



ESCUELA DE ELECTROMECAÁNICA

Ingeniería en Mantenimiento Industrial



Proyecto de Práctica profesional

Modelo de Gestión de Mantenimiento Piloto para Walmart Costa Rica.

PROFESOR ASESOR: ING. JUAN PABLO ARIAS CARTÍN.

ESTUDIANTE: CARLOS ALONSO BADILLA CASTAÑEDA

CARNÉ: 200723503

I semestre-2017



engineerscanada

Escuela Acreditada por el
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

Información del Estudiante y la Empresa.

Información del estudiante:

Nombre: Carlos Alonso Badilla Castañeda

Cedula: 1-392-0887

Carnet: 200723503

Teléfono celular: 8347-34-36

Correo electrónico: calobs89@gmail.com

Información del proyecto:

Nombre del proyecto: Modelo de Gestión de Mantenimiento Piloto para Walmart Costa Rica.

Profesor asesor: Juan Pablo Arias Cartín.

Horario de trabajo del estudiante: L a V: 9:00 am – 5:00 pm

Información de la empresa:

Dirección: Forum II, calle principal de Lindora de Santa Ana, San José.

Asesor industrial: Ing. Jorge Carranza.

Actividad principal: Empresa comercial de tiendas detallistas.

Dedicatoria.

A mis padres Carlos y Guillermina.

Por su apoyo incondicional a través de toda mi vida. Son mi mayor ejemplo, por todos los consejos y amorosa guía, por animarme a alcanzar mis sueños a pesar de las dificultades. Por ayudarme a convertirme en la persona que soy hoy, los amo.

A mi hermano Erick.

Por siempre estar a mi lado protegiéndome y alentándome a seguir adelante. Por nunca dejarme solo y ser el mejor hermano mayor.

Agradecimientos.

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que ha derramado sobre mi vida. Colmarme de salud para alcanzar mis objetivos, darme una familia que me apoya incondicionalmente y rodearme de personas que buscan mi felicidad. Gracias por permitirme ser la persona que soy hoy.

Agradecer a mis padres por todo el esfuerzo hecho a través de estos años para poder llegar hasta este punto de mi formación académica, sin ustedes la satisfacción no sería tan inmensa.

A mi hermano por estar junto a mí velando por que estuviera siempre bien y demostrándome su apoyo incondicional.

A toda mi familia por siempre estar pendiente de mis aciertos y desaciertos, y siempre estar ahí para darme su apoyo.

A Kimberly por su amor, apoyo y paciencia en esta última etapa universitaria, gracias por iluminar mi vida cada día.

A todos mis profesores del Tecnológico de Costa Rica por todo el conocimiento, guía y apoyo recibido durante mis años de estudio.

Al profesor Juan Pablo Arias Cartín por su guía y apoyo en el desarrollo del presente informe.

A todos mis compañeros de universidad, gracias por todos los buenos recuerdos y experiencias.

Al Ing. Jorge Carranza y la Ing. Edith Sawyers, por la confianza depositada en mí, toda la guía y apoyo que me dieron en el desarrollo de mi práctica profesional.

Contenido

1. Reseña de la Empresa.....	13
1.1 Proceso Productivo	13
2. Objetivos	18
2.1 Objetivo General	18
2.2 Objetivos Específicos.....	18
3. Descripción del Proyecto.....	19
3.1 Metodología.	20
3.2 Cronograma.	24
3.2.1 Lista de Actividades.....	24
4. Diagnóstico del Departamento de Mantenimiento.....	27
4.1 Situación actual del mantenimiento.....	27
4.2 Manufactura de Clase Mundial.....	28
4.3. Mantenimiento y la Manufactura de Clase Mundial: Mantenimiento de Clase Mundial.....	30
4.3.1. Mantenimiento de Clase Mundial y la Calidad.....	30
4.3.2. Mantenimiento de Clase Mundial y la actitud ante la competencia....	31
4.4. Análisis del Departamento de Mantenimiento.	33
4.4.1. Diagnóstico de la gestión.....	33
4.4.2. Norma COVENIN 2500 - 93.	35
4.4.3. Definición y adaptación de las variables de evaluación a utilizar	37
4.4.4. Escala de evaluación.....	44
4.4.5. Formato de la ficha de evaluación.....	45
4.4.6. Metodología para la aplicación de la Norma Covenin 2500 – 93.....	46
4.4.7. Resultados obtenidos de la aplicación de la Norma Covenin 2500 – 93.	

4.4.8.	Ficha de evaluación de la Norma Covenin 2500 – 93.	60
4.4.9.	Áreas a impactar con las propuestas de gestión del mantenimiento.	62
5.	Gestión y estandarización de los procesos de mantenimiento.....	63
5.1	Diagramas de flujo.	65
5.2.	Fichas de Proceso.....	66
5.3	Procesos a estandarizar para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM para la región de Costa Rica	67
6	Propuesta para la gestión del mantenimiento basada en la herramienta del Balanced Scorecard (Maintenance Scorecard).....	68
6.1.	Balanced Scorecard y su papel en la integración de los diferentes aspectos de evaluación de la gestión empresarial.....	68
6.2.	Balanced Scorecard como sistema de evaluación del desempeño.	69
6.3.	Perspectivas del Balanced Scorecard.....	70
6.3.1.	Perspectiva Financiera.	70
6.3.2.	Perspectiva de cliente.....	72
6.3.3.	Perspectiva de procesos internos.....	72
6.3.4.	Perspectiva de aprendizaje y crecimiento personal.....	73
6.4.	Etapas para la implementación del Balanced Scorecard.	74
6.4.1.	Misión, valores y visión.....	75
6.4.2.	Análisis FODA.	75
6.4.3.	Mapas estratégicos.....	76
6.4.4.	Indicadores	77
6.5.	Balanced Scorecard para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, región de Costa Rica.	79
6.5.1.	Metodología.....	79
6.5.2.	Recolección de datos de interés.....	79

6.5.3.	Análisis FODA.	81
6.5.4.	Definición de los objetivos bajo las perspectivas de análisis para el Balanced Scorecard.	82
6.5.5.	Mapa estratégico.	85
6.5.6.	Indicadores del desempeño (KPI´s).....	87
6.5.7.	Codificación de los indicadores de desempeño.....	94
6.5.8.	Nivel de satisfacción de cumplimiento de metas.	94
6.5.9.	Balanced Scorecard del Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.	95
7.	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM).....	99
7.1.	Mantenimiento y RCM.....	101
7.2	Propuestas de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, región de Costa Rica	104
7.2.1	Seleccionar las máquinas.....	106
7.2.2	Análisis de criticidad.	107
7.2.3	Formación del archivo técnico.	111
7.2.4.	Nivel de análisis del equipo.	122
7.2.5.	Índices de funcionamiento.	124
7.2.6.	Objetivos específicos del RCM.....	125
7.2.7.	Elaboración de la hoja de trabajo RCM.	126
7.2.8.	Costo de implementación de rutina de mantenimiento preventivo... ..	133
8.	Conclusiones.....	138
9.	Recomendaciones.	139
10.	Bibliografía.....	140
11.	Apéndice.	143

Índice de Figuras

Figura 1. Organigrama del Departamento de Mantenimiento a nivel Regional. Fuente: Walmart.....	14
Figura 2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento de la Gerencia de Costa Rica. Fuente: Walmart.....	15
Figura 3. Flujograma Preliminar de Trámite de OT. Fuente: Propia (Visio).....	17
Figura 4. Proceso de Mejora Continua.....	22
Figura 5. Barreras que Afrontan Departamentos de Mantenimiento para Ejecutar Estrategias. Fuente: Libro Balanced Scorecard Step by Step. P. Niven.	23
Figura 6. Superávit Comercial de Principales Países Industriales para 1990.	30
Figura 7. Pilares del Mantenimiento de Clase Mundial.	33
Figura 8. Polígono de Productividad.	34
Figura 9. Ficha de Evaluación de Norma Covenin 2500 - 93.	61
Figura 10. Variación de Gastos Integrales del Mantenimiento.	62
Figura 11, Simbología para Diagramas de Flujo según ANSI.	65
Figura 12. Información General en una Ficha Técnica.....	66
Figura 13. Estructura del Balanced Scorecard.	69
Figura 14, Estrategia de Gestión de Indicadores.	70
Figura 15. Aplicación del Balanced Scorecard.	70
Figura 16. Pasos para la Implementación del Balanced Scorecard.	74
Figura 17. Mapa Estratégico de un Balanced Scorecard.	77
Figura 18. Análisis FODA al Departamento de Walmart CAM.	81
Figura 19. Mapa Estratégico para Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.	86
Figura 20. Ejemplo de Codificación de Indicadores. Fuente: Elaboración Propia. MS Word.....	94
Figura 21. Evolución del Mantenimiento.	101
Figura 22. Grupo de Trabajo RCM.	104
Figura 23. Fotografía Walmart Tibas.....	106

Figura 24. Partes de Compresor Centrífugo de Última Generación.	112
Figura 25. Compresor de Flujo Axial.	112
Figura 26. Compresor de Paletas Rotativo.	113
Figura 27. Compresor de Tornillo Lubricado.	114
Figura 28. Compresor de Doble Pistón.	115
Figura 29. Circuito de Refrigeración.	115
Figura 30. Válvula Check con Resorte.	116
Figura 31. Aplicaciones de Válvula Check.	117
Figura 32. Recibidor de Líquido Refrigerante.	117
Figura 33. Válvula Reguladora del Líquido para Proceso de Descongelamiento por Gas Caliente.	118
Figura 34. Válvula Solenoide de la Línea de Líquido.	118
Figura 35. Presostato.	119
Figura 36. Válvula de Expansión Termostática.	119
Figura 37. Evaporador.	120
Figura 38. Condensador de Tiro Vertical.	120
Figura 39. Válvulas de Control de Presión de Condensador.	121
Figura 40. Modelos de Válvulas EPR de SPORLAN Valve Company.	122
Figura 41. Parámetros de Funcionamiento de Condensador.	124
Figura 42. Parámetros de Funcionamiento de Evaporadores.	125
Figura 43. Identificación de las consecuencias de los modos de fallas.	128
Figura 44. Flujograma de selección de las actividades de mantenimiento.	129

Índice de Tablas

Tabla 1. Metodología del Proyecto.....	21
Tabla 2. Lista de Actividades de Proyecto.	24
Tabla 3. Organización de la Evaluación de la Norma Covenin 2500 - 93.	36
Tabla 4. Resultados Obtenidos de la Aplicación de Norma Covenin a Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.....	47
Tabla 5. Propuestas de Mejora para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.	63
Tabla 6. Estructura del Análisis FODA.	76
Tabla 7. Definición de Indicadores en Adelanto y Atraso para el Balanced Scorecard.	78
Tabla 8. Indicadores de Perspectiva Financiera.....	87
Tabla 9. Indicadores de la Perspectiva Cliente.	90
Tabla 10. Indicadores de la Perspectiva de Procesos Internos.....	92
Tabla 11. Indicadores de la Perspectiva de Desarrollo y Aprendizaje.....	93
Tabla 12. Codificación para las Cuatro Perspectivas.	94
Tabla 13. Señalización de Balanced Scorecard.	95
Tabla 14. Balanced Scorecard: Perspectiva Financiera.	97
Tabla 15. Balanced Scorecard: Perspectiva Cliente.	97
Tabla 16. Balanced Scorecard: Perspectiva Procesos Internos.....	98
Tabla 17. Balanced Scorecard: Perspectiva Desarrollo y Aprendizaje.....	98
Tabla 18. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Ventas.....	107
Tabla 19. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Servicio. ...	108
Tabla 20. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Calidad.....	108
Tabla 21. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Mantenimiento	108
Tabla 22. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Seguridad.	109
Tabla 23. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Medio Ambiente.	109
Tabla 24. Resultados de Análisis de Criticidad (Solo Equipos Críticos).....	110
Tabla 25. Nivel de Análisis para Equipo de Refrigeración.....	123

Tabla 26. Efectos de los Modos de Falla.	127
Tabla 27. Tareas Proactivas.....	128
Tabla 28. Abreviaturas para Frecuencia de Mantenimiento Preventivos.	129
Tabla 29. Abreviaturas para Especialidades Técnicas Requeridas para las Tareas de Mantenimiento.....	130
Tabla 30. Manual de Mantenimiento Preventivo para Sistema de Refrigeración: Compresor.....	131
Tabla 31. Manual de Mantenimiento Preventivo Bajo Condición para: Sistema de Lubricación:	132
Tabla 32. Cronograma de Visitas de Programa de Mantenimiento Preventivo para Paralela de Refrigeración.....	134
Tabla 33. Costo de Mano de Obra para Ejecutar Programa de Mantenimiento Preventivo.	135
Tabla 34. Costos de Stock de Repuestos Necesarios para Ejecutar Programa de Mantenimiento Preventivo.....	136

Índice de Gráficas.

Gráfica 1. Polígono de Productividad del Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.	48
Gráfica 2. Resultados de Área I. Organización de la Empresa.	49
Gráfica 3. Resultados de Área II. Organización de Mantenimiento.	50
Gráfica 4. Resultados de Área III. Planificación del Mantenimiento.	51
Gráfica 5. Resultados de Área IV. Mantenimiento Rutinario.	52
Gráfica 6. Resultados de Área V. Mantenimiento Correctivo.	53
Gráfica 7. Resultados de Área VI. Mantenimiento Preventivo.	54
Gráfica 8. Resultados de Área VII. Mantenimiento Después de la Avería.	55
Gráfica 9. Resultados de Área VIII. Personal de Mantenimiento.	57
Gráfica 10, Resultados de Área IV. Apoyo Logístico.	58
Gráfica 11. Resultados de Área X. Tercerización del Mantenimiento.	59

1. Reseña de la Empresa

Walmart Centroamérica (CAM) es una empresa dedicada al sector comercio, con presencia en seis países: México, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica. La empresa cuenta con varios formatos de tiendas por país; en Costa Rica incluyen las tiendas de descuento (Pali), supermercados (Más x Menos), bodegas (Maxi Pali) e hipermercados (Walmart).

Las oficinas administrativas se localizan en el centro de negocios Forum 2 en el edificio K y L; alrededor del país se localizan 237 tiendas entre Pali, Maxi Pali, Más x Menos y Walmart; cada formato de tienda presenta necesidades diferentes generando diversos requerimientos para un mantenimiento.

1.1 Proceso Productivo

Los diferentes formatos de tiendas cubren variadas necesidades para los clientes, por lo que cuentan con diversos recursos para ofrecer sus servicios. Por ejemplo, los Pali son tiendas con poco personal con alta rotación de puestos y baja rotulación y acomodo de los productos, además cuentan con un número menor de activos en comparación con los otros formatos de tiendas, lo que hace que los costos de operación sean menores y así poder ofrecer productos a bajo precio, con la variedad necesaria. Sin embargo, representan el mayor número de tiendas por lo que consumen muchas tareas de mantenimiento. En el otro extremo se tiene el formato de tiendas Walmart, que son hipermercados de gran tamaño con un gran número de activos, mayor cantidad de personal y variedad de productos bien identificados y rotulados, con un costo de venta un poco mayor pero siempre buscando el mejor precio para el cliente.

Inicialmente el Departamento de Mantenimiento contaba con un taller interno que se encargaba de la ejecución de gran parte de los trabajos programados para las tiendas, el resto de trabajos se subcontrataban. Contaban con un grupo de técnicos especializados que realizaban los arreglos de la mayoría de los activos, organizados por provincias.

Con el avance del negocio la empresa creció exponencialmente y pasó de tener unas cuantas tiendas a tener solo en Costa Rica 237 tiendas, y en todo Centroamérica alrededor de 730 tiendas. El Departamento de Mantenimiento tuvo una reestructuración a nivel regional, y se optó por centralizar la gestión y no manejarlo por país.

La organización del Departamento de Mantenimiento a nivel regional y de la gerencia de Costa Rica se muestra en las siguientes figuras.

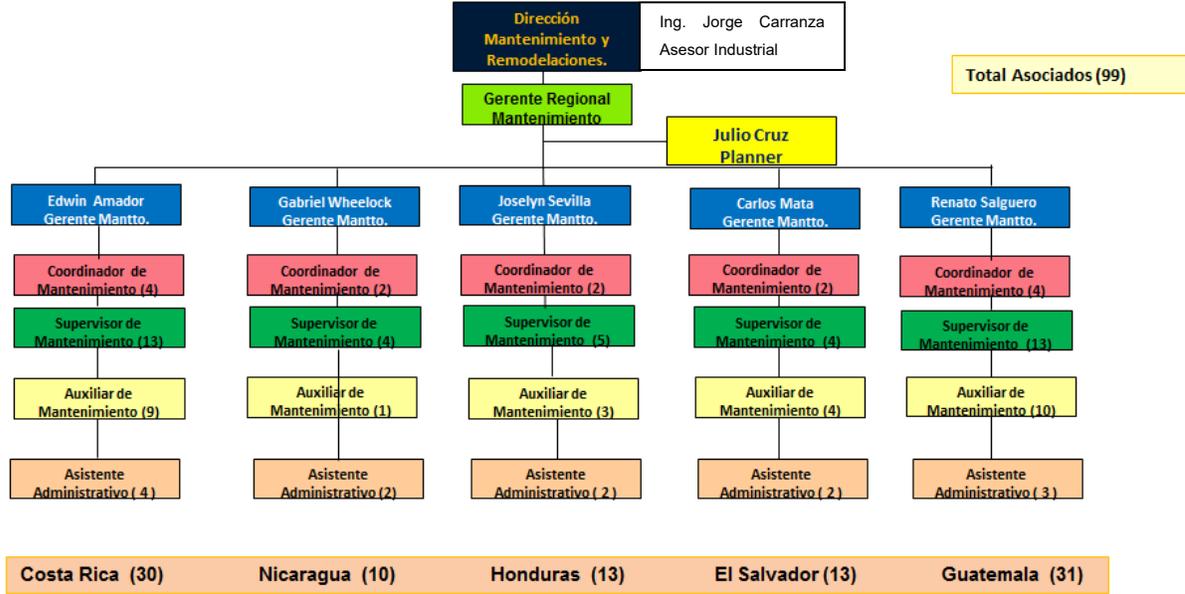


Figura 1. Organigrama del Departamento de Mantenimiento a nivel Regional. Fuente: Walmart.

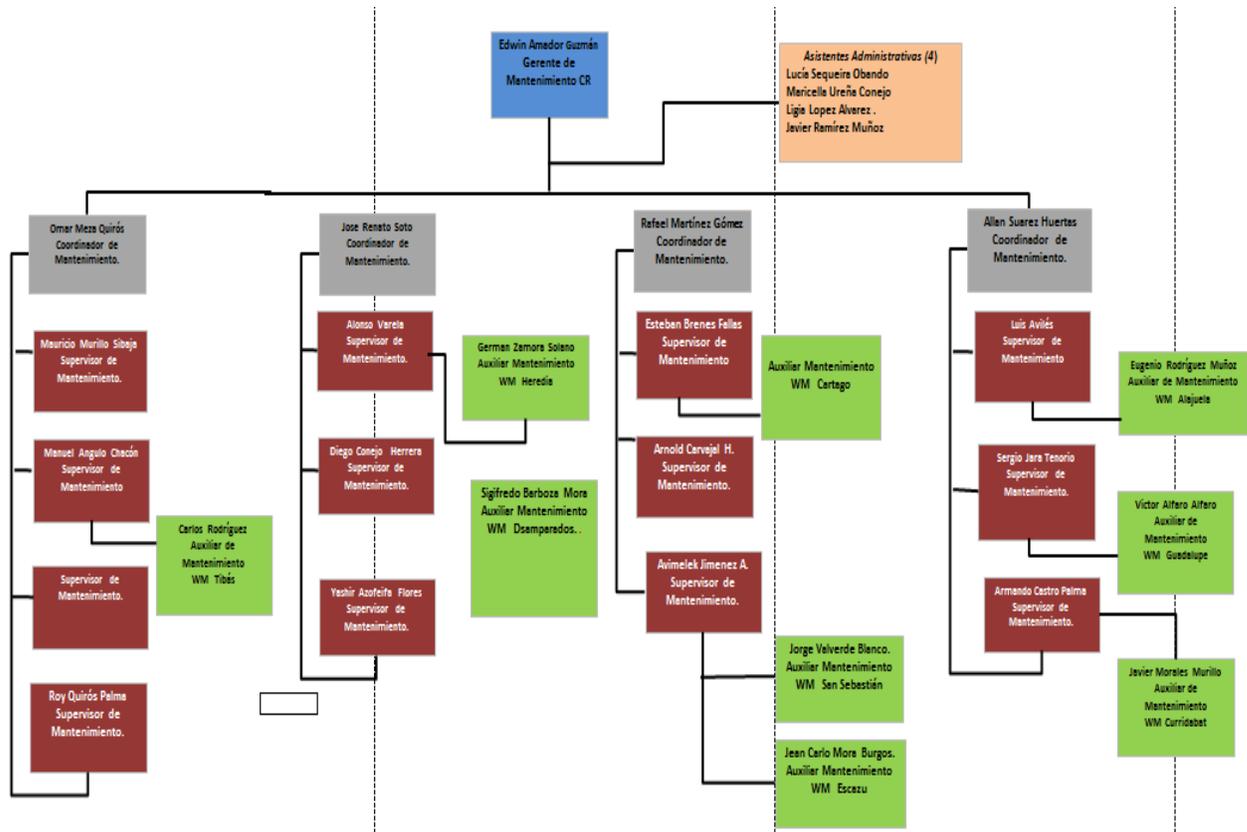


Figura 2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento de la Gerencia de Costa Rica.
Fuente: Walmart

El Director de Mantenimiento y Remodelaciones se encuentra en Costa Rica, su nombre es el Ing. Jorge Carranza. El Gerente de Mantenimiento Regional, Ing. Edgar Arriaza, se encuentra en Guatemala junto con el Analista Regional de Información, Ing Carlos Apón. Existe un gerente de Mantenimiento por país, luego se encuentran los coordinadores de mantenimiento apoyados por los asistentes administrativos, también por país. Los supervisores son los encargados de realizar las visitas a las tiendas, son la cara del Departamento de Mantenimiento ante los clientes, en este caso, las tiendas. Existen 8 auxiliares de mantenimiento que se encuentran en cada uno de los Walmart debido a que son las tiendas con la mayor cantidad de activos y de mayor criticidad. En el pasado los Más x Menos también contaban con auxiliares de mantenimiento, pero este puesto se eliminó.

A continuación, se presenta un flujograma preliminar de la forma en que se procesa la orden de trabajo desde la solicitud de la misma hasta el pago final al proveedor y conclusión del caso. Actualmente se utiliza el software REMEDY que controla la mayoría de los procesos internos de la empresa, pero no se trata de un “software” especializado en mantenimiento por lo que el trato que da a los datos dificulta la trazabilidad de los mantenimientos realizados y control de indicadores de mantenimiento. Este flujograma es preliminar ya que se busca detallar más el mismo mediante la aplicación de un diagnóstico al Departamento de Mantenimiento.

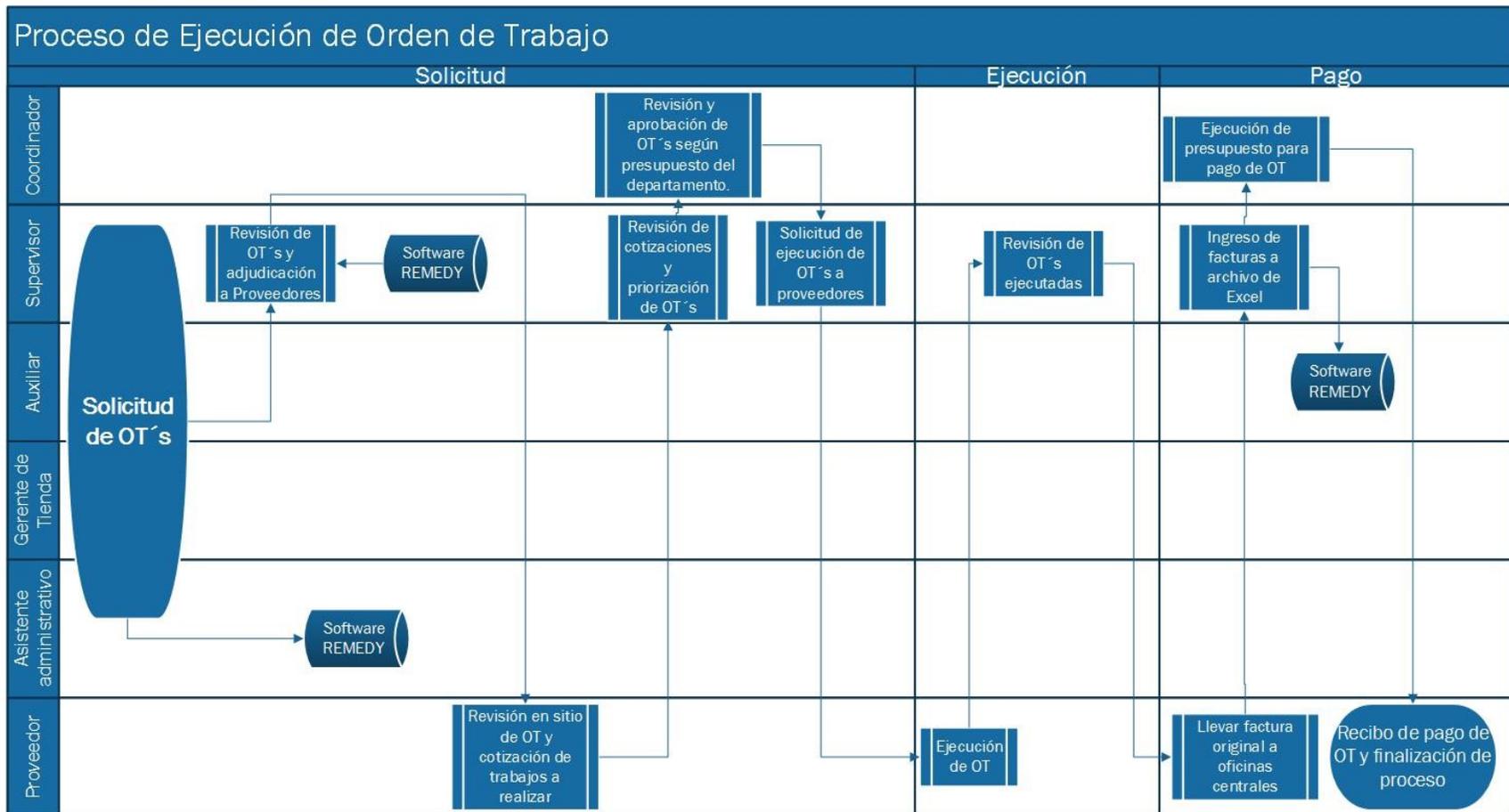


Figura 3. Flujograma Preliminar de Trámite de OT. Fuente: Propia (Visio)

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de gestión de mantenimiento piloto para Walmart Costa Rica.

