accesorios	75
4.4 Registros de las actividades Rutinarias de Mantenimiento	76
4.5 Registro y Análisis de Fallas.....	77
4.6 Ronda del Operador	78
5. CONCLUSIONES	79

BIBLIOGRAFIA 80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de jerarquía Sistema de precisión	29
Figura 2: Ventiladores	30
Figura 3: Serpentin	31
Figura 4: Humidificador	33
Figura 5: Panel eléctrico	34
Figura 6: Circuito de Agua	36
Figura 7: Bomba Centrifuga	37
Figura 8: Válvula de By pass	39
Figura 9: Switch diferencial de Presión	40
Figura 10: Válvula de aislamiento	41
Figura 11: Válvula Triple	42
Figura 12: Tanque de Expansión	43
Figura 13: Separador de aire	44
Figura 14: Válvula reguladora de 2 vías	45
Figura 15: Circuito de Aire	47
Figura 16: Dámper de balanceo manual	48
Figura 17 Dámper de Alivio.	49
Figura 18: Difusor de volumen variable	50
Figura 19: Dámper proporcional	50
Figura 20: Diferencial de presión	51
Figura 21: Rejilla lineal.....	52
Figura 22: Rejilla de Retorno	53
Figura 23: Diagrama Chiller	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Listado de componentes Circuito Refrigeración.....	59
Tabla 2 Listado de componentes Manejadoras	60
Tabla 3 Listado de componentes Chiller	61
Tabla 4 Listado de componentes Circuito de Aire.....	62
Tabla 5 Árbol de falla componentes.....	63
Tabla 6 Líneas de mantenimiento por especialidad.....	71
Tabla 7 Tareas Preventivas unidades manejadoras	73
Tabla 8 Ronda estratégica del Operador	78

GLOSARIO

COMPONENTE: unidad perteneciente a un conjunto o sistema.

CONFIABILIDAD: Probabilidad que un equipo realice su función por un tiempo determinado sin presencia de fallas.

CRITICIDAD: La incidencia que tiene cada equipo o sistema dentro de la operación de la empresa, generalmente se define por un código o nivel establecido por el programa de mantenimiento.

DETERIORO: Alteración de las condiciones de referencia de un equipo o componente lo cual genera que su función normal no sea satisfactoria.

DIAGNÓSTICO: deducción de la naturaleza de una falla basada en los síntomas detectados.

DISPONIBILIDAD: Probabilidad en que un equipo pueda ejercer su función cuando sea requerido.

ELEMENTO O PIEZA: partes constituyentes de un componente.

EQUIPO: unidad compleja de orden superior integrada por conjuntos, componentes y piezas, agrupadas para formar un sistema funcional.

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO: acciones con las que una empresa sigue una determinada política para su mantenibilidad.

LUBRICACIÓN: aplicación de un fluido lubricante para la reducción del contacto entre superficies de un equipo.

MANTENIBILIDAD: Probabilidad que un equipo luego de una intervención y ejecución de actividades pueda ser llevado a un nivel de referencia.

MANTENIMIENTO: conjunto de actividades técnicas cuya finalidad es conservar o restituir un equipo a las condiciones que le permitan realizar su función.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: Comprende el que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo o sistema.

MANTENIMIENTO ELÉCTRICO: conjunto de actividades de tipos eléctrico que se realizan en intervalos predeterminados de tiempo, número de operaciones, entre otros.

MANTENIMIENTO MECÁNICO: conjunto de actividades de mantenimiento autónomo que se relacionan directamente con inspecciones programadas, limpieza y ajuste de elementos mecánicos.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de Prevenir la ocurrencia de fallas.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO: Se encarga de diagnosticar el estado condicional del funcionamiento de máquinas, equipos o sistemas basado en la medición de diversos parámetros de control.

MANTENIMIENTO PROACTIVO: Es una estrategia dirigida a localizar las causas de falla en un equipo o sistema y controlarlas de tal manera que el efecto de estas causas no se presente, está enfocado a ampliar la vida útil de los equipos.

MANUAL DE MANTENIMIENTO: recopilación de la información, datos y recomendaciones necesarias para el correcto mantenimiento de un ítem.

MODIFICACIÓN: cambio parcial del diseño de un equipo para adaptarse al sistema productivo.

REPARACIÓN: son los trabajos efectuados para corregir los daños que haya tenido un equipo, o defectos de fabricación que registre el mismo o una de sus partes.

RUTINAS: son los trabajos de preservación y mantenimiento que es necesario realizar periódicamente para obtener buena apariencia, ración y funcionamiento.

TIEMPO DE VIDA ÚTIL: es el tiempo estimado que cubre desde que se instala el equipo hasta que es retirado de la empresa generalmente por motivo de daños u obsolescencia.

RESUMEN

TITULO: GERENCIAMIENTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISIÓN DEL EDIFICIO DEL COR DE LA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA CON BASE EN LA METODOLOGÍA R.C.M.

AUTOR: LUIS FERNANDO GOMEZ GOMEZ

PALABRAS CLAVES: ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO, RCM, AIRE ACONDICIONADO DE PRECISION, EDIFICIO DE CONTROL CENTRAL.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Los sistemas de ventilación y climatización de aire tienen la misión de ajustar la calidad del aire interior en las condiciones del confort térmico, de humedad y presión positiva en un área determinada. Esta monografía se enfoca en la implementación de una estrategia de mantenimiento que permita que el sistema de aire acondicionado de precisión sea confiable e ininterrumpido, con el fin de reducir los impactos por la ausencia de este en los espacios habitados por componentes electrónicos de comunicación y control encargados de asegurar la operación remota de 16 plantas de la Refinería de Barrancabermeja ECOPETROL S.A. Por sus características constructivas estos componentes electrónicos producen altas temperaturas y son muy susceptibles a la humedad y gases no inertes. Es por esto que el suministro de aire de precisión nunca debe faltar y dado los numerosos y diferentes componentes que podrían causar la interrupción del servicio, es necesario implementar un plan que no como en la actualidad atiende fallas o ejecuta preventivos no eficaces, sino más bien aseguren la total disponibilidad y confiabilidad de los equipos de aire acondicionado de precisión ya que una interrupción no controlada de este servicio podría significar la apagada de la refinería de Barrancabermeja. Es así como se propone la metodología RCM (mantenimiento basado en confiabilidad por sus siglas en inglés) como una opción viable para asegurar una correcta gestión de mantenimiento a cada uno de los equipos y componentes asociados a Aire acondicionado de precisión; esta metodología consiste en el desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el análisis de fallos de los componentes y la estructuración de las tareas y recursos necesarios para evitar que estas fallas ocurran con el fin de hacer el balance de recurso necesario y hacer intervenciones técnica y económicamente viables, que se traduzcan en cero interrupciones del servicio.

Monografía

“Facultad de Ingenierías físico-Mecánicas. Especialización Gerencia de Mantenimiento.”

Director: Ing. Rodolfo Zuluaga molina, Especialista en Gerencia de Mantenimiento

SUMMARY

TITLE: MAINTENANCE MANAGEMENT PLAN FOR THE AIR CONDITIONING PRECISION SYSTEM OF COR BUILDING BASED ON RCM METHODOLOGY IN THE BARRANCABERMEJA REFINERY.

AUTHORS: LUIS FERNANDO GOMEZ GOMEZ

KEYWORDS: MAINTENANCE STRATEGY, RCM, PRECISION AIR CONDITIONING, CENTRAL BUILDING CONTROL

SUBJECT OR DESCRIPTION:

Ventilation and air conditioning systems have a mission to set the indoor air quality in the conditions of thermal comfort, humidity and positive pressure in a particular area. This paper focuses on the implementation of a maintenance strategy that allows the air conditioning precision system be reliable and uninterrupted, in order to reduce the impacts by the absence of this in the space inhabited by electronic communication and control components responsible for ensure the remote operation of 16 plants of the Barrancabermeja Refinery Ecopetrol S. A. By their construction features, these electronic components produce high temperatures and they are very susceptible to moisture and inert gases. That is why the precision air supply must not be missing and because the many different components that could cause service interruption, is necessary to implement a plan that does not meet fault or no effective preventive runs, as at present, but rather to ensure full availability and reliability of air conditioning precision equipment because uncontrolled interruption of this service could mean the off of the Barrancabermeja Refinery. This is how the methodology proposed RCM (acronym in English) as a viable option to assure a correct maintenance management to each of the computers and components associated with precision air conditioning; this methodology consists in development of a maintenance plan based on the analysis of component failures and the structuring of tasks and resources to prevent these failures happen in order to take stock of action and make necessary technical assistance and economically viable, that will mean zero service interruptions.

*Monograph

** School of Mechanical Engineering Maintenance Management Specialization
Director: Ing. Rodolfo Zuluaga molina, Maintenance Management Specialization

INTRODUCCIÓN

Un programa de mantenimiento Permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento necesarias para sostener la confiabilidad y disponibilidad de los sistemas y equipos. El mantenimiento basado en confiabilidad es eficaz cuando se logra el control de las fallas para reducir los costos y mejorar las operaciones aumentando el desempeño del negocio, como es el caso del Edificio de Control Central “ECC” que como unidad de negocio consolida la operación de la refinería de Barrancabermeja de Ecopetrol S.A.

Unos de los Elementos necesarios para asegurar la normal operación del ECC es el sistema de aire acondicionado de precisión cuyas características técnicas requeridas de acuerdo a las condiciones de diseño interior y exterior para filtración, renovación de aire y presurización de cuartos de control, de equipo de cómputo y otros tipos de equipo digitales que requieren un determinado conjunto de características en cuanto a control preciso del porcentaje de humedad relativa, así como de temperatura. Dado el impacto, criticidad, complejidad constructiva, variables de control y un sin número de componentes es necesario consolidar un plan de mantenimiento que asegure la total confiabilidad y disponibilidad del sistema.

La herramienta seleccionada en este estudio es para la implementación de un plan de mantenimiento es el RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad) cuyo modelo debe llevar a equipos más seguros y confiables, reducciones de costos (directos e indirectos), mejora en la calidad del producto, y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente.

En el RCM se determinan los objetivos que se persiguen con el análisis que se va a realizar, ya que esto condicionará el alcance del estudio. Se selecciona los sistemas objeto de evaluación.

Posteriormente se desarrolla del proceso del árbol jerárquico donde se delimita el alcance del estudio y se realizan los Análisis funcionales de las fallas y la aplicación de los Modos de Fallo y Análisis del Efectos.

El resultado de la tarea de selección de ítems críticos como consecuencia del análisis de fallas y sus impactos sobre el sistema, es la lista de componentes a los que convendrá identificar una tarea eficiente de mantenimiento preventivo o predictivo. El objetivo de este estudio es efectuar dicha asignación de actividades de mantenimiento y sus frecuencias de ejecución correspondientes.

De igual manera para la determinación de los intervalos óptimos de mantenimiento, es necesaria la información acerca de las fallas, es decir la función de razón de fallos, y los recursos necesarios para evitarlos.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La confiabilidad y disponibilidad de un sistema de Aire acondicionado depende en gran medida del estado de los equipos asociados al mismo. Para tal fin es necesario desarrollar modelos de gestión de mantenimiento acertados que permitan garantizar altos niveles de confiabilidad y así obtener cero interrupciones en el sistema de aire acondicionado ni causar daños colaterales a otros sistemas por altas temperaturas. Este es el caso del sistema de Aire Acondicionado Del edificio del COR (Centro de Operaciones de la Refinería) que cuenta con un sistema de A.A de precisión que tiene las funciones de refrigerar los gabinetes de comunicación y presurizar el cuarto de control y de equipos. Este sistema es de vital importancia porque es en el edificio del COR donde se operaran la gran mayoría las plantas de la refinería de manera remota.

En el caso de los sistemas de aire acondicionado los cuales poseen componentes tan diversos como sus modos de falla, advierten diversas fuentes de fallas funcionales que se traduce en una incertidumbre operativa y fallas aleatorias en el sistema.

El proyecto COR ubicado en la refinería de Barrancabermeja Ecopetrol S.A, aun no se ha establecido un programa de mantenimiento directamente enfocado la Sostener la disponibilidad y Confiabilidad de los sistemas de Aire acondicionado de Precisión del edificio los cuales buscan asegurar la Normal operación de gabinetes de comunicación y servidores. Para tal fin es necesario construir un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad, que permita identificar factores críticos del sistema, modos de fallas, equipos críticos, rondas preventivas y mantenimientos programados.

La refinería de Barrancabermeja tiene actualmente un plan de mantenimiento para los sistemas de aire acondicionado basado en tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. Los siguientes son las oportunidades de mejora que tiene el sistema actual de mantenimiento:

- No se generan informes de intervenciones a los equipos.
- No existe la trazabilidad de falla ni reposición de componentes
- No se hacen inspecciones predictivas con monitoreos de variables críticas como presión, temperatura, humedad etc..
- No se tienen claro las frecuencias de reposición de partes por tipo, horas de operación, o vida útil.
- Existen un sinnúmero de componentes menores sin catalogación los cuales son de difícil consecución los cuales a falla impactan la disponibilidad de los equipos.

De igual forma el estudio de RCM para esta clase de equipos es necesario ya que este sistema es único en la refinería y debido al impacto en la operación se considera como un activo crítico el cual debe tener una estrategia de mantenimiento direccionada a obtener 100% de disponibilidad; ya que del correcto mantenimiento del sistema de Aire acondicionado de Precisión de su consiguiente reducción de fallas, depende la continuidad del proceso de operación remota de todas las plantas de la refinería de Barrancabermeja. Es por esto que es necesario asegurar una adecuada gestión de mantenimiento que minimice sus costos, maximice su eficiencia y se generen cero pérdidas por paradas de planta no programadas.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivos Generales:

- Gerenciar el plan de mantenimiento para el sistema de aire acondicionado de precisión del edificio del COR de la refinería de Barrancabermeja con base en la metodología R.C.M.

1.2.2. Objetivos Específicos:

- Implementación de la metodología RCM como herramienta de gestión de mantenimiento para cada uno de los componentes de los equipos asociados al sistema de aire acondicionado de precisión.
- Establecer los equipos críticos de los sistemas de Aire acondicionado de precisión y sus modos de falla
- Tipificar los tipos de falla más comunes e implementar procedimientos de mejores prácticas, y establecerlos como tareas de mantenimiento por condición.
- Desarrollar e implementar estándares de Trabajo adecuados para mantenimiento preventivo y correctivo.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

La gestión del mantenimiento y las estrategias de cumplimiento de estructuras establecidas están destinadas a asegurar que la función de mantenimiento puede mejorar el cumplimiento de las normativas por parte de una compañía asegurando su continuidad operativa y rentabilidad de los procesos.

- Las paralizaciones extendidas por fallas en los sistemas de comunicación debido a altas temperaturas y humedad tienen un gran impacto ya que las fallas de componentes electrónicos no pueden ser previstas bajo un inspección y suelen causar falla funcional de los sistemas lo que para el caso de estudio se desencadenaría en pérdida de producción, lucro cesante del personal, restablecimiento de equipos, daños de sistemas de monitoreo control y operación, reprocesos, daños mayores a equipos.
- Un programa de gestión de activos puede asegurar la funcionalidad y disponibilidad de los sistemas de aire acondicionado los que restaría probabilidades de falla en componentes importantes causadas por las altas temperaturas sin generar reprocesos, impactos al ambiente, lesiones a personas, y la falla de los equipos.
- Una estrategia de mantenimiento efectiva basada en un modelo de RCM no solamente permitiría asegurar la disponibilidad y confiabilidad de un sistema definido si no que a su vez también permitiría una respuesta oportuna ante fallas de componentes esenciales y el monitoreo de equipos de protección, reduciendo inversiones de tipo correctivas mayores

3. ESTRATEGIA DE RCM.

3.1. MARCO TEORICO

La necesidad de tener programas de mantenimiento estructurados, radica en la búsqueda de maximizar la vida útil de los activos vinculados a los procesos al menor costo posible, esto se logra bajo el alineamiento de políticas, estándares y prácticas de mantenimiento que permitan sostener la confiabilidad de los activos que hacen parte de un proceso determinado.

3.1.1. Confiabilidad

Es la medida de la frecuencia con la cual ocurren fallas en un equipo determinado, es decir si un equipo es 100% confiable esto se traduce en cero fallas, de igual manera la confiabilidad está relacionada con la calidad de un producto y la cantidad de satisfacción en un usuario. La confiabilidad se interesa por cuánto tiempo continua al proceso, esto evidencia que existen cinco características fundamentales que sustentan la estructura de la confiabilidad, como son la Probabilidad, Desempeño satisfactorio, Periodo, Condiciones de Operación y Mantenibilidad.

3.1.2. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

Es una filosofía basada en el trabajo en equipo y el mejoramiento continuo de los procesos, utilizando el análisis de los activos identificando sus modos de falla y las causas de las mismas, tomando en cuenta sus efectos y consecuencias.

Un aumento de la confiabilidad de los sistemas produce un aumento de la disponibilidad de los mismos, y por tanto un aumento de la producción, de igual

manera el reducir costes de mantenimiento pasa a un segundo nivel, El objetivo finalmente se convierte en optimizar la confiabilidad de los sistemas a su cargo.

La metodología de implantación del R.C.M en cualquier empresa pasa por, siete etapas que corresponden cada una, a una pregunta que se debe hacer para el desarrollo de la metodología.

A nivel de sistemas las siete etapas son:

- a. Seleccionar el sistema al que le vamos a aplicar la metodología R.C.M.
- b. Elegir las Fronteras del Sistema.
- c. Identificar las Funciones del Sistema.
- d. Expresar la pérdida de una función, como fallo funcional a nivel de equipo.
- e. Desarrollar los fallos de componentes.
- f. Valorar el riesgo de exposición al fallo.

A nivel de componente las preguntas a contestar serian:

- a. Identificar las funciones asociadas al funcionamiento.
- b. Analizar en qué forma pueden fallar las funciones.
- c. ¿Cuáles son las causas de que se pierda una función?
- d. ¿Cuáles son los efectos de los fallos?
- e. ¿En qué grado afecta cada fallo?
- f. ¿Qué mantenimiento programado debería hacerse para predecir o prevenir el fallo?

Siguiendo la metodología descrita arriba, en primer lugar se debe seleccionar el sistema al que se le va a aplicar el R.C.M., la base del éxito del cualquier programa de mantenimiento basado en condición es una lista precisa y detallada de todos los activos que conforman el sistema, La lista debe incluir:

- El código de identificación del equipo.
- La descripción del equipo.
- El tipo de equipo.
- El área y localización del equipo.

La lista es esencial para:

- Identificar como pueden fallar los equipos (FMEA).
- Elegir las técnicas de mantenimiento preventivo o predictivo en cada activo.
- Determinar el porcentaje idóneo de cobertura de mantenimiento predictivo en la planta.
- Determinar la criticidad de cada equipo.
- Construir la base de datos para cada técnica de mantenimiento predictivo.
- Determinar los recursos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento posteriores.

Identificados los equipos, el siguiente paso es definir adecuadamente las funciones de cada equipo objeto del estudio. La función de un activo estará definido por una frase que describe que es lo que hace el equipo dentro del sistema, no lo que es. Esta función, nos permitirá obtener los fallos funcionales del equipo, que es la imposibilidad de que un activo cumpla con su función, dentro de los parámetros de funcionamiento aceptables para el usuario. No se debe confundir “Falla”, con “Modo de Falla”.

Modos de falla, son las comúnmente llamadas “causas de la falla”, y se definen como cualquier evento que provoca la pérdida de la función, es decir, provoca un fallo funcional de un equipo, sistema o proceso. Por tanto, el modo de falla es la causa y el fallo en sí, la consecuencia, o el efecto.

Con estos tres elementos: Función, falla funcional (EFECTO) y modo de falla (CAUSA), se pueden confeccionar por cada equipo en estudio unas tablas, que son de mucha utilidad en el estudio R.C.M., parecidas a los análisis causa-raíz. Con estas tablas se comprueba que cada falla funcional puede estar provocado por uno o varios modos de falla, por tanto es en los modos de falla es donde se debe concentrar, para obtener los efectos que provoca en el equipo, sistema o proceso. se necesita conocer bien la relación CAUSA-EFECTO, y esto solo se puede conseguir aplicando el análisis de modos de fallos y sus efectos (en inglés, FMEA), para cada fallo funcional de cada equipo, en el FMEA se deben registrar al menos la siguiente información.

- La evidencia de que el fallo ha ocurrido.
- Formas en que puede afectar a la seguridad de las personas o el medioambiente.
- Formas en que afecta a la producción y/o operaciones.
- Daño físico causado por el fallo.
- Coste de la reparación.

Una vez se clasifiquen los modos de falla obtenidos, se deben crear las tareas de Mantenimiento más adecuado a cada modo de fallo, Para clasificar los modos de fallo, basta volver a aplicar el análisis de criticidad a los mismos, en realidad se puede hacer al mismo tiempo que el FMEA, por lo que sería un análisis de modos de fallo y su criticidad, (del inglés FMECA).

El FMECA sólo añade parámetros cuantitativos para determinar la criticidad, o severidad asignada a cada modo de fallo. Se añade un número de criticidad y probabilidad a cada modo de fallo, así se obtiene la consiguiente matriz de criticidad. Esto es más un análisis cuantitativo que cualitativo.

Obtenida la matriz de criticidad de los modos de fallo por cada equipo en estudio, se pueden clasificar desde los más probables y severos en sus consecuencias, a los que dedicaremos una mayor atención, hasta los menos probables y cuyas consecuencias no son demasiado importantes para el equipo o la producción, dichos modos de fallo los trataremos en última instancia.

3.2. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISION

3.2.1 Descripción Del Sistema

El sistema integral de Aire Acondicionad, Ventilación, Extracción, Filtración y Presurización con sus sub-sistemas asociados se instalara en el nuevo Edificio de Control Central “ECC” que ECOPETROL construirá en La Refinería de Barrancabermeja.

En este edificio se van a centrar las operaciones de 45 cuartos de control que tiene actualmente La Refinería aplicando una filosofía planteada en el Estudio de Centralización de la GRB y la nueva optimización de la ingeniería planteada en el segundo semestre del 2010,.

El aire acondicionado y los sistemas de ventilación y presurización se consideran de vital importancia por lo que representan en la conservación de los equipos y el bienestar de las personas que tiene algún tipo de permanencia en los recintos acondicionados. Para los recintos con aire de precisión se utiliza un sistema de agua helada chiller redundado y con cuatro manejadoras, donde tres se encuentren en servicio y una cuarta de reserva, un sistema de circulación de agua fría con 3 bombas centrifugas, y el circuito de distribución de aire compuesto de ductos, dämpers rejillas y difusores.

El aire de precisión se inyectara a las zonas mas importantes del edificio de control Central, como son cuarto de hardware, salón de crisis y cuarto de operaciones.

3.2.2 Alcance Y Delimitación Del Estudio

El objeto de estudio de la presente monografía es el sistema de aire de precisión del para el edificio del COR en la refinería de Barrancabermeja ECOPETROL S.A. El alcance del mismo son los equipos, componentes y accesorios que intervienen directamente en el proceso funcional de suministro de aire acondicionado; como es el caso de la alimentación eléctrica y sistema de control inteligente, si bien son esenciales para el funcionamiento del sistema, no intervienen dentro de la funcionalidad y desempeño del sistema de Aire Acondicionado. El límite de baterías para cada subsistema o equipo es la alimentación eléctrica desde el punto de conexión en los equipos de cada subsistema.

De igual manera el sistema de filtración de gases no hace parte de este estudio debido a que aunque es muy importante para la seguridad de las personas y cuidado de los equipo no interviene directamente en el desempeño de aire acondicionado de precisión a corto ni a mediano plazo. También debido a que el sistema de filtración también hace parte del sistema acondicionado de confort y su mantenimiento consiste en la reposición periódica de filtros lo cual no fundamenta un énfasis profundo en el mismo.

3.3. MATRIZ DE JERARQUIA SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE PRECISION COR.

El desarrollo de la matriz de jerarquía está basado en la norma **ISO14224** la cual establece la siguiente estructura para la asociación de equipos en un sistema.

- Clases.
- Sistema.
- Sub sistema.
- Ítem mantenible.
- Componente de detalle.

Para mayor detalle puede consultarse la NORMA ISO14224, donde se muestra como quedan perfectamente determinados los límites constituyentes de cada Clase de Equipo.

A partir de la estructura presentada por la norma, acorde a un orden de jerarquía, se establecen cuáles son las Clases de Equipos y los sistemas según su función.

Típicamente según la norma ISO14224 se considera un sistema a un conjunto que realiza una Función específica, en un Servicio determinado dentro del Proceso, pudiéndose identificar una entrada y una salida. En este se Incluyen todos los equipamientos disponibles para la Operación de los mismos y, en general, comparten muy pocas partes con otros Sistemas.

Para el caso del proyecto COR se considero el Aire Acondicionado de precisión como un sistema con una entrada y una salida es decir, se toma aire de del media a temperatura ambiente y se entrega con unas características definidas y controladas de humedad, presión, calidad y temperatura.

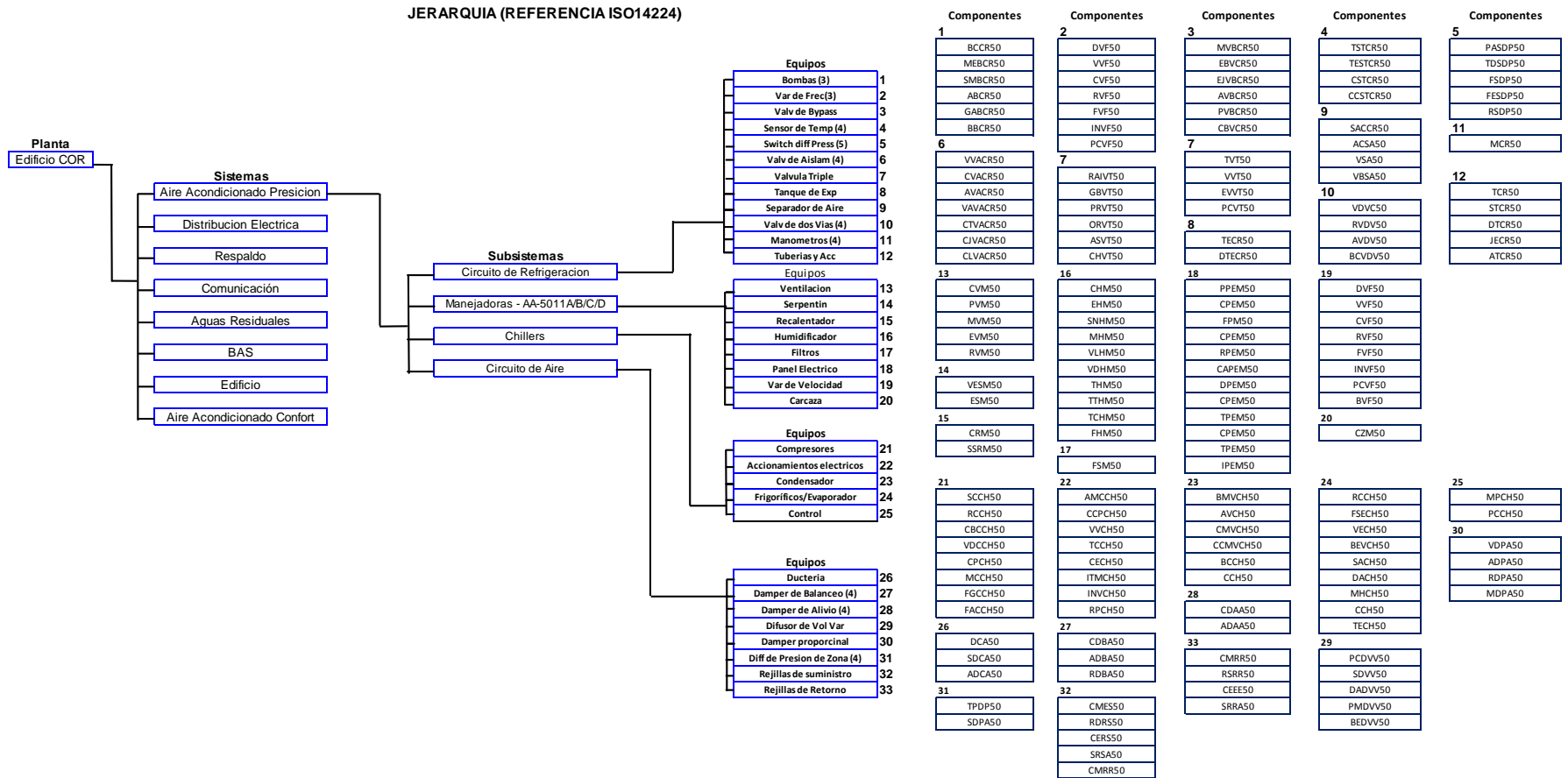
3.4. SUBSISTEMAS EQUIPOS Y COMPONENTES.

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. Bajo esta premisa, los subsistemas establecidos para este estudio son los siguientes:

- Unidades Manejadoras
- Circuito de Agua de Refrigeración
- Circuito de Aire
- Chillers

En el siguiente grafico se muestra el árbol jerárquico establecido para la gestión de mantenimiento para cada uno de los componentes de los equipos y componentes.

Figura 1: Árbol de jerarquía Sistema de precisión



3.4.1. Unidades manejadoras

Su función es la de mantener caudales de aire sometidos a un régimen temperatura preestablecida y presión estática de trabajo requerida. También se encarga de mantener la humedad dentro de valores apropiados, así como de filtrar el aire.

Por sí mismos no producen calor ni frío; este aporte les llega de fuentes externas por tuberías de agua o gas refrigerante.

3.4.1.1. Sección de Ventilación.

Un sistema dual configurado con sopladores centrífugos de doble entrada. Los sopladores van montados en una base ajustable la cual asegura facilidades de mantenimiento y acople. El acople de las poleas se hace a través de dos correas para asegurar la funcionalidad del sistema si una de ellas de estas se rompe. El sistema está equipado con los siguientes componentes:

- Correa (4)
- Polea (4)
- Motor (2)
- Eje (2)
- Rodamiento (4)

Figura 2: Ventiladores



3.4.1.2. Serpentín.

El serpentín es un equipo intercambiador de calor que al estar en contacto con el aire de retorno el cual regresa caliente, enfría el aire gracias al refrigerante a baja temperatura que circula por su interior, y lo envía de nuevo mediante los ductos transportadores a las instalaciones y mediante este proceso la temperatura del aire presente en las instalaciones se mantiene bajo condiciones de confort.

Su función es la de proveer el mayor rendimiento y mejorar la capacidad de deshumidificación. Es fabricado con aletas en aluminio y tubería de cobre, el arreglo de las hileras es en forma escalonada, la tubería mecánicamente expandida dentro de aletas y la trayectoria del circuito están diseñadas para distribuir el refrigerante del circuito en ambas caras del serpentín.

Figura 3: Serpentín



3.4.1.3. Recalentador Eléctrico

Es un banco de resistencias para el calentamiento de aire y control de humedad, posee resistencias eléctricas de 3 etapas en acero inoxidable, enchaquetadas para evitar contacto o chispa, del tipo tubular, aletadas de baja densidad de

potencia para evitar puntos de alta temperatura y eliminar el efecto de ionización de partículas de polvo.

3.4.1.4. Humidificador

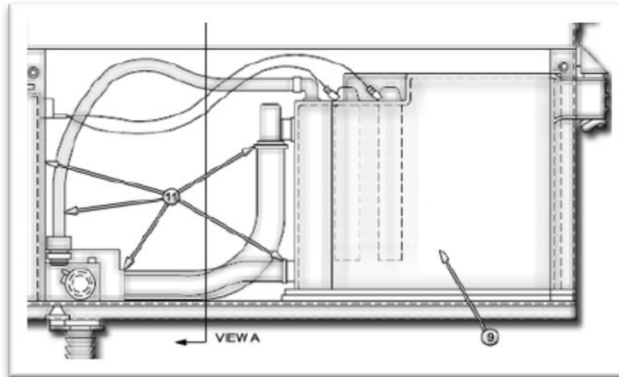
Las unidades manejadoras de aire de precisión para cuartos de control y/o subestaciones eléctricas cuentan con un sistema de control para mantener las condiciones de humedad requeridas en el recinto.

El humidificador tipo “Generador de Vapor” está diseñado para proporcionar el vapor necesario de forma eficiente, el cual funciona por medio de 2 electrodos colocados dentro de un cilindro que al llenarse de agua, se cierra un circuito que hace que los electrodos se calienten y empiecen a generar vapor de agua. Un sensor colocado en la parte superior del cilindro controlará el nivel de agua en el recipiente. Este humidificador opera en un amplio rango de condiciones de la calidad del agua, ya que en forma automática ajusta los cambios conforme la conductividad del agua cambia. El humidificador automáticamente drena y rellena de agua para mantener un ajuste preestablecido en su consumo de corriente y le permite extender su vida de operación. Básicamente el humidificador esta compuesto por los siguientes componentes.

- Cilindro.
- Electrodo
- Sensor de nivel
- Mangueras
- Válvula de llenado
- Válvula de Drenaje
- Tanque
- Toroide

- Tuberías de cobre
- Filtro

Figura 4: Humidificador



3.4.1.5. Filtros

El sistema posee filtros estándar de pliegues profundos en la entrada de agua; estos pueden ser cambiados fácilmente. Su remoción se hace a través del frente de la unidad al frente de las líneas de retorno.