2.2 Objetivos Específicos.

1. Identificar las variables de éxito que reflejan el impacto a través del Cuadro Mando Integral (Balanced Scorecard).
2. Diagnosticar mediante una auditoría la gestión actual del Departamento de Mantenimiento de la sección de Costa Rica, evidenciando el grado de madurez con respecto a estándares de mantenimiento de clase mundial.
3. Evaluar la estrategia del modelo de gestión de mantenimiento mediante el diseño de un cuadro de mando integral, para alcanzar los objetivos del modelo bajo las perspectivas: financiera, del cliente, procesos internos del departamento, y aprendizaje y crecimiento del personal.
4. Diseñar el programa de mantenimiento preventivo basado en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), definiendo funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos y acciones proactivas, para finalmente obtener los manuales de mantenimiento preventivo.

3. Descripción del Proyecto.

“Lo que no se define no se puede medir. Lo que no se mide, no se puede mejorar. Lo que no se mejora, se degrada siempre.” Lord Kelvin

El Departamento de Mantenimiento reportó en este cierre del año 2016 un porcentaje de 51% de gastos en mantenimiento correctivo y un 49% del gasto en mantenimiento preventivo.

El alto crecimiento de tiendas como la estrategia de Walmart ha provocado que en cuestión de 10 años la carga de trabajo del departamento pasara de mantener 70 tiendas en Costa Rica, a alrededor de 260 tiendas para el 2017. En Centroamérica no es la excepción, actualmente Walmart ha abierto más de 700 tiendas en los cinco países de la región.

Como se mostró en la figura 1, la organización de mantenimiento es centralizado; a pesar de ello la gestión del mantenimiento entre las coordinaciones no siguen procedimientos totalmente homologados. Esto ha provocado que se genere gran cantidad de información con diferentes formatos y tramitado bajo diferentes procedimientos, dificultando la consolidación, análisis y trazabilidad de los datos.

Las diferentes necesidades de cada formato de tiendas, la alta rotación de personal y la dispersión geográfica plantean grandes retos para el Departamento de Mantenimiento. La estrategia de negocio de Walmart Centroamérica utiliza un sistema de tercerización de los servicios que no sean meta de la empresa, focalizando los recursos en su nicho de negocio. El Departamento de Mantenimiento no escapa a esta realidad, las funciones internas se limitan hasta la supervisión de la ejecución de las órdenes de trabajos, ejecutados por una carta de proveedores ya aprobados por el departamento de Legal y Mantenimiento.

El Departamento de Mantenimiento se ha esforzado por determinar la calidad del servicio que ofrecen a las tiendas (clientes). Una encuesta aplicada a los gerentes de las tiendas define en la gestión del Departamento de Mantenimiento importantes oportunidades de mejora en los tiempos de ejecución de los trabajos, retroalimentación del proceso de mantenimiento a los gerentes de tiendas y uso de

herramientas informáticas, por lo que revertir esta situación es una de las metas de la coordinación del departamento.

Las herramientas informáticas del departamento llevan un control, en su mayoría, de parámetros financieros, dejando sin recolectar información de gran importancia para la gestión del mantenimiento. Actualmente el departamento no cuenta con el dato de órdenes de trabajo concluidas con respecto a las solicitadas, pero es identificable que la carga de trabajo supera la capacidad de trámite de las mismas. Financieramente muchos trabajos no se ejecutan por falta de presupuesto, dejando en espera su ejecución hasta que sea posible, esto perjudica aún más los tiempos de conclusión de las OT, y por ende, la percepción del servicio.

Bajo el enfoque de excelencia operacional, Walmart ha logrado posicionarse a nivel mundial como la principal cadena de tiendas minoristas, llevando mejores precios y calidad de vida a todos sus asociados. La gestión del mantenimiento provee una oportunidad muy importante para aumentar la rentabilidad del negocio, por lo que es imprescindible dejar de percibir al mantenimiento como un “gasto necesario”, y reconocer su aporte en mantener la excelencia operacional reduciendo costos, tiempos de acción y alto nivel de satisfacción del cliente.

El Departamento de Mantenimiento tiene grandes fortalezas para afrontar todos los retos que el negocio plantea, siendo su principal insumo, un departamento conformado por asociados con grandes capacidades y actitudes. El objetivo del presente proyecto es aportar un modelo de gestión del mantenimiento que venga a apoyar a la gerencia en su papel rector, optimizando el uso de los activos, tanto tangibles como intangibles.

“Nuestra gente es la que hace toda la diferencia y nuestra actitud mutua hace que nuestra gente sea diferente” Sam Walton.

3.1 Metodología.

El presente proyecto propone el diseño e implementación de un modelo de gestión del mantenimiento apoyado en la herramienta de Centro de Mando Integral, desarrollado para la gerencia de Costa Rica del Departamento de Mantenimiento

de Walmart México y Centroamérica. El mismo se ejecuta como un piloto para evaluar su implementación en el resto de gerencias por país de la región. En la siguiente tabla se presenta la metodología propuesta para las actividades del proyecto.

Tabla 1. Metodología del Proyecto.

Objetivo Específico	Actividad	Herramienta
Diagnosticar mediante una auditoría la gestión actual del Departamento de Mantenimiento de la sección de Costa Rica, evidenciando el grado de madurez con respecto a estándares de mantenimiento de clase mundial.	Recolección de datos.	Entrevistas verbales con los asociados del departamento de mantenimiento. Análisis de gastos del departamento.
	Aplicación de diagnóstico.	Norma Covenin 2500-93
	Análisis de datos.	Análisis de Pareto de costos y número de OT's.
	Presentación de resultados.	Ficha de Evaluación de Norma Covenin. Polígono de Productividad.
Identificar las variables de éxito que reflejan el impacto a través del Cuadro Mando Integral (Balanced Scorecard).	Definición de estrategia y objetivos de mantenimiento.	Reuniones con Gerencia del Departamento de Mantenimiento.
	Definición de indicadores de desempeño.	Resultados de análisis al departamento.
Evaluar la estrategia del modelo de gestión de mantenimiento mediante el diseño de un cuadro de mando integral, para alcanzar los objetivos del modelo bajo las perspectivas: financiera, del cliente, procesos internos del departamento, y aprendizaje y crecimiento del personal.	Diseño de CMI.	Metodología basada en la de Norton y Kaplan.
Diseñar el programa de mantenimiento preventivo basado en la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), definiendo funciones, fallas funcionales, modos de falla, efectos y acciones proactivas, para finalmente obtener los manuales de mantenimiento preventivo.	Clasificación y selección de activos.	Análisis de criticidad.
	Definición de funciones del activo.	Grupo de RCM.
	Definición de modos de falla del activo.	
	Definición de causas de las fallas.	
	Definición de los efectos de las fallas.	Grupo de RCM. Flujogramas de selección de actividades de mantenimiento.
	Definición de actividades proactivas.	
	Desarrollo de hoja de RCM.	Grupo de RCM.
Documentación.		

Elaboración propia, MS Excel.

El modelo de gestión de mantenimiento se diseña bajo un ciclo de mejora continua, que contempla las siguientes fases de la gestión:

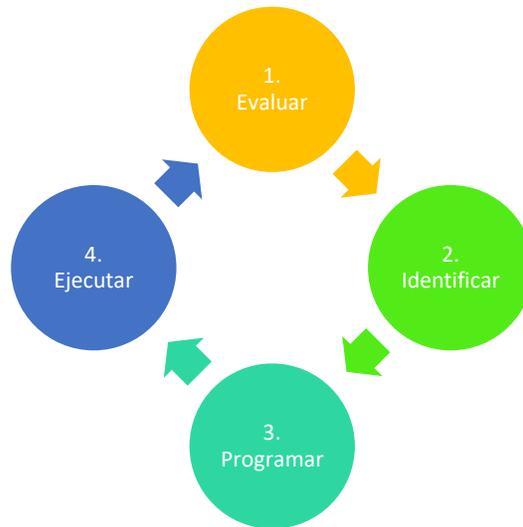


Figura 4. Proceso de Mejora Continua.

1. Evaluar: es la primera fase del modelo de gestión, y fundamentación para el desarrollo del mismo. El objetivo es reconocer el estado actual de la gestión del departamento e identificar puntos específicos de mejora.

En esta etapa del proyecto los objetivos son la recolección de la documentación administrativa del departamento, costos, manuales técnicos de equipos, procedimientos y todo dato que permita determinar el estado actual del departamento.

Se aplicará un diagnóstico que permita consolidar todas las oportunidades de mejoras encontradas, y focalizar los esfuerzos en las áreas críticas. El mismo se fundamenta en las normas COVENIN 2500 – 93, COVENIN 1980 – 89 y COVENIN 3049 – 93.

2. Identificar: La concepción de una estrategia de trabajo donde se identifiquen los objetivos a alcanzar por el grupo es una tarea laboriosa. Conlleva un alto análisis de datos desde varias perspectivas, lo que conduce muchas veces, a que los encargados de concebir la estrategia centren todos sus esfuerzos

en esta fase, descuidando las etapas posteriores. Tan importante como concebir la estrategia, está la implementación y posterior continuidad de esta; es en esta etapa donde generalmente todas las aspiraciones de los encargados de la estrategia fracasan, y no pasan de ser buenas intenciones. En la siguiente figura se evidencian las principales barreras que enfrentan las organizaciones para la ejecución de sus estrategias.

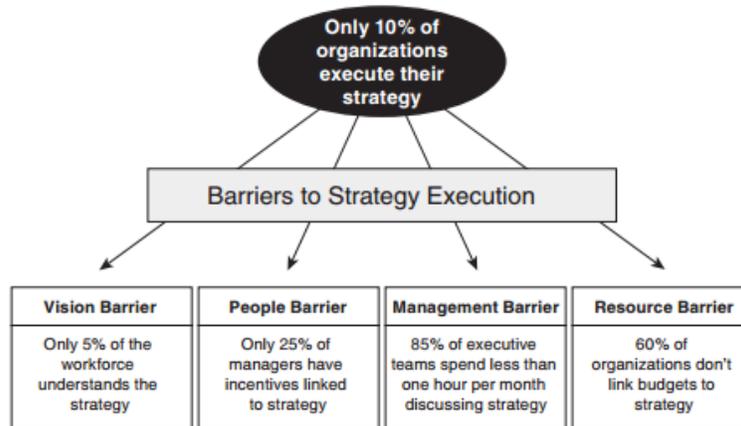


Figura 5. Barreras que Afrontan Departamentos de Mantenimiento para Ejecutar Estrategias. Fuente: Libro Balanced Scorecard Step by Step. P. Niven.

El Centro de Mando Integral es la herramienta que permite concebir estas barreras y proponer una metodología para superarlas; es un sistema que alinea indicadores financieros de valor pasados con indicadores de rendimiento de valor futuro, sin dejar de lado el tremendo valor de los activos intangibles, y por supuesto, asistir a la organización en la implementación de la estrategia.

3. Programar: La programación del mantenimiento es fundamental para alcanzar las metas que plantea la excelencia operativa. Lograr reducir tiempos y gastos de operación recae intrínsecamente en una buena calendarización y programación de los recursos y tareas del departamento. Se realizará un análisis de los procedimientos críticos de mantenimiento, con el fin de identificar y desarrollar las oportunidades de mejora que propicien el cumplimiento de los objetivos de la estrategia del Centro de Mando Integral.

4. Ejecutar: Identificar cuáles equipos intervenir primero por su criticidad, asegurarse que se haga oportunamente, de manera expedita, y con estándares de calidad que eviten retrabajos; es la fórmula para reducir perdidas y focalizar el presupuesto donde más se requiera.

Se desarrollará un programa de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para identificar los equipos críticos que aportan más a la carga de trabajo y/o costos del departamento, y de esa manera incidir de manera positiva en la reducción de costos y tiempos de acción, al reducir el número de mantenimientos por avería.

El ciclo de mejora continua busca, una vez alcanzadas las metas del departamento, depurar la gestión mediante la reaplicación del proceso. De esta manera podemos conocer las tendencias en la gestión del departamento, evaluar resultados, y replantear la estrategia y los pasos para alcanzarla.

3.2 Cronograma.

Para el desarrollo del proyecto se propone la siguiente lista de actividades a cumplir con los tiempos aproximados de ejecución y los entregables al Departamento de Mantenimiento de Walmart México y Centroamérica.

3.2.1 Lista de Actividades

Tabla 2. Lista de Actividades de Proyecto.

Actividad	Duración	Comienzo	Fin
1. Diagnóstico de sistema de Mant.	11 días	lun 1/30/17	lun 2/13/17
2. Recolección de datos	3 días	lun 1/30/17	mié 2/1/17
3. Aplicación de diagnóstico.	3 días	jue 2/2/17	lun 2/6/17
4. Análisis de datos.	2 días	mar 2/7/17	mié 2/8/17
5. Presentación de resultados	3 días	jue 2/9/17	lun 2/13/17
6. Informe de situación de sistema de mant.	0 días	lun 2/13/17	lun 2/13/17

7. Centro de Mando Integral	24 días?	mar 2/14/17	vie 3/17/17
8. Definición de estrategia y objetivos de mant.	1 día?	mar 2/14/17	mar 2/14/17
9. Definición de indicadores de desempeño	3 días	mié 2/15/17	vie 2/17/17
10. Diseño de CMI	20 días	lun 2/20/17	vie 3/17/17
11. Matriz CMI, Mapa estratégico, Manuales de Indicadores, Plan de acción.	0 días	vie 3/17/17	vie 3/17/17
12. Revisión y propuesta de mejora de proceso de mant por avería.	28 días	lun 2/20/17	mié 3/29/17
13. Clasificación de activos	5 días	lun 2/20/17	vie 2/24/17
14. Check list de estado de equipos	3 días	lun 2/27/17	mié 3/1/17
15. Tramite de OT	5 días	jue 3/2/17	mié 3/8/17
16. Oportunidades de mejora.	10 días	jue 3/9/17	mié 3/22/17
17. Confección de documentación.	5 días	jue 3/23/17	mié 3/29/17
18. Codificación y clasificación de equipos, procedimientos y responsables, documentación, oportunidades de mejora, análisis financiero.	0 días	mié 3/29/17	mié 3/29/17
19. Programa de mant preventivo	27 días	jue 3/30/17	vie 5/5/17
20. Seleccionar equipo	2 días	jue 3/30/17	vie 3/31/17
21. Desarrollar análisis de RCM	15 días	lun 4/3/17	vie 4/21/17
22. Documentación	10 días	lun 4/24/17	vie 5/5/17

23. Hojas de RCM, Manuales de RCM, Procedimientos, Análisis Financiero.	0 días	vie 5/5/17	vie 5/5/17
24. Trabajo escrito y presentación	0 días	vie 5/19/17	vie 5/19/17

Se diseña un diagrama de Gantt para mostrar de manera clara y concisa el desarrollo del proyecto y los entregables al Departamento de Mantenimiento, estos últimos marcados como hitos en el diagrama. El mismo se muestra en la sección de Anexos del presente informe.

4. Diagnóstico del Departamento de Mantenimiento.

4.1 Situación actual del mantenimiento.

El aumento de la competitividad de los mercados internacionales ha impulsado a las empresas a mejorar los procesos productivos. Los mercados locales rápidamente se transformaron en mercados internacionales con la aparición de la globalización; mientras muchas empresas sucumbieron al cambio, otras rápidamente se adaptarán exponiendo algunas de las mejores políticas de gestión que los han convertido en grandes historias de éxito y las más grandes empresas en toda la historia.

La gestión del mantenimiento no escapa a esta realidad; la especialización de los equipos debido a la automatización de los procesos en la constante búsqueda del bien o servicio de la mejor calidad al menor precio posible, convierte al mantenimiento en una oportunidad de negocio, y no en un costo a minimizar como un mal necesario.

Este nuevo papel protagónico del Departamento de Mantenimiento en el éxito del negocio, ha propiciado la diversificación de sus responsabilidades; el viejo enfoque de reparar cuando se presenta una falla ha evolucionado en una variedad de responsabilidades entre las cuales podemos citar:

- Planear la reparación de los equipos y edificaciones para asegurar los estándares de servicio establecidos.
- Desarrollar e implementar mantenimientos preventivos que consistan en programas de trabajos calendarizados con el objetivo de asegurar un nivel de servicio satisfactorio, tanto para los equipos como edificios de la empresa.
- Preparar presupuestos reales que detallen la gestión del mantenimiento.
- Manejar el inventario de repuestos y materiales necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.
- Mantener historiales de los equipos, reparaciones, servicios, etc...

- Monitoreo de las actividades llevadas a cabo por el personal de mantenimiento.
- Mantener informado al personal de operaciones, mandos superiores y otros departamentos de interés sobre las actividades de mantenimiento.
- Entrenar al personal de mantenimiento para mejorar sus habilidades y aptitudes.
- Revisión de planes de apertura de nuevas plantas, instalación de nuevos equipos, etc...
- Brindar la seguridad humana y ambiental en la operación de la planta.
- Desarrollar especificaciones contractuales y controlar la ejecución del mantenimiento realizado por terceros para asegurar el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento. (B.S, 2002)

Las empresas con mayor éxito presentan similitud en su gestión. Definiendo una serie de pautas que estas empresas presentan en común, nos introduce al concepto de Manufactura de Clase Mundial.

4.2 Manufactura de Clase Mundial.

El término de Manufactura de Clase Mundial aparece en los años 60 y principios de los 70; en estos años, recientes hechos históricos propiciaron que Estados Unidos gozara de un desarrollo industrial privilegiado lo que los llevó a captar el 30% del mercado mundial de manufactura de productos. Un país con menos de una décima parte de la población mundial tenía el control sobre una tercera parte del mercado mundial de manufactura de productos. Los estadounidenses consideraron que estaban haciendo las cosas perfectamente, y fue esta actitud su principal “talón de Aquiles” en años posteriores. (Wireman, 1990)

Los sectores industriales de los países europeos y asiáticos tomaron de ejemplo la situación de Estados Unidos y decidieron copiar lo que estos hacían, como una

manera de reducir la brecha económica. El cambio de actitud de estos países los llevó a un rápido crecimiento económico e industrial. Y como un corredor de carreras que nunca entrenó por considerar que no existía una competencia real, Estados Unidos se ve sorprendido por sus contrincantes que fortalecieron sus habilidades entrenando. Estados Unidos comenzó a ver cómo estas economías en ascenso tomaban posesión de los mercados que antes controlaba hasta llevarlos en 1987 a tener un déficit de 170 billones de dólares en venta de bienes manufacturados. Los estadounidenses fueron testigo de cómo el surgimiento de mercados internacionales alrededor del mundo, con mejores estándares de producción y de los cuales no tenía ningún control, los posiciono en una situación desventajosa con respecto al precio, calidad y entrega a tiempo que manejaban sus homólogos Japoneses o Alemanes; es en este momento cuando se evidencia la definición de Manufactura de Clase Mundial: (Wireman, 1990)

La capacidad de una empresa de poder competir en cualquier lugar del mundo, ofreciendo un producto al precio más bajo posible, manteniendo la calidad exigida por el cliente en el tiempo esperado y certificando la seguridad ambiental y social en su contexto operacional; es el nuevo enfoque del mantenimiento de clase mundial. (Piedra, 2014)

En la siguiente figura puede observarse los países que recibieron más beneficios de la implementación de esta filosofía de gestión para 1990.

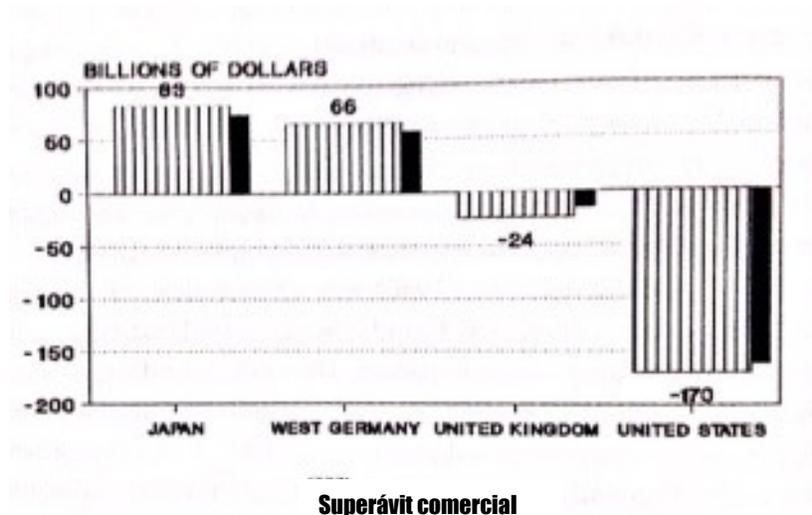


Figura 6. Superávit Comercial de Principales Países Industriales para 1990.

Fuente: Libro World Class Maintenance Management. (Wireman, 1990)

Estados Unidos experimentó una reducción de 20% en sus mercados de manufactura de bienes en alrededor de 20 años, esto evidencia la importancia de la manufactura de clase mundial para el mundo competitivo de hoy en día.

4.3. Mantenimiento y la Manufactura de Clase Mundial: Mantenimiento de Clase Mundial.

Existen muchos factores que determinan que la gestión de una empresa sea de clase mundial, pero se puede resumir en tres áreas primordiales que son: calidad, actitud hacia la competencia y tecnologías de automatización.

Definamos el papel que cumple mantenimiento para lograr alcanzar los objetivos de una manufactura de clase mundial

4.3.1. Mantenimiento de Clase Mundial y la Calidad.

Wireman (1990) señala un documento presentado en el AIPE (World Information Technologies and Services Alliance) donde se definía que de un 20% – 25% de los costos de producción se debían encontrar y reparar errores (pag 154). Estos datos denotan la importancia de manejar altos estándares de calidad en la producción de bienes y servicios, más aún con la gran complejidad de los equipos y procesos utilizados en la actualidad. El mantenimiento cumple un papel medular en alcanzar

la calidad deseada, si los equipos no son mantenidos para prever los fallos y el mantenimiento se enfoca en la reparación espontánea de las fallas conforme ocurren, inevitablemente el equipo se degradará y por ende el producto o servicio que provee el equipo. Los japoneses cuentan con una amplia experiencia en la gestión del mantenimiento bajo el enfoque de la prevención de la falla o el estado “cero averías”. El concepto entero se basa en la prevención de la falla antes de que ocurra y no corregirla ya una vez que está presente, para ello se basan en una revisión sistemática de los modos de falla mediante un mantenimiento planificado (Keikaku Hozen) y mantenimiento autónomo (Jishu Hozen). (Nakano, 1999)

4.3.2. Mantenimiento de Clase Mundial y la actitud ante la competencia.

Fue el cambio de enfoque hacia la competencia que propició el crecimiento económico de los países asiáticos y europeos; estos decidieron ver a la competencia como un ejemplo para determinar los factores de éxito de sus negocios y así dirigirse hacia una gestión de clase mundial. (Wireman, 1990)

El “benchmarking” se ha convertido en la herramienta que permite a las empresas en la actualidad, lograr el mejoramiento continuo mediante la implementación de buenas prácticas de gestión comparada con las compañías que se consideran como exitosas en el nicho de análisis dentro de un entorno global. Gracias al “benchmarking” muchas empresas han logrado identificar los factores de éxito que les permitirán convertirse en los líderes de sus respectivos mercados.

El mantenimiento actual busca la excelencia en su nicho operacional, siendo la búsqueda de la mejora continua el motor impulsor. Esto permite al mantenimiento obtener un profundo conocimiento de los procesos y capacidades del departamento, y junto con un enfoque hacia la competencia que busque compartir y aprender las innovaciones que permiten la excelencia operacional es que el mantenimiento ha evolucionado a las técnicas más avanzadas en su gestión. (Moubray, 2004)

4.3.3. Mantenimiento de Clase Mundial y la automatización de los procesos productivos.

La automatización de los procesos productivos fue una de las claves de éxito de las empresas japonesas y alemanas frente a sus homólogos estadounidense. Wireman (1990) señala que en un artículo publicado en Plant Engineering Magazine (3/12/78) solo el 20% de las plantas de Estados Unidos contaban con un nivel de automatización igual al de sus competidores. Esta gran ventaja que presentaban sus competidores es una razón más que les hizo perder gran parte del mercado mundial; gracias a la automatización es posible reducir los desperdicios, así como costos y aumentando calidad.