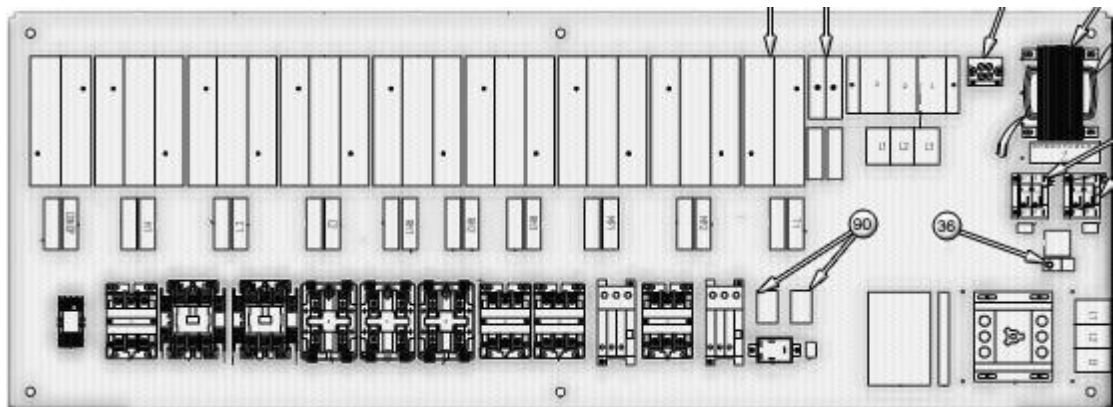
3.4.1.6. Panel eléctrico

El panel eléctrico es una sección del frame de la carcasa donde se alojan los componentes eléctricos tales como, transformadores, contactores, cables y demás equipos que tiene tensiones peligrosas expuestas; Cada componente eléctrico está protegido por un dispositivo de sobre corriente.

El panel eléctrico posee un frente muerto que brinda seguridad a los mantenedores y operarios de tensiones peligrosas.

- Panel eléctrico
- Controlador
- Fusibles
- Contactores
- Relés
- Contactos auxiliares
- Display
- Cables
- Transformador
- Carcaza
- Terminales
- Interruptores

Figura 5: Panel eléctrico



3.4.1.7. Variador de velocidad

Son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

El variador de frecuencia se hace necesario para regular el caudal de aire que suministran las unidades de precisión. El variador de frecuencia está compuesto por:

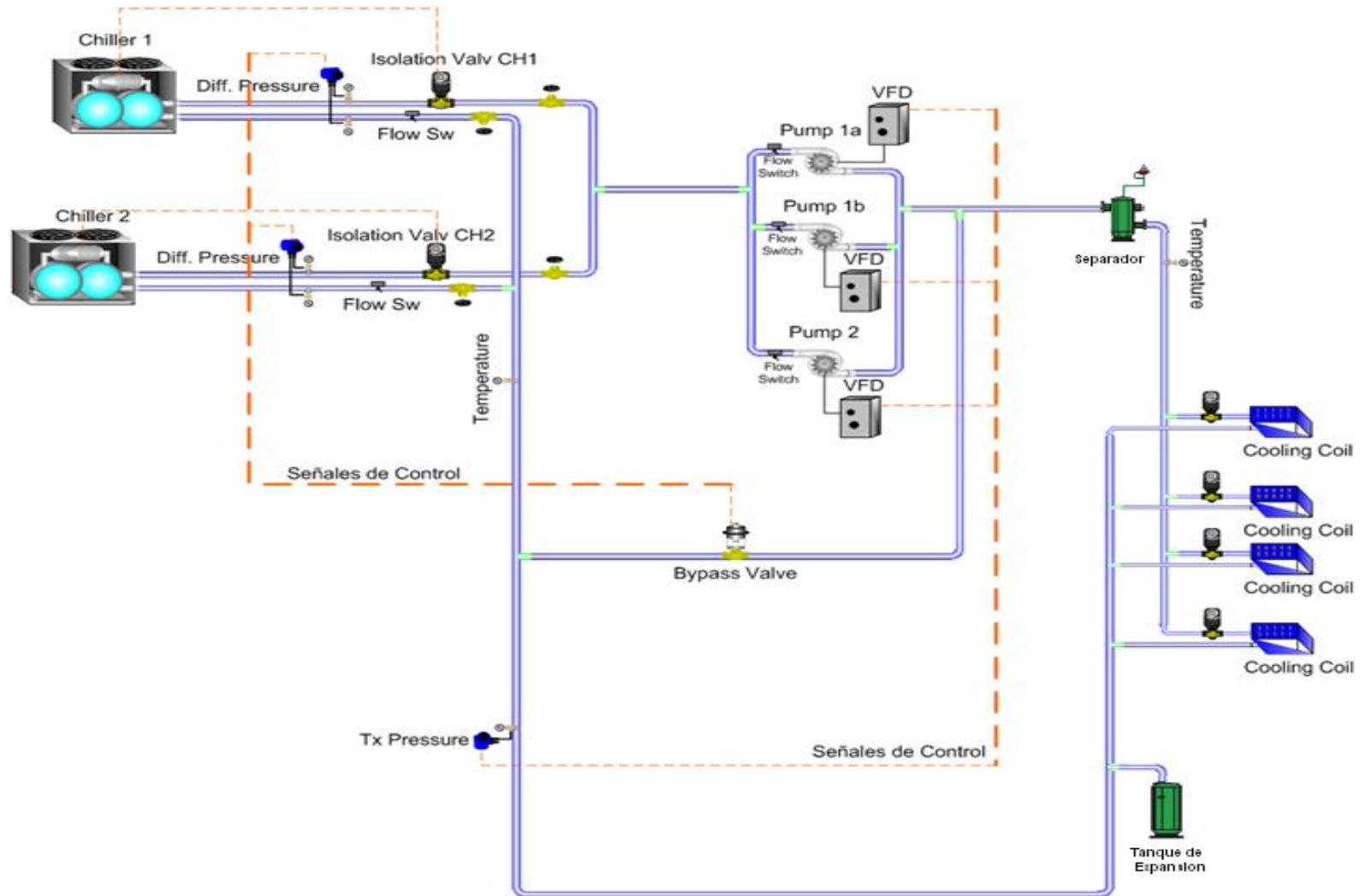
- Disipador de calor.
- Ventilador de Refrigeración principal.
- Condensadores.
- Rectificadores de onda Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- Filtros para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- Inversor: Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos.
- Panel de Control.
- Bornes de Conexión

3.4.1.8. Carcasa

Diseñada para albergar todos los equipos de la unidad paquete asegurando la mayor hermeticidad. Dispuesta con paneles desmontables y un marco que asegura total hermeticidad de aire y mayor durabilidad de los equipos y partes.

3.4.2. Circuito de Agua de Refrigeración.

Figura 6: Circuito de Agua



El circuito cerrado de agua es el encargado de conducir el agua enfriada por los evaporadores de los chillers, hacia las unidades manejadoras donde los serpentines de enfriamiento disipan la carga térmica de los espacios acondicionados, el enfriador de agua descarga este calor a la atmósfera y así enfría el agua. La bomba y la tubería de distribución permiten la circulación del agua fría entre estos dos componentes y el tanque de expansión permite la expansión térmica segura del agua para evitar daño a los componentes del sistema por la dilatación del agua con los cambios de temperatura.

3.4.2.1. Bombas de velocidad variable (3)

Las bombas hacen posible la distribución del agua entre el chiller y los serpentines de enfriamiento en las manejadoras, están cuentan con variadores de frecuencia que reduzcan el caudal según las necesidades de los equipos de precisión.

- Bomba centrífuga para circulación de agua helada
- Motor eléctrico como accionador de la bomba
- Sello mecánico
- Acople ,Guarda acople
- Base común o skid para montaje de todos los elementos de cada sistema

Figura 7: Bomba Centrífuga



3.4.2.2. Variador de frecuencia (3)

Son dispositivos que permiten variar la velocidad y la acopla de los motores asíncronos trifásicos, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión de red en magnitudes variables.

El variador de frecuencia se hace necesario para regular el caudal de agua que se suministra a las unidades de precisión porque éstas llegaron con válvulas de control de dos vías y se requerían válvulas de control de tres vías. El variador de frecuencia está compuesto por:

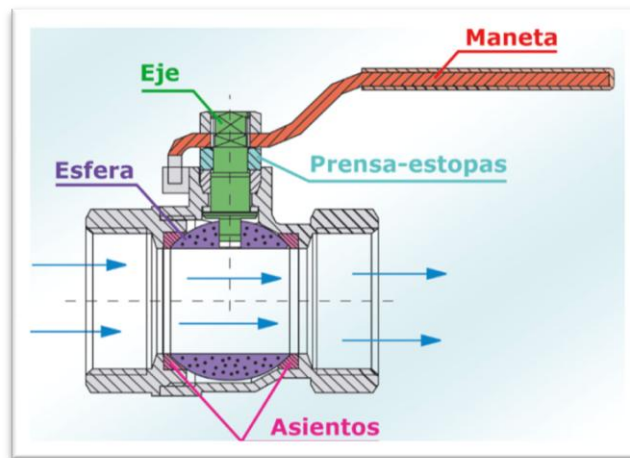
- Disipador de calor.
- Ventilador de Refrigeración principal.
- Ventilador de Refrigeración Interno.
- Condensadores.
- Rectificadores de onda Convierte la tensión alterna en continua mediante rectificadores de diodos, tiristores, etc.
- Filtros para suavizar la tensión rectificada y reducir la emisión de armónicos.
- Inversor: Convierte la tensión continua en otra de tensión y frecuencia variable mediante la generación de pulsos.
- Panel de Control.

3.4.2.3. Válvula By-pass (1)

Es un mecanismo de llave de paso que sirve para regular el flujo de un fluido canalizado y se caracteriza porque el mecanismo regulador situado en el interior tiene forma de esfera perforada. Las válvulas de bola son de $\frac{1}{4}$ de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la

circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola 90° y cierra el conducto su fin es garantizar el caudal mínimo de agua de los enfriadores, su especificación de es 6"x150 psi bridada

Figura 8: Válvula de By pass



La valvula de bolas esta compuesta basicamente por los siguientes componentes:

- Manija.
- Esfera.
- Eje.
- Asientos.
- Prensaestopas.
- Cuerpo

3.4.2.4. Sensores de temperatura común (4)

Sensores de temperatura de 5 pulgadas por inmersión con rango de medición entre -40 y 121 °C, cuya función es monitorear la temperatura en el circuito de Agua, básicamente este elemento de medida tiene los siguientes componentes:

- Termopozo
- Termistor
- Cables
- Caja de conexión

3.4.2.5. Switch diferencial de presión (5)

Su función es la de mantener la integridad de los enfriadores y bombas estos elementos informando la falta de caudal en los equipos. Al medir la caída de presión en el intercambiador del evaporador del chiller o en el impulsor de las bombas. Sus componentes básicamente son:

- Pistón de amortiguamiento
- Transductor de presión.
- Flexible
- Fuente AC/DC
- Resistor de 500ohm

Figura 9: Switch diferencial de Presión

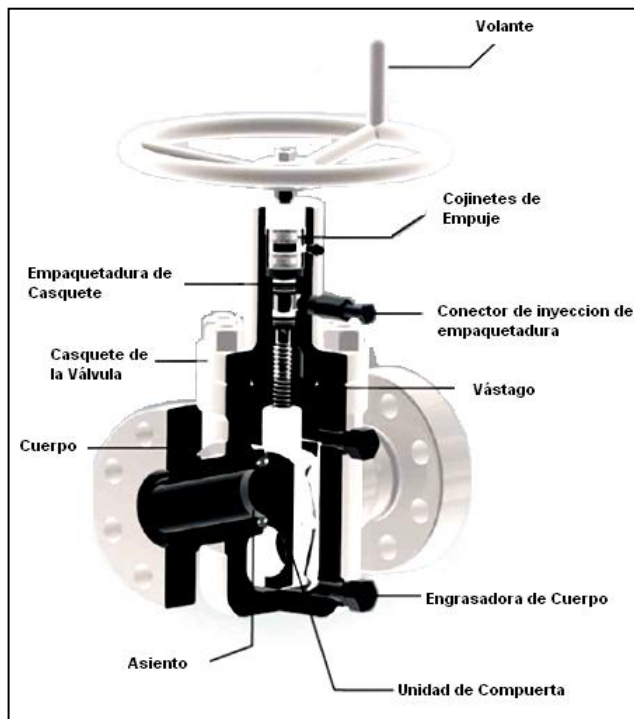


3.4.2.6. Válvulas de aislamiento (4):

Son un dispositivos para cierre y apertura manuales diseñadas y construidas para las presiones de trabajo y caudal requeridas, su función es la de restringir y permitir el paso de agua en el circuito. Dentro de sus principales componentes están:

- Volante
- Cuerpo
- Asiento
- Vástago
- Compuerta
- Cojinete
- Conectores de lubricación

Figura 10: Válvula de aislamiento

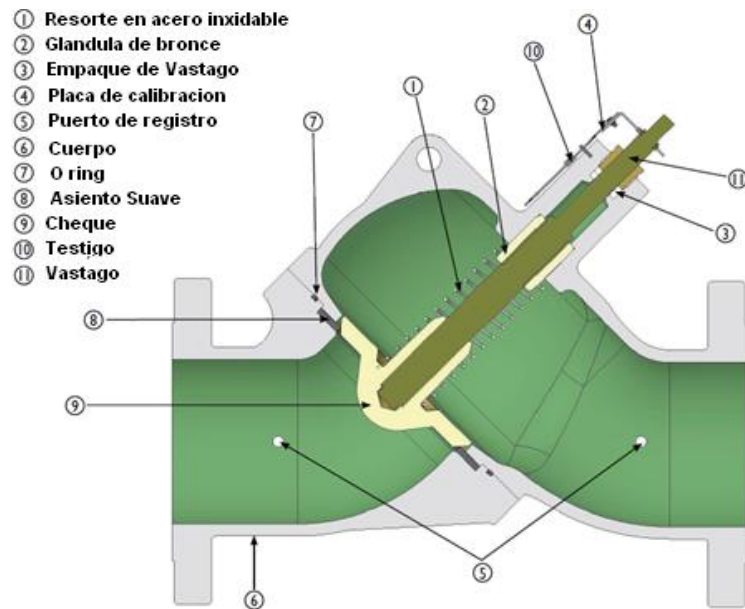


3.4.2.7. Válvula triple

Es una válvula multiuso que incorpora todas las funciones necesarias en el lado de descarga de una bomba en un Sistema Hidráulico en una válvula. Este compuesto por un resorte de carga y una válvula de cheque, una válvula de cierre, una válvula de control de flujo y una válvula de medición de flujo.

Cada válvula tiene una placa calibrada para el equilibrio del sistema, la válvula está equipada con puertos de medición para tomar las lecturas de presión diferencial. A continuación la imagen xx ilustra sus principales componentes.

Figura 11: Válvula Triple



3.4.2.8. Tanque de expansión.

El tanque de expansión permite la expansión térmica segura del agua para evitar daño a los componentes del sistema por la dilatación del agua con los cambios de temperatura. El tanque de expansión es un dispositivo que permite

absorber los cambios de temperatura del circuito cerrado de agua helada y hacer la reposición de esta, debido a los intercambios térmicos que ocurren. El tanque trabaja mediante un sistema de diafragmas para absorber los cambios de temperatura del circuito.

Figura 12: Tanque de Expansión



3.4.2.9. Separador de aire de la red hidráulica

Es un dispositivo que tiene internamente unos anillos acero que hacen que mediante choque del agua se separe el aire de esta y mediante un sistema de venteo, el aire del circuito cerrado es expulsado a la atmosfera Su función es mantener el agua libre de aire para evitar corrosión y cavitación del sistema. Básicamente el separador está compuesto por los siguientes elementos.

- Cuerpo
- Anillos de Acero
- Venteo
- Válvula de bola de 1 1/2"

Figura 13: Separador de aire



3.4.2.10. Válvula reguladora de caudal de dos vías (4)

Es un dispositivo que posee un mecanismo proporcional que actúa mediante una señal de temperatura que envía la orden para la apertura o cierre de la misma. Esta construida de acuerdo a los requerimientos de trabajo de presión y caudal.

Es un mecanismo de dos vías porque permite únicamente el paso del agua o de cualquier otro elemento en un solo sentido. Básicamente la válvula reguladora tiene los siguientes componentes.

- Cuerpo y Canales
- Actuador
- Resorte
- Balanza compensadora

Figura 14: Válvula reguladora de 2 vías



3.4.2.11. Manómetros de glicerina (4) (1 - 150 psi)

Es un dispositivo que permite medir ya sea de forma análoga o digital los cambios de presión del sistema; si es análogo viene con un medidor de caratula de diferentes diámetros y con escalas de presión de acuerdo a los requerimientos, para evitar los golpes de ariete la aguja se debe estar en un baño de glicerina

3.4.2.12. Tuberías y accesorios.

Tubería instalada para los ramales y redes principales para la circulación y recirculación de agua fría, tubería de acero sin costura SCH 40. La tubería cuenta con los siguientes elementos y componentes:

- Tubería SCH 40
- Soportes
- Drenajes y purgas
- Pasa-muros y Juntas de Expansión
- Aislamiento en poliuretano 2" de espesor y chaqueta en aluminio.

3.4.3. Circuito de Aire

Comprende el medio y los equipos necesarios para suministrar un flujo y distribución adecuada del aire, desde las unidades manejadoras hasta los cuartos a refrigerar.