Para mantenimiento significó adoptar un papel protagónico en lograr alcanzar la rentabilidad de estos sistemas. Los costos de adquisición y mantenimiento de las nuevas líneas de producción automatizadas representan una gran parte del patrimonio de las empresas en la actualidad (además de sustentar toda la capacidad productiva de la empresa), por lo que es necesario adoptar una metodología de mantenimiento que asegure su correcto funcionamiento evitando el degradamiento de los equipos.

La automatización no escapa a su aplicación dentro de los departamentos de mantenimiento, un claro ejemplo es el surgimiento de sistemas de análisis bajo condición, tales como: análisis de vibraciones, termografía, radiografía industrial, etc... Por otra parte el surgimiento de sistemas computarizados para la administración del mantenimiento se convierten en la columna vertebral para la gestión de cualquier departamento; una base de datos técnicos de mantenimiento sólida es una de las principales herramientas para hablar de una gestión de clase mundial.(Wireman, 1990)

En resumen, todas las nuevas tendencias del mantenimiento a nivel mundial coinciden en que es necesario sentar las bases que permitan cimentar una buena gestión; a continuación se presentan los pilares del mantenimiento de clase mundial.

Mantenimiento de Clase Mundial (MCM)

Los pilares del MCM son la base estratégica sobre la cual se cimienta la filosofía del mejoramiento continuo;

Templo estructural de WCM

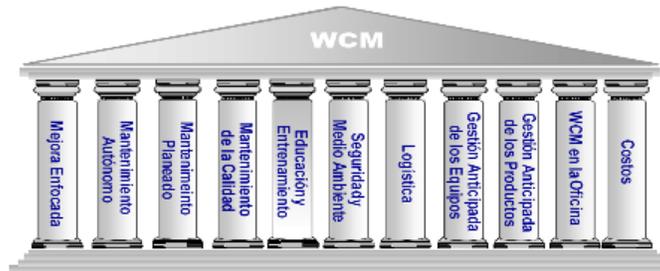


Figura 7. Pilares del Mantenimiento de Clase Mundial.

Fuente: Lección 3 del Curso Administración de Mantenimiento II, Impartido por Ing. Carlos Piedra Santamaría.

4.4. Análisis del Departamento de Mantenimiento.

4.4.1. Diagnóstico de la gestión.

Para que mantenimiento pueda apoyar los sistemas de producción de bienes o servicios y convertirse en un área estratégica para lograr los objetivos de la organización, es necesario que todos los componentes que constituyen al sistema de mantenimiento estén adecuadamente dimensionados y diseñados, y que estos se encuentren en constante reestructuración para suplir las necesidades de los clientes; la mejora continua es el objetivo de mantenimiento y de cualquier organización.

Según los informes deseados por la gerencia de mantenimiento, es necesario definir un sistema de información que defina las necesidades de los usuarios y que permita la evaluación de los criterios del sistema de gestión del mantenimiento.

Durante este proceso se define la naturaleza de los datos a recolectar, si el procedimiento se hará automatizado o manual según los alcances y limitaciones del

sistema, así como los objetivos técnicos del mantenimiento previamente definidos en relación con niveles de confiabilidad, plazos a ser alcanzados y los costos involucrados.

El diagnóstico de la función de mantenimiento se centra en definir el grado de eficiencia en la planificación, control y uso de los recursos disponibles para llevar a cabo una gestión de mantenimiento de calidad (gestión de clase mundial). El mismo debe ser objetivo y sistemático para que de esta manera se pueda definir una “fotografía instantánea” de la situación actual de la gestión (independiente de la función) y así definir la estrategia a seguir para alcanzar los objetivos definidos por la gerencia. (Tavares, 1990)

Es necesario asegurar que los resultados del diagnóstico sean presentados de la manera más clara y concisa, por lo que originalmente fue concebido el “Polígono de Productividad del Mantenimiento” o “Radar de Mantenimiento” para tal fin.

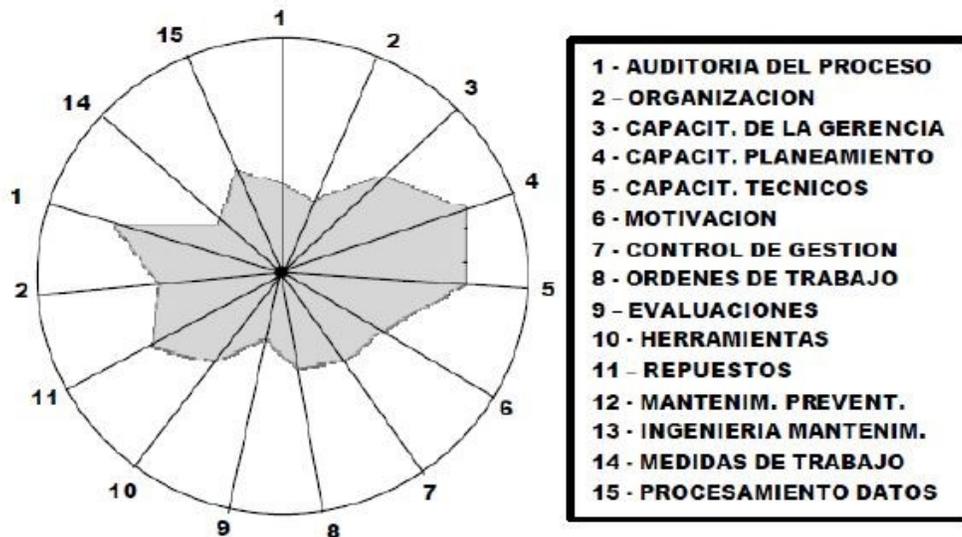


Figura 8. Polígono de Productividad.

Fuente: Libro Administración Moderna del Mantenimiento. (Tavares, 1990)

Para la presente evaluación del área de mantenimiento es necesario el apoyo en una metodología objetiva y concisa que permita determinar no solo las áreas que debe cubrir la gestión, sino que tan bien se hace la labor en estas áreas.

4.4.2. Norma COVENIN 2500 - 93.

Norma venezolana que surgió con el objetivo de definir una serie de criterios que permitieran la definición y homologación de la calidad en la gestión del mantenimiento, bajo el decreto oficial N° 501 con la creación de la Comisión Venezolana de Normas Industriales COVENIN.

La norma consiste en un método cuantitativo para la evaluación de empresas manufactureras ya en funcionamiento. La misma define una serie de áreas de análisis con su respectivo principio básico donde se define la función primordial de mantenimiento según el área, para luego definir una serie de deméritos o condiciones no deseadas que de estar presentes reducen la calificación total del rubro avaluado, en mayor o menor medida según la incidencia.

En una primera clasificación, la norma Covenin define cuatro factores a evaluar los cuales son:

- Organización de la empresa.
- Organización de la función de mantenimiento.
- Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento.
- Competencia del personal.

Luego cada factor se divide en una serie de áreas, y posteriormente se definen los principios básicos a evaluar en la norma; en la siguiente tabla se puede observar tal distribución.

Tabla 3. Organización de la Evaluación de la Norma Covenin 2500 - 93.

Factor	Área	Principio Básico	
Organización de la Empresa	I. Organización de la Empresa	I. 1 Funciones y Responsabilidades. Principios	
		I.2 Autoridad y Autonomía.	
		I.3 Sistemas de Información.	
Organización de la Función de Mantenimiento	II. Organización de Mantenimiento.	II.1 Funciones y Responsabilidades.	
		II.2 Autoridad y Autonomía.	
		II.3 Sistemas de Información.	
Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento.	III. Planificación de Mantenimiento.	III.1 Objetivos y Metas.	
		III.2 Políticas para la planificación.	
		III.3 Control y Evaluación.	
	IV. Mantenimiento Rutinario.	IV.1 Planificación.	
		IV.2 Programación e implementación.	
		IV.3 Control y Evaluación	
	V. Mantenimiento Programado.	V.1 Planificación	
		V.2 Programación e implantación.	
		V.3 Control y evaluación.	
	VI. Mantenimiento Circunstancial.	VI.1 Planificación.	
		VI.2 Programación e implantación.	
		VI.3 Control y evaluación.	
	VII. Mantenimiento Correctivo.	VII.1 Planificación.	
		VII.2 Programación e implantación.	
		VII.3 Control y evaluación.	
	VIII. Mantenimiento Preventivo	VIII.1 Determinación de Parámetros.	
		VIII.2 Planificación.	
		VIII.3 Programación e Implementación.	
		VIII.4 Control y Evaluación.	
	IX. Mantenimiento por Avería.	IX.1 Atención de las fallas.	
		IX.2 Supervisión y Ejecución.	
		IX.3 Información Sobre las Averías.	
	Competencia del Personal	X Personal de Mantenimiento	X.1 Cuantificación de las necesidades del personal
			X.2 Selección y Formación.
			X.3 Motivación e Incentivos.
		XI. Apoyo Logístico	XI.1 Apoyo Administrativo.
			XI.2 Apoyo Gerencial.
XI.3 Apoyo General.			
XII. Recursos		XII.1 Equipos.	
		XII.2 Herramientas.	
		XII.3 Instrumentos.	
		XII.4 Materiales.	
		XII.5 Repuestos.	

Fuente: Norma Covenin 2500 – 93, adaptado por el autor.

4.4.3. Definición y adaptación de las variables de evaluación a utilizar

Para la aplicación de la norma al Departamento de Mantenimiento de Walmart México y CAM en el área de Costa Rica, fue necesario discriminar las áreas de evaluación que son aplicables a la realidad de la organización, así como realizar una serie de adaptaciones a la redacción para adaptarlo a la realidad de Walmart y definir un punto de evaluación de la tercerización del mantenimiento que la norma no toma en cuenta pero que es de suma importancia para el presente caso.

A continuación, se presentan los principios básicos seleccionados definidos por la norma Covenin 2500 – 93.

Organización de la empresa.

Principio Básico.

- **Funciones y responsabilidades:** La empresa posee un organigrama general y por departamento. Se tiene definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización (guardando la relación con su tamaño y complejidad de operación).
- **Autoridad y autonomía:** Las personas asignadas al desarrollo y cumplimiento de las diferentes funciones, cuentan con el apoyo necesario de la dirección de la organización, y tienen la suficiente autoridad para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.
- **Sistemas de información:** La empresa cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que el sistema productivo requiere.

Organización del mantenimiento.

Principio Básico.

- **Funciones y responsabilidades:** La función de mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diversos componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.
- **Autoridad y autonomía:** Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.
- **Sistemas de información:** La organización de Mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos, u otros).

Planificación del mantenimiento.

Principio Básico.

- **Objetivos y metas:** Dentro de la organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.
- **Políticas para la planificación:** La gerencia de mantenimiento ha establecido una política que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persiguen. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.

- **Control y evaluación:** La organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, maquina o equipo en el sistema total.

Mantenimiento Rutinario.

Principio Básico.

- **Planificación:** La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un “stock” de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.
- **Programación e implementación:** Las acciones de mantenimiento rutinario están programados de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso de ventas, las frecuencias de ejecución de las actividades son menores o iguales a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.
- **Control y evaluación:** El Departamento de Mantenimiento dispone de mecanismos que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumpla las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.

Mantenimiento Correctivo.

Principio Básico.

- **Planificación:** La organización cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento correctivo se llevan en una forma planificada. El registro de información de fallas permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.
- **Programación e implementación:** Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia, de manera que cuando ocurra una falla no se pierda tiempo ni se pare la producción. La organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos, personal y proveedores calificados para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva.
- **Control y evaluación:** La organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas-hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.

Mantenimiento Preventivo.

Principio Básico.

- **Determinación de parámetros:** La organización tiene establecido por objetivos lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. La organización dispone de todos los recursos para determinar el método de mantenimiento preventivo a aplicar (periódico, predictivo o Overhaul), así como la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la

determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas (fiabilidad), o de análisis de la condición mediante el control de parámetros de alarma del funcionamiento.

- **Planificación:** La organización dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.
- **Programación e implementación:** Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requieran la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.
- **Control y evaluación:** En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo.

Mantenimiento después de la avería.

Principio Básico.

- **Atención de las fallas:** La organización está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ellos planillas de reporte de fallas, órdenes de trabajo, adjudicación de proveedores, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.
- **Supervisión y ejecución:** Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia en el arreglo de sistemas, inmediatamente después

de la aparición de la falla, en el periodo de prueba. Se cuenta con los diferentes recursos y proveedores para la atención de las averías.

- **Información sobre las averías:** La organización de mantenimiento cuenta con el personal adecuado para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como, analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.

Personal de mantenimiento.

Principio Básico.

- **Cuantificación de las necesidades del personal:** La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.
- **Selección y formación:** La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra) Se tienen establecidos programas permanentes de formación y actualización del personal, para mejorar sus capacidades y conocimientos.
- **Motivación e incentivos:** La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos.

Apoyo logístico

Principio Básico.

- **Apoyo administrativo:** La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de la empresa; en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización.
- **Apoyo Gerencial:** La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia le da a mantenimiento el mismo nivel de las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa.
- **Apoyo General:** La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la organización total, y trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman.

El siguiente punto se redactó apoyándose en la misma norma Covenin 2500 – 93, así como lo expuesto por Amendola en su libro Organización y Gestión del Mantenimiento, capítulo 9 Contratación en Mantenimiento.

Tercerización del mantenimiento.

Principio Básico.

- **Definición contractual de los servicios de mantenimiento a contratar:** La organización de mantenimiento define quién, y cómo se debe contratar la tercerización del mantenimiento, mediante la elaboración de una notificación técnica o manual técnico que defina claramente los trabajos a realizar. La definición del manual técnico responde al cumplimiento de la estrategia del Departamento de Mantenimiento. De igual manera se define la prevención de riesgos laborales y medio ambientales, así como políticas anti corrupción y de confidencialidad.

- **Selección de los proveedores para atender Ot's:** La organización, a través del estudio de las actividades de mantenimiento, determina la carga de trabajo que se requiere tercerizar por la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos. Constantemente se está en búsqueda de nuevos proveedores para asegurar la calidad de los trabajos realizados y evitar el favorecimiento de proveedores en detrimento de los objetivos del Departamento de Mantenimiento.
- **Supervisión y evaluación:** El Departamento de Mantenimiento tiene la capacidad y dispone de mecanismos que permitan llevar anotaciones de los trabajos realizados por los proveedores, llevando registro de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y repuestos utilizados, atendidas por un proveedor. Se lleva un control del nivel de servicio prestado por los proveedores, mediante el registro del cumplimiento de la ejecución de los trabajos, así como el costo de los mismos.

4.4.4. Escala de evaluación.

Una vez que la norma es aplicada al Departamento de Mantenimiento, se obtiene una calificación porcentual la cual define la madurez de la gestión con respecto a estándares de mantenimiento de clase mundial, según una escala de evaluación. Es importante recalcar que la nota obtenida se define mediante una serie de deméritos que reduce el puntaje total de cada principio básico. La norma Covenin 2500 - 93 define demérito como “aquel aspecto parcial referido a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de este no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total de dicho principio”

La norma Covenin 1980 – 89 define una escala numérica para la norma Covenin 2500 – 93, permitiendo seguir con la misma lógica de evaluación. La misma define la escala con un rango que va de 0% a 100% con los siguientes criterios de clasificación de la gestión del mantenimiento modificados por el autor. Los cuatro niveles de evaluación definidos son:

- Excelente (90% - 100%): Gestión del mantenimiento de clase mundial. Nivel de operación óptimo.
- Buena (70% - 89%): Gestión del mantenimiento con tendencias a nivel de clase mundial. Existe un sistema de gestión que permite un nivel de operación bueno, con algunas áreas por fortalecer, por lo que existen algunas oportunidades de mejora.
- Regular (50% - 69%): Existe una gestión del mantenimiento básica, desconociendo las mejores prácticas de clase mundial y las nuevas filosofías del mantenimiento. Existen varias oportunidades de mejora. Nivel de operación promedio.
- Mala (0% - 49%): La gestión del mantenimiento es deficiente, entorpeciendo el nivel óptimo de operación llevándolo por debajo del promedio. Existen muchas oportunidades de mejora.

4.4.5. Formato de la ficha de evaluación.

La norma define una ficha de evaluación para facilitar la aplicación y posterior análisis del perfil de la empresa. La ficha presenta de manera estructurada los valores obtenidos de la aplicación del cuestionario.

Inicialmente se cuentan con una serie de columnas donde se estructura la información; en las columnas A, B y C se presentan las áreas de evaluación, los principios básicos y el puntaje total por principio básico respectivamente. Luego se tiene la columna D que a su vez se divide en D_1 a D_n número de casillas para ingresar los valores de los deméritos evaluados para cada principio básico, en este caso $n=10$ columnas. En la columna E se encuentra la sumatoria de los puntajes de los deméritos evaluados, luego en la columna F se da el resultado de restar el puntaje de la columna C con el de la columna E. Por último, se calcula el porcentaje obtenido con respecto al valor total de la columna C, y en la columna G, que a su vez está dividida en 10 columnas, se muestra gráficamente el valor del porcentaje obtenido.

4.4.6. Metodología para la aplicación de la Norma Covenin 2500 – 93.

La metodología que se utilizó para la aplicación de la norma Covenin 2500 – 93 consistió en:

- Definir los colaboradores del Departamento de Mantenimiento que tienen una relación con las diferentes áreas evaluadas.
- Realizar un estudio preliminar de la situación actual del Departamento de Mantenimiento para tener una idea clara de la posible situación a encontrar y así poder validar los resultados obtenidos de norma Covenin 2500 – 93.
- Definir las entrevistas necesarias por obtener todos los datos requeridos por la norma Covenin 2500 – 93; y realizar estas cumpliendo un papel de guía sin interferir con la lógica de análisis del entrevistado.
- Recolectar los datos y tabularlos en la ficha de evaluación.
- Analizar de los datos tabulados mediante la escala de evaluación definida.
- Enumerar las posibilidades de mejora encontradas y definir estrategias para la alcanzarlas.

4.4.7. Resultados obtenidos de la aplicación de la Norma Covenin 2500 – 93.

En la presente sección se muestra una tabla con el resumen de los resultados obtenidos de la aplicación del cuestionario de la norma Covenin 25000 – 93 y evaluado con la norma 1980 – 89.

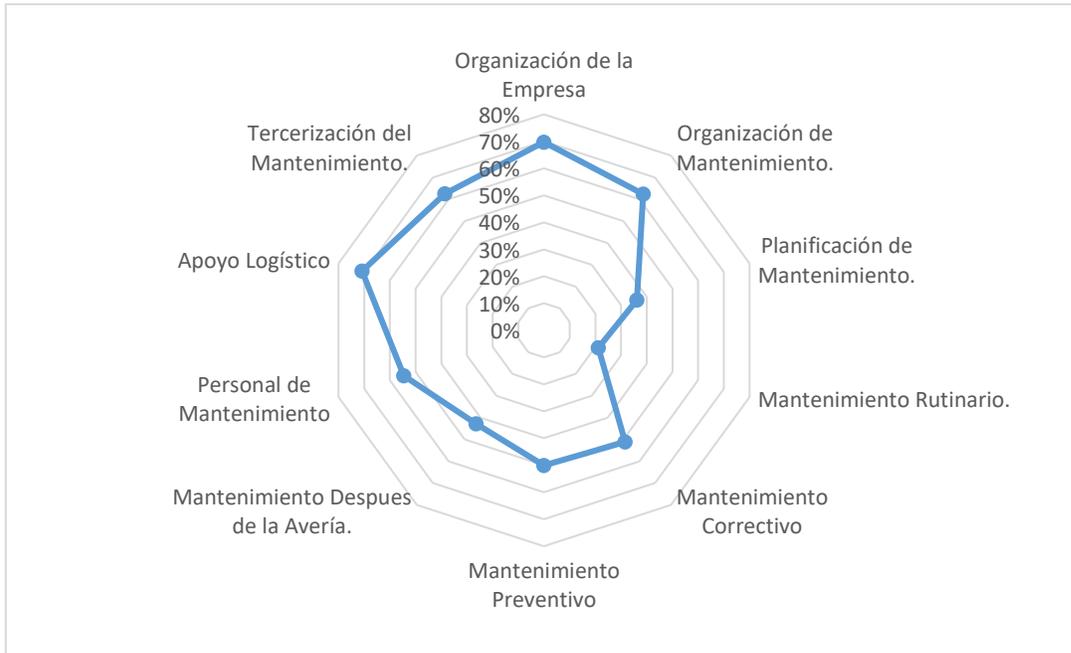
Tabla 4. Resultados Obtenidos de la Aplicación de Norma Covenin a Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.

Área	Descripción	% obtenido	Escala de Medición
I	Organización de la Empresa	70%	Buena
II	Organización de Mantenimiento.	62%	Regular
III	Planificación de Mantenimiento.	36%	Mala
IV	Mantenimiento Rutinario.	21%	Mala
V	Mantenimiento Correctivo	51%	Regular
VI	Mantenimiento Preventivo	50%	Regular
VII	Mantenimiento Después de la Avería.	43%	Mala
VIII	Personal de Mantenimiento	55%	Regular
IX	Apoyo Logístico	71%	Buena
X	Tercerización del Mantenimiento.	63%	Regular
Nota Global		52%	Regular

Fuente: Elaboración Propia.

Para un mejor entendimiento de los datos obtenidos, se presentan los mismos utilizando el Polígono de Productividad del Mantenimiento.

Gráfica 1. Polígono de Productividad del Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.



Fuente: Elaboración Propia.

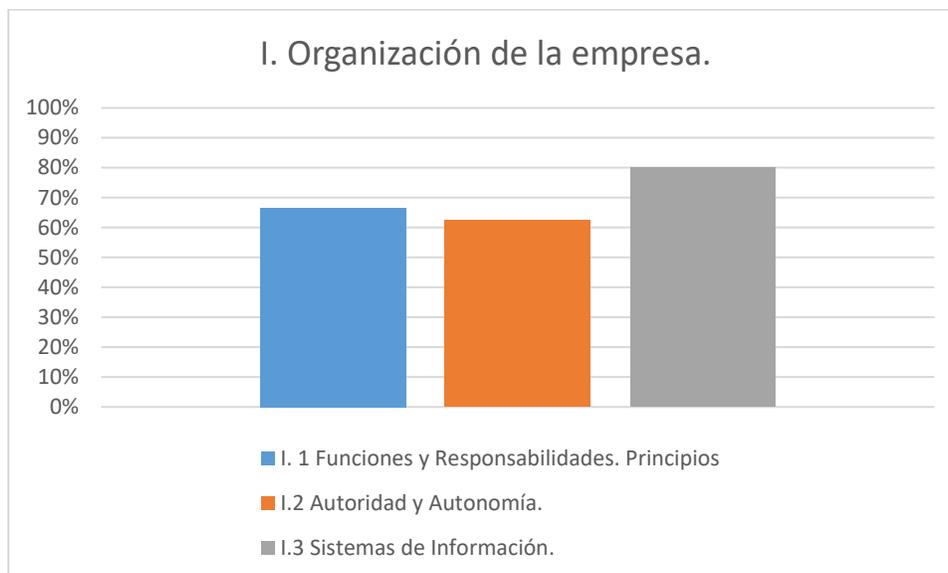
Análisis de los resultados.

Para el análisis se utilizan como insumos los resultados cuantitativos obtenidos por la norma Covenin, así como el análisis previo que se realizó del Departamento de Mantenimiento para determinar cualitativamente la situación actual. Finalmente se obtiene un diagnóstico acertado del Departamento de Mantenimiento por áreas, lo que facilita la definición de objetivos para mejorar la gestión.

Se presentan los resultados de la norma Covenin mediante gráficos de barras de los puntajes obtenidos por área para facilitar su análisis.

Área I. Organización de la empresa.

Gráfica 2. Resultados de Área I. Organización de la Empresa.



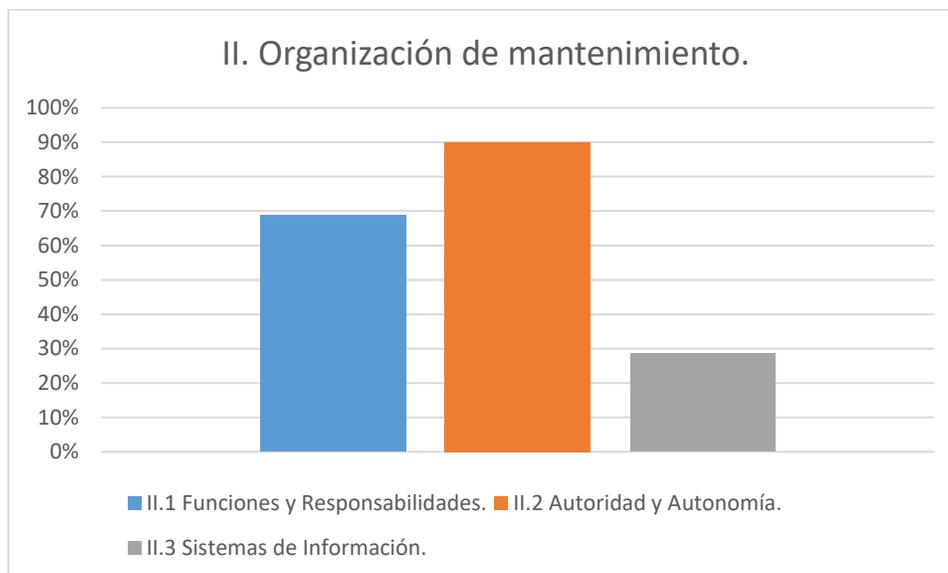
Fuente: Elaboración Propia.