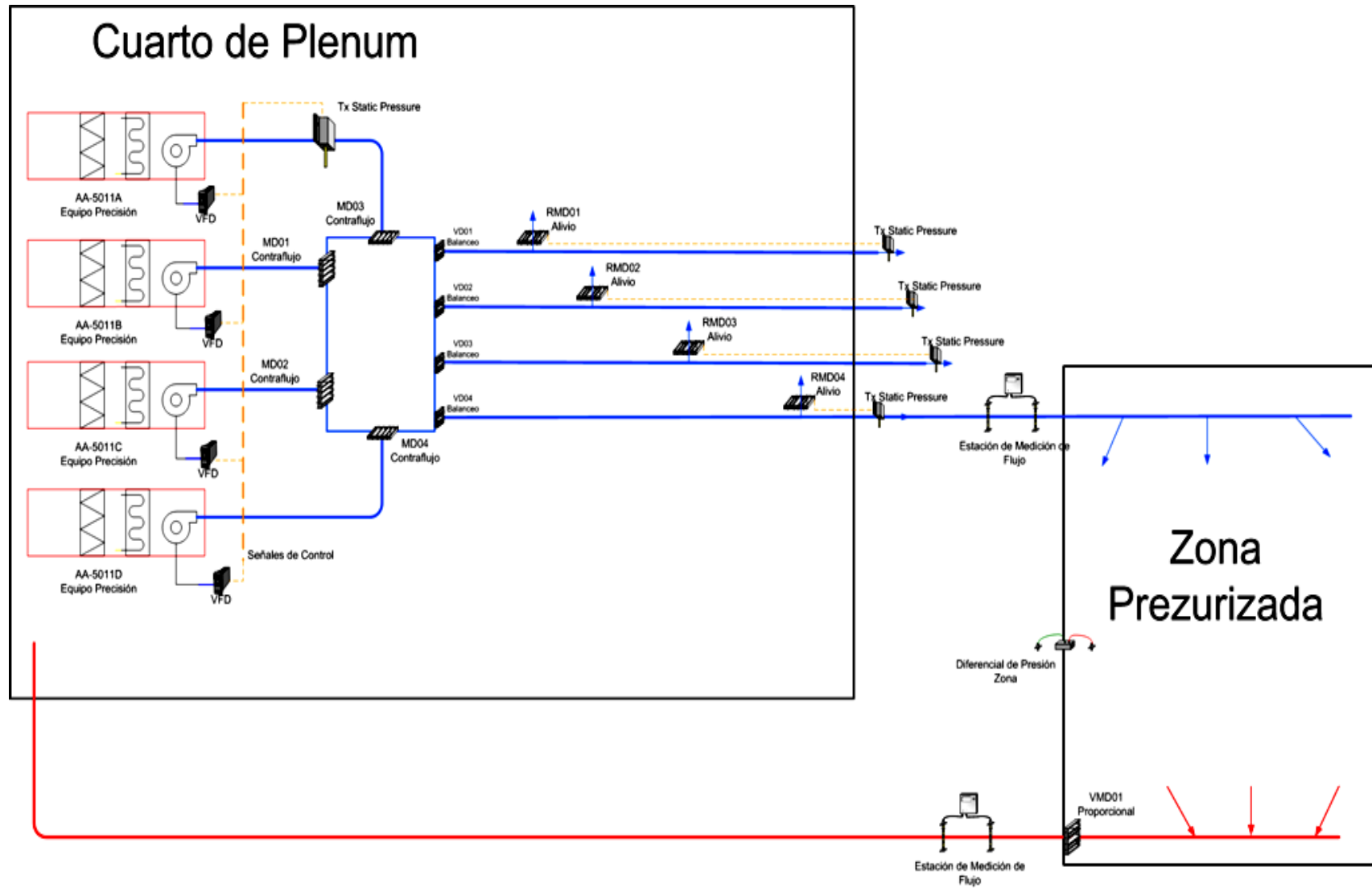
3.4.3.1. Ductería metálica.

Está conformado por Conductos cuadrados, redondos y ovalados de láminas de acero galvanizado en caliente, de diferentes calibres y dimensiones. Se incluyen así los ángulos, refuerzos, varillas de suspensión, soportes y accesorios. La Ductería metálica cuenta con un aislamiento exterior térmico ductwrap 1.5" de espesor hecho de fibra de vidrio recubierto con un foil de aluminio.

3.4.3.2. Control de Volumen por zona.

Para controlar el adecuado suministro de aire a cada zona del edificio se implementó un sistema que se compone de los siguientes equipos.

Figura 15: Circuito de Aire



Dampers de balanceo manuales (4).

Instalados en cada ramal que se desprende del punto común de la descarga de las unidades de precisión, Estos manejan un flujo de aire desde un valor mínimo a un valor máximo, bien sea en servicio de suministro o extracción, la regulación se logra por restricción del flujo con el cambio de posición de los alabes del damper que se pueden posicionar manualmente; los alabes deben estar montados sobre cojinetes plásticos.

Figura 16: Dámper de balanceo manual



Debido a la no simetría entre los ductos de suministro que salen de la caja de mezclas, se hace necesario instalar dámperes de balanceo y regulación de presión proporcionales en la salida de cada uno de los ductos de la caja de mezcla con el sensor de presión ubicado en el respectivo ramal a las $\frac{3}{4}$ partes de difusor más lejano y el dámper.

Dampers de alivio (4).

Localizados aguas arriba del damper de balanceo. Por medio de un sensor de presión estática localizado en el cuello de la última rejilla del ramal más crítico se

controlará la apertura del dámara de alivio, logrando de esta manera mantener las condiciones de diseo para las dems zonas

Figura 17 Dámara de Alivio.



Difusor de volumen variable

Este equipo se encarga de aumentar la velocidad del aire y descargarlo al area de suministro con el fin de que se se haga una distribucion uniforme del mismo. Esta equipado con un controlador inteligente el cual puede ser operado a control remoto o desde una consola central.

- Panel controlador
- Servomotor
- Damper aerodinamico
- Placa de montaje
- Boquilla de entrada

Figura 18: Difusor de volumen variable



Dámpers proporcionales

Están conformados por una carcasa de forma rectangular estándar generalmente la unión es bridada para permitir instalar un empaque o sellante este tipos de Dampers regulan el caudal de aire en cada rama también se cuenta con sensores de presión ubicado en las $\frac{3}{4}$ partes de la distancia del difusor más lejano y el dámper.

Los controladores de volumen, aplican para manejar un flujo de aire desde un valor mínimo a un valor máximo, bien sea en servicio de suministro o extracción, la regulación se logra por restricción del flujo con el cambio de posición de los alabes del damper que se pueden posicionar manualmente o de manera.

Figura 19: Dámper proporcional



Diferencial de presión estático

En un dispositivo que mide la caída de presión mediante un transductor y manda la señal al dispositivo de control para mantener las condiciones de trabajo requeridas. El control del caudal de aire del sistema variable depende de la presión de este. En la medida que los dampers se cierran aumenta la presión y mediante el sensor de presión y el variador de velocidad de las unidades manejadoras mantenemos la presión constante.

Figura 20: Diferencial de presión



3.4.3.3. Rejillas y accesorios

Rejillas lineales de suministro tipo continuo

Su función es la de sustituir el aire frío de un cuarto determinado su funcionamiento es de tipo continuo.

Sus aplicaciones de escape y de impulsión sección cuadrada, para ubicación en el cielo falso para el suministro del aire, equipados con control de volumen de aletas opuestas y accionamiento por piñón, pintados de color blanco. Fabricación a partir de perfiles de aluminio extruido con un acabado de pintura epoxi RAL 9010 (50% brillo). Sistema de apertura presión-tracción opcional

para facilitar la limpieza y el mantenimiento. Está compuesta básicamente por los siguientes componentes.

- Cuerpo metálico.
- Ranuras de descarga
- Conexiones de entrada de aire
- Soportes.

Figura 21: Rejilla lineal



Rejillas de retorno lineales

Las rejillas de retorno serán del tipo aleta fija horizontal, construidas en perfiles de aluminio extruido. Vendrán completas con control de volumen, acabado color blanco. El sistema de retorno de aire en la sala de control se realizará por el piso falso. Las rejillas para piso falso cuentan con mecanismos para controlar el paso de la contaminación y mejoran las capacidades de transferencia de aire.

Figura 22: Rejilla de Retorno



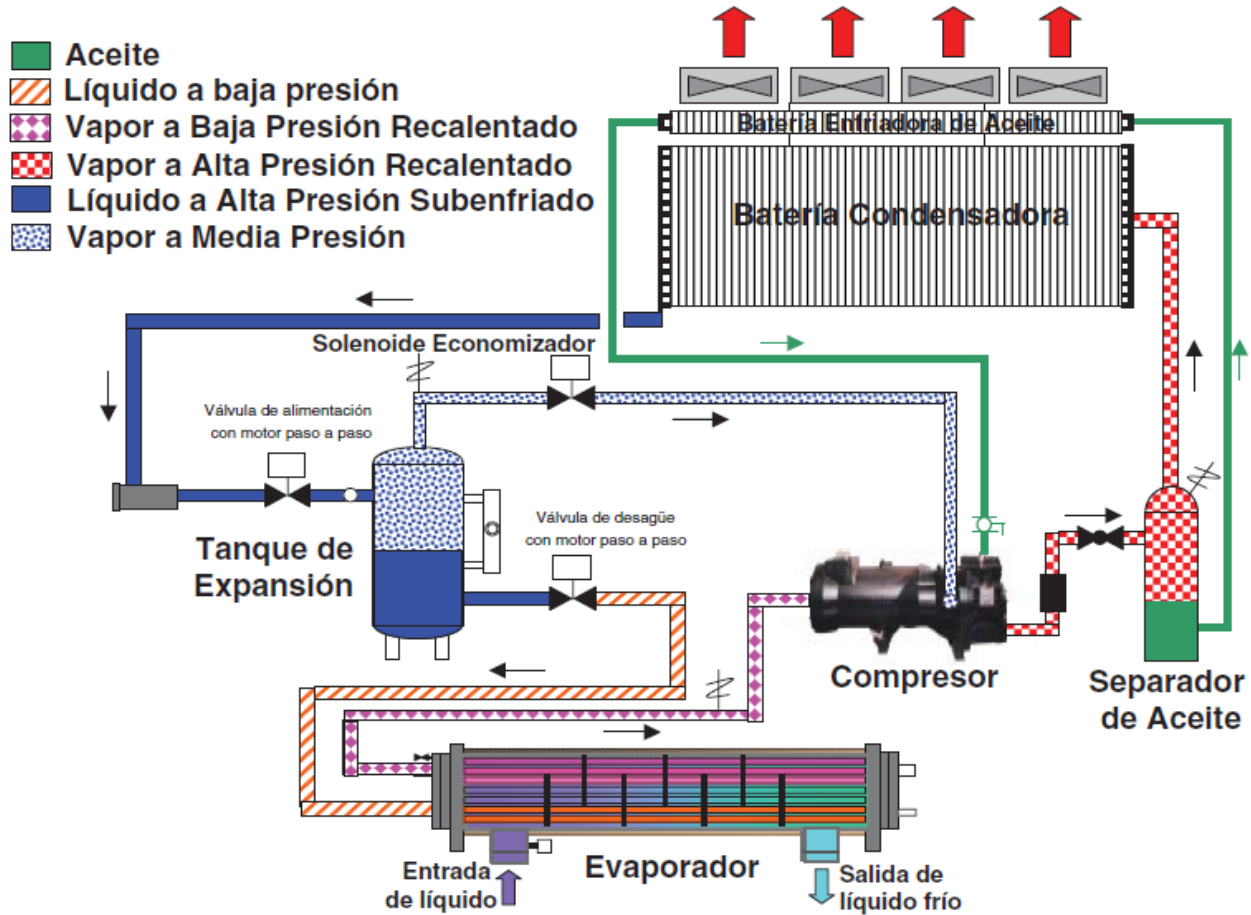
3.4.5. Chillers

Los chillers que son equipos diseñados para enfriar líquidos, en sistemas de aire acondicionado donde suelen usar agua como fluido enfriado, se aplican principalmente cuando se tienen grandes cargas térmicas variables ya que los chillers son muy versátiles al trabajar en cargas parciales, para aplicaciones especiales, se puede utilizar otro tipo de fluido como el glicol.

Su principio de funcionamiento se basa en el bombeo de agua helada hacia los locales que se desean climatizar, donde por medio de unidades terminales (fan-coil) se logra intercambiar calor entre el aire de los locales y el agua helada. Una vez realizado el intercambio de energía, el agua retorna hacia las unidades enfriadoras siendo nuevamente enfriada y reenviada hacia los locales a climatizar.

Figura 23: Diagrama Chiller

DIAGRAMA DE FLUJO DEL REFRIGERANTE



3.4.5.1. Compresores Semiherméticos de Doble Tornillo

Los compresores son del tipo de accionamiento directo, semiherméticos, de doble tornillo rotativo, incluyen:

- Silenciador.
- Resistencia calefactora.
- Caja de bornes con un grado de protección IP55.
- Válvula de servicio de cierre de la descarga.
- Carcasa.
- Motor con protección interna de sobrecarga y externa de sobre intensidad en las tres fases y filtro de malla.
- Filtro de gas de aspiración.
- Filtro de aceite registrable de 0,5 micras.

3.4.5.2. Accionamientos eléctricos de protección y control.

El Panel de Control/Potencia VSD comprende las conexiones principales de potencia, los contactores del VSD y de los motores de los ventiladores, protectores de sobreintensidad y cableado de fábrica. El diseño estándar incluye un grado de protección IP55, armario metálico acabado con pintura en polvo, con puertas articuladas y pestillo, junta de estanqueidad y puntales contra el viento para una mayor seguridad durante las operaciones de reparación o mantenimiento.

La sección del panel de potencia del VSD incluye una salida exclusiva para el “inversor” de cada uno de los Compresores.

El panel de potencia va equipado con un interruptor termomagnético que proporciona el medio de desconexión de la potencia y de protección contra cortocircuitos. Una palanca de accionamiento bloqueable se extiende por la puerta

del panel de potencia, de forma que se pueda desconectar la potencia sin necesidad de abrir ninguna de las puertas del panel.

Los motores de los compresores están accionados por un variador de velocidad (VSD) de funcionamiento continuo y controlado por microprocesador proporcionará un control de la capacidad suave.

3.4.5.3. Circuitos Frigoríficos y Evaporador

El chiller contiene un circuito frigorífico independiente por compresor, los componentes de la línea de líquido comprenden:

- Válvula de cierre manual.
- Filtro secador.(deshidratador)
- Mirilla con indicador de humedad.
- Válvula de expansión electrónica.
- Tanque de expansión.
- Separadores de aceite externos

El equipo lleva un evaporador multitubular (casco tobo) de expansión directa y alto rendimiento. Cada uno de los circuitos frigoríficos consta de 2 pasos, con líquido frío fluyendo por la carcasa con deflectores. Los deflectores de agua están fabricados con acero galvanizado para resistir a la corrosión.

Se suministran cabezales desmontables para poder acceder a los tubos de cobre sin costura, interiormente ranurados, incluyen conexiones de purga y vaciado de agua. El evaporador va equipado con una resistencia calefactora controlada termostáticamente para proporcionar protección hasta -29°C de temperatura ambiente y aislada con espuma flexible.

3.4.5.4. Condensador

Los condensadores incorporan condensación con ventiladores de una sola velocidad. Están dinámicamente y estáticamente equilibrados, con accionamiento directo y álabes de un material compuesto con refuerzo de fibra de vidrio, resistente a la corrosión, de sección totalmente perfilada, proporcionando así una descarga de aire vertical a través de orificios alargados para un mejor rendimiento y bajo nivel de ruido.

Los motores de los ventiladores son de alto rendimiento, accionamiento directo, polos en los modelos Estándar (SN), 8 polos en los modelos de Nivel Sonoro Reducido (RS) y Nivel de Sonoro Bajo (LS), trifásicos, clase “F”, con protector de sobre intensidad, del tipo totalmente cerrado y cojinetes de bolas con doble sellado y lubricación permanente.

Las baterías condensadoras de tubos de aletas están fabricadas a base de tubos de cobre sin costura, interiormente ranurados, alto coeficiente de condensación, resistentes a la corrosión, dispuestos al tresbolillo y mecánicamente expansionados en aletas de una aleación de aluminio resistente a la corrosión, con collarín de máxima altura. El enfriamiento de aceite se realiza canalizándolo desde el separador, pasando a través de varias hileras superiores de la batería condensadora y devolviéndolo al compresor.

3.4.5.5. Controles

El sistema de control por microprocesador proporciona un control automático del funcionamiento de la planta enfriadora, incluyendo el arranque/paro y carga/descarga de los compresores, temporizadores de antirreciclaje, ventiladores de los condensadores, bomba del evaporador, resistencia calefactora del evaporador, contactos de las alarmas del equipo y contactos de la señal de funcionamiento.

La planta enfriadora se rearma automáticamente y vuelve al funcionamiento normal después de un fallo eléctrico.

El programa operativo del equipo se guarda en la memoria permanente. Los puntos de consigna programados en obra se guardan durante cinco años en la memoria RTC (Reloj de Tiempo Real), soportada por una pila de litio.

Se suministran contactos de alarmas para alertas remotas relativas a cualquier fallo de seguridad del Equipo o del sistema.

3.4.5.6. Pantalla y Teclado

Pantalla de cristal líquido de 80 caracteres que puede leerse tanto con luz solar directa como por la noche mediante la retroiluminación por LED. Con cada planta enfriadora se suministra un teclado con pantalla.

La pantalla y el teclado son accesibles a través de una puerta de acceso, sin necesidad de abrir las puertas del armario principal de control/eléctrico.