Walmart CAM es una organización sumamente grande donde participan gran cantidad de departamentos con diferentes colaboradores. Cada departamento suele tener sus propios objetivos y muchas veces estos no están alineados con los de los demás departamentos. Tal situación se ve reflejada en el gráfico anterior, existe un organigrama general y están definidas las funciones de cada departamento, pero se dan el surgimiento de iniciativas en otros departamentos que afectan directamente la gestión del mantenimiento sin tomar opinión de los colaboradores del Departamento de Mantenimiento y sin fundamentación técnica de las nuevas filosofías del mantenimiento. Esta situación muchas veces lejos de mejorar la gestión, la entorpece.

La organización cuenta con sistemas de información bastante robustos para el control de la información en cada departamento, pero la falta de una base de datos consolidada dificulta muchas veces la obtención de datos sensibles para llevar a cabo una buena gestión del mantenimiento.

Área II. Organización del mantenimiento.

Gráfica 3. Resultados de Área II. Organización de Mantenimiento.



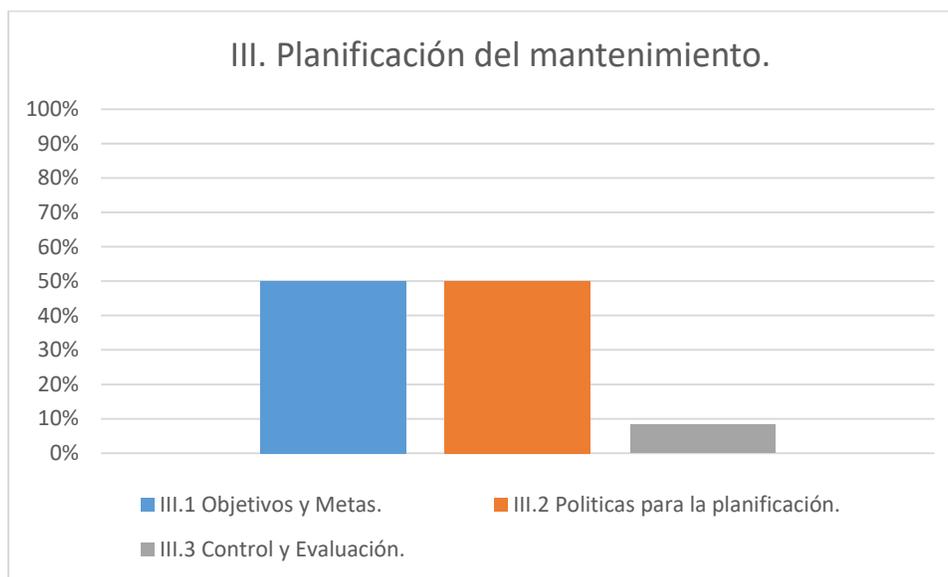
Fuente: Elaboración Propia.

El Departamento de Mantenimiento tiene bien definidos cuales son las funciones y responsabilidades para cada asociado del departamento, pero muchas veces estos desconocen en su totalidad estas responsabilidades debido a que no se cuentan por escrito para su consulta. La cantidad de asociados no está acorde con el volumen de trabajo y la gran distribución geográfica de la organización lo que provoca que muchas veces las tareas de supervisión no lleguen hasta el último nivel necesario para cumplir con los objetivos del departamento.

Por otra parte, el sistema de información con el que cuenta el Departamento de Mantenimiento es deficiente, no existen mecanismos que eviten que la información se ingrese de manera errónea por lo que la información con la que se cuenta no siempre es del todo fiable. Únicamente se lleva un control de costos del Departamento de Mantenimiento orientado a las necesidades del departamento de financiero – contable, por lo que los datos no aportan importancia para la gestión.

Área III. Planificación del mantenimiento.

Gráfica 4. Resultados de Área III. Planificación del Mantenimiento.



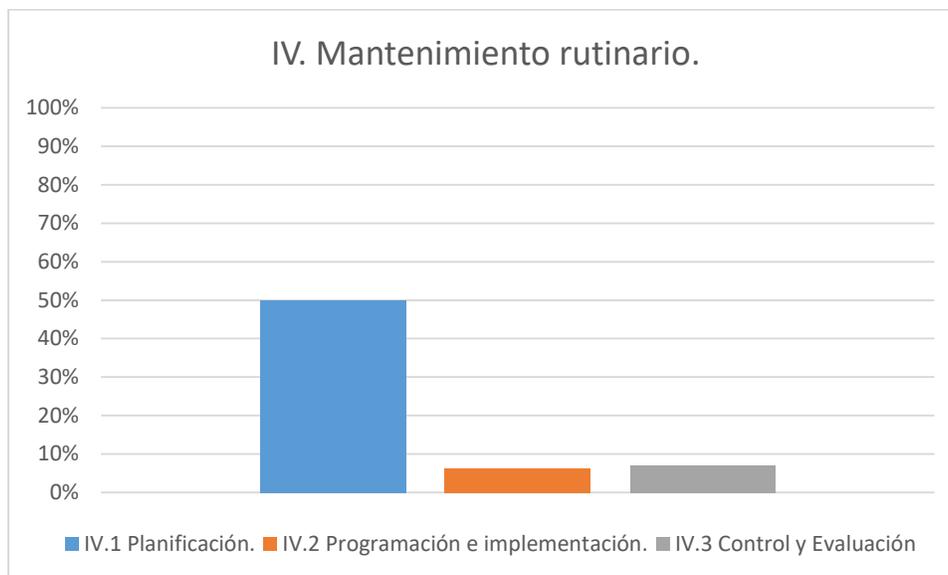
Fuente: Elaboración Propia.

En esta área se obtuvo un puntaje bajo, esto debido a que a pesar de que la gerencia de mantenimiento tiene claramente definido cuáles son los objetivos a alcanzar, el plan estratégico para lograrlo no está detalladamente definido y no es del conocimiento de todos los colaboradores, lo que resta claridad a todos los miembros del Departamento de Mantenimiento.

En el control y evaluación de la planificación se obtuvo el valor más bajo de los tres rubros, esto se debe a que el departamento carece de un sistema de codificación e información que facilite la recolección de la información para su posterior análisis. No se cuentan con historiales de fallas, tiempos de parada y tiempos de reparación, datos necesarios para la planificación del mantenimiento. La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.

Área IV. Mantenimiento Rutinario.

Gráfica 5. Resultados de Área IV. Mantenimiento Rutinario.



Fuente: Elaboración Propia.

Esta es una de las áreas que obtuvo las calificaciones más bajas. La organización de mantenimiento no tiene definidas tareas de mantenimiento rutinario siendo el departamento de operaciones que define cuales son las tareas a realizar (en su mayoría de limpieza). El mantenimiento rutinario no se tiene definido en el departamento, por lo que no se puede determinar su incidencia en el sistema y su relación con los demás tipos de mantenimiento. En el caso del rubro de planificación se obtuvo una nota mayor debido a que en los formatos de tienda Walmart existe la figura de un auxiliar de mantenimiento que cuenta con una rutina que debe cumplir, ya establecida y planificada por el departamento, pero de la misma no se extrae la información de valor técnico para el departamento, y además los Walmart son 9 tiendas de 260 que existen en el país entre los diferentes formatos por lo que los alcances del mantenimiento rutinario son muy limitados.

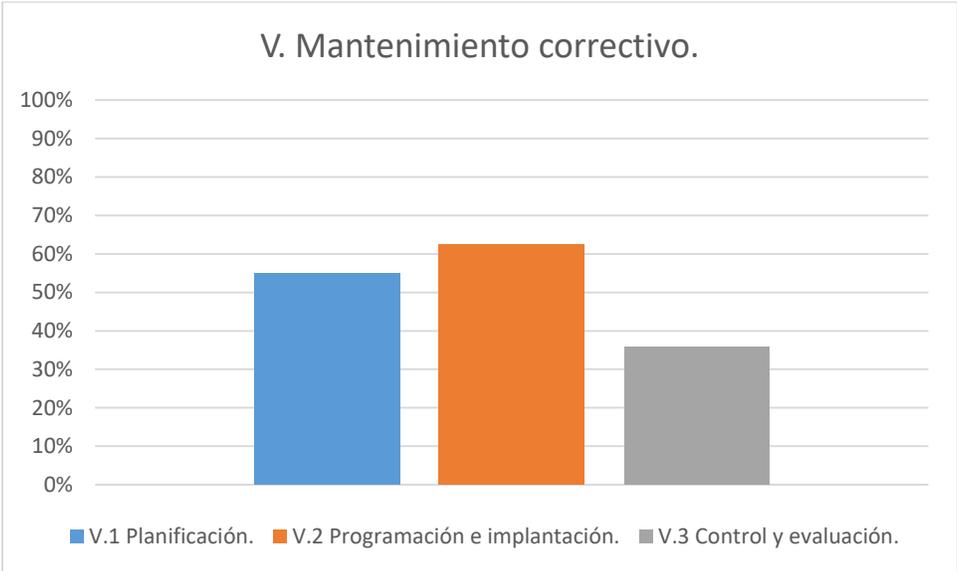
La gran importancia del mantenimiento rutinario como un primer acercamiento al activo para determinar el estado del equipo y generar tareas de mantenimiento correctivo y preventivo, así como buenas prácticas de operación, son totalmente

desaprovechado por el Departamento de Mantenimiento lo que dificulta aún más determinar el estado de los equipos que requieren de la intervención del mantenimiento.

Nuevas técnicas y filosofías del mantenimiento como el TPM (Mantenimiento Productivo Total) hacen hincapié en la gran importancia de un programa de mantenimiento rutinario con miras a alcanzar un estatus de mantenimiento autónomo (Jishu Hosen) como pilar para alcanzar el estado de “cero averías”.

Área V. Mantenimiento Correctivo.

Gráfica 6. Resultados de Área V. Mantenimiento Correctivo.



Fuente: Elaboración Propia.

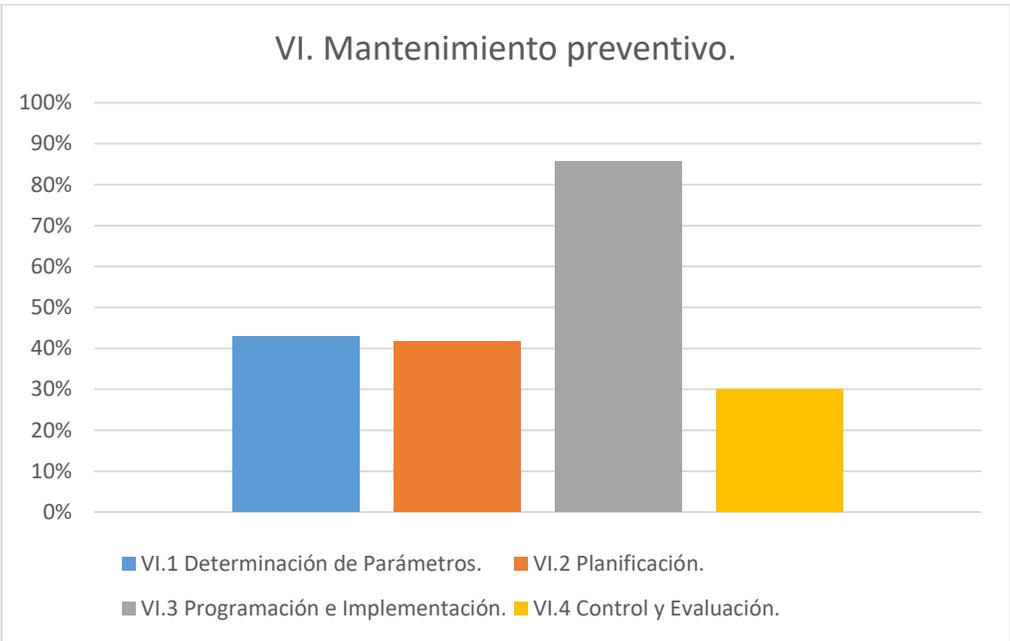
Para el mantenimiento correctivo se obtuvieron resultados que denotan conciencia de los objetivos que se buscan alcanzar con su aplicación, pero no se recolectan los datos técnicos que permitan definir una estrategia detallada para alcanzar tales objetivos. No se lleva un registro de las fallas para poder clasificar cuáles de estas son recurrentes y planificar acciones para su corrección.

Los proveedores cuentan con el conocimiento técnico para poder llevar a cabo las tareas de mantenimiento correctivo, pero la falta de datos técnicos para su

planificación entorpece la ejecución del mismo debido a una deficiente distribución de los tiempos. A su vez esto perjudica su posterior control y evaluación debido a que los supervisores de mantenimiento no tienen definidos cronogramas de visitas según los trabajos de correctivo a aplicar, por lo que no se evalúa con regularidad los trabajos realizados y no se obtienen los datos necesarios para definir la gestión de este modo de mantenimiento y su continuo mejoramiento.

Área VI. Mantenimiento Preventivo.

Gráfica 7. Resultados de Área VI. Mantenimiento Preventivo.



Fuente: Elaboración Propia.

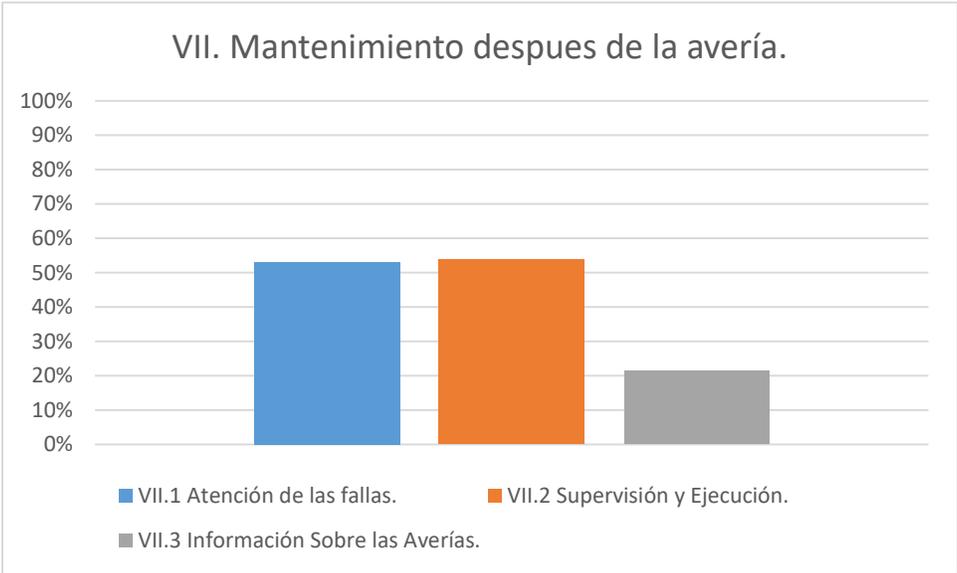
En la aplicación del mantenimiento preventivo se obtuvieron valores bajos, esto aun cuando existen en el departamento programas establecidos de preventivo para ciertos equipos. Esto se debe a que no se utilizan los datos técnicos que arroja el sistema productivo para su definición, lo que provoca que las rutinas preventivas no se adapten a la realidad técnica del equipo y las necesidades y nivel servicio que operación define. Bajo este escenario se tiende al sobre mantenimiento que lejos de mejorar los parámetros de funcionamiento de los equipos, los perjudica.

El Departamento de Mantenimiento no lleva a cabo estudios de confiabilidad y mantenibilidad que permitan evaluar la efectividad del mantenimiento preventivo aplicado, por lo que muchas veces existe una falta de visibilidad de los resultados obtenidos y de si estos cumplen con los objetivos planteados por la gerencia de mantenimiento.

No existe una metodología coherente para la definición de los planes de mantenimiento preventivo de los equipos, esto al carecer de estudios de criticidad de equipos actualizados para enfocar los recursos disponibles y técnicas de mantenimiento como el RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad) para definir tareas proactivas adecuadas evitando el sobre mantenimiento.

Área VII. Mantenimiento después de la avería.

Gráfica 8. Resultados de Área VII. Mantenimiento Después de la Avería.



Fuente: Elaboración Propia.

En los últimos años la gestión del Departamento de Mantenimiento se ha centrado en la administración de esta técnica del mantenimiento, con sus respectivas consecuencias. Los activos han sufrido una acelerada degradación de sus funciones lo que ha generado cargas de trabajo insostenibles para el departamento. Esto se ve reflejado en los resultados obtenidos en la evaluación de este rubro. La

atención de las fallas críticas se realiza de una manera rápida, resolviendo el problema en tiempos aceptados por la operación; pero en el caso de las fallas que no se consideran críticas tardan hasta meses en ser atendidas, o del todo no se tratan. Esto genera gran malestar entre los puntos de venta, que son los clientes directos del Departamento de Mantenimiento.

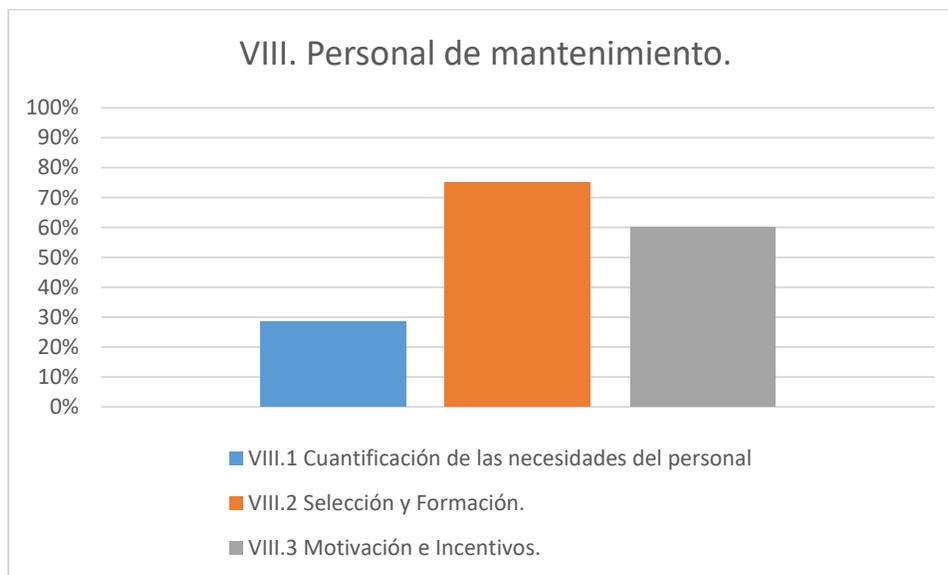
El gran volumen de trabajo complica las tareas de supervisión, por lo que en muchos de los trabajos realizados por los proveedores el control y evaluación es deficiente.

Debido a que gran parte de los trabajos realizados son de mantenimiento después de la avería, la definición de un presupuesto de mantenimiento se dificulta por la alta variabilidad de los costos, y esto aunado a la definición mensual del presupuesto disponible para mantenimiento, dificulta aún más la gestión.

Al igual que en las demás técnicas de mantenimiento aplicadas por el departamento, no existe historiales de los trabajos realizados, lo que representa una clara debilidad ya que no es posible el estudio de las fallas para su eventual prevención o corrección. La falta de indicadores no permite una evaluación adecuada de este tipo de mantenimiento por activo, lo que no permite determinar su incidencia y relación con las demás modalidades del mantenimiento.

Área VIII. Personal de mantenimiento.

Gráfica 9. Resultados de Área VIII. Personal de Mantenimiento.



Fuente: Elaboración Propia.

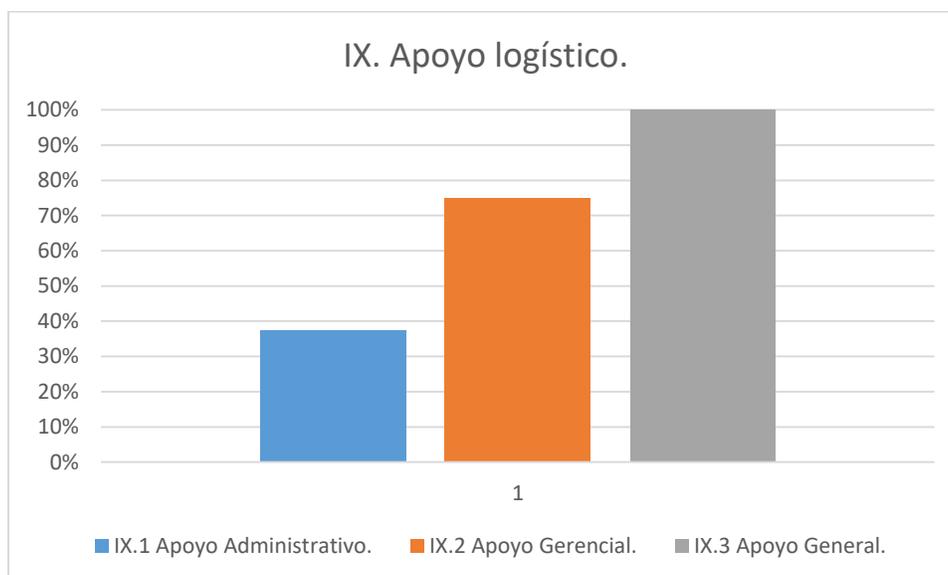
El personal de mantenimiento del departamento se limita al control y supervisión de las tareas realizadas; la ejecución de los trabajos se realiza en un 100% por contratación externa a la organización.

En el gráfico podemos ver valores bajos para la cuantificación de las necesidades de personal para ejercer una correcta supervisión de los trabajos ejecutados. La actualización del número de puntos de venta que debe cubrir los supervisores y coordinadores no se actualiza desde hace mucho tiempo, y no se utilizan los datos que arroja el sistema productivo para la cuantificación de las necesidades de mantenimiento.

En el caso de la motivación e incentivos, el personal cuenta con programas regulares de capacitaciones y sistemas de incentivos laborales en función de los resultados obtenidos en sus puestos laborales, pero manifiestan que es necesario fortalecerlos.

Área IV. Apoyo logístico.

Gráfica 10, Resultados de Área IV. Apoyo Logístico.



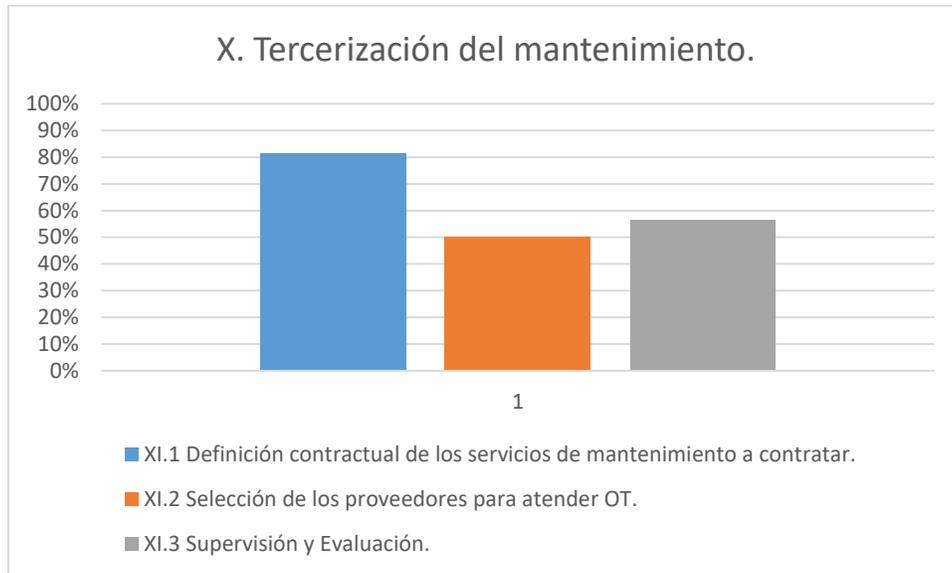
Fuente: Elaboración Propia.

El Departamento de Mantenimiento debe llevar a cabo el mantenimiento de todos los puntos de venta mediante un presupuesto que se define mensualmente. Esto dificulta la gestión del mantenimiento debido a que la planificación de los trabajos debe hacerse de manera expedita para no quedar con un superávit al final del mes y perder recursos; y la posibilidad de proyectar y calendarizar trabajos depende en su totalidad de un presupuesto que se desconoce.

Mantenimiento cuenta con el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización para la toma de decisiones y definición de proyectos. Aun así, la organización no se da cuenta de la oportunidad de negocio que el mantenimiento representa y se sigue teniendo un concepto de que solo son los encargados de reparar lo que se descomponga. Esta situación limita los alcances del mantenimiento.

Área X Tercerización del mantenimiento.

Gráfica 11. Resultados de Área X. Tercerización del Mantenimiento.



Fuente: Elaboración Propia.

Walmart es una organización con un fuerte marco legal y administrativo para la contratación de sus proveedores. Las políticas de confidencialidad y anti-corrupción han sido ampliamente estudiadas y desarrolladas para la protección de la empresa y sus clientes. En el caso de mantenimiento esto no es la excepción.

El departamento no utiliza procedimientos estandarizados para la definición de los alcances del mantenimiento a contratar. No se hace un estudio de los historiales de reparación para definir precios de contratación y carga de trabajo. En la definición del mantenimiento preventivo a contratar, no se hace un análisis de los datos que arroja el sistema para definir las tareas mínimas necesarias para asegurar la confiabilidad de los equipos. Esto acarrea que los mantenimientos contratados no satisfagan completamente a los puntos de venta.

4.4.8. Ficha de evaluación de la Norma Covenin 2500 – 93.

Se presenta la ficha de evaluación para que se puedan ver en detalle los resultados obtenidos por el Departamento de Mantenimiento, así como la nota global para el departamento; la misma se puede consultar en la sección de Apéndice.

Se obtuvo un resultado global de 52% lo que denota una gestión regular del mantenimiento. Eso permite pensar que existen gran cantidad de propuestas para mejorar la gestión, muchas de estas ya están siendo desarrolladas por la gerencia de mantenimiento, por lo que el presente proyecto apoyará y definirá los objetivos necesarios para alcanzar los objetivos del departamento.

A continuación, la ficha de evaluación completa.

A	B	C	D(D1+D2+...+Dn)										E	F		G %											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				Total	Pts	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90
I. Organización de la Empresa	I.1 Funciones y Responsabilidades. Principios	60	0	10	10									20	40	67%											
	I.2 Autoridad y Autonomía.	40	0	0	5	10								15	25	63%											
	I.3 Sistemas de Información.	50	10	0	0	0	0	0						10	40	80%											
II. Organización de Mantenimiento.	II.1 Funciones y Responsabilidades.	80	0	10	5	0	5	5						25	55	69%											
	II.2 Autoridad y Autonomía.	50	0	0	0	5								5	45	90%											
	II.3 Sistemas de Información.	70	0	10	15	10	10	5						50	20	29%											
III. Planificación de Mantenimiento.	III.1 Objetivos y Metas.	70	0	20	10	5								35	35	50%											
	III.2 Políticas para la planificación.	70	20	10	5	0								35	35	50%											
	III.3 Control y Evaluación.	60	10	10	10	5	5	5	5	5				55	5	8%											
IV. Mantenimiento Rutinario.	IV.1 Planificación.	100	10	20	10	0	0	10						50	50	50%											
	IV.2 Programación e implementación.	80	15	10	10	10	10	5	10	5				75	5	6%											
	IV.3 Control y Evaluación	70	10	15	5	5	5	5	20					65	5	7%											
V. Mantenimiento Correctivo	V.1 Planificación.	100	15	30	0	0								45	55	55%											
	V.2 Programación e implantación.	80	10	0	20	0								30	50	63%											
	V.3 Control y evaluación.	70	5	15	10	15								45	25	36%											
VI. Mantenimiento Preventivo	VI.1 Determinación de Parámetros.	140	0	10	20	20	10	0	10	10	0			80	60	43%											
	VI.2 Planificación.	60	10	10	15									35	25	42%											
	VI.3 Programación e Implementación.	70	0	0	0	0	10							10	60	86%											
	VI.4 Control y Evaluación.	60	7	15	10	10								42	18	30%											
VII. Mantenimiento Despues de la Avería.	VII.1 Atención de las fallas.	100	10	20	10	0	7	0						47	53	53%											
	VII.2 Supervisión y Ejecución.	65	10	5	5	5	5							30	35	54%											
	VII.3 Información Sobre las Averías.	70	20	10	15	10								55	15	21%											
VIII. Personal de Mantenimiento	VIII.1 Cuantificación de las necesidades del personal	70	30	10	10									50	20	29%											
	VIII.2 Selección y Formación.	80	0	0	0	10	0	0	0	10				20	60	75%											
	VIII.3 Motivación e Incentivos.	50	0	0	10	10								20	30	60%											
IX. Apoyo Logístico	IX.1 Apoyo Administrativo.	40	10	10	0	5	0							25	15	38%											
	IX.2 Apoyo Gerencial.	40	0	5	5	0	0							10	30	75%											
	IX.3 Apoyo General.	20	0	0										0	20	100%											
XI. Tercerización del Mantenimiento.	XI.1 Definición contractual de los servicios de mantenimiento a	80	0	15	0	0								15	65	81%											
	XI.2 Selección de los proveedores para atender OT.	60	10	10	0	0	0	10						30	30	50%											
	XI.3 Supervisión y Evaluación.	80	0	0	20	15								35	45	56%											

Figura 9. Ficha de Evaluación de Norma Covenin 2500 - 93.

Fuente: Norma Covenin 2500 – 96, adaptado por el autor.

4.4.9. Áreas a impactar con las propuestas de gestión del mantenimiento.

La principal deficiencia en la gestión del mantenimiento radica en la falta de recaudación de datos y definición de indicadores que guíe a la alta gerencia de mantenimiento en la definición de una estrategia para alcanzar los objetivos propuestos. Debido a esta situación se propone un modelo de gestión apoyado en la herramienta del “Balanced Scorecard” para dar coherencia a la estrategia y un sistema de evaluación del trabajo realizado mediante un sistema de indicadores para cada objetivo propuesto, con sus respectivos niveles de cumplimiento y encargados de alcanzarlos.

Se propone la estandarización de procedimientos que permita una gestión más eficiente en la programación y ejecución del mantenimiento después de la avería, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Por último, se propone la implementación de la técnica de mantenimiento RCM, que permita una definición adecuada de los programas de mantenimiento preventivo para asegurar la satisfacción de la operación y limitar el sobre mantenimiento sobre los activos definiendo la combinación ideal de tareas proactivas y reactivas, esto para reducir los costos integrales del departamento al punto de equilibrio, como se observa en la siguiente gráfica.

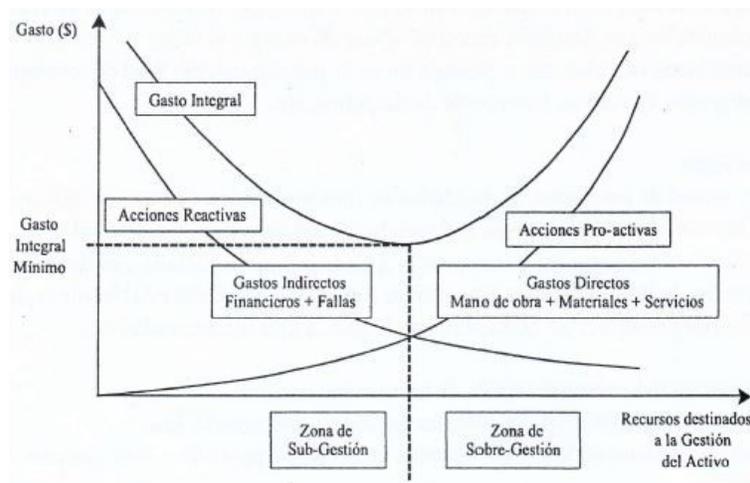


Figura 10. Variación de Gastos Integrales del Mantenimiento.

Fuente: Libro Manual de Mantenimiento. (Tavares, 1990)

A continuación, se presenta una tabla resumen con las propuestas de mejora por área de evaluación de la norma Covenin.

Tabla 5. Propuestas de Mejora para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.

Área	Descripción	% obtenido	Propuesta
III	Planificación de Mantenimiento.	36%	Desarrollo de BSC que permita la definición clara de la estrategia de mantenimiento y su posterior evaluación.
IV	Mantenimiento Rutinario.	21%	Implementación del RCM para definir tareas rutinarias de operación.
V	Mantenimiento Correctivo	51%	Implementación del RCM para definir tareas correctivas de mantenimiento. Definición de procedimientos estandarizados.
VI	Mantenimiento Preventivo	50%	Implementación del RCM para definir tareas proactivas de mantenimiento. Definición de procedimientos estandarizados.
VII	Mantenimiento Después de la Avería.	43%	Implementación del RCM para definir tareas reactivas de mantenimiento. Definición de procedimientos estandarizados.

Fuente: Elaboración propia.

5. Gestión y estandarización de los procesos de mantenimiento.

“La gestión de procesos es una forma sistémica de identificar, comprender y aumentar el valor agregado de los procesos de la empresa para cumplir con la estrategia del negocio y elevar el nivel de satisfacción de los clientes.” Bravo (1999, pag 14)

Sistemáticamente la gestión de procesos permite el aumento de la productividad de la empresa integrando la estrategia, personas, procesos, estructura y tecnología; apoyando el control de las variables claves de tiempo, calidad y costo. Ayuda evaluar cómo se están llevando a cabo los procesos, identificando, midiendo, describiendo y relacionando las posibles oportunidades de mejora.

La mayor productividad se ha convertido en la meta a conseguir por todas organizaciones en la actualidad. Producción con mayor rapidez, mayor calidad y a un menor costo es la única manera de poder competir y ser una opción válida en el mercado.

Un proceso, más allá de un conjunto de actividades, nos ayuda a entender el fin de la tarea que llevamos a cabo, esto es conocido como la “visión de proceso”. Esta visión horizontal de la organización nos dé la respuesta a un ciclo completo, desde que el cliente tiene una necesidad hasta la misma es suplida satisfactoriamente.

Actualmente es tan importante la gestión de procesos que la misma es considerada en la redacción de la Norma ISO 9001 desde el año 2000, donde define (ISO 9001-2008, p vi):

“Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que determinar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad o un conjunto de actividades que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso. Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso.

La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacciones de estos procesos, así como su gestión para producir el resultado deseado, puede denominarse como [enfoque basado en procesos]”.

Son dos los documentos que suelen utilizarse para la definición de un proceso:

- Diagrama de Flujo: se desarrolla un diagrama donde se especifican las diferentes tareas de un proceso con su consecución, responsables y documentos generados.
- Ficha de proceso: se define toda información que escapa de los alcances del diagrama de flujo, y que son necesarios para comprender el proceso.

5.1 Diagramas de flujo.

El MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica) define en su “Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo” a este como: “una representación gráfica mediante la cual se representan las distintas operaciones de que se compone un procedimiento o parte de él, estableciendo su secuencia cronológica. Clasificándolos mediante símbolos según la naturaleza de cada cual”.

La simbología utilizada para la representación de los diagramas de flujo se encuentra normada bajo varias instituciones, a continuación, se muestra la simbología utilizada por el Instituto Nacional de Normalización Estadounidense (ANSI por sus siglas en ingles).

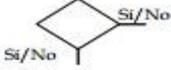
Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	Inicio / Fin	Indica el inicio y el final del diagrama de flujo.
	Operación / Actividad	Símbolo de proceso, representa la realización de una operación o actividad relativas a un procedimiento.
	Documento	Representa cualquier tipo de documento que entra, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Datos	Indica la salida y entrada de datos.
	Almacenamiento / Archivo	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo.
	Decisión	Indica un punto dentro del flujo en que son posibles varios caminos alternativos.
	Líneas de flujo	Conecta los símbolos señalando el orden en que se deben realizar las distintas operaciones.
	Conector	Conector dentro de página. Representa la continuidad del diagrama dentro de la misma página. Enlaza dos pasos no consecutivos en una misma página.
	Conector de página	Representa la continuidad del diagrama en otra página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente en la que continua el diagrama de flujo.

Figura 11, Simbología para Diagramas de Flujo según ANSI.

Fuente: Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo. MIDEPLAN.

Las propuestas de los procesos de Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM para la región de Costa Rica se realizarán utilizando esta simbología ya que es la utilizada por el departamento.

5.2. Fichas de Proceso

La ficha de proceso es un documento que sirve de apoyo al diagrama de flujo para indicar todos los datos relevantes para comprender y llevar a cabo dicho procedimiento. Se incluyen elementos básicos como entradas, salidas, indicadores de proceso o control y de resultados.

Su análisis parte del mapa elaborado por el diagrama de flujo. La misma definirá los elementos claves del proceso de manera simple.

A continuación, se presenta una tabla con los datos a considerar en una ficha técnica.

Nombre del proceso	Es la denominación por la cual identificaremos al proceso.
Descripción	Se trata de definir el proceso dando una idea general de sus partes o propiedades.
Misión/objetivo	Es el objetivo del proceso, el fin último para el cual está diseñado. Debe relacionarse con las necesidades de los clientes/usuarios.
Responsable	Persona de la Unidad o Servicio que tiene la responsabilidad sobre la correcta ejecución del proceso
Destinatario	Clientes /usuarios a los que se presta el servicio. Se indicará brevemente las necesidades que se pretenden cubrir.
Inicio/Fin	El comienzo es el evento que pone en marcha el proceso. El fin es la entrega al cliente/usuario del producto o servicio finalizado.
Entradas	Documentos, registros, recursos que en algún momento hacen su entrada en el proceso y que son necesarios para el desarrollo del mismo.
Salidas	Documentos, registros, productos, resultados intermedios del proceso que tienen su origen en el proceso.
Indicadores	Son magnitudes utilizadas para medir o comparar los resultados efectivamente obtenidos, en la ejecución de un proyecto, programa o actividad.
Registros	Son documentos que presentan resultados obtenidos o proporcionan evidencia de actividades desempeñadas.
Procedimientos asociados	Se relacionan todos aquellos procedimientos al proceso.
Aplicación informática	Especificar en el caso de que el proceso se sustente, en parte o en todo, en una aplicación informática.

Figura 12. Información General en una Ficha Técnica.

Fuente: Guía para Identificación y análisis de procesos – Universidad de Cádiz.

5.3 Procesos a estandarizar para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM para la región de Costa Rica.

Como parte de las mejoras propuesta al Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM para la región de Costa Rica, se realizará la gestión de los procesos para las técnicas de mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo; esto debido a que se identificaron como debilidades en el diagnóstico inicial al departamento. No se incluirá el mantenimiento rutinario debido a que este no es definido por el Departamento de Mantenimiento sino por el departamento de eficiencia operativa, y existe ya una iniciativa en la organización para la definición de mejores procedimientos.

Se utilizarán los diagramas de flujo para la representación de los procedimientos; por motivo de limitaciones de tiempo el diseño de las fichas técnicas no será abordado, pero se recomienda su desarrollo posterior en una segunda etapa del proyecto.

La metodología a utilizar para el desarrollo de los diagramas de flujo seguirá la siguiente lógica:

- Conformación de grupos de trabajo con los asociados que participen activamente en el procedimiento, para la definición del mismo.
- Delimitación de los procedimientos mediante la identificación de la primera y última tarea.
- Definición de los pasos llevados a cabo cronológicamente para el desarrollo del procedimiento, definiendo los responsables.
- Construcción del diagrama de flujo con cada uno de los pasos que lo conforma, respetando su orden cronológico, responsables y la simbología ANSI.

Los diagramas de flujo para cada procedimiento propuesto se encuentran en la sección de apéndice del presente documento.

6 Propuesta para la gestión del mantenimiento basada en la herramienta del Balanced Scorecard (Maintenance Scorecard)

6.1. Balanced Scorecard y su papel en la integración de los diferentes aspectos de evaluación de la gestión empresarial.

Recientemente la gestión empresarial se enfocaba en el aspecto financiero, considerado el más relevante y muchas veces el único para la evaluación del desempeño.

Hoy en día los cambios bruscos en el ámbito competitivo, junto con un incremento en las tendencias globalizantes y el rápido desarrollo de tecnologías de punta, potencian las rivalidades, amenazas y poderes de los diferentes actores de los sectores industriales.

Ante esta incertidumbre, el viejo enfoque financiero de la gestión se queda corto en su accionar, y es necesario para las organizaciones implementar herramientas gerenciales para la gestión que sean integradoras de las diferentes áreas que componen la empresa, así como del personal involucrado, e interrelacionada cercanamente con el cliente, con énfasis en el logro de la excelencia a nivel de procesos, que permita obtener el resultado financiero deseado. Todo esto con una capacidad de ajustar el rumbo estratégico de la empresa proactivamente y no reactivamente.

Para suplir esta necesidad Robert Kaplan, profesor de la Harvard Business School y David Norton, Presidente de Renaissance Solution Inc., diseñaron una herramienta gerencial denominada Balanced Scorecard. La misma busca definir la estrategia de la empresa bajo cuatro perspectivas: crecimiento del personal, procesos internos, cliente y financiero.

A continuación, se ve una figura donde define como el “Balanced Scorecard” convierte la misión, visión y estrategia de la empresa en objetivos e indicadores organizados bajo las cuatro perspectivas ya mencionadas.

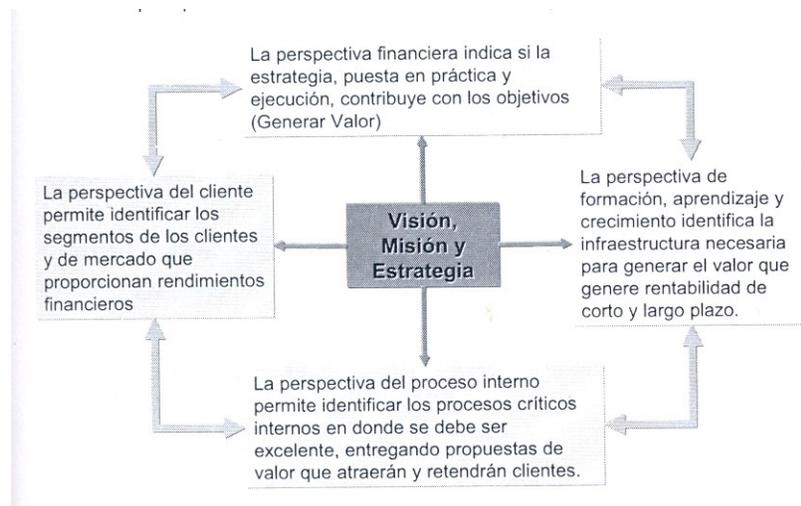


Figura 13. Estructura del Balanced Scorecard.

Fuente: Libro Organización y Gestión del Mantenimiento. (Amendola, 2012)

6.2. Balanced Scorecard como sistema de evaluación del desempeño.

Los sistemas balanceados de indicadores permiten a la empresa evaluar oportunamente el desempeño, permitiendo el mejoramiento continuo de la gestión hacia el éxito competitivo. Traducen la estrategia y la misión de una empresa en un conjunto de medidas de actuación, que proporciona la estructura para un sistema de gestión.

Los indicadores financieros que comúnmente se utilizaban para evaluar el desempeño, definen el estado en el pasado de la empresa; la novedad del Balanced Scorecard es que esta herramienta complementa los indicadores técnicos y financieros de la actuación pasada con medidas de los indicadores que evalúan la actuación futura.

El Balanced Scorecard es más que un mero sistema de medición. Las empresas innovadoras definen toda su estrategia bajo el Balanced Scorecard, convirtiéndose en su marco y estructura central y organizativa para sus procesos. (Amendola, 2012)

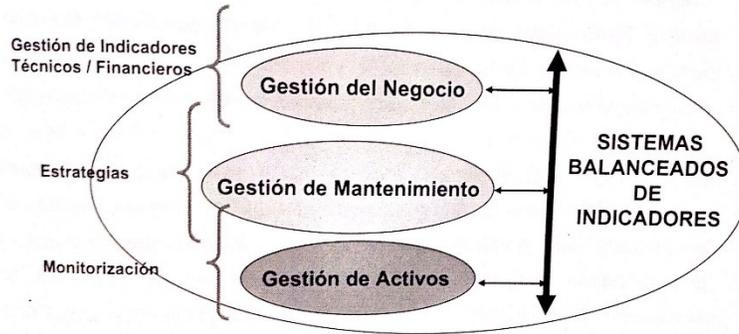


Figura 14, Estrategia de Gestión de Indicadores.

Fuente: Libro Organización y Gestión del Mantenimiento. (Amendola, 2012)

6.3. Perspectivas del Balanced Scorecard.

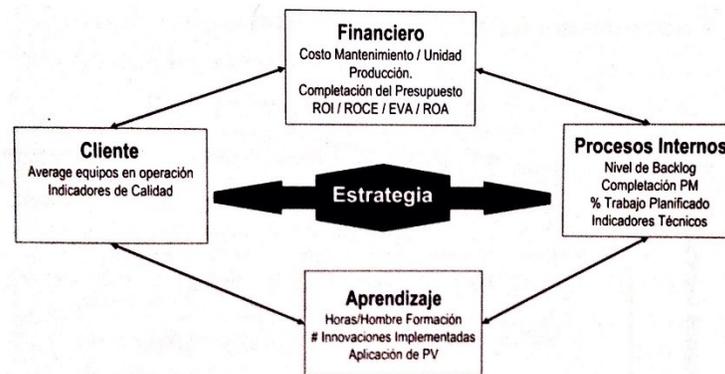


Figura 15. Aplicación del Balanced Scorecard.

Fuente: Libro Organización y Gestión del Mantenimiento. (Amendola, 2012)

Como se observa en la figura anterior, para poder convertir la estrategia en objetivos alcanzables es necesario definirlos bajo las cuatro perspectivas que incluye el Balanced Scorecard. Se definirán, uno a uno, cada una de las perspectivas para comprender sus alcances.

6.3.1. Perspectiva Financiera.

La perspectiva financiera ha sido el enfoque clásico utilizado por las empresas para definir su gestión. Aun cuando el Balanced Scorecard define otras perspectivas a considerar esta no se debe dejarse de lado, la importancia de generar valor futuro a los accionistas debe seguir siendo la prioridad.

Para ello es necesario definir indicadores que permitan responder a las expectativas del accionista. Los indicadores financieros para el área de mantenimiento a su vez se pueden agrupar en indicadores de efectividad y costes de mantenimiento. (Amendola, 2012)

Indicadores de efectividad.

Estos indicadores definen el comportamiento operacional de las instalaciones, sistemas y equipos, además de medir la calidad del trabajo realizado por los colaboradores y el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento. (Amendola, 2012)

Entre los más comunes se encuentran:

- Confiabilidad
- Utilización
- Tiempo promedio para fallar (TPPF)
- Tiempo promedio para reparar (TPPR)
- Disponibilidad

Costos de mantenimiento.

Estos indicadores retratan como se gastan los recursos del Departamento de Mantenimiento llevando a cabo la gestión, y si estos están orientados a cumplir los objetivos planteados. (Amendola, 2012)

Los indicadores más utilizaos en esta área son:

- Índice de costo de mantenimiento correctivo.
- Índice de costos de mantenimiento preventivo.
- Costos de mantenimiento por unidad de producción.
- Relación de costos de mantenimiento vs producción.

- Costo de mantenimiento por hora hombre.

6.3.2. Perspectiva de cliente.

Esta perspectiva busca responder a las expectativas y necesidades del cliente, ya sea interno o externo a la empresa. Si el cliente no está satisfecho, esto es un fuerte indicador de problemas en el futuro, aun cuando los indicadores financieros indiquen lo contrario.

La satisfacción del cliente está directamente relacionada con las expectativas de generación de valor propuesta por la empresa, compuesta por precio, calidad, tiempo, función, imagen y relación. (Amendola, 2012)

Algunos indicadores típicos de esta perspectiva son:

- Gestión de la calidad.
- Satisfacción del cliente.
- Ot's abiertas vs Ot's concluidas.
- Desviaciones en acuerdos de servicio.

6.3.3. Perspectiva de procesos internos.

En esta perspectiva se identifican los procesos claves para lograr la satisfacción de los clientes y accionistas, definiendo una serie de indicadores que aseguren el éxito.

La definición de los indicadores claves para la evaluación de esta perspectiva, usualmente se realiza luego de haber definido las perspectivas financieras y de cliente. De esta manera es posible identificar los procesos y actividades que aportan al cumplimiento de las primeras dos perspectivas, estableciendo objetivos específicos que satisfagan las necesidades de clientes y accionistas. (Amendola, 2012)

A continuación, se muestran algunos indicadores de uso común de esta perspectiva. Es importante acotar que los indicadores seleccionados para la evaluación de los

procesos de una empresa deben manifestar la naturaleza misma de la organización y no seleccionarlos de manera genérica.

- Gestión de “stock”.
- Gestión de compras.
- Gestión de contrataciones.
- Tiempo de procesos.
- Costo unitario por actividad.
- Costos de fallo.
- Costos de re trabajo.
- Planificación.

6.3.4. Perspectiva de aprendizaje y crecimiento personal.

Esta perspectiva hace alusión a la importancia de los activos intangibles de la empresa. Los colaboradores y sus aptitudes personales constituyen la medula organizacional que permite al negocio desempeñarse competitivamente, reflejando su capacidad para adaptarse a nuevas realidades, de cambiar y mejorar.

El incluir esta perspectiva en la definición de la estrategia de la empresa, refuerza la idea de que es necesario invertir en el área de mantenimiento para lograr la excelencia operacional. Si se quiere generar valor futuro no se puede seguir con el viejo enfoque de concentrarse en algunas áreas de la empresa como desarrollo de nuevas instalaciones y equipos; por sí solas no dan respuesta a los retos de los mercados actuales. (Amendola, 2012)

Indicadores típicos de esta perspectiva son:

- Tecnología de la información.
- Brecha de competencias claves (personal)

- Toma de decisiones.
- Satisfacción del personal.
- Liderazgo.
- Retención de personal clave.

6.4. Etapas para la implementación del Balanced Scorecard.

Como se mencionó anteriormente, la definición del Balanced Scorecard inicia desde la misión, visión y estrategia de la empresa. Con estos insumos es posible definir los objetivos que el departamento debe perseguir para cumplir con su razón de ser, para ello es necesario definir una estrategia de cómo se va a conseguir, esto se logra mediante los mapas estratégicos. Luego ya se define el Balanced Scorecard con sus respectivos indicadores de gestión. En la siguiente figura se puede más claramente los pasos a seguir para definir un Balanced Scorecard.



Figura 16. Pasos para la Implementación del Balanced Scorecard.