La pantalla facilita puntos de consigna, estado, características eléctricas, temperaturas, presiones, bloqueos de seguridad y diagnósticos del equipo, sin usar una pantalla codificada. El teclado sellado incluirá un interruptor de Marcha/Paro del equipo.

3.5. MATRIZ DE FUNCIONES, MODOS DE FALLA, EFECTOS Y TAREAS

Una vez descritos los equipos y las funciones de los mismos dentro de cada los subsistema, se asigna un Tag o Código a cada uno de los componentes que conforman un equipo con el fin de empezar a implementar la estrategia de mantenimiento a cada uno de ellos. Para esto y según el análisis de la información descrita en el capítulo 3.4 se construyen las tablas 1,2,3,4 en la cual se le carga un numero de ítem a cada tag del componente, su descripción y a la disciplina que pertenece.

Tabla 1: Listado de componentes Circuito Refrigeración

Item	Equipo	Tag	Descripción del Componente	Disciplina
1	BOMBAS (3)	BCCR50	Bomba centrifuga	MECANICA
2		MEBCR50	Motor Electrico	ELECTRICA
3		SMBCR50	Sello mecanico	MECANICA
4		ABCR50	Acople	MECANICA
5		GABCR50	Guarda Acople	MECANICA
6		BBCR50	Base	METALMECANICA
7	VARIADOR DE FRECUENCIA (3)	DVF50	Disipador	ELECTRICA
8		VVF50	Ventiladores (2)	ELECTRICA
9		CVF50	Condensador	ELECTRICA
10		RVF50	Rectificador	ELECTRICA
11		FVF50	Filtro	ELECTRICA
12		INVF50	Inversor	ELECTRICA
13		PCVF50	Panel de Control	ELECTRICA
14	VALVULA DE BY PASS	MVBCR50	Manija	MECANICA
15		EBVCR50	Esfera	MECANICA
16		EJVBCR50	Eje	MECANICA
17		AVBCR50	Asientos	MECANICA
18		PVBCR50	Prensaestopas	MECANICA
19		CBVCR50	Cuerpo	INSTRUMENTOS
20	SENSOR DE TEMPERATURA (4)	TSTCR50	Termopozo	INSTRUMENTOS
21		TESTCR50	Termistor	INSTRUMENTOS
22		CSTCR50	Cable	INSTRUMENTOS
23		CCSTCR50	Caja de conexion	INSTRUMENTOS
24	SWITCH DIFERENCIAL DE PRESION (5)	PASDP50	Piston de amortiguamiento	INSTRUMENTOS
25		TSDP50	Trasdutor de presion	INSTRUMENTOS
26		FSDP50	Flexible	INSTRUMENTOS
27		FESDP50	Fuente AC/DC	INSTRUMENTOS
28		RSDP50	Resistencia	INSTRUMENTOS
29	VALVULA DE AISLAMIENTO (4)	VVACR50	Volante	MECANICA
30		CVACR50	Cuerpo	MECANICA
31		AVACR50	Asiento	MECANICA
32		VAVACR50	Vastago	MECANICA
33		CTVACR50	Compuerta	MECANICA
34		CJVACR50	Cojinete	MECANICA
35		CLVACR50	Conector de lubricacion	MECANICA

36	VALVULA TRIPLE	RAIVT50	Resorte Acero inoxidable	MECANICA
37		GBVT50	Glandula de Broce	MECANICA
38		PRVT50	Puerto de Registro	MECANICA
39		ORVT50	O ring	MECANICA
40		ASVT50	Asiento Suave	MECANICA
41		CHVT50	Cheque	MECANICA
42		TVT50	Testigo	MECANICA
43		VVT50	Vastago	MECANICA
44		EVVT50	Empaque Vastago	MECANICA
45		PCVT50	Placa de calibracion	MECANICA
46	TANQUE DE EXPANSION	TECR50	Tanque	METALMECANICA
47		DTECR50	Diafragamas	METALMECANICA
48	SEPARADOR DE AIRE	SACCR50	Cuerpo	METALMECANICA
49		ACSA50	Anillos de Acero	METALMECANICA
50		VSA50	Venteo	METALMECANICA
51		VBSA50	Valvula de Bola	INSTRUMENTOS
52	VALVULA DE DOS VIAS (4)	VDVC50	Cuerpo y canales	INSTRUMENTOS
53		RVDV50	Resorte	INSTRUMENTOS
54		AVDV50	Actuador	INSTRUMENTOS
55		BCVDV50	Balanza compensadora	INSTRUMENTOS
56	MANOMETROS (4)	MCR50	Manometro	INSTRUMENTOS
57	TUBERIAS Y ACCESORIOS	TCR50	Tuberia	METALMECANICA
58		STCR50	Soportes	METALMECANICA
59		DTCR50	Drenajes	METALMECANICA
60		JECR50	Juntas de expansion	METALMECANICA
61		ATCR50	Aislamiento	METALMECANICA

Tabla 2 Listado de componentes Manejadoras

Item	Equipo	Tag	Descripción del Componente	Disciplina
62	VENTILACION	CVM50	Correa	MECANICA
63		PVM50	Polea	MECANICA
64		MVM50	Motor	ELECTRICA
65		EVM50	Eje	MECANICA
66		RVM50	Rodamiento	MECANICA
67	SERPENTIN	VESM50	Valvula de expansion (5)	REFRIGERACION
68		ESM50	Espiral (2)	REFRIGERACION
69	RECALENTADOR	CRM50	Calentador	ELECTRICA
70		SSRM50	Switch de seguridad	REFRIGERACION
71	HUMIDIFICADOR	CHM50	Cilindro	METALMECANICO
72		EHM50	Electrodos	ELECTRICA
73		SNHM50	Sensor de nivel	REFRIGERACION
74		MHM50	Mangueras	REFRIGERACION
75		VLHM50	Valvula de llenado	REFRIGERACION
76		VDHM50	Valvula de Drenaje	REFRIGERACION
77		THM50	Tanque	REFRIGERACION
78		TTHM50	Toroide	ELECTRICA
79		TCHM50	Tuberias de cobre	REFRIGERACION
80		FHM50	Filtro	REFRIGERACION
81	FILTROS	FSM50	Filtro	REFRIGERACION

82	PANEL ELECTRICO	PPEM50	Panel	ELECTRICA
83		CPEM50	Controlador	ELECTRICA
84		FPM50	Fusibles	ELECTRICA
85		CPEM50	Contacto	ELECTRICA
86		RPEM50	Reles	ELECTRICA
87		CAPEM50	Contactos aux	ELECTRICA
88		DPEM50	Display	ELECTRICA
89		CPEM50	Cables	ELECTRICA
90		TPEM50	Transformador	ELECTRICA
91		CPEM50	Carcaza	ELECTRICA
92		TPEM50	Terminales	ELECTRICA
93		IPEM50	Interruptor	ELECTRICA
94		VARIADOR DE VELOCIDAD	DVF50	Disipador
95	VVF50		Ventilador	ELECTRICA
96	CVF50		Condensadores	ELECTRICA
97	RVF50		Rectificador	ELECTRICA
98	FVF50		Filtros armonicos	ELECTRICA
99	INV50		Inversor	ELECTRICA
100	PCVF50		Panel de control	ELECTRICA
101	BVF50		Bornes	ELECTRICA
102	CARCAZA	CZM50	Carcaza	METALMECANICO

Tabla 3 Listado de componentes Chiller

Item	Equipo	Tag	Descripción del Componente	Disciplina
103	COMPRESOR	SCCH50	Silenciador	MECANICA
104		RCCH50	Resistencia de Calefaccion	ELECTRICA
105		CBCCH50	Caja de Bornes	ELECTRICA
106		VDCCH50	Valvula Descarga	INSTRUMENTOS
107		CPCH50	Carcaza	MECANICA
108		MCCH50	Motor	ELECTRICA
109		FGCCH50	Filtro de Gas	INSTRUMENTOS
110		FACCH50	Filtro de Aceite	INSTRUMENTOS
111	ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS	AMCCH50	Armario metalico	METALMECANICO
112		CCPCH50	Cables de Control y potencia	ELECTRICA
113		VVCH50	Var de Velocidad	ELECTRICA
114		TCCH50	Transformador	ELECTRICA
115		CECH50	Contacto	ELECTRICA
116		ITMCH50	Interruptor	ELECTRICA
117		INVCH50	Inversor	ELECTRICA
118	CONDENSADOR	RPCH50	Reles de proteccion	ELECTRICA
119		BMVCH50	bobinado Motor	ELECTRICA
120		AVCH50	Alabes del ventilador	MECANICA
121		CMVCH50	cojinetes motor	MECANICA
122		CCMVCH50	Carcaza motor	MECANICA
123		BCCH50	Baterias condensador	REFRIGERACION
124	CIRCUITO FRIGORIFICO / EVAPORADOR	CCH50	collarin	REFRIGERACION
125		RCCH50	Resist calefaccion	ELECTRICA
126		FSECH50	Filtro Secador	REFRIGERACION
127		VECH50	Valvula Manual de Expansion	REFRIGERACION
128		BEVCH50	Bomba evaporador	REFRIGERACION
129		SACH50	Separador de Aceite	REFRIGERACION
130		DACH50	Deflectores de Agua	REFRIGERACION
131		MHCH50	Mirilla con indicador de humedad	REFRIGERACION
132		CCH50	Cabezales	REFRIGERACION
133		TECH50	Tanque de Exp	MECANICA
134	MONITOREO Y CONTROL	MPCH50	Microprocesador	ELECTRONICA
135		PCCH50	Panel de control	ELECTRONICA

Tabla 4 Listado de componentes Circuito de Aire

Item	Equipo	Tag	Descripción del Componente	Disciplina
136	DUCTERIA	DCA50	Ductos de aluminio	REFRIGERACION
137		SDCA50	soportes	REFRIGERACION
138		ADCA50	Aislamiento	REFRIGERACION
139	DAMPER DE BALANCEO	CDBA50	Cuerpo	REFRIGERACION
140		ADBA50	Alabes	REFRIGERACION
141		RDBA50	Rodamientos	REFRIGERACION
142	DAMPER DE ALIVIO	CDA50	Cilindro	REFRIGERACION
143		ADAA50	Aletas	REFRIGERACION
144	DIFUSOR DE VOLUMEN VARIABLE	PCDVV50	Panel controlador	REFRIGERACION
145		SDVV50	Servomotor	REFRIGERACION
146		DADV50	Damper aerodinamico	REFRIGERACION
147		PMDVV50	Placa de montaje	REFRIGERACION
148		BEDVV50	Boquilla de entrada	REFRIGERACION
149	DAMPER PROPORCIONAL	VDPA50	Carcaza	REFRIGERACION
150		ADPA50	Alabes	REFRIGERACION
151		RDPA50	Rodamientos	REFRIGERACION
152		MDPA50	Motor	REFRIGERACION
153	DIFERENCIAL DE PRESION EN ZONA	TPDP50	Transmisor de Presion	REFRIGERACION
154		SDPA50	Sondas	REFRIGERACION
155	REJILLAS DE SUMINISTRO	CMES50	Cuerpo metaico.	REFRIGERACION
156		RDRS50	Ranuras de descarga	REFRIGERACION
157		CERS50	Conexiones de entrada de aire	REFRIGERACION
158	REJILLAS DE RETORNO	SRSA50	Soportes.	REFRIGERACION
159		CMRR50	Cuerpo metaico.	REFRIGERACION
160		RSRR50	Ranuras de Succion	REFRIGERACION
161		CEEE50	Conexiones de entrada de aire	REFRIGERACION
162		SRAA50	Soportes.	REFRIGERACION

Tabla 5 Árbol de falla componentes

Item	Elemento de Estudio	Cod Función	Funciones	Cod FF	Descripción Falla Funcional	Cod MF	Modo de Falla	Descripción de Efectos	Falla Oculta	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Economi	Descripción de Tareas	Frecuencia	Recursos
1	BCCR50 Bomba centrífuga	CF001	Recircular el agua del sistema de refrigeración del aire acondicionado a un flujo determinado	CFF001	No recircula agua	CFF00101	Fatiga de rodamientos	Desalineamiento del eje y bloqueo	No	A0	P0	E1	Rutina Predictiva de monitoreo de vibraciones	3 meses	Operador + ing Confiabilidad
				CFF0011	Recircula menos de flujo de agua	CFF001101	Impulsor desgastado	Reducción del caudal y vibraciones	Si	A0	P0	E1			
				CFF001102	Rodamientos desgastados	Reducción del caudal y vibraciones	Si	A0	P0	E1					
2	MEBCR50 Motor Electrico	CF002	Transformar energía eléctrica en energía mecánica a una velocidad determinada	CFF002	Motor No gira	CFF00201	Fatiga de rodamientos	Desalineamiento del eje y bloqueo	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Mec + 2 elec
						CFF00202	Corto circuito en el devanado	Disparo de protecciones eléctricas magnéticas	Si	A0	P0	E1	Preventivo de aislamiento	6 meses	2 Electricistas
						CFF00203	Rozamiento en los rodamientos	Los rodamientos se pegan por falta de lubricante	Si	A0	P0	E1	Preventivo de lubricación	6 meses	2 Electricistas
3	SMBCR50 Sello mecanico	CF003	Contener el Fluido en la Bomba hermeticamente	CFF003	Perdida de fluido	CFF00301	Fugas	Perdida de fluido por el eje del impulsor	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Mecanicos
4	ABCR50 Acople	CF004	Jutar mecanicamente los ejes de la bomba y el motor	CFF004	Junta irregular	CFF00401	Desgaste o Rotura	Vibraciones y desalineamiento	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Mecanicos
5	GABCR50 Guarda Acople	CF005	Proteger el acople de agentes externos	CFF005	Perdida de cobertura	CFF00501	Desgaste de material	Exposicion del Acople	Si	A0	P0	E0	Correr a Falla	Por codicion	2 metalistas
6	BBCR50 Base	CF006	Sostener integralmente los elementos constitutivos de la bomba	CFF006	No sostiene los elementos	CFF00601	Corrosion o rotura	Desajuste de equipos	No	A0	P0	E0	Correr a Falla	Por codicion	2 Civiles
7	DVF50 Disipador	CF007	Disipar el calor concentrado en su medio circundante	CFF007	No disipa el calor	CF00701	Corrosion o rotura	Aumneto de temperatura	No	A0	P0	E0	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
8	VVF50 Ventiladores (2)	CF008	Refrigerar un medio o Area especifica	CFF008	No fluye aire	CF00801	Fatiga de rodamientos	Ventilador no gira	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Mecanicos
						CF00802	Corto circuito en el motor	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas	
9	CVF50 Condensador	CF009	Almacenar energia electrica sustentando un campo	CFF009	No condensa	CF00901	Condensador quemado	Circuito abierto	No	A0	P0	E0	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
10	RVF50 Rectificador	CF010	Convierte una señal de corriente alterna de entrada en corriente continua de salida	CFF010	No rectifica	CF01001	Rectificador abierto o quemado	Variador Bloqueado	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
11	FVF50 Filtro	CF011	Restringir el paso de particulas y elemtos que pudieren afectar el proceso	CFF011	No Filtra	CF01101	Filtro abierto o quemado	Variador Bloqueado	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
12	INV50 Inversor	CF012	Cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador	CFF012	No Invierte	CF01201	Inversor abierto o quemado	Variador Bloqueado	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
13	PCVF50 Panel de Control	CF013	Permitir la interfase hombre maquina para visualizar monitorear y controlar un sistema.	CFF013	No controla	CFF01301	Controlador quemado	Variador Bloqueado	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
14	MVBBCR50 Manija	CF014	Palanca para aplicacion de torque para el cierre y apertura de la valvula	CFF014	No se puede sujetar ni girar	CFF01401	Manija Rota	Imposible Girar	No	A0	P0	E0	Correr a Falla	Por codicion	2 Instrumentistas
						CFF01402	Cuadrante desgastado		No	A0	P0	E0	Correr a Falla	Por codicion	2 Instrumentistas
15	EBVCR50 Esfera	CF015	Permitir o restringir el paso de un fluido	CFF015	No sella	CFF01501	Fugas de fluido	Sigue habiendo paso de fluido	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	Cada 2 años	2 Mecanicos
16	EJVBCR50 Eje	CF016	Guia y soporte para el mecanismo de Cierre	CFF016	No se mueve	CFF01601	Eje pegado	No hay movimiento	No	A0	P0	E1			
17	AVBCR50 Asientos	CF017	Generar hermetizada el el cierre de la esfera	CFF017	No sella	CFF01701	Desgaste del asiento	Sigue habiendo paso de fluido	Si	A0	P0	E1			
18	PVBCR50 Prensaestopas	CF018	Sellar hermeticamente el eje con el cuerpo de la valvula	CFF018	No sella	CFF01801	Fugas de fluido	Fuga del cuerpo de la valvula	No	A0	P0	E1			
19	CBVCR50 Cuerpo	CF019	Confinar el fluido y los elementos internos de la valvula a su presion de servicio	CFF019	No contiene el fluido	CFF01901	Corrosion o rotura	Fuga del cuerpo de la valvula	No	A0	P0	E2			
20	TSTCR50 Termopozo	CF020	Proteccion del elemento de medicion	CFF020	No protege	CFF02001	Corrosion o rotura	Daño termistor	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Instrumentistas
21	TESTCR50 Termistor	CF021	variación de la resistividad con la temperatura.	CFF021	No transmite	CFF02101	Rotura	Daño termistor	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Instrumentistas
22	CSTCR50 Cable	CF022	Transportar y confinar señales eléctricas	CFF022	No conduce	CFF02201	Falla aislamiento	Corto cicuito	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
23	CCSTCR50 Caja de conexon	CF023	Alojar la conexiones eléctricas y protegerlas de agentes externos	CFF023	No protege	CFF02301	Falla aislamiento	Corto cicuito	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
24	PASDP50 Piston de amortiguamiento	CF024	Variar en proporcion del cambio de la presion	CFF024	No se mueve	CFF02401	Eje pegado	No hay movimiento	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	1 vez al año	2 Instrumentistas
25	TSDSP50 Trasductor de presion	CF025	Transmiten la presión dentro de un sistema mediante un líquido mediador entre el manguito de elastómero y la carcasa al instrumento.	CFF025	No transmite	CFF02501	Rotura	Daño transductor	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	1 vez al año	2 Instrumentistas