Fuente: De Sitio Web www.degerencia.com

6.4.1. Misión, valores y visión.

La misión define la razón de ser de la empresa, el motivo por el cual existe y donde van todos los esfuerzos hechos por la organización para definir su esencia. Definir correctamente la misión facilita a la organización gestionar de manera correcta la estrategia en todo momento

A parte de la misión se definen de cinco a siete valores empresariales que son irrompibles y deben ser practicados por todos los colaboradores de la organización sin excepción alguna,

Los valores son entre cinco y siete factores de la cultura empresarial que consideramos irrompibles, los cumplen todos los miembros de la organización en todos sus ámbitos. Los valores corporativos reflejan la idiosincrasia de la empresa, la forma en que hay que llevar a cabo el trabajo del día a día.

La visión define a dónde quiere llegar la empresa en un futuro. La meta debe ser realmente alcanzable y no quedar como un sueño utópico. La misma debe exigir una lucha diaria que con el tiempo permitirá alcanzarlo. Muchas empresas definen su visión bajo varios compromisos a los que dan más valor, obteniendo una visión dividida y muy bien formada.

6.4.2. Análisis FODA.

Esta técnica se enfoca en el análisis y resolución de problemas, mediante la identificación de las fortalezas y debilidades de la organización, así como de las oportunidades y amenazas presentes en el contexto operacional.

Tabla 6. Estructura del Análisis FODA.

	Positivos	Negativos
Internos	Fortalezas	Debilidades
Externos	Oportunidades	Amenazas

Fuente: Sitio Web www.uv.mx

6.4.3. Mapas estratégicos.

Son una representación simplificada de la estrategia a seguir para alcanzar los objetivos propuestos del análisis de la organización. Permiten definir estructuradamente el contexto estratégico hacia donde se enfoca la acción de los colaboradores, dando visibilidad y comunicación a todos de lo que se debe hacer para aportar al cumplimiento de los objetivos, creando consenso general. (Amendola, 2012)

La construcción de un mapa estratégico para la herramienta del Balance Scorecard debe incluir las cuatro perspectivas básicas ya consideradas.

Financiero: Se encuentra en la parte alta del mapa estratégico y los resultados finales obtenidos son el fin del mapa. Todas las acciones deben asegurar, al final, el retorno de la inversión a los accionistas.

Clientes: Gracias a esta perspectiva es que es posible lograr los resultados financieros, asegurando la satisfacción del cliente y creando un estado de confianza.

Procesos: La única manera de asegurar la satisfacción de los clientes es mediante procesos internos orientados hacia la excelencia operacional. Alcanzando este estado podemos asegurar al cliente que seremos capaces de suplir todas sus necesidades.

Crecimiento y aprendizaje del personal: Asegurando la sostenibilidad y solidez de esta perspectiva, se convierte en los cimientos para alcanzar todas las demás perspectivas generando valor futuro a la organización.

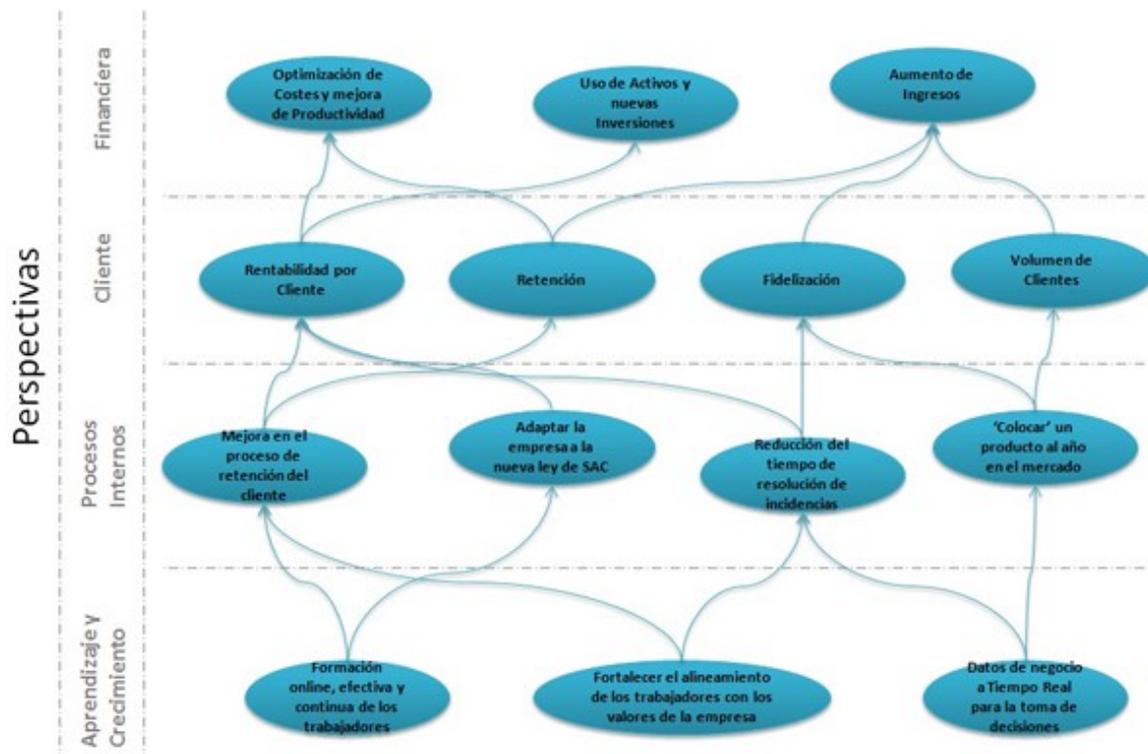


Figura 17. Mapa Estratégico de un Balanced Scorecard.

Fuente: Sitio Web www.fonetic.es

6.4.4. Indicadores

Mediante la implementación de indicadores técnicos y financieros en la organización o KPI por sus siglas en inglés (key performance indicator), mantenimiento es capaz de representar y definir su situación actual. Se convierten en la herramienta que define si los objetivos propuestos se están cumpliendo y como estos evolucionan a través del tiempo.

Una de las ventajas del Balanced Scorecard es que define indicadores en adelanto y atraso. Los indicadores en atraso evalúan la asertividad de las decisiones tomadas en el pasado, mientras los indicadores en adelanto marcan el camino a seguir para la toma de estas decisiones. Es sumamente importante definir ambos tipos de indicadores en la formulación del Balanced Scorecard o se estaría privando de una de las mayores ventajas de esta herramienta. El Balanced Scorecard debe evaluar

la gestión realizada pero también debe aportar información a la gerencia para orientar sus decisiones. (Niven, 2006)

Tabla 7. Definición de Indicadores en Adelanto y Atraso para el Balanced Scorecard.

	Atraso	Adelanto
Definición	<ul style="list-style-type: none"> • Mediciones dirigidas a los resultados obtenidos en un tiempo definido. • Caracteriza desempeño histórico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mediciones que permiten definir los indicadores en atraso y su desempeño. • Medición de procesos intermedios y actividades.
Ejemplo	<ul style="list-style-type: none"> • Cuota de mercado. • Ventas. • Satisfacción de los empleados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Horas consumidas con clientes. • Propuestas escritas. • Ausentismo.
Ventaja	<ul style="list-style-type: none"> • Fáciles de identificar y recolectar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su naturaleza es proactiva, permitiendo a la organización hacer ajustes basados en resultados.
Desventaja	<ul style="list-style-type: none"> • Histórico por naturaleza. • No refleja las actividades actuales. • Reactivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Difíciles de identificar y recolectar. • No se cuentan con los datos históricos necesarios.

Fuente: Libro "Balanced Scorecard, Step by Step" Traducido por el autor.

6.5. Balanced Scorecard para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, región de Costa Rica.

A continuación, se muestra la metodología propuesta para el diseño de un Balanced Scorecard para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, región de Costa Rica. El objetivo es impactar en la gestión llevada a cabo en el departamento, propiciando el cumplimiento de los objetivos identificados mediante la definición de una estrategia sistemática.

6.5.1. Metodología.

El procedimiento utilizado para definir la propuesta al departamento sigue la siguiente metodología y lógica de diseño:

- Recolección de los datos necesarios para la definición de los objetivos a alcanzar con la propuesta de gestión. Definir misión, visión y valores de la organización y específicamente del Departamento de Mantenimiento.
- Análisis FODA para evaluar integralmente la situación del departamento internamente, como en su contexto operacional.
- Definición de los indicadores y clasificación según las perspectivas y estado en adelante o atraso.
- Metas a alcanzar según cada objetivo.
- Definición de la matriz del Balanced Scorecard.
- Creación de herramienta que permita la trazabilidad de los datos.
- Manual de indicadores donde se definen conceptos técnicos de los mismos, la forma de obtenerlos y tratarlos.

6.5.2. Recolección de datos de interés.

En la definición de la misión y visión del departamento, la organización tiene como política interna de que cada departamento debe utilizar la misión y visión organizacional, debido a que se quiere evitar pluralismo de objetivos, siendo el único

y más importante el llevar bienestar a las familias centroamericanas asegurando precios bajos todos los días. El Departamento de Mantenimiento tiene muy en claro cuál es su rol para el cumplimiento de la misión y visión de Walmart CAM.

Misión

Ser la mejor tienda detallista, con un gran surtido de productos de alta calidad y con los precios bajos tanto en México y Centroamérica, donde cuenta con el mayor número de sucursales.

Visión.

“Contribuir a mejorar la calidad de vida de las familias en México y Centroamérica.”

Valores.

“Ofrecer a nuestros clientes y socios, mercancía de calidad, surtido, buen servicio y precios bajos todos los días.”

6.5.3. Análisis FODA.

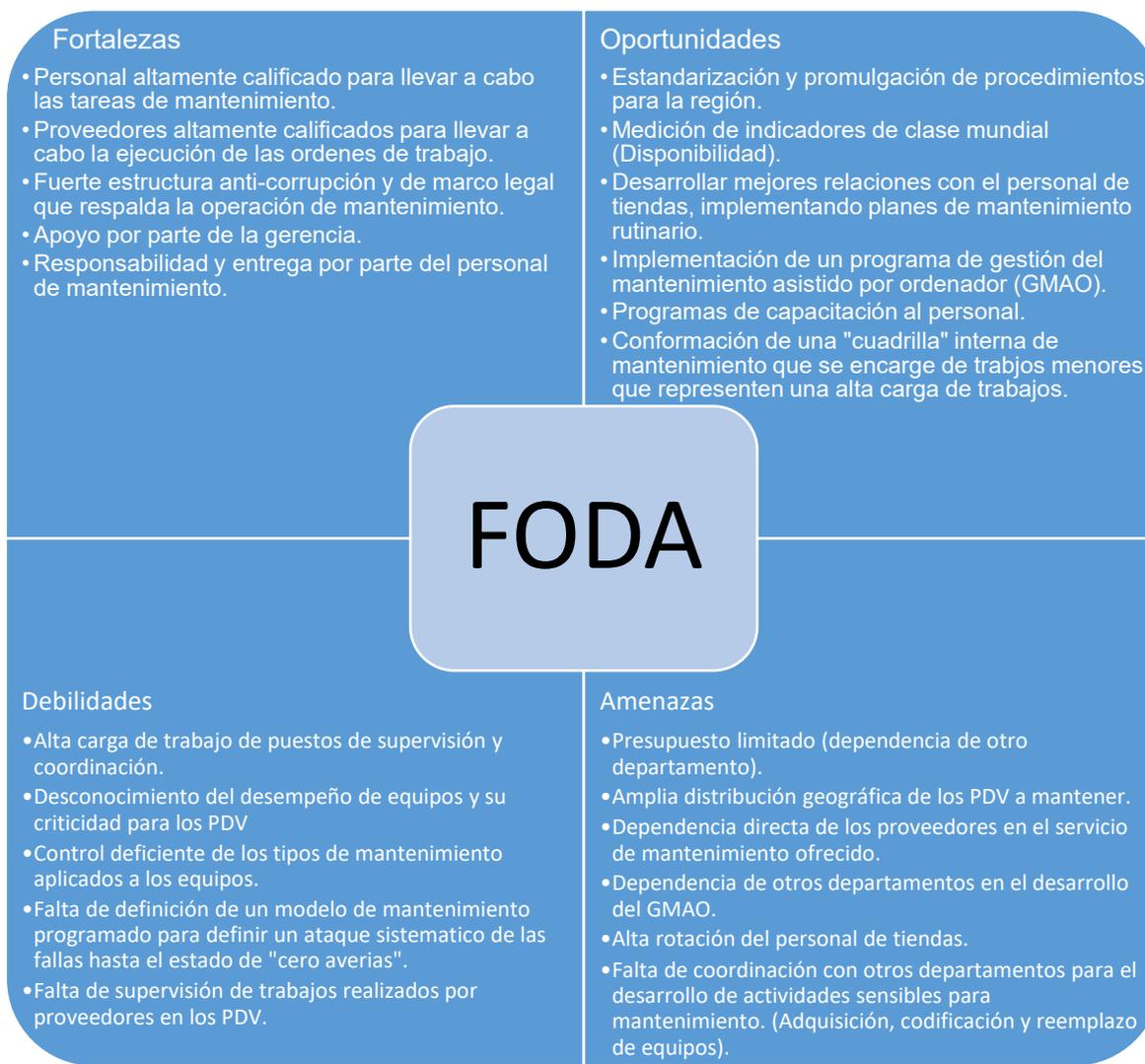


Figura 18. Análisis FODA al Departamento de Walmart CAM.

Fuente: Elaboración propia. MS Word.

Este es resultado obtenido de la aplicación del análisis FODA al Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, región de Costa Rica. El mismo se obtuvo de los datos obtenidos de la etapa de diagnóstico, así como de reuniones con la alta gerencia para definir cada punto de evaluación. Es recomendable realizar el presente análisis de manera anual ya que permitió la verificación de los avances obtenidos y define los objetivos para la nueva estrategia, con el fin de alcanzar el estado de mantenimiento de clase mundial.

6.5.4. Definición de los objetivos bajo las perspectivas de análisis para el Balanced Scorecard.

Una vez que se han estudiado los resultados obtenidos de la etapa de diagnóstico, definido la misión, visión y valores del departamento e identificado las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas presentes tanto nivel interno como en el contexto operacional; es posible la definición de los objetivos a perseguir para alcanzar las metas propuestas por la gerencia del departamento.

La definición de los objetivos se hará de manera sistemática iniciando por la perspectiva financiera para luego pasar a la perspectiva de cliente, y por último definir los objetivos para la perspectiva de procesos internos y aprendizaje y crecimiento.

Perspectiva financiera.

El Departamento de Mantenimiento ha definido como objetivo primordial la reducción de los costos asociados a la gestión del mantenimiento. Para el cumplimiento de las expectativas del departamento se propone los siguientes objetivos estratégicos.

- Implementar proyectos de ahorro energético que permitan la reducción en un 2% de los costos por facturación energética: La propuesta se basa en la implementación de proyectos de ahorro energético en sistemas de iluminación, acondicionamiento del aire y refrigeración.
- Reducir en un 10% la recarga de refrigerantes mediante la implementación de historiales de reparación y aplicación de un programa de mantenimiento programado a los equipos de refrigeración: Mediante la definición de un mantenimiento planeado a los equipos se puede definir la estrategia de mantenimiento idónea para determinar las tareas proactivas que eviten las fugas de refrigerante.
- Reducir los costos de mantenimiento para servicios generales en un 5% anual, mediante la reducción en la tercerización de los trabajos preventivos

que requieran de una baja especialización: La tercerización del mantenimiento en trabajos de baja especialización presentan costos por viáticos y traslados mayores a la tarea a realizar. Mediante la implementación de un grupo de trabajo interno es posible una mejor calendarización de los trabajos reduciendo los costos asociados a los trabajos realizados.

Perspectiva del cliente.

Otro objetivo primordial del Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, para la región de Costa Rica, es mejorar la percepción de los servicios de mantenimiento ofrecidos a los clientes internos (puntos de venta). Para alcanzar dicha meta se propones los siguientes objetivos estratégicos.

- Responder a tiempo el 100% de las OT's de emergencia de los equipos críticos de refrigeración en los puntos de venta, mediante la estandarización y calendarización de los trabajos a realizar: Con el ataque sistemático de las fallas presentes en los sistemas de refrigeración es posible acercarse al estado de "cero averías", esto mediante un plan de mantenimiento planeado. Además de ser equipos críticos para el funcionamiento del punto de venta y evitar pérdidas por merma de productos congelados y perecederos.
- Cumplir al 100% las visitas programadas mensuales para los supervisores a los puntos de venta, mediante un adecuado cronograma de las mismas, para asegurar la satisfacción de los puntos de venta: Actualmente no existe un cronograma definido para las visitas que deben realizar los supervisores a los puntos de venta, lo que ocasiona que muchas veces transcurra más de dos semanas entre visitas (promedio de visita definido por el departamento). Con la definición de un cronograma de visitas se facilita la supervisión y programación de las demás tareas que deben llevar a cabo lo supervisores.

Perspectiva de procesos internos.

Con los resultados de la aplicación de la norma COVENIN 2500 – 93 se identificaron debilidades en la planificación del mantenimiento. Por lo que se recomienda la implementación de una metodología de mantenimiento que permita definir las tareas mínimas necesarias para reducir los correctivos.

- Reducir en un 5% los mantenimientos correctivos mediante la implementación de programas de mantenimiento preventivo acordes con los objetivos de la gerencia, para reducir los gastos por mantenimientos no planeados: No existe una definición de parámetros actualizada para la contratación de los servicios de mantenimiento preventivo que se aplica a los equipos de refrigeración. Se define un mantenimiento preventivo mediante la herramienta de RCM para definir las acciones necesarias para que los activos cumplan con las necesidades de los puntos de venta. Con ello se proyecta bajo un escenario pesimista una reducción de un 30% de los trabajos correspondientes a refrigeración, aproximadamente 5% de los trabajos correctivos totales.

Perspectiva de aprendizaje y crecimiento personal.

La motivación del personal de mantenimiento se ve afectada por altas cargas de trabajo y bajo reconocimiento de la labor desempeñada. Con el siguiente objetivo estratégico se busca elevar la motivación del personal del departamento:

- Mejorar la motivación de los asociados del Departamento de Mantenimiento mediante la implementación de 4 capacitaciones técnicas por año, aumentando el sentimiento de pertenencia: La labor realizada por el personal de mantenimiento es fundamental para el cumplimiento de los demás objetivos propuestos. Su motivación está directamente relacionada con la eficiencia global del departamento, por lo que impartiendo capacitaciones de alto valor técnico que enriquezca sus conocimientos en la materia, se generara un alto sentimiento de pertenencia hacia el puesto y

con ello apoyar al cumplimiento de las metas y objetivos propuestos por el departamento.

6.5.5. Mapa estratégico.

El diseño del mapa estratégico permite una visión clara de los pasos a seguir para cumplir con los diferentes objetivos estratégicos planteados bajo las cuatro perspectivas del Balanced Scorecard. Las relaciones de causa-efecto descritas en el mapa estratégico muestran el “paso a paso” a cumplir para alcanzar el éxito de la estrategia planteada.

El mapa estratégico de dicho proyecto se diseñó iniciando por la perspectiva de aprendizaje y crecimiento personal, ya que son los cimientos que permitirán alcanzar el cumplimiento de los objetivos de las demás perspectivas. Luego se continúa hacia la perspectiva de procesos internos, ya que solo mediante una correcta gestión de los procesos es posible alcanzar la satisfacción del cliente. Se continúa hacia la perspectiva de cliente, cumpliendo con dichos objetivos es como se genera un valor a la organización alcanzando los objetivos de la perspectiva financiera.

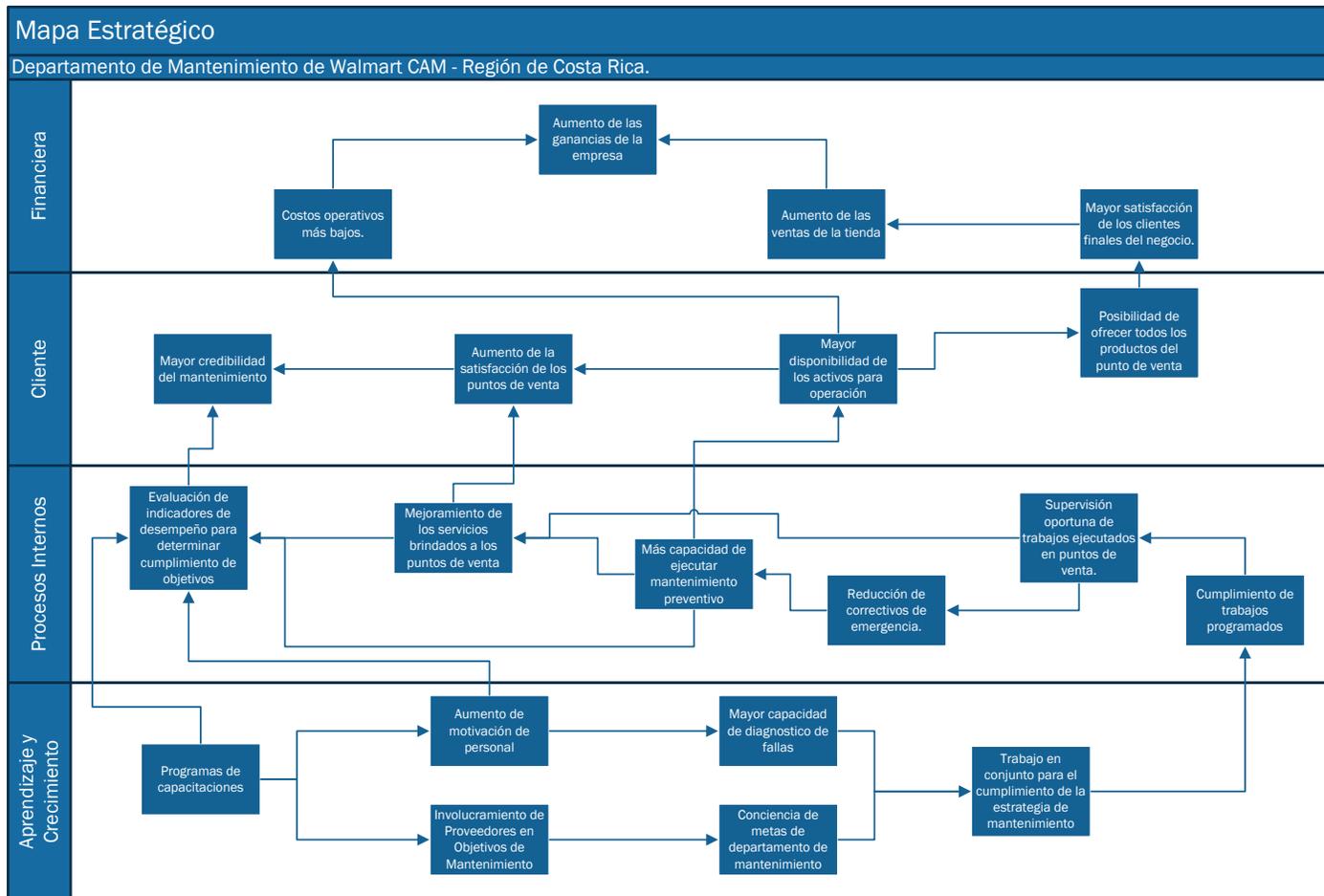


Figura 19. Mapa Estratégico para Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.

Fuente: Elaboración Propia MS Visio

6.5.6. Indicadores del desempeño (KPI's).

En este apartado se definen los indicadores utilizados para evaluar el desempeño en la realización de los objetivos estratégicos planteados, previamente bajo las cuatro perspectivas del Balanced Scorecard. Además, se definen los indicadores en atraso y adelanto que permitan la evaluación del trabajo realizado y generar información para la toma de decisiones, respectivamente.

Para la definición de los indicadores de desempeño fue necesario evaluar con el Departamento de Mantenimiento las diferentes variables como: correcto funcionamiento, disponibilidad de datos, responsables, frecuencia y cualquier otro parámetro que se considere relevante.

Perspectiva Financiera.

Tabla 8. Indicadores de Perspectiva Financiera.

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Financiera	Implementar proyectos de ahorro energético que permitan la reducción en un 2% de los costos por facturación energética	Número de proyectos de ahorro energético.
		Consumo energético en los PDV.
	Reducir en un 10% la recarga de refrigerantes mediante la implementación de historiales de reparación y aplicación de un programa de mantenimiento programado a los equipos de refrigeración	Cronograma de mantenimiento preventivo.
		Recarga de refrigerantes por PDV
	Reducir los costos de mantenimiento para servicios generales en un 5% anual, mediante la reducción en la tercerización de los trabajos preventivos que requieran de una baja especialización.	Costo promedio por OT's
		Tercerización del mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia. MS Excel.

- Número de proyectos de ahorro energético: El presente indicador consiste en llevar un control del número de proyectos de ahorro energético desarrollado por los supervisores junto a su coordinador para los puntos de

venta que tengan a su cargo. El mismo ya es un indicador del que se lleva registro por lo que no será un problema obtener los datos. La frecuencia para actualizar el dato en el Balanced Scorecard será anual, pero el mismo se llevará un control trimestral para poder determinar la evolución a través del año.

- Consumo energético por punto de venta: Se pretende el control mensual de las facturaciones de los puntos de venta para determinar la evolución en el consumo eléctrico y determinar si existe un ahorro mensual o por lo contrario aumenta el consumo. Cada seis meses se actualizará el dato en el Balanced Scorecard para retroalimentar al departamento en la gestión de los proyectos de ahorro energético.
- Cronograma de mantenimiento preventivo: Este indicador busca determinar el porcentaje de cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo a los equipos de refrigeración. El mantenimiento preventivo es el método más efectivo para determinar una fuga antes de que el equipo detenga su funcionamiento por bajas presiones en el sistema, además de generar un desperdicio de dinero al refrigerante escaparse al medio ambiente con las repercusiones ambientales que pueda generar la fuga.

$$\% \text{ Cumplimiento de preventivo} = \frac{\text{Tareas preventivas ejecutadas}}{\text{Total de tareas preventivas programadas}} * 100$$

Se llevará un control mensual para determinar tendencias en la gestión del preventivo; el dato en el Balanced Scorecard se actualizará cada cuatro meses.

- Recarga de refrigerante a los puntos de venta: Controlando la cantidad de refrigerante que debe recargarse a los equipos de refrigeración de los puntos de venta, es posible determinar el efecto de las fugas en el consumo de refrigerante. Un alto porcentaje de recarga de refrigerante denota un corto alcance de las tareas preventivas realizadas. Se llevará un control mensual

de este indicador, y el dato en el Balanced Scorecard se actualizará cada cuatro meses.

- Costo promedio por OT: Este indicador denota el costo promedio que tienen todas las OT's ejecutadas en un punto de venta. Se obtiene según la siguiente fórmula:

$$\text{Costo promedio por OT} = \frac{\text{Costo total de OT's preventivas} + \text{OT's correctivas}}{\text{Número total de OT's preventivas} + \text{OT's correctivas}}$$

El indicador se aplicará a trabajos con baja especialización, en este caso trabajos de servicios generales. La frecuencia de la toma del dato será mensual, pero se actualizará en el Balanced Scorecard cada cuatro meses.

- Tercerización del mantenimiento: Este indicador muestra la relación entre los costos debido a la contratación de servicios de mantenimiento externos a la organización con los costos totales de mantenimiento ejecutado, tanto por la organización como por empresas externas.

$$\text{Tercerización del mantenimiento: } \frac{\text{Costos por contratación externa de mantenimiento}}{\text{Costos totales de mantenimiento (propia y contratada)}}$$

Se propone un control mensual de este indicador para generar históricos y obtener tendencias.

Perspectiva de cliente.

Tabla 9. Indicadores de la Perspectiva Cliente.

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Cliente	Responder a tiempo el 100% de las OT's de emergencia de los equipos críticos de refrigeración en los puntos de venta, mediante la estandarización y calendarización de los trabajos a realizar.	OT's concluidas vrs OT's abiertas.
		Disponibilidad.
	Cumplir al 100% las visitas programadas mensuales para los supervisores a los puntos de venta, mediante un adecuado cronograma de las mismas, para asegurar la satisfacción de los puntos de venta	Cronograma de visitas.
		Satisfacción de puntos de venta

Fuente: Elaboración Propia. MS Excel.

- OT's concluidas vrs OT's abiertas: Muestra la relación entre las OT's que fueron atendidas y cerradas, contra las OT's que aún no han sido resueltas.

$$\% \text{ OT concluidas vrs OT solicitadas} = \frac{\text{OT concluidas}}{\text{Total de OT solicitadas}} * 100$$

La frecuencia para la toma de este dato será mensual. Los datos se obtendrán del software Remedy utilizado para la solicitud de las OT's por parte de los puntos de venta.

- Disponibilidad: Este indicador es una función que permite determinar el porcentaje de tiempo total que un equipo estará disponible para cumplir con la función para la que fue destinada. Mediante el estudio de los factores que influyen en la disponibilidad, tiempo medio entre fallas-TMEF (mean time between fail-MTBF) y tiempo medio para reparar-TMPR (mean time to repair-MTTR), es posible para la gerencia de mantenimiento determinar que se debe mejorar para aumentar la disponibilidad. Se calcula según la fórmula:

$$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100$$

Donde:

DISP: Disponibilidad.

TMEF: Tiempo medio entre fallas.

TMPR: Tiempo medio para reparar.

- Tiempo medio entre fallas: Este factor de la disponibilidad se calcula mediante el producto del número de equipos por sus horas operativas, entre la sumatoria del total de fallas detectadas para un periodo determinado.

$$TMEF = \frac{NEQ * HROP}{\Sigma NTMC}$$

Donde:

NEQ: Número de equipos.

HROP: Horas de operación de todos los equipos.

NTMC: Número total de fallas.

- Tiempo medio para reparar: El otro factor de la disponibilidad se obtiene de dividir las horas totales de correctivo entre el número total de fallas identificadas para un periodo determinado.

$$TMPR = \frac{\Sigma HTMC}{NTMC}$$

Donde:

HTMC: Horas totales de mantenimiento correctivo.

NTMC: Número total de fallas del equipo.

- Cronograma de visitas: Este indicador busca determinar el porcentaje de cumplimiento del cronograma mensual de visitas a los puntos de venta de los

supervisores para evaluar el grado de servicio que se presta. El mismo tendrá un control mensual.

$$\text{Cumplimiento Cronograma visitas} = \frac{\text{Visitas realizadas}}{\text{Visitas programadas}} * 100\%$$

- Satisfacción de los puntos de venta: este indicador busca determinar la satisfacción de los gerentes de los puntos de venta por el servicio de mantenimiento recibido. El mismo se evaluará mediante encuestas aplicadas mensualmente.

$$\text{Satisfacción PDV} = \frac{\text{PDV satisfechos}}{\text{Total de encuestas}} * 100\%$$

Perspectiva de procesos internos.

Tabla 10. Indicadores de la Perspectiva de Procesos Internos.

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Procesos Internos	Reducir en un 5% los mantenimientos correctivos mediante la implementación de programas de mantenimiento preventivo acordes con los objetivos de la gerencia, para reducir los gastos por mantenimientos no planeados	Horas de mantenimiento correctivo.
		Horas de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración Propia. MS Excel.

- Horas de mantenimiento correctivo: Relación del número de horas de mantenimiento correctivo con respecto a las horas totales de mantenimiento aplicado al equipo. Los datos necesarios para este indicador se extraerán manualmente de historiales de mantenimiento e ingresados a una base de datos en Microsoft Excel. Esto para los equipos críticos de refrigeración.

$$\% \text{ HRS de Correctivo} = \frac{\text{Horas totales de correctivo}}{\text{Horas totales de mantenimiento}} * 100\%$$

- Horas de mantenimiento preventivo: Relación del número de horas de mantenimiento preventivo con respecto a las horas totales de mantenimiento aplicado al equipo. Los datos necesarios para este indicador se extraerán manualmente de historiales de mantenimiento e ingresados a una base de datos en Microsoft Excel. Esto para los equipos críticos de refrigeración.

$$\% \text{ HRS de Preventivo} = \frac{\text{Horas totales de preventivo}}{\text{Horas totales de mantenimiento}} * 100\%$$

Perspectiva de desarrollo y aprendizaje

Tabla 11. Indicadores de la Perspectiva de Desarrollo y Aprendizaje.

Perspectiva	Objetivo	Indicador
Desarrollo y Aprendizaje	Mejorar la motivación de los asociados del Departamento de Mantenimiento mediante la implementación de cuatro capacitaciones por año, para aumentar el sentimiento de pertenencia al departamento.	Capacitaciones
		Satisfacción de asociados del departamento.

Fuente: Elaboración Propia. MS Excel.

- Capacitaciones: Este indicador básicamente consiste en controlar el número de capacitaciones técnicas que reciben los asociados del Departamento de Mantenimiento por año, para que cursen como mínimo cuatro capacitaciones.
- Satisfacción de los puntos de venta: este indicador busca determinar la satisfacción de los asociados del Departamento de Mantenimiento por su labor realizada. El mismo se evaluará mediante encuestas aplicadas anualmente.

$$\text{Satisfacción Asociados} = \frac{\text{Asociados satisfechos}}{\text{Total de encuestas}} * 100\%$$

6.5.7. Codificación de los indicadores de desempeño

Es necesario definir una codificación para los indicadores, de manera que se facilite la identificación de los mismos por parte de los asociados del departamento y así evitar que un dato se ingrese incorrectamente en el Balanced Scorecard.

Tabla 12. Codificación para las Cuatro Perspectivas.

Perspectiva	Código
Financiera	FI
Cliente	CL
Procesos Internos	PI
Desarrollo y Aprendizaje	DA

Fuente: Elaboración Propia. MS Excel.

El código determinara si el indicador es en adelanto o atraso, esto para evidenciar la naturaleza del indicador bajo estudio y comprender sus alcances y limitaciones.

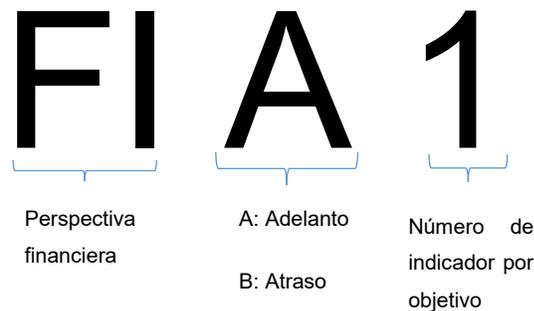


Figura 20. Ejemplo de Codificación de Indicadores. Fuente: Elaboración Propia. MS Word.

6.5.8. Nivel de satisfacción de cumplimiento de metas.

Es necesario definir un límite inferior y superior para el cumplimiento de las metas propuestas. De esta manera se les facilita a los asociados del Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, que tanto sus esfuerzos e iniciativas mejoran el indicador de desempeño y cuanto más se requiere hacer para alcanzar la meta. Sin un rango entre el cual mantener los indicadores, no se le retroalimentaría al asociado para que centre sus esfuerzos en las áreas que requieren de mayor atención y trabajo. La definición de estos límites debe responder a las necesidades

reales de la organización y al cumplimiento de los objetivos propuestos. Deben ser alcanzables, pero significar un reto para los responsables, de esta manera se implanta el proceso de mejora continua.

La definición de los rangos propuestos para cada indicador del Balanced Scorecard del Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM se indican en la matriz completa al final de dicha sección.

Señalización del cumplimiento de los rangos de evaluación de los indicadores del Balanced Scorecard para el Departamento de Walmart CAM.

Como una herramienta que facilite la visibilidad del cumplimiento de los objetivos del Balanced Scorecard, se propone una señalización tipo semáforo que define la magnitud del cumplimiento en el rango de medición propuesto para cada indicador.

Tabla 13. Señalización de Balanced Scorecard.

Cumplimiento de parámetro	Color
Satisfactorio	
Normal	
Deficiente	

6.5.9. Balanced Scorecard del Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM.

Para el Balanced Scorecard propuesto para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM para la región de Costa Rica, se elabora una versión digital y física para colocar en el departamento y generar visibilidad entre todos los asociados del departamento. En la versión digital desarrollada con Microsoft Office Excel se define una base de datos para la trazabilidad de los mismos, y una calculadora de los

indicadores que lo requieran. En la sección de Anexos se muestran dichos entregables.

Tabla 14. Balanced Scorecard: Perspectiva Financiera.

Indicador	Descripción	Fuente de Información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta Final		
								Satisfactorio	Normal	Deficiente
Número de proyectos de ahorro energético.	Control del número de proyectos energéticos implementados por cada uno de los supervisores.	Supervisores de Mantenimiento	FI A 1	Registro de proyectos ejecutados	und	Anual	Coordinadores de Mantenimiento	≥ 3	2	≤ 1
Consumo energético en los PDV.	Control de las facturaciones eléctricas de los puntos de venta para evaluar los ahorros alcanzados	Departamento de Eficiencia Energética	FI B 1	Tomado de recibos eléctricos de los puntos de venta	Kw/h	Anual	Gerente de Mantenimiento	≥ 5 % de ahorro	5 % > x > 1 % de ahorro	≤ 1 %
Cronograma de mantenimiento preventivo.	Control del cumplimiento de los cronogramas de mantenimiento preventivo a los puntos de venta.	Software REMEDY	FI A 2	$\frac{\text{Tareas preventivas ejecutadas}}{\text{Total de tareas preventivas programadas}} * 100$	%	Trimestral	Gerente de Mantenimiento	≥ 90 %	90 % > x > 70 %	≤ 70 %
Recarga de refrigerantes por PDV	Registro de la cantidad de refrigerante que se recarga por punto de venta.	Departamento de Eficiencia Energética	FI B 2	Tomado de los registros de carga de refrigerante.	Libras de refrigerante	Anual	Coordinadores de Mantenimiento	≤ 5 %	10 % > x > 5 %	≥ 10 %
Costo promedio por OT's	Se obtiene de dividir el costo total de OT's entre el número total para determinar el costo promedio de los trabajos.	Software REMEDY	FI B 3	$\frac{\text{Costo total de OT's preventivas} + \text{OT's correctivas}}{\text{Número total de OT's preventivas} + \text{OT's correctivas}}$	\$ / OT	Mensual	Coordinadores de Mantenimiento	≥ 2 % de ahorro	2 % > x > 1 % de ahorro	≤ 1 % de ahorro
Tercerización del mantenimiento.	Determina el porcentaje de gasto debido a la tercerización del mantenimiento con respecto a los gastos totales del departamento.	Software REMEDY	FI A 3	$\frac{\text{Costos por contratación externa de mantenimiento}}{\text{Costos totales de mantenimiento (propia y contratada)}}$	%	Mensual	Coordinadores de Mantenimiento	≤ 80 %	90 % > x > 80 %	≥ 90 %

Tabla 15. Balanced Scorecard: Perspectiva Cliente.

Indicador	Descripción	Fuente de Información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta Final		
								Satisfactorio	Normal	Deficiente
OT's concluidas vrs OT's abiertas.	Determina la carga de trabajo pendiente para los equipos de refrigeración.	Software REMEDY	CL A 1	$\frac{\text{OT concluidas}}{\text{Total de OT solicitadas}} * 100$	%	Mensual	Supervisor de Mantenimiento	≥ 90 %	90 % > x > 70 %	≤ 70 %
Disponibilidad.	Determina la disponibilidad de los equipos de refrigeración de los puntos de venta.	Historiales de reparación en los puntos de venta.	CL B 1	$DISP = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} * 100$	%	Mensual	Supervisor de Mantenimiento	≥ 90 %	90 % > x > 80 %	≤ 80 %
Cronograma de visitas.	Control del cumplimiento de las visitas programadas a los puntos de venta por parte de los supervisores de mantenimiento.	Hojas de Checklist que deben aplicar los supervisores en sus visitas. Cálculo de Disponibilidad	CL A 2	$\frac{\text{Visitas realizadas}}{\text{Visitas programadas}} * 100\%$	%	Mensual	Coordinadores de Mantenimiento	≥ 90 %	90 % > x > 80 %	≤ 80 %
Satisfacción de puntos de venta	Control y seguimiento de las encuestas aplicadas a los puntos de venta sobre el nivel de satisfacción de los servicios de mantenimiento recibidos.	Encuestas aplicadas por Departamento de Operaciones.	CL B 2	$\frac{\text{PDV satisfechos}}{\text{Total de encuestas}} * 100\%$	%	Anual	Supervisor de Mantenimiento	≥ 80 %	80 % > x > 70 %	≤ 70 %

Tabla 16. Balanced Scorecard: Perspectiva Procesos Internos.

Indicador	Descripción	Fuente de Información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta Final		
								Satisfactorio	Normal	Deficiente
Horas de mantenimiento correctivo.	Determina la cantidad de horas totales de mantenimiento correctivo con respecto al total de mantenimientos realizados.	Software REMEDY	PI B 1	$\frac{\text{Horas totales de correctivo}}{\text{Horas totales de mantenimiento}} * 100\%$	%	Mensual	Gerente de Mantenimiento	≤ 30%	40% > x > 30%	≥ 40%
Horas de mantenimiento preventivo.	Determina la cantidad de horas totales de mantenimiento preventivo con respecto al total de mantenimientos realizados.	Software REMEDY	PI A 1	$\frac{\text{Horas totales de preventivo}}{\text{Horas totales de mantenimiento}} * 100\%$	%	Mensual	Gerente de Mantenimiento	≥ 70%	70% > x > 60%	≤ 60%

Tabla 17. Balanced Scorecard: Perspectiva Desarrollo y Aprendizaje.

Indicador	Descripción	Fuente de Información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Responsable	Meta Final		
								Satisfactorio	Normal	Deficiente
Capacitaciones	Control de la cantidad de capacitaciones recibidas por los supervisores de mantenimiento.	Registro de capacitaciones por supervisor	DA A 1	Control del número de capacitaciones recibidas	und	Anual	Coordinadores de Mantenimiento	≥ 4	4 > x > 2	≤ 2
Satisfacción de asociados del departamento.	Evaluar el grado de satisfacción de los asociados del departamento de mantenimiento mediante la aplicación de encuestas.	Encuestas aplicadas al personal	DA B 1	$\frac{\text{Asociados satisfechos}}{\text{Total de encuestas}} * 100\%$	%	Anual	Gerente de Mantenimiento	≥ 90%	90% > x > 80%	≤ 80%

Fuente: Elaboración Propia. MS Excel.

7. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

El objetivo de cualquier Departamento de Mantenimiento es alcanzar la excelencia operacional para llegar nivel del mantenimiento de clase mundial. El RCM constituye un pilar para alcanzar dicho estatus, ya que permite optimizar el mantenimiento definiendo las tareas realmente necesarias para asegurar la función principal del activo, y por la cual fue adquirido. En otras palabras, define la combinación necesaria de tareas proactivas y reactivas para asegurar la confiabilidad del equipo al menor costo global de mantenimiento posible.

La confiabilidad es la probabilidad de que un componente, sistema o producto realice sus funciones bajo condiciones operativas previamente definidas, durante un intervalo de tiempo dado. (Acuña, 2003)

Antes de que el mantenimiento evolucionara hacia el de clase mundial, tuvo que evolucionar del simple trabajo reactivo a las técnicas más avanzadas del mantenimiento preventivo bajo condición. John Moubray define en su libro *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* tres etapas en la evolución del mantenimiento.

Antes de la Segunda Guerra Mundial se puede identificar la primera generación del mantenimiento. La prevención de las fallas no era una necesidad para las fábricas de este periodo debido a la escasa mecanización, baja especialización de los equipos y elementos sobredimensionados; se contaban con altos porcentajes de confiabilidad. Las tareas de mantenimiento se limitaban a la limpieza, lubricación y ajustes, con fallos esporádicos que requerían de una reparación.

Con la explosión de la Segunda Guerra Mundial, el mantenimiento cambió su enfoque a la prevención de la falla. La guerra aceleró la necesidad de bienes de los países en guerra, y con una fuerza laboral en rápido descenso, la mecanización de las industrias fue acelerada. La complejidad, rapidez y cantidad de equipos presentes en las fábricas listas para producir, y la exigente necesidad de asegurar esa producción eran factores determinantes en el desenlace de la guerra.

Rápidamente se generó una dependencia hacia las máquinas lo que fortaleció la idea de que las fallas debían ser prevenidas para evitar que los equipos salieran de operación. Inicialmente las tareas preventivas se basaban en intervalos de tiempo preestablecidos para realizar mantenimientos mayores.

Al caer en el sobre mantenimiento, los costos crecieron rápidamente con respecto a los gastos de operación. Fue necesario realizar una gestión mediante sistemas de planeación y control del mantenimiento, practicas establecidos hoy en día.

Por último, el alargar la vida útil de los equipos tomo un papel protagónico con el creciente capital invertido en activos fijos y el aumento en su costo.

A mediados de los años setenta se identifica la tercera generación del mantenimiento. Aparece el concepto de mantenimiento de clase mundial; la confiabilidad y disponibilidad se convierten en indicadores claves para el éxito ante la creciente competencia y con la conformación de mercados mundiales con las exigencias de calidad y entrega a tiempo.

Se crea una conciencia de la importancia hacia la seguridad laboral y medio ambiental con el creciente impacto de las fallas en esta área. Los países exigen el cumplimiento de estrictas normativas, con consecuencias que van más allá del costo, hasta la misma supervivencia de la organización.

Además de la generación de estas nuevas expectativas del mantenimiento, se dan avances en el estudio de fallas y sus patrones de ocurrencia. En la primera era se reconocía únicamente la curva de “mortalidad infantil”; en la segunda era se reconoció también la curva de “bañera”. Para la tercera generación se identificaron seis patrones de fallas, lo que demostró como muchas tareas preventivas, a pesar de realizarse según lo planeado, no logran ningún resultado y hasta pueden ser contraproducentes.

Otro gran avance del mantenimiento en la tercera generación, fue la aparición de nuevas técnicas y filosofías del mantenimiento, como el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) o el Mantenimiento Total Productivo (TPM), en las industrias

aeronáutica y automovilística respectivamente. En la siguiente figura se muestra cómo ha cambiado el mantenimiento del enfoque clásico hasta las técnicas avanzadas de hoy en día.

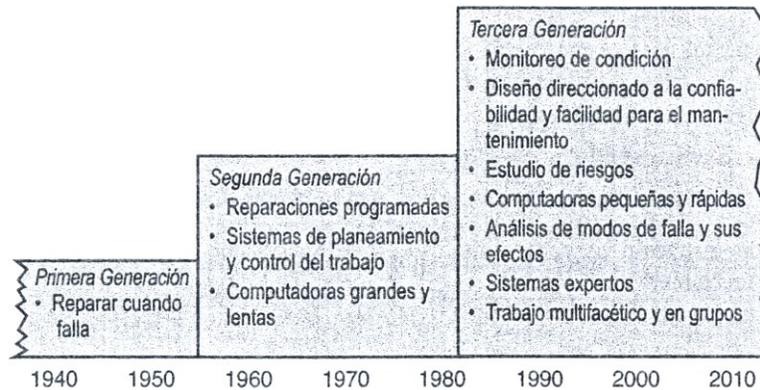


Figura 21. Evolución del Mantenimiento.

Fuente: Libro Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. (Moubray, 2004)

7.1. Mantenimiento y RCM.

Todo activo debe ser mantenido y cada cierto tiempo requiere de una modificación. El fin de mantenimiento es asegurar que los activos hagan lo que se supone deben hacer, necesidad definida por la producción.

Los requerimientos definidos por los usuarios dependen del contexto operacional en el que se encuentre el activo, por lo tanto, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad puede definirse como “un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”. (Moubray, 2004)

Según el autor John Mouray, para el desarrollo de un RCM es necesario definir una serie de preguntas:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros asociados al activo en su actual contexto operacional?

Es necesario como primer paso definir qué es lo que quieren los clientes que el activo haga, y determinar si el mismo es capaz de llevar a cabo dichas funciones.

Para esto el RCM define las funciones principales y secundarias del activo, en su contexto operacional, y con los parámetros ya definidos.

Las funciones principales son aquellas que definen el porqué de la adquisición del activo, mientras las funciones secundarias son aquellas que se esperan que el activo cubra además de su función principal, como funciones de ergonomía, seguridad, control, etc...

Son los usuarios de los activos lo que están en mejor posición para definir las funciones esperadas del equipo, por ello es sumamente importante incluirlos en el análisis de RCM.

- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

La falla es la condición que provoca que un activo no pueda cumplir con sus funciones, total o parcialmente. Esto apunta a que la función de mantenimiento es evitar o prever estas fallas mediante la implementación de políticas de gestión. El RCM permite un análisis estructurado de la falla, esto lo realiza en dos niveles:

- Identificar las causas que llevaron a la falla
- Preguntarse qué eventos pueden causar que el activo falle.

Para el RCM la falla se conoce como fallas funcionales por que ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo con el parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable. (Moubray, 2004)

- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

Luego de haber definido las fallas funcionales, el siguiente paso consiste en definir cuáles son las posibles causas que ocasionan la falla funcional. Esto es definido por el RCM como modo de falla. Los modos de falla se extraen de historiales de reparación para determinar fallas ocurridas en el equipo, también se extraen de los

programas de preventivo. Para realizar un análisis que incluya todas las posibles causas, es necesario incluir los modos de falla por errores en la operación, tareas de mantenimiento realizadas y diseño.

- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

En este punto del análisis es necesario definir los efectos cuando la falla ocurre. Observar las evidencias de que la falla ha ocurrido, y de qué modo esta representa una amenaza para la seguridad, medio ambiente y producción.

- ¿En qué sentido es importante cada falla?

Luego es necesario definir en qué sentido la falla es importante para la organización. El RCM es sumamente importante en este punto ya que el análisis considera más importante la consecuencia de la falla que la falla en sí misma.

- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

El proceso de evaluación en este punto nos informa para poder discriminar las tareas de mantenimiento que crean valor agregado a la gestión, de las que son contraproducentes y solo aumentan los costos. No todas las fallas deben ser prevenidas, y de este concepto el RCM define tareas proactivas y tareas reactivas o a la falla.

- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para el caso en que se determina que no es necesario definir una tarea proactiva, el RCM define como tareas a falta de preventivo el rediseño del equipo o esperar a que la falla ocurra y repararla inmediatamente.

7.2 Propuestas de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM, región de Costa Rica.

Para el desarrollo de la propuesta se basará en la metodología elaborado por el Ing. Jorge Valverde Vega, profesor de la Escuela de Electromecánica en la carrera de Ing. en Mantenimiento Industrial del Tecnológico de Costa Rica.

Como primer paso el RCM hace hincapié en la importancia de conformar un grupo de trabajo para lograr el éxito del análisis. Los colaboradores de mantenimiento no pueden responder a todas las preguntas que plantea el análisis, y es gracias a la integración de diferentes conocimientos del activo que es posible completarlas. Los integrantes del grupo deben conocer el contexto operacional del equipo y un conocimiento profundo de su funcionamiento.