Item	Elemento de Estudio	Cod Función	Funciones	Cod FF	Descripción Falla Funcional	Cod MF	Modo de Falla	Descripción de Efectos	Falla Oculta	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Descripción de Tareas	Frecuencia	Recursos
26	FSDP50 Flexible	CF026	Contener el fluido y servir de medio de transporte a una presión determinada	CFF026	No contiene el fluido	CFF02601	Rotura	Fugas	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codición	2 Instrumentistas
27	FSDP50 Fuente AC/DC	CF027	Suministra energía de Corriente continua CC a una potencia determinada	CFF027	No suministra energía	CFF02701	Falla aislamiento	Circuito abierto	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codición	2 Electricistas
28	RSDP50 Resistencia	CF028	Genera la diferencia de potencial al transductor	CFF028	No transmite	CFF02801	Rotura	Circuito abierto	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codición	2 Electricistas
29	VVACR50 Volante	CF029	Apoyo para aflicar la fuerza necesaria para dar giros sobre el vástago de la válvula	CFF029	No se puede sujetar ni girar	CFF02901	Manija Rota	Imposible Girar	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	Cada 2 años	2 Mecánicos
					CFF02902	Cuadrante desgastado	No		A0	P0	E1				
30	CVACR50 Cuerpo	CF030	Confinar el fluido y los elementos internos de la válvula a su presión de servicio	CFF030	No contiene el fluido	CFF03001	Corrosion o rotura	Fuga del cuerpo de la válvula	No	A0	P0	E2			
31	AVACR50 Asiento	CF031	Generar hermeticidad al el cierre de la esfera	CFF031	No sella	CFF03101	Desgaste del asiento	Sigue habiendo paso de fluido	Si	A0	P0	E1			
32	VAVACR50 Vástago	CF032	Guía y soporte para el mecanismo de Cierre	CFF032	No se mueve	CFF03201	Eje pegado	No hay movimiento	No	A0	P0	E1			
33	CTVACR50 Compuerta	CF033	Permitir o restringir el paso de un fluido	CFF033	No sella	CFF03301	Fugas de fluido	Sigue habiendo paso de fluido	No	A0	P0	E1			
34	CJVACR50 Cojinete	CF034	Mantener la alineación, equilibrando las cargas axiales, y permitir el movimiento de una pieza respecto a la otra (eje y estator del motor) mediante el contacto metal-metal	CFF034	No produce giro	CFF03401	Rodamiento pegado	No hay desplazamiento	Si	A0	P0	E1			
					CFF03402	Rodamiento Desgastado	Desplazamiento reducido	Si	A0	P0	E1				
35	CLVACR50 Conector de lubricación	CF035	Facilidad para cargar con lubricante la válvula	CFF035	No conduce lubricante	CFF03501	taponamiento	No hay forma de agregar lubricante	No	A0	P0	E1			
36	RAIVT50 Resorte Acero Inoxidable	CF036	Mantener apoyadas las válvulas en sus asientos de manera efectiva cuando estas deben estar cerradas.	CFF036	No apoya	CFF03601	Deformación	No hay sello	Si	A0	P0	E1			
37	GBVT50 Glandula de Broce	CF037	hacer sello entre el vástago y el cuerpo de la válvula	CFF037	No sella	CFF03701	Desgaste o rotura	Fugas	No	A0	P0	E1			
38	PRVT50 Puerto de Registro	CF038	Acceso para medición y calibración del instrumento	CFF038	No conecta	CFF03801	Deformación o traponamiento	No es posible conexión	No	A0	P0	E1			
39	ORVT50 O ring	CF039	Permite el ajuste hermetico de una junta a una presión y temperatura determinada	CFF039	No sella	CFF03901	Desgaste o Rotura	Fugas	Si	A0	P0	E1			
40	ASVT50 Asiento Suave	CF040	Generar hermeticidad en el cierre del cheque	CFF040	No sella	CFF04001	Desgaste del asiento	Sigue habiendo paso de fluido	Si	A0	P0	E1			
41	CHVT50 Cheque	CF041	Retener el flujo de un fluido en sentido contrario	CFF041	No retiene	CFF04101	Desgaste o Rotura	Fugas	Si	A0	P0	E1			
42	TVT50 Testigo	CF042	Elemento que permite evidenciar visualmente la operación de un instrumento	CFF042	No cambia de posición	CFF04201	Rotura	No registra	No	A0	P0	E1			
43	VVT50 Vástago	CF043	Guía y soporte para el mecanismo de Cierre	CFF043	No se mueve	CFF04301	Eje pegado	No hay movimiento	No	A0	P0	E1			
44	EVVT50 Empaque Vástago	CF044	Generar hermeticidad entre el vástago y el cuerpo de la válvula	CFF044	No sella	CFF04401	Desgaste o Rotura	Fugas	No	A0	P0	E1			
45	PCVT50 Placa de calibración	CF045	Consignar datos de Ajuste.	CFF045	No registra	CFF04501	Rotura o desgaste	No hay referencia	No	A0	P0	E1			
46	TECR50 Tanque	CF046	Contener una cantidad de fluido a una presión y temperatura determinada	CFF046	No contiene el fluido	CFF04601	Corrosion o rotura	Fuga del cuerpo de la válvula	No	A0	P0	E2			
47	DTECR50 Diafragamas	CF047	Absorver los cambio de volumen de un fluido	CFF047	No se contrae	CFF04701	Rotura o desgaste	Perdidas de fluido	No	A0	P0	E2			
48	SACCR50 Cuerpo	CF048	Confinar el fluido y los elementos internos de la válvula a su presión de servicio	CFF048	No contiene el fluido	CFF04801	Corrosion o rotura	Fuga del cuerpo de la válvula	No	A0	P0	E2			
49	ACSA50 Anillos de Acero	CF049	Separar la burbujas de aire del agua	CFF049	no Separa	CFF04901	Rotura o desgaste	Cavitacion	Si	A0	P0	E2			
50	VSA50 Venteo	CF050	Evacuar el aire de un recipiente a una presión determinada	CFF050	no opera	CFF05001	Rotura o desgaste	Presutisacion del tanque	Si	A0	P0	E1			
51	VBSA50 Válvula de Bola	CF051	Dispositivo que permite el paso o restringe un fluido	CFF051	No gira	CFF05101	Desgaste o adherencia	No gira	No	A0	P0	E1			
					No sella	CFF05102	Desgaste de empaques	Fugas	No	A0	P0	E1			
52	VDVC50 Cuerpo y canales	CF052	Contener y transportar un fluido a una presión y temperatura determinada	CFF0521	No conduce el fluido	CFF05211	Taponamiento o bloqueo	No conduce agua	Si	A0	P0	E1			
					CFF0522	No contiene el fluido	CFF05212	Corrosion o rotura	Fuga del cuerpo de la válvula	No	A0	P0	E1		
53	RVDV50 Resorte	CF053	Mantener apoyadas las válvulas en sus asientos de manera efectiva cuando estas deben estar cerradas.	CFF053	No apoya	CFF05301	Deformación	No hay sello	Si	A0	P0	E1			
54	AVDV50 Actuador	CF054	Proporcionar fuerza para mover o "actuar" otro dispositivo mecánico.	CFF054	No acciona	CFF05401	daño fisico mecanismo de cierre	No opera la válvula	No	A0	P0	E1			
55	BCVDV50 Balanza compensadora	CF055	Suprimir los aumentos subitos de presión	CFF055	Sobre presiones no controladas	CFF05501	Daño fisico componente	Golpes de ariete	Si	A0	P0	E1			

Item	Elemento de Estudio	Cod Función	Funciones	Cod FF	Descripción Falla Funcional	Cod MF	Modo de Falla	Descripción de Efectos	Falla Oculta	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Descripción de Tareas	Frecuencia	Recursos
56	MCR50 Manómetro	CF056	El manómetro es un instrumento que se emplea para la medición de la presión en los fluidos	CFF056	No registra	CFF05601	Rotura o desgaste	El agua no registra o registra mal	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Instrumentistas
57	TCR50 Tubería	CF057	Contener el fluido y servir de medio de transporte a una presión determinada	CFF057	No contiene el fluido	CFF05701	Rotura o desgaste	Fugas o pérdidas	No	A0	P0	E1	Preventivo de limpieza y pintura	2 años	4 metalistas
58	STCR50 Soportes	CF058	Evitar la deflexión mecánica de la tubería sirviendo de apoyo vertical	CFF058	No soporta	CFF05801	Rotura o desgaste	Rotura	No	A0	P0	E1	Preventivo de limpieza y pintura	2 años	4 metalistas
59	DTCR50 Drenajes	CF059	Permitir la salida de un fluido de un recipiente o tubería	CFF059	No fluye	CFF05901	taponamiento o daño	No opera el drenaje	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Metalistas
60	JECR50 Juntas de expansión	CF060	asegurar la flexibilidad necesaria en la tubería compensar la expansión térmica, la vibraciones y los desajustes.	CFF060	No aseguran la junta	CFF06001	Rotura o desgaste	Vibraciones en la ductería	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Metalistas
61	ATCR50 Aislamiento	CF061	Reducir el intercambio de temperatura con el medio	CFF061	No aísla	CFF06101	Rotura o desgaste	Condensación	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
62	CVM50 Correa	CF062	Transmitir la energía cinética entre las poleas del motor y el ventilador	CFF062	No transmite	CFF06201	Rotura	No se produce giro	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	1 mecanico
63	PVM50 Polea	CF063	Es un elemento que sirve para transmitir una fuerza giratoria en fuerza torcional	CFF063	No transmite	CFF06301	Desajuste o rotura	No se produce giro	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 mecanicos
64	MVM50 Motor	CF064	Convertir energía eléctrica en energía mecánica giratoria a una potencia y velocidad determinada	CFF0641	No gira	CFF06401	Corto circuito	No se produce giro	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
						CFF06402	Desgaste rodamientos	No se produce giro	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
65	EVM50 Eje	CF065	Transmitir la potencia mecánica del motor al ventilador	CFF065	No transmite	CFF06501	Desalineamiento	No se produce giro	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 mecanicos
66	RVM50 Rodamiento	CF066	La función de un rodamiento es amenzar el roce de giro de un eje	CFF066	Noproduce giro	CFF06601	Rodamiento pegado	No hay desplazamiento	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 mecanicos
						CFF06602	Rodamiento Desgastado	Desplazamiento reducido	Si	A0	P0	E1			
67	VESM50 Valvula de expansión (5)	CF067	Generar la calda de presión necesaria entre el condensador y el evaporador en el sistema	CFF067	Valvula no opera	CFF06701	Valvula pegada	Subida de presión entre el evaporador y el condensador	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
68	ESM50 Espiral (2)	CF068	Enfriar el aire circundante	CFF068	No enfría	CFF06801	Rotura	fugas de Aire	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
69	CRM50 Calentador	CF069	Recalentar el aire con el fin de controlar la humedad en el aire	CFF069	No calienta	CFF06901	rotura de resistencia	No hay calor	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
70	SSRM50 Switch de seguridad	CF070	Apagar el equipo ante una sobrepresión den el calentador	CFF070	no opera	CFF07001	Switch pegado	Sobrepresión en el calentador	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Instrumentistas
71	CHM50 Cilindro	CF071	Contener una cantidad de fluido a una presión y temperatura determinada	CFF071	No contiene el fluido	CFF07101	Rotura o desgaste	fugas de vapor	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	Cada 2 años	4 metalistas
72	EHM50 Electrodo	CF072	generar vapor mediante la ebullición del agua del depósito calentada a través de la corriente que pasa directamente por el agua	CFF072	No genera corriente	CFF07201	Rotura o aislamiento	No se genera chispa	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
73	SNHM50 Sensor de nivel	CF073	conjunto funcional que se activa en función de la altura del nivel de agua controlada	CFF073	Registrar los cambio de nivel	CFF07301	Daño físico	No se transmite al transmisor	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Instrumentistas
74	MHM50 Mangueras	CF074	Contener el fluido y servir de medio de transporte a una presión determinada	CFF074	No contiene el fluido	CFF07401	Rotura o desgaste	fugas del fluido	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
75	VLM50 Valvula de llenado	CF075	contener un fluido a una presión y temperatura determinada	CFF075	no opera	CFF07501	Falla total	no se llena el recipiente	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
76	VDHM50 Valvula de Drenaje	CF076	Permitir o restringir el paso de u fluido de un volumen de control	CFF076	no opera	CFF07601	falla total	no permite drenar	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
77	THM50 Tanque	CF077	Contener una cantidad de fluido a una presión y temperatura determinada	CFF077	No contiene el fluido	CFF07701	Rotura o desgaste	fugas del fluido	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	Cada 2 años	4 metalistas
78	THM50 Toroide	CF078	Reducir la magnitud de corriente eléctrica con fines de lectura	CFF078	No transforma	CFF07801	Pérdida de aislamiento	Falla a tierra o corto circuito	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
79	TCHM50 Tuberías de cobre	CF079	contener un fluido a una presión y temperatura determinada	CFF079	No contiene el fluido	CFF07901	Rotura o desgaste	fugas del fluido	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeración
80	FHM50 Filtro	CF080	Restringir el paso de partículas y elementos que pudieren afectar el proceso	CFF080	No permite la conducción uniforme del fluido	CFF08001	Taponamiento	recalentamiento	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeración
81	FSM50 Filtro	CF081	Restringir el paso de partículas y elementos que pudieren afectar el proceso	CFF081	No permite la conducción uniforme del fluido	CFF08101	Taponamiento	recalentamiento	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeración
82	PPEM50 Panel	CF082	Permitir la interfase hombre maquina para visualizar monitorear y controlar un sistema.	CFF082	No se visualiza	CFF08201	Deterioro de componentes electronicos	No se puede controlar ni monitorear localmente	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
83	CPEM50 Controlador	CF083	Asegurar la operación automática segura del equipo	CFF083	No hay control de equipos	CFF08301	daño físico controlador	Salida del sistema	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
84	FPM50 Fusibles	CF084	Interromper el paso de corriente a un valor determinado	CFF084	No interrumpe la corriente	CFF08401	rotura del filamento	Circuito abierto	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
85	CPEM50 Contactor	CF085	Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente.	CFF085	Contactor no opera	CFF08501	Falla aislamiento	Bobina abierta	Si	A0	P0	E1	Preventivo termografía	6 meses	2 electricos

Item	Elemento de Estudio	Cod Función	Funciones	Cod FF	Descripción Falla Funcional	Cod MF	Modo de Falla	Descripción de Efectos	Falla Oculta	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Descripción de Tareas	Frecuencia	Recursos
86	RPEM50 Relés	CF086	Permitir el paso de corriente ante una condición de lógica de entrada	CFF086	No operan	CFF08601	contactos aislados	no conduce	Si	A0	P0	E1	Preventivo temografía	6 meses	2 electricos
87	CAPEM50 Contactos aux	CF087	Permiten el paso de señales de voltaje	CFF087	No operan	CFF08701	contactos aislados	no conduce	Si	A0	P0	E1	Preventivo temografía	6 meses	2 electricos
88	DPEM50 Display	CF088	operar y monitorear un sistema o equipo con unas entradas y salidas digitales	CFF088	No muestra caracteres	CFF08801	Daño físico	No se permite lectura	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 electronicos
89	CPEM50 Cables	CF089	Confinar y transportar flujo de energía para la realización de un trabajo	CFF089	No conduce	CFF08901	Falla aislamiento	Corto cicuto	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
90	TPEM50 Transformador	CF090	Convierte la energía eléctrica alterna de un nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de interacción electromagnética.	CFF090	No transforma	CFF09001	Falla aislamiento	Corto cicuto	No	A0	P0	E1	Preventivo temografía	6 meses	2 electricos
91	CPEM50 Carcaza	CF091	Alajar y proteger los componentes internos del equipo de agentes externos.	CFF091	No contiene los elementos	CFF09101	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
92	TPEM50 Terminales	CF092	Juntar mecánicamente la conexión de los cables de entrada y salida	CFF092	Con hace las juntas correctamente	CFF09201	punto caliente	sobrecarga o corto circuito	No	A0	P0	E1	Preventivo temografía	6 meses	2 electricos
93	IPEM50 Interruptor	CF093	Permite conectar o desconectar la alimentación ya sea en condiciones normales o anormales (de falla)	CFF093	No opera	CFF09301	Rotura actuador mecanico	No pertura o cierre del interruptor	No	A0	P0	E1	Preventivo temografía	6 meses	2 electricos
94	DVF50 Disipador	CF094	Disipar el calor concentrado en su medio circundante	CFF094	No disipa el calor	CFF09401	Corrosion o rotura	Aumneto de temperatura	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
95	VVF50 Ventilador	CF095	Refrigerar un medio o Area especifica	CFF095	No fluye aire	CFF09501	Fatiga de rodamientos	Ventilador no gira	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 ele + 2 mec
						CFF09502	Corto circuito en el motor		Si	A0	P0	E1			
96	CVF50 Condensadores	CF096	Almacenar energía eléctrica sustentando un campo	CFF096	No condensa	CFF09601	Condensador quemado	Circuito abierto	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
97	RVF50 Rectificador	CF097	Convierte una señal de corriente alterna de entrada en corriente continua de salida	CFF097	No rectifica	CFF09701	Rectificador abierto o quemado	Variador Bloqueado	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
98	FVF50 Filtros armonicos	CF098	Restringir el paso de partículas y elemntos que pudieren afectar el proceso	CFF098	No filtran	CFF09801	filtro abierto o quemado	Variador Bloqueado	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
99	INV50 Inversor	CF099	Cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario	CFF099	No Invierte	CFF09901	Inversor abierto o quemado	Variador Bloqueado	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
100	PCVF50 Panel de control	CF100	Permitir la interfase hombre maquina para visualizar monitorear y controlar un sistema.	CFF100	No controla	CFF10001	Controlador quemado	Variador Bloqueado	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 electronicos
101	BVF50 Bornes	CF101	Juntar mecánicamente la conexión de los cables de entrada y salida	CFF101	Con hace las juntas correctamente	CFF10101	punto caliente	sobrecarga o corto circuito	No				Preventivo temografía	6 meses	2 electricos
102	CZM50 Carcaza	CF102	Alajar y proteger los componentes internos del equipo de agentes externos.	CFF102	No contiene los elementos	CFF10201	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
103	SCCH50 Silenciador	CF103	amortiguar los ruidos del compresor	CFF103	No amortigua	CFF10301	Deformacion	Vibraciones y ruido excesivo	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
104	ROCH50 Resistencia de Calefaccion	CF104	Durante periodos de paro que se activa en función de la temperatura	CFF104	No calienta	CFF10401	Rotura o desgaste	Temperatura baja	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
105	CBCH50 Caja de Bornes	CF105	Confinar las conexiones eléctricas en condiciones libres de humedad y partículas externas.	CFF105	No resguarda las conexiones	CFF10501	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
106	VDOCH50 Valvula Descarga	CF106	Cerrarse ante paro del compresor	CFF106	no opera	CFF10601	Daño físico	perdida del gas	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
107	OPCH50 Carcaza	CF107	Alajar y proteger los componentes internos del equipo de agentes externos.	CFF107	No contiene los elementos	CFF10701	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
108	MCH50 Motor	CF108	Convertir energía eléctrica en energía mecánica giratoria a una potencia y velocidad determinada	CFF108	No gira	CFF10801	Corto circuito	No se produce giro	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 ele + 2 mec
						CFF10802	Desgaste rodamientos		No	A0	P0	E2			
109	FGCH50 Filtro de Gas	CF109	Eliminar partículas sólidas del Aires	CFF109	No permite la conducción uniforme del fluido	CFF10901	Taponamiento	recalentamiento	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
110	FACCH50 Filtro de Aceite	CF110	Retener las partículas del aceite	CFF110	No permite la conducción uniforme del fluido	CFF11001	Taponamiento	recalentamiento	No	A1	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
111	AMCCH50 Armario metalico	CF111	Confinar las conexiones eléctricas, de control y equipos lectricos y electronicos en condiciones libres de humedad y partículas externas.	CFF111	No contiene los elementos	CFF11101	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	4 metalistas
112	COPCH50 Cables de Control y potencia	CF112	Confinar y transportar flujo de energía para la realización de un trabajo	CFF112	No conduce	CFF11201	Falla aislamiento	Corto cicuto	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
113	VVCH50 Var de Velocidad	CF113	es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor	CFF113	No pone en marcha y no controla la velocidad de los motores	CFF11301	No Gira el motor	El motor no gira	Si	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
114	TOCH50 Transformador	CF114	Convierte la energía eléctrica alterna de un nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de interacción electromagnética.	CFF114	No transforma	CFF11401	Falla aislamiento	Corto cicuto	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas

Item	Elemento de Estudio	Cod Función	Funciones	Cod FF	Descripción Falla Funcional	Cod MF	Modo de Falla	Descripción de Efectos	Falla Oculta	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Económico	Descripción de Tareas	Frecuencia	Recursos
115	CECH50 Contactor	CF115	Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente.	CFF115	Contactor no opera	CFF11501	Falla aislamiento	Bobina abierta	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
116	ITMCH50 Interruptor	CF116	Permite conectar o desconectar la alimentación ya sea en condiciones normales o anormales (de falla)	CFF116	No opera	CFF11601	Rotura actuador mecanico	No pertura o cierre del interruptor	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
117	INVCH50 Inversor	CF117	Cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.	CFF117	No Invierte	CFF11701	Inversor abierto o quemado	Variador Bloqueado	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
118	RPCCH50 Reles de proteccion	CF118	Despejar fallas electricas con el fin de proteger los activos electricos asociados a su circuito electrico	CFF118	No registran	CFF11801	Daño físico	No despeja fallas electricas	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
119	BMVCH50 bobinado Motor	CF119	Convertir y contener energía eléctrica en energía mecánica	CFF119	No gira	CFF11901	Corto circuito	No se produce giro	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 ele + 2 mec
						CFF11902	Desgaste rodamientos	No	A0	P0	E1				
120	AVCH50 Alabes del ventilador	CF120	Generar un caudal de aire determinador con el fin de impulsar un fluido y refrigerar	CFF120	No se genera la corriente de aire	CFF12001	Desgaste corrosion	Ventilador suelto	no	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
121	CMVCH50 cojinetes motor	CF121	Mantener la alineacion, equilibrando las cargas axiales, y permitir el movimiento de una pieza respecto a la otra	CFF121	No permite alineacion	CFF12101	Sequedad desgaste	Reduccion de la velocidad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
122	CCMVCH50 Carcaza motor	CF122	Alojar y proteger los componentes internos del equipo de agentes externos.	CFF122	No contiene los elementos	CFF12201	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
123	BCCH50 Baterias condensador	CF123	Refrigerar y condensar el aire caliente	CFF123	No se condensa el aire	CFF12301	rotura corrosion	fugas de aire	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
124	CCH50 collarín	CF124	Fijar el haz de tuberías del serpentín	CFF124	No soporta	CFF12401	Rotura o desgaste	Rotura	No	A0	P0	E1			
125	RCCH50 Resist calefaccion	CF125	Calentar un volumen determinado	CFF125	No calienta	CFF12501	Rotura o desgaste	Temperatura baja	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 Electricistas
126	FSECH50 Filtro Secador	CF126	Filtrar o detener cualquier impureza que se haya introducido al sistema con el fin de evitar que el tubo capilar o restrictor sea obstruido de ahí que su posición deba ser antes del restrictor	CFF126	No permite la conduccion uniforme del fluido	CFF12601	Taponamiento	recalentamiento	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
127	VECH50 Valvula Manual de Expansion	CF127	Mantener lleno de líquido y gas refrigerante y permitiendo que sólo salga del mismo gas sobrecalentado para no dañar el compresor.	CFF127	no opera	CFF12701	Daño físico	perdida del gas	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
128	BEVCH50 Bomba evaporador	CF128	Suministrar fluido de manera constante	CFF128	No bombea	CFF12801	Daño físico	No carga el evaporador	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
129	SACH50 Separador de Aceite	CF129	separar el aceite del refrigerante y devolver este al carter del compresor antes de que afecte a otros componentes	CFF129	No separa el aceite	CFF12901	Daño físico	ontaminacion del gas con aceite	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
130	DACH50 Deflectores de Agua	CF130	Cambiar la trayectoria del agua en el evaporador	CFF130	No separa	CFF13001	Corrosion o rotura	la trayectoria del agua no cambia	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
131	MHCH50 Mirilla con indicador de humedad	CF131	Registrar el nivel de humedad de un recinto	CFF131	No indica	CFF13101	Deterioro físico	No registra	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
132	CCH50 Cabezales	CF132	Generar hermeticidad en el evaporador	CFF132	Perdida de presion en el evaporador	CFF13201	Corrosion o rotura	fugas en el evaporador	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo aires acondicionados	4 meses	2 tec refrigeracion
133	TECH50 Tanque de Exp	CF133	Contener una cantidad de fluido a una presion y temperatura determinada	CFF133	No contiene el fluido	CFF13301	Rotura o desgaste	fugas del fluido	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	Cada 2 años	4 metalistas
134	MPCH50 Microprocesador	CF134	Asegurar la operación automática segura del equipo	CFF134	No hay control de equipos	CFF13401	daño físico controlador	Salida del sistema	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 Electronicos
135	PCCH50 Panel de control	CF135	Permitir la interfase hombre maquina para visualizar monitorear y controlar un sisitema.	CFF135	No controla	CFF13501	Controlador quemado	Variador Bloqueado	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
136	DCA50 Ductos de aluminio	CF136	Conducir el flujo de aire hacia un lgar determinado	CFF136	Confinar y conducir el aire	CFF13601	Corrosion o rotura	Fugas de aire	Si	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
137	SDCA50 soportes	CF137	Evitar la deflexion mecanica de las secciones de ducto sirviendo de apoyo vertical	CFF137	No soporta	CFF13701	Rotura o desgaste	Rotura	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
138	ADCA50 Aislamiento	CF138	Reducir el intercambio de temperatura con el medio circundante	CFF138	No aísla	CFF13801	Rotura	Condensacion	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
139	CDBA50 Cuerpo	CF139	Estructura soporte para contener los elementos	CFF139	No contiene los elementos	CFF13901	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
140	ADBA50 Alabes	CF140	Regular el flujo de aire de salida	CFF140	No direcciona	CFF14001	Rotura corrosion y obstruccion	Se reduce el ingreso de aire	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
141	RDBA50 Rodamientos	CF141	reducir la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste por medio de rodadura	CFF141	No se desplaza	CFF14101	Desgaste sequedad	paro o reduccion del movimiento	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	2 años	2 tec refrigeracion
142	CDA50 Cilindro	CF142	Contener volumen de aire	CFF142	No contiene el fluido	CFF14201	Rotura o desgaste	fugas del fluido	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	2 años	2 tec refrigeracion
143	ADAA50 Aletas	CF143	Desalojar el aire a una presion determinada	CFF143	No direcciona	CFF14301	Rotura corrosion y obstruccion	Se reduce el ingreso de aire	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
144	PCDV50 Panel controlador	CF144	Permitir la interfase hombre maquina para visualizar monitorear y controlar un sisitema.	CFF144	No controla	CFF14401	Controlador quemado	Variador Bloqueado	No	A0	P0	E2	Correr a Falla	Por codicion	2 Electronicos
145	SDVV50 Servomotor	CF145	Convertir energía eléctrica en energía mecánica giratoria a una potencia y velocidad determinada	CFF145	no gira	CFF14501	daño físico	no gira se mueve el damper	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	2 años	2 tec refrigeracion

Item	Elemento de Estudio	Cod Función	Funciones	Cod FF	Descripción Falla Funcional	Cod MF	Modo de Falla	Descripción de Efectos	Falla Oculta	Riesgo Ambiental	Riesgo Humano	Riesgo Economi	Descripción de Tareas	Frecuencia	Recursos
146	DADV50 Damper aerodinámico	CF146	Inyectar un flujo de aire a un flujo determinado	CFF146	No se desplaza	CFF14601	bloqueo de componente	No se inyecta aire	Si	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	2 años	2 tec refrigeracion
147	PMDVV50 Placa de montaje	CF147	Soportar y alojar rigidamente los lementos	CFF147	No soporta los elementos	CFF14701	Fatiga corrosion	Desjuste de elementos	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
148	BEDVV50 Boquilla de entrada	CF148	Asegurar la rigidez mecanica de os conecotres y evitar predidas	CFF148	Desprendimiento	CFF14801	Fatiga corrosion	interrupcion del suministro de aire	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
149	VDPAS0 Carcaza	CF149	Alojar y proteger los componentes internos del equipo de agentes externos.	CFF149	No contiene los elementos	CFF14901	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
150	ADPA50 Alabes	CF150	dirreccionar el flujo de aire	CFF150	No direcciona	CFF15001	Rotura corrosion y obstrucion	Se reduce el ingreso de aire	No	A0	P0	E1	Correr a Falla	Por codicion	2 tec refrigeracion
151	RDPAS0 Rodamientos	CF151	La función de un rodamiento es amenizar el roce de giro de un eje	CFF151	No se desplaza	CFF15101	Desgaste sequedad	paro o reduccion del movimiento	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	2 años	2 tec refrigeracion
152	MDPA50 Motor	CF152	Convertir energia electrica en energia mecanica giratoria a una potencia y velocidad determinada	CFF152	No gira	CFF15201	Corto circuito	No se produce giro	No	A0	P0	E2	Mantenimiento preventivo	2 años	2 tec refrigeracion
						CFF15202	Desgaste rodamientos	No se produce giro	No	A0	P0	E2			
153	TPDP50 Transmisor de Presion	CF153	Transmitir el delta de presion entre dos puntos	CFF153	No transmite	CFF15301	Daño fisico	No se controla a presion en Iso ductos	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	2 años	2 Instrumentistas
154	SDPA50 Sondas	CF154	transmitir los cambios de presion	CFF154	No transmite	CFF15401	Rotura	Daño sonda	Si	A0	P0	E1			
155	CMES50 Cuerpo metaico.	CF155	Soportar y alojar rigidamente los lementos	CFF155	No contiene los elementos	CFF15501	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1			
156	RDRS50 Ranuras de descarga	CF156	Dirreccionar y suministrar un flujo de arire	CFF156	No direcciona	CFF15601	Rotura corrosion y obstrucion	Se reduce el ingreso de aire	No	A0	P0	E1			
157	CERS50 Conexiones de entrada de aire	CF157	Asegurar la rigidez mecanica de los conectores	CFF157	Desprendimiento	CFF15701	Fatiga corrosion	interrupcion del suministro de aire	No	A0	P0	E1			
158	SRSA50 Soportes.	CF158	Anclar y fija mecanicamente la estructura del marco	CFF158	No soporta	CFF15801	Rotura o desgaste	Rotura	No	A0	P0	E1	Mantenimiento preventivo	2 años	2 tec refrigeracion
159	CMRR50 Cuerpo metaico.	CF159	Soportar y alojar rigidamente los lementos	CFF159	No contiene los elementos	CFF15901	Rotura corrosion	ingreso de humedad	No	A0	P0	E1			
160	RSRR50 Ranuras de Succion	CF160	Dirreccionar y suministrar un flujo de arire	CFF160	No direcciona	CFF16001	Rotura corrosion y obstrucion	Se reduce el ingreso de aire	No	A0	P0	E1			
161	CEEE50 Conexiones de entrada de aire	CF161	Asegurar la rigidez mecanica de los conecotres	CFF161	Desprendimiento	CFF16101	Fatiga corrosion	interrupcion del suministro de aire	No	A0	P0	E1			
162	SRRA50 Soportes.	CF162	Anclar y fija mecanicamente la estructura del marco	CFF162	No soporta	CFF16201	Rotura o desgaste	Rotura	No	A0	P0	E1			

4. PLAN DE MANTENIMIENTO

Un plan de mantenimiento define las normas y la estructura para la secuencia del trabajo de mantenimiento a un sistema o equipo determinado. La utilización principal de la creación de estrategias de mantenimiento preventivo es asegurar que los equipos y componentes de un sistema funcionan de manera óptima.

La estrategia de RCM describe todas las medidas de mantenimiento preventivo y de inspección que se deben realizar en objetos de mantenimiento, describe también las frecuencias el alcance de las medidas que se tomen en este sentido.

4.1 Estrategia Del Plan De Mantenimiento

La estrategia del plan de Mantenimiento, es realizada con base en recomendaciones de los fabricantes del equipo, personal de experiencia, especialistas en el tema y el modelo de gestión de activos de Ecopetrol S.A. El fin de la estrategia es sostener en el tiempo el desempeño del equipo de manera satisfactoria para el cliente.

La frecuencia del mantenimiento preventivo se debe establecer sin riesgo alguno para el equipo, tanto en su desempeño como en la calidad de los trabajos, ofreciendo mayor disponibilidad a la operación y consecuentemente reducción de los costos de Mantenimiento al optimizar las intervenciones requeridas por equipo.

4.2 Metodología del Plan de Mantenimiento

La metodología para la determinación de una frecuencia óptima de mantenimiento se basa en la aplicación de los siguientes pasos:

- Recopilar toda la información como manuales de mantenimiento y operación, listado de partes de equipos, protocolos de pruebas y análisis de desempeño.
- Selección de equipos críticos según el impacto de este en el funcionamiento del sistema.
- Determinación de las frecuencias de mantenimiento.

La aplicación del mantenimiento Proactivo también es una herramienta útil para determinar el periodo de confiabilidad de un equipo en el sentido que al tener identificadas las causas de fallas de un equipo se puede realizar una estrategia de mitigación de estas causas minimizando su impacto.

Las inspecciones son la base de un mantenimiento predictivo y la garantía de un buen mantenimiento preventivo, la estrategia de inspecciones debe plantear una clasificación de estas labores en inspecciones de funcionamiento, verificando los parámetros del equipo, inspecciones de seguridad que verifiquen que todas las protecciones están habilitadas, inspecciones de ajustes y limpieza, lubricación y calibración.

El propósito de las inspecciones es prever las fallas manteniendo los sistemas y la infraestructura, equipos e instalaciones productivas en plena operación en los niveles de eficiencia óptimos.

4.3 Análisis del Mantenimiento basado en el análisis del Árbol de Falla

Prolongar la vida de los equipos asociados al sistema de aire acondicionado de precisión depende de un mantenimiento adecuado, basado en el análisis de las tablas de análisis de los modos de falla y las tareas requeridas se proponen las siguientes líneas de mantenimiento por especialidad y frecuencia con el fin de ser incluidas en un plan de mantenimiento Transversal para la Gerencia Refinería Barrancabermeja, Ecopetrol S.A.

Tabla 6 Líneas de mantenimiento por especialidad

LINEAS DE MANTENIMIENTO POR ESPECIALIDAD				
TIPO	ESPECIALIDAD	ESTRATEGIA	ALCANCE	% COMP
CO	Mecanica	Los componentes que se llevan a falla, ya sea por una falla franca en el equipo o detección de la funcionalidad del equipo a través la ronda preventiva de operaciones	Cambio de componentes, para esto se debe garantizar el stock de los componentes	4,94%
	Electrica	Los componentes que se llevan a falla, ya que son componentes electricos menores y por su costo no es viable la reposicion preventiva.	Cambio de componentes, para esto se debe garantizar el stock de los componentes	22,84%
	Electronica	Estos componentes se llevan a falla, aunque causan gran impacto en la operación, su incertidumbre de falla no garantiza que a través de algun preventivo se pronostique su falla.	Cambio de componentes, para esto se debe garantizar el stock de los componentes	3,09%
	Instrumentos	Los componentes que se llevan a falla, ya que son componentes electricos menores y por su costo no es viable la reposicion preventiva.	Cambio de componentes, para esto se debe garantizar el stock de los componentes	4,94%
	Metalmecanica	Los componentes que se llevan a falla, ya sea por una falla franca en el equipo que se revele en la funcionalidad de los demas componentes o equipos o detección de la funcionalidad del equipo a través la ronda preventiva de operaciones	Se deben asegurar los procedimientos y materiales necesarios para la correccion de cada uno de los componentes	3,09%
PVO	Mecanica	Mantenimiento preventivo de los componentes cada dos años, se debe cruzar con otras especialidades para hacer solo paradas generales seccionadas, generando analisis de	Limpieza, reposicion de partes dañadas, calibracion y pruebas	14,81%
	Electrica	Mantenimiento preventivo basado en la ejecucion de tareas predictivas cada seis meses	Aislamiento de motores electricos, Termografia tableros electricos, y ronda de lubricacion de motores.	7,41%
	Instrumentos	Reposicion preventiva completa de los componentes cada dos años, y mantenimiento preventivo de los demas componentes según su diagnostico inicial.	Cambiar los componentes para el caso de las valvulas de dos vias, para el resto de componentes limpieza calibracion y pruebas.	4,94%
	Refrigeracion	mantenimiento preventivo cada 4 meses donde se hace limpieza y monitoreo a los equipos de refrigeracion de igual manera se documentan las no conformidades en los reportes	Se deben registrar en un protocolo las mediciones de presiones, temperaturas, humedades, y niveles con el fin de llevar la trazabilidad de la variables y correr el desempeño de los equipos.	15,43%
	Refrigeracion	Conforme a los hallazgos encontrados en los preventivos de 4 meses se debe crear un alcance para los preventivos de los demas componentes y reponer los componentes moviles haciendo reposicion de los mismos	Lubricacion, cambio de rodamientos, limpieza,cambio de servomotores, ajustes y reposicion de alabes rotos	16,05%
	Metalmecanica	Mantenimiento preventivo de los componentes estaticos.	Limpieza , pintura y reposicion de accesorios en mal estado	6,17%

La línea de Mantenimiento que más impacto genera en la confiabilidad es la del preventivo de aire acondicionado con una frecuencia de cada cuatro meses. A través de esta línea de mantenimiento se pueden conocer el desempeño de los equipos y poder tomar acciones tempranas que garanticen la mayor disponibilidad de los equipos y componente para esto. Se discrimina el alcance del mantenimiento por subsistema. Como mínimo debe asegurarse las tareas que a continuación se listan que incluyen actividades mínimas recomendadas con los recursos en herramientas y con unas duraciones estimadas de intervención por tipo de equipos los cuales deben incluirse en su totalidad.

4.3.1 Actividades Generales de Mantenimiento Unidades Manejadoras

A continuación se especifican las actividades y revisiones periódicas que se deben realizar para detectar y prevenir daños o mal funcionamiento de estos equipos. El espacio dedicado a las recomendaciones, tiene como fin indicar a los usuarios finales las revisiones que debe hacer el equipo, su periodicidad, forma de realizarla y los cuidados que se deben tener.

- Limpieza exterior general.
- Engrase de rodamientos y demás partes que lo requieran.
- Ajuste de rotores (ventiladores) y chumaceras.
- Revisión general de rodamientos del motor y de chumaceras.
- Revisión y corrección de aislamiento interior.
- Inspección eléctrica del motor y sentido de giro de los ventiladores.
- Medición de los consumos de corriente.
- Revisión de conexiones y temperatura.
- Inspección del funcionamiento de válvulas de expansión.
- Limpieza de serpentín y medición de temperaturas de entrada y salida.
- Inspección del funcionamiento de desagües y limpieza de los mismos.
- Verificación del funcionamiento de alarmas.

- Revisión y limpieza de filtros de aire si es requerido.

A nivel de mantenimiento preventivo, a continuación se listan unas actividades mínimas recomendadas con los recursos en herramientas y hombres con unas duraciones estimadas.

Tabla 7 Tareas Preventivas unidades manejadoras

Parte	Actividad	Herramientas	Elementos de seguridad	Tiempo estimado	Procedimiento
Filtros	Cambio	Tijeras	Gafas, guantes, tapabocas	1 hora	Apagar las maquinas, retirar los filtros existentes, instalar los nuevos
carcaza	Limpieza	Agua jabón esponja	Guantes	30 minutos	Apagar y desconectar eléctricamente las maquinas y proceder a limpiar
Ventilador	Ajuste	Llaves,		15 minutos	Ajustar pernos, tornillos etc.
Drenaje	Limpieza	Manguera		10 minutos	Desconectar el drenaje, lavar la bandeja de condensados y soplar la tubería para eliminar cualquier elemento que pueda obstruirlo
Correa	Ajuste o cambio	Llaves	Guantes	20 minutos	Desconectar el sistema eléctrico, evaluar el estado de la correa, cambiar si es necesario, alinear y ajustar la tensión de la correa.
Serpentín Enfriamiento	Limpieza	Manguera, Cepillo	Guantes	45 minutos	Si se requiere se utiliza el producto desincrustante, junto con agua a presión y un cepillo.
Sistema eléctrico	Ajuste	Amperímetro, Voltímetro, Destornilladores		20 minutos	Revisar corrientes y voltajes, desconectar la alimentación eléctrica y apretar los tornillos del sistema eléctrico.
Aislamiento	Revisión o reemplazo	Cuchillo, Tijeras		45 minutos	Revisar el estado del aislamiento de las tuberías de gas y cambiar los tramos que se encuentren deteriorados

4.3.2 Actividades de Mantenimiento Circuitos de Refrigeración.

Para este tipo de equipos en línea general se deben observar las siguientes labores y definir cuales aplican:

- Verificación de la correcta instalación, funcionamiento y calibración de los elementos de medición y control asociados a cada bomba, como indicadores de presión, presóstatos, termómetros, medidores de flujo etc.
- Verificación de los sistemas de desairado de las líneas de succión.

- Verificación de las condiciones de operación, presiones, caudales,
- Detección de ruidos anormales durante la operación a plena carga.
- Inspeccionar el estado del acople con el eje del motor.
- Verificar las conexiones de las mangueras o tuberías.

A continuación se especifican las partes de los equipos, actividades, frecuencia, recursos humanos, herramientas, repuestos, elementos de seguridad, tiempo estimado y procedimiento para el mantenimiento preventivo del equipo. Estas actividades siempre deben ser realizadas por personal de mantenimiento capacitado.

4.3.3 Mantenimiento de Chillers

Para los Chillers es recomendable implementar una rutina de revisiones con unas actividades específicas, que incluyen las siguientes actividades:

- Determinar el funcionamiento general del compresor, verificando y/o midiendo presiones de funcionamiento.
- Definir presiones anormales o mal funcionamiento de los dispositivos de control.
- Excesiva condensación en la succión;
- Medición de consumo de corriente,
- Buen funcionamiento de relés bimetálicos.
- Revisión de mirilla, filtro secador, refrigerante.
- Inspección de aislamiento térmico en la línea de succión.
- Chequeo del nivel de aceite de los compresores
- Revisión del nivel y condición del líquido refrigerante

- Revisión de obstrucciones o suciedades en los paneles de los serpentines que impidan la normal circulación del aire.
- Limpieza de las superficies de los condensadores con el uso de limpiadores o equipos de vacío.
- Lubricación de los rodamientos de los ventiladores, en caso que requieran de este servicio, normalmente son libres de mantenimiento

4.3.4 Mantenimiento de Ductos y Accesorios

Se deberá realizar una limpieza periódica (cada 4 meses) de las tomas de aire, las cámaras de mezcla, filtros, rejillas y todos aquellos accesorios que tienen contacto con el aire a suministrar aire hacia el espacio acondicionado interior.

Para las rutinas de limpieza de ductos pueden proponerse Aspiración de contacto, Lavado con aire y Cepillado y/o una combinación de ellos a fin de obtener resultados que garanticen la calidad del aire interior.

Se deberá revisar el correcto estado y disposición para operar de todas las rejillas, periódicamente en particular de los dampers y rejillas con mecanismos como los dampers contra fuego, cajas de volumen variable y dampers de gravedad para que no se encuentren elementos extraños que atasquen, retarden o impidan su operación normal.

Los filtros cuyo cambio sea especificado por presión diferencial se cambiarán cuando indiquen la caída de presión particular según proveedor / fabricante y/o se intercambiarán periódicamente en cada mantenimiento programado, lo que ocurra primero.

4.4 Registros de las actividades Rutinarias de Mantenimiento

Las variables de operación de los equipos que deberán ser medidas según las actividades de mantenimiento deberán hacerse con instrumentos debidamente calibrados y con certificado de calibración vigente, toda variable de operación medida en la rutina de mantenimiento deberá quedar registrada por escrito en los respectivos informes de mantenimiento, que a su vez deberán ser firmados en señal de aceptación por el Contratante y/o su representante; si los equipos en si o su instrumentación asociada cuentan con registro e indicación de parte o la totalidad de las variables, se deberán medir independientemente con los instrumentos del personal de mantenimiento y registrar independientemente las medidas, con lo que se pretende observar y corregir posibles desviaciones o descalibraciones en los instrumentos de planta.

Para el aire acondicionado, se deben registrar las condiciones ambientales de temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo (para determinar la humedad relativa) en una zona cercana a las unidades de condensación cuando se realicen medidas sobre el funcionamiento de los equipos, así mismo se deben realizar estas mismas mediciones dentro las zonas interiores acondicionadas.

Se deberá llevar un registro en el tiempo de todas estas variables a fin de hacer un seguimiento a variables como aumentos en consumos de corriente que puedan hacer previsible una falla y tomar las medidas correctivas que apliquen.

Estos registros deberán ser llevados y mantenidos por el Contratante, y se llevara una bitácora de cada equipo desde el momento de su entrada en funcionamiento, estos registros serán realizados por el contratista que realice el mantenimiento e independientemente de los cambios de empresa contratista del mantenimiento el contratista actual recibirá los equipos en la ultima rutina de mantenimiento y estando presentes los dos firmarán ambos

(entregante-receptor) el último reporte como constancia del estado de recepción de los equipos de común acuerdo entre las partes.

4.5 Registro y Análisis de Fallas

En los mantenimientos correctivos y las reparaciones mayores adicional a los registros de información aplicables a las rutinas de mantenimiento se deberán incluir los siguientes requerimientos para el análisis, diagnóstico y registro de las actividades realizadas:

El informe debe incluir el diagnóstico del estado de equipo respaldado por los Técnicos de Mantenimiento, el Procedimiento Propuesto para la reparación o cambio a que haya lugar, cualquier otra documentación anexa que documente las causas de falla de los equipos y los procedimientos de reparación hasta recuperar la normalidad.

También durante el proceso se incluirá:

- Un registro fotográfico donde se indique las condiciones y apariencia antes / después de las correcciones realizadas.
- Un control de cambios si se realizan modificaciones en los tableros eléctricos y de control, estos cambios deberán ser autorizados por el Contratante y todos los diagramas dentro de los equipos y tableros tendrán las copias actualizadas según los cambios realizados.

La documentación generada se entregará con reportes escritos físicos y copias magnéticas.

4.6 Ronda del Operador

Dentro del esquema de gestión de mantenimiento se incluye una ronda semanal por parte del operador del Edificio en la cual se verifican condiciones claves de operación y funcionalidad de algunos componentes y variables con el fin de determinar condiciones sub-estándar que pongan en riesgo la operación del servicio del aire acondicionado de precisión. A continuación se relacionan las tareas que debe incluir el operador dentro de su ronda proactiva.

Tabla 8 Ronda estratégica del Operador

Parte del equipo	Periodicidad	Revisión	Procedimiento
Filtros	Semanal	Nivel de saturación	Observar y comparar el estado de los filtros para determinar la condición de saturación.
Rejillas	Semanal	Salida de flujo de Aire	Verificar la continua fluidez del aire y que no se presente condensación.
Funcionamiento	Semanal	Verificar que los componentes este en servicio	Conocer los horarios de funcionamiento establecidos y mirar si el equipo en realidad funciona
Bombas	Semanal	Nivel de vibraciones	Monitorear el nivel de vibraciones del conjunto motor bomba y registrar
Compresores y serpentines	Semanal	Fugas o congelamiento	Verificar que no hallan fugas o congelamiento en los componentes

5. CONCLUSIONES

- La consolidación de un documento que permita asegurar la estrategia y seguimiento a un programa acertado de mantenimiento que se fundamenta en 0 interrupciones no programadas en el sistema de aire acondicionado de precisión
- Las líneas de mantenimiento preventivo y la ronda proactiva del operador son las acciones de mayor impacto para el aseguramiento la completa disponibilidad y funcionalidad del sistema de aire acondicionado de precisión.
- Parte fundamental del aseguramiento de la confiabilidad en los sistemas de aire acondicionado es el cambio de cultura de gestión de la misma, el demostrar que cualquier falla en un componente mínimo pone en riesgo la operación de una refinería, y todo los impactos a los que conllevaría; por esto necesario hacer de este estudio una herramienta de gestión y soporte para el aseguramiento físico de toda la infraestructura de aire acondicionado y su relevancia.
- El método utilizado en este documento debe ser utilizado como una guía y adaptadas a las necesidades específicas de la instalación. Lo Es importante que quien lo use realiza algunas modificaciones con el tiempo conforme la dinámica y desempeño de los equipos y las fallas consolidadas en el primer año de operación.
- El sistema R.C.M., da como resultado una serie de tareas a realizar por máquina o elemento al que se le ha aplicado, es decir un plan de mantenimiento ordenado, sin embargo, el plan de mantenimiento está “vivo”, es necesario revisarlo de vez en cuando por si las condiciones de operación han cambiado, si se han producido inversiones en los elementos que reduzcan su criticidad.

BIBLIOGRAFIA

Air-Cooled Liquid Chillers Hermetic Scroll models YLAA0070 - YLAA0155 - YORK

ARATA, Adolfo. Ingeniería y Gestión de la Confiabilidad en las Plantas Operacionales. Ril Editores, 442p

B. BLOOM, Neil. Reliability Centred Maintenance (RCM): Implementation made simple. McGraw-Hill. 2005, 291p.

GARCIA GARRIDO, Santiago. Organización y Gestión Integral del Mantenimiento. Madrid: Diaz Santos. 2003, 303p.

HASTINGS, A.J Nicholas. Physical Asset Management. Australia, Ed Springer, 2010. 383 p.

Industrial Cooling Series (ICS) Parts Manual Emerson

MOUBRAY, JOHN "Reliability centred Maintenance." Aladon Ltd. 1991.

RAMOS, A. TORRES, J.P. Rognon, "Reliability Analysis of Industrial Electrical Systems Using Bayesian Networks Considering Power Quality and Security Characteristics Applied to the IEEE 493 Standard Network" IEEE Latin America Transactions, vol. 5, no. 8, Dic. 2007.

Revista club de mantenimiento. Volumen1_Numero6.pdf