En el Departamento de Mantenimiento se conformó el siguiente grupo de trabajo.

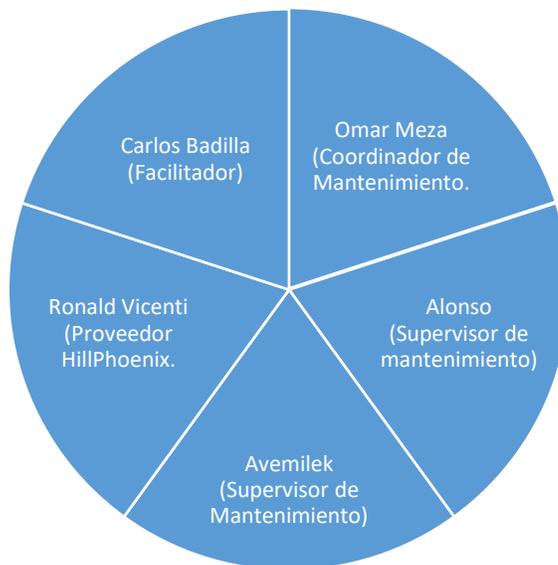


Figura 22. Grupo de Trabajo RCM.

Fuente: Elaboración Propia MS Word

No se incluyó una persona de operación debido a que en la selección de los equipos a aplicar el RCM, los mismos no son operados por ningún asociado en el punto de venta.

Para el desarrollo de la técnica de RCM el Ing. Jorge Valverde Vega define la consecución de una serie de pasos:

1. Selección de los equipos.
2. Formación del archivo técnico.
3. Estudio técnico de los equipos.
4. Determinar el nivel de análisis.
5. Determinar los índices de funcionamiento.
6. Definir los objetivos específicos del RCM.
7. Elaboración de la hoja de trabajo de RCM.
8. Análisis de aplicabilidad de mantenimiento predictivo a los equipos.
9. Elaboración del manual de mantenimiento preventivo.
10. Determinar los repuestos requeridos para ejecutar cada inspección.
11. Elaboración de un Gannt Anual.
12. Organizar la ejecución de las inspecciones.
13. Calcular el costo total del RCM.

Para el desarrollo del presente análisis no se incluirán los puntos que no apliquen debido a la subcontratación de los servicios de mantenimiento como política corporativa de Walmart.

7.2.1 Seleccionar las máquinas.

Como primer paso, antes de definir los equipos a utilizar, se define el punto de venta donde se va a realizar el análisis de RCM. Inicialmente se escoge un Walmart debido a que cuenta con la mayor cantidad de activos y de mayor capacidad.

Se toman los ocho Walmart que están ubicados en el país y se hace un estudio de ventas para determinar la tienda que se encuentra en la media, de esta manera se asegura un flujo de ventas promedio. El análisis no se presenta en el presente informe debido a políticas de privacidad de la empresa al determinar que dicha información es altamente sensible.

La tienda seleccionada es el Walmart de Tibás.



Figura 23. Fotografía Walmart Tibás.

Fuente: Sitio Web www.elfinancierocr.com

Luego se hace un levantamiento de todos los activos presentes en el punto de venta, esto para discriminar los equipos mediante un análisis de criticidad y definir los equipos que ameritan un análisis de RCM. La tabla completa con todos los activos se presenta en la sección de apéndice del presente informe.

7.2.2 Análisis de criticidad.

Los análisis de criticidad son herramientas utilizadas para definir la importancia de los activos con respecto a que suceda una falla. Evalúa diferentes parámetros de producción, costo de la falla, peligro a la seguridad laboral y medio ambiental.

Los factores utilizados para el presente análisis de criticidad se definieron según parámetros del Manual de Mantenimiento Planeado del Japan Institute Plant Maintenance, traducido por el Ing. Julio Carvajal Brenes y el Ing. Kenichi Sakai. A continuación, se muestra la matriz de evaluación dividida por cada factor a considerar.

Tabla 18. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Ventas.

Clasificación	N°	Ítem de Evaluación	Puntaje			Criterio de Evaluación
			4	2	0	
Ventas	1	Grado de influencia del fallo en las ventas totales del PDV.				El PDV de venta debe cerrar deteniendo las ventas: 4
						Uno o varios productos no pueden ser vendidos:2
						El PDV puede operar con normalidad: 0
	2	Disponibilidad de equipo de reserva o sustituto.				Solo se cuenta con ese equipo para llevar acabo el servicio requerido: 4
						Se cuenta con otro equipo para prestar el servicio del equipo en fallo pero entorpece el trabajo en el PDV:2
						Se cuenta con otro equipo en funcionamiento que cubra el dañado sin entorpecer el trabajo de operaciones : 0
	3	Frecuencia de fallo.				Son equipos que fallan frecuentemente entorpeciendo el trabajo de los PDV: 4
						Son equipos que fallan con menor frecuencia pero representan un problema para los PDV: 2
						La falla de esos equipos se considera esporádica y no representan un problema habitual para los PDV:0

Fuente: Libro Mantenimiento Planificado, Adaptado por el Autor.

Tabla 19. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Servicio.

Clasificación	N°	Ítem de Evaluación	Puntaje			Criterio de Evaluación
			4	2	0	
Servicio	4	Satisfacción del Cliente				La falla del equipo ocasiona inconvenientes a los clientes, lo que provoca que estos se muestren muy insatisfechos con el servicio recibido: 4
						La falla del equipo ocasiona inconvenientes a los clientes lo que provoca que se muestren insatisfechos con el servicio recibido:2
						La falla del equipo no ocasiona ningún tipo de inconvenientes a los clientes por lo que no afecta el grado de satisfacción por el servicio recibido: 0

Fuente: Libro Mantenimiento Planificado, Adaptado por el Autor.

Tabla 20. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Calidad

Clasificación	N°	Ítem de Evaluación	Puntaje			Criterio de Evaluación
			4	2	0	
Calidad	5	Grado de influencia en la calidad del producto				La calidad del producto se ve directamente afectada dañándolo: 4
						La calidad del producto se ve indirectamente afectada, lo que reduce las ventas: 2
						No existe ningún tipo de afectación en la calidad del producto:0

Fuente: Libro Mantenimiento Planificado, Adaptado por el Autor.

Tabla 21. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Mantenimiento

Clasificación	N°	Ítem de Evaluación	Puntaje			Criterio de Evaluación
			4	2	0	
Mantenimiento	6	Costo promedio de la reparación				Más de \$2500: 4
						Más de \$1000: 2
						Menos de \$1000: 0

Fuente: Libro Mantenimiento Planificado, Adaptado por el Autor.

Tabla 22. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Seguridad.

Clasificación	N°	Ítem de Evaluación	Puntaje			Criterio de Evaluación
			4	2	0	
Seguridad	7	Seguridad de Operaciones				El fallo del equipo puede resultar en muerte, heridas graves, fuego, etc...:4
						La falla del equipo puede resultar en un accidente: 2
						La falla del equipo no representa ningún peligro: 0

Fuente: Libro Mantenimiento Planificado, Adaptado por el Autor.

Tabla 23. Parámetros de Evaluación de Análisis de Criticidad: Área Medio Ambiente.

Clasificación	N°	Ítem de Evaluación	Puntaje			Criterio de Evaluación
			4	2	0	
Medio Ambiente	8	Seguridad del ambiente				El fallo del equipo representa un daño irreversible al medio ambiente, violando regulaciones y leyes ambientales: 4
						El fallo representa un daño reversible al medio ambiente, y no viola regulaciones o leyes ambientales: 2
						El fallo no representa ningún peligro al medio ambiente: 0

Fuente: Libro Mantenimiento Planificado, Adaptado por el Autor.

Una vez definida la metodología para el análisis de criticidad, se procede a aplicarlo a todos los activos presentes en el Walmart de Tibás. Se presentan los resultados para los equipos críticos. La totalidad del análisis se muestra en el anexo del presente informe.

Tabla 24. Resultados de Análisis de Criticidad (Solo Equipos Críticos)

Equipo	Ítems de Evaluación								Total	Nivel de Criticidad
	Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8		
Paralela de Refrigeración	4	4	2	4	4	4	2	4	28	A
Condensador	4	4	0	4	4	2	2	4	24	A
Tuberías de refrigeración	4	4	0	4	4	4	2	4	26	A
Cuarto Frío	2	4	2	4	4	2	2	4	24	A
Sistema de bombeo de agua potable secundario (hidroneumático y depósito)	4	4	0	4	4	2	4	0	22	A
Sistema de bombeo de aguas negras	4	4	0	2	2	2	4	4	22	A
Planta de tratamiento	4	4	0	2	2	2	4	4	22	A
Planta de energía	4	4	2	4	4	4	4	2	28	A
Transferencia de Potencia	4	4	2	4	4	4	4	0	26	A
Iluminación de planta	4	4	2	4	4	2	2	0	22	A
Banco de capacitores	4	4	0	4	0	2	4	4	22	A
Bóveda de transformadores	4	4	0	4	4	4	4	2	26	A
Acometida	4	4	0	4	4	2	4	0	22	A
Tablero principal (Primario)	4	4	0	4	4	4	4	0	24	A
Circuito eléctrico sensitivo	4	4	0	4	4	4	4	0	24	A
Sistema contra incendio	4	4	2	4	0	4	4	0	22	A

Fuente: Elaboración Propia, MS Excel.

De este análisis se define el circuito de refrigeración como el equipo más crítico y se selecciona para aplicarle el análisis de RCM.

7.2.3 Formación del archivo técnico.

Los sistemas de refrigeración utilizados en aplicaciones industriales suelen ser compuestos por un “rack” de compresores conectados en paralelo que permiten suplir la carga de la tienda modulando la capacidad de refrigeración. Estos permiten manejar diferentes temperaturas de trabajo para productos diferentes que van desde vegetales a una temperatura mayor, o por ejemplo productos lácteos tales como helados que requieren temperaturas bajas de congelación.

A continuación, se definen los principales elementos de un sistema de refrigeración comercial.

Compresor de refrigeración.

Es el corazón del sistema, su función consiste en comprimir el refrigerante en estado de vapor y hacerlo circular por el circuito de refrigeración para que cumpla con las etapas del ciclo de refrigeración. El compresor requiere comprimir el refrigerante proveniente del evaporador y aumentar su presión para que este pueda circular hasta el condensador y rechazar el calor absorbido del espacio refrigerado y del proceso de compresión. Esto hace que cambie de estado y condense para luego reducir su presión en la válvula de expansión termostática. Luego vuelve a ingresar al evaporador para absorber el calor del espacio refrigerado evaporándose por completo para reiniciar el ciclo de refrigeración.

Existen muchos tipos de compresores utilizados en refrigeración, a continuación, se nombran los típicos.

Compresores Centrífugos: Son capaces de desplazar grandes volúmenes de refrigerante con bajas relaciones de compresión. La compresión la logran mediante un rotor que imprime una aceleración al gas refrigerante conforme se desplaza a través de la cámara de compresión. La compresión lograda es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad periférica del rotor.

Tienen una gran capacidad de regulación, desde un 10% hasta un 100% del régimen de funcionamiento máximo.

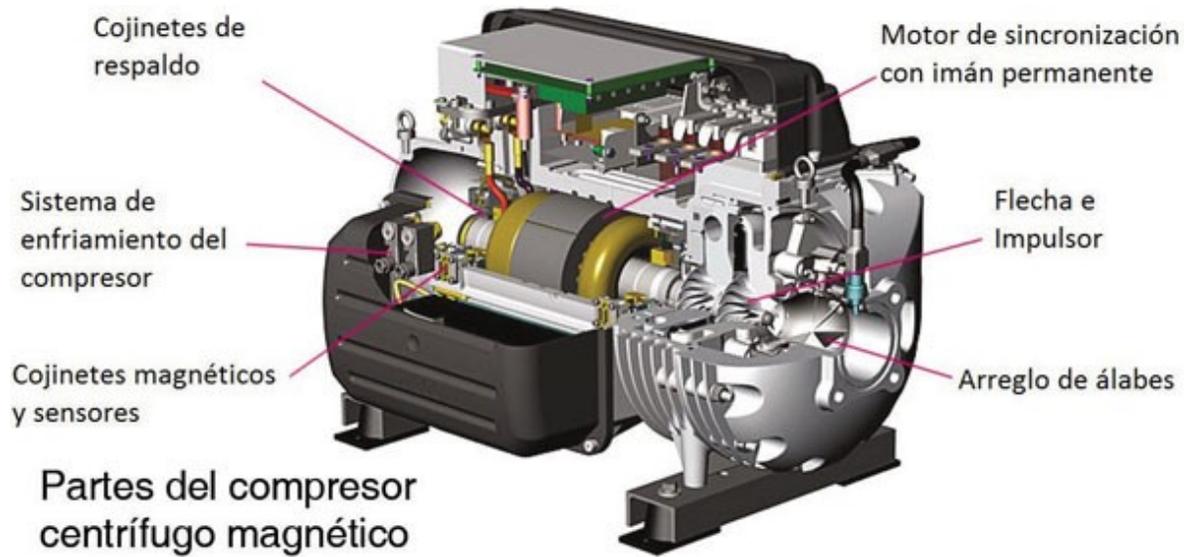


Figura 24. Partes de Compresor Centrífugo de Última Generación.

Fuente: Sitio web [www. mundohvacr.com.mx](http://www.mundohvacr.com.mx)

Compresores de Flujo Axial: Semejantes a los centrífugos, se emplean fundamentalmente en industria química y en aplicaciones de aire acondicionado. Utilizados en grandes potencias.

Suponen menores dimensiones, elementos auxiliares debido a su menor ruido y vibraciones.

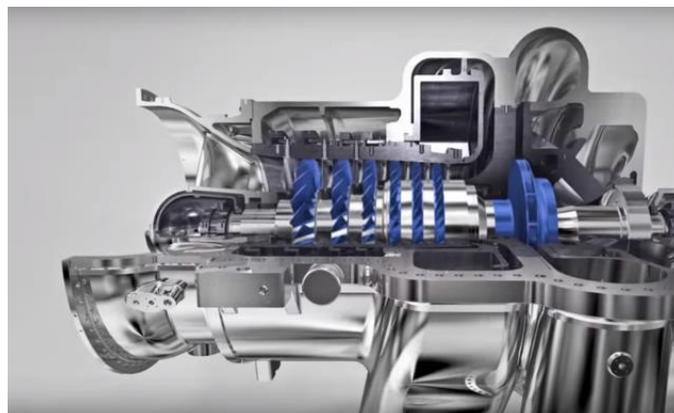


Figura 25. Compresor de Flujo Axial.

Fuente: Sitio Web <http://www.mundocompresor.com>

Compresores Rotativos: Poseen acoplamiento directo al motor y no utilizan válvulas de admisión o aspiración, circulando el gas siempre en el mismo sentido. Son capaces de generar grandes relaciones de compresión, esto debido a que se utilizan aceites de lubricación que permiten el enfriamiento del compresor.

Existen de un rotor, los cuales pueden ser de paletas o de pistón rotativo.

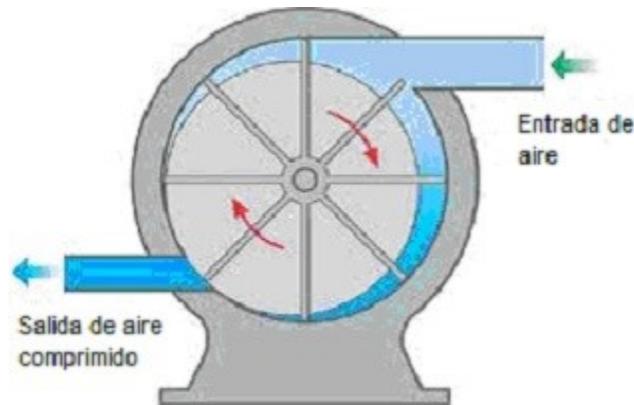


Figura 26. Compresor de Paletas Rotativo.

Fuente: Sitio Web www.ingemecanica.com

Compresores de Tornillo: Los compresores de dos rotores pueden ser de engranes o de tornillo. Estos últimos consisten en dos rotores en forma de tornillo sin fin, uno principal y el otro denominado auxiliar. El principal se construye mediante hélices con una sección semejante a un círculo y el auxiliar con canales que corresponden al perfil del principal.

Al girar ambos en sentido contrario, el gas refrigerante queda atrapado y es obligado a avanzar a través del espacio de compresión hasta la salida. Con el uso de aceites se mantiene la estanqueidad en los engranajes, permitiendo relaciones de compresión de 1:20. Emiten poco sonido y son relativamente pequeños en relación con la capacidad de compresión, esto supone un alto grado de calidad en la manufactura del compresor por lo que son de un costo considerable.

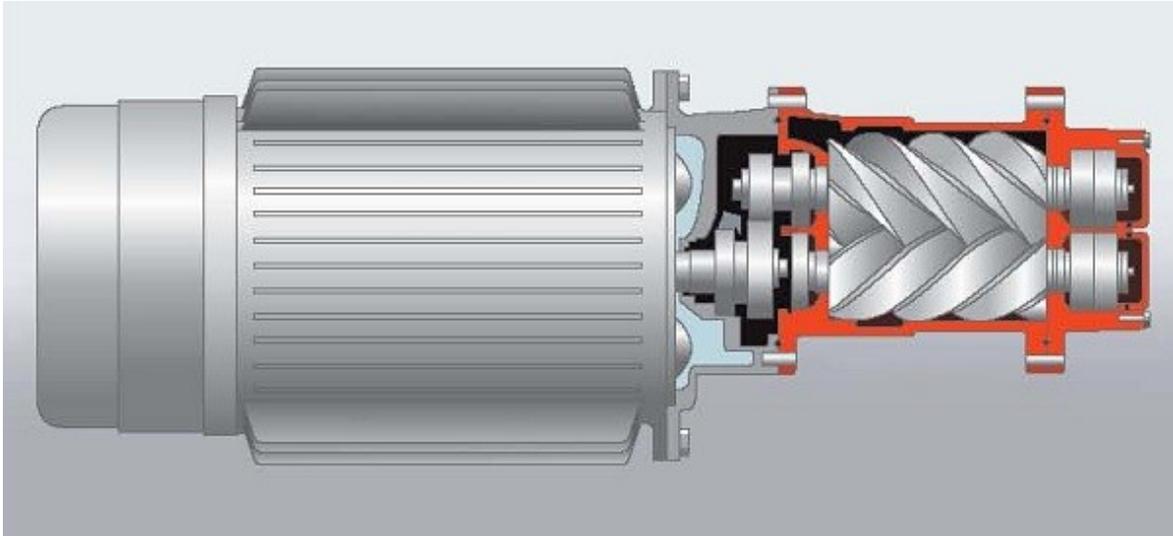


Figura 27. Compresor de Tornillo Lubricado.

Fuente: Sitio Web www.ingemecanica.com

Compresores Alternativos: Su función se fundamenta en la transformación de un movimiento rotativo en otro alternativo.

Aun cuando estos equipos poseen eficiencias menores a los otros tipos de compresores, debido a la transformación del movimiento, y limitaciones de velocidad, siguen siendo la mejor opción para instalaciones de mediana y elevada capacidad, logrando desplazamientos volumétricos de hasta 1.500 m³/h. Poseen una gran flexibilidad de operación, y una excelente relación calidad-precio.

Estos se pueden clasificar a su vez según:

- Tipo de construcción: abierto, semihermético y hermético.
- Número de efectos: Simple o doble.
- Su forma: Horizontal, vertical, en V, etc.
- Número de etapas de compresión: una o dos etapas.
- Sentido de flujo: alternativos o continuo.

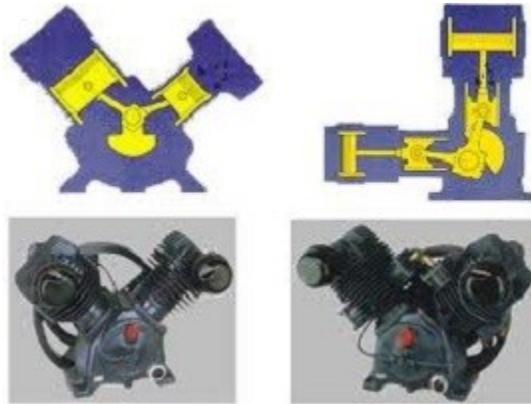


Figura 28. Compresor de Doble Pistón.

Fuente: Sitio Web www.ingemecanica.com

A continuación, se presentan los componentes que Tyler Refrigeración define para un sistema de refrigeración comercial, en su Manual de instalación.

Circuito de refrigeración.

Este puede ser uno o un grupo de exhibidores conectados a una línea de líquido y succión común. La línea de succión puede o no estar equipada con válvula una válvula reguladora de presión (EPR).

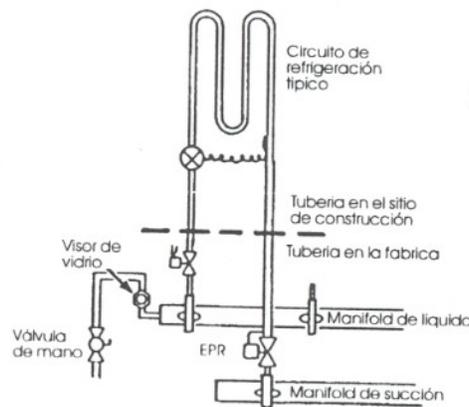


Figura 29. Circuito de Refrigeración.

Fuente Manual de Instalación de Sistemas Paralelos y Guardián del Ambiente. TYLER Refrigeración.

Válvula Check

Se utilizan válvulas de check con sistema de resorte en instalaciones en paralelo para asegurar que el fluido de gas o líquido refrigerante circule en una sola dirección.

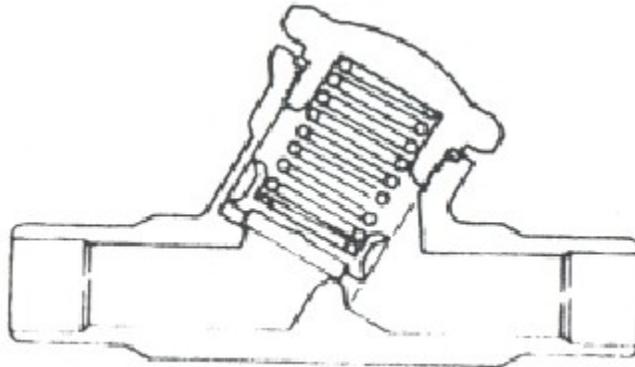


Figura 30. Válvula Check con Resorte.

Fuente Manual de Instalación de Sistemas Paralelos y Guardián del Ambiente.
TYLER Refrigeración.

Sus aplicaciones pueden ser dos:

- 1** Se instalan válvulas check en paralelo a las válvulas solenoide y de expansión termostática para permitir el paso invertido del gas caliente de los ciclos de descongelamiento.
- 2** En los sistemas con serpentín de recuperación de calor, se instala una en la entrada y salida del mismo para asegurar el flujo solo en sentido hacia el condensador.

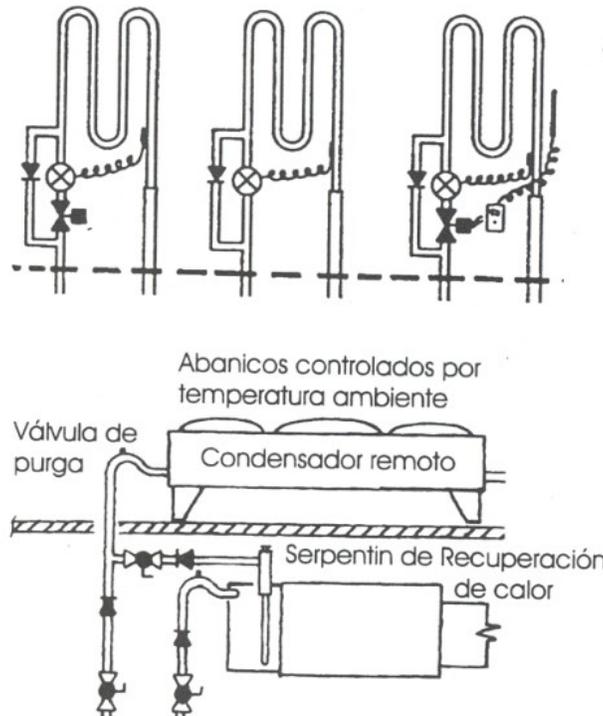


Figura 31. Aplicaciones de Válvula Check.

Fuente Manual de Instalación de Sistemas Paralelos y Guardián del Ambiente. TYLER Refrigeración.

Recibidor de Líquido.

Su función principal es la de servir como depósito de refrigerante del sistema. Además, sirve como suplidor de refrigerante para todos los evaporadores del circuito, modulando las demandas y asegurando un flujo de refrigerante cuando la carga lo requiera.

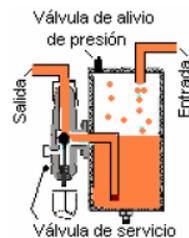


Figura 32. Recibidor de Líquido Refrigerante.

Fuente: Sitio Web <http://romferroconalepsji2.blogspot.com>

Válvula Reguladora del Líquido para Proceso de Descongelamiento Mediante Gas Caliente.

Esta válvula es de suma importancia para los procesos de descongelamiento mediante gas caliente. Asegura el diferencial de presión necesario para que el flujo de refrigerante caliente a través del evaporados en descongelamiento circule en sentido contrario hacia el receptor de líquido, y de ahí a los otros circuitos de refrigeración, pasando por los evaporadores hasta la admisión de los compresores.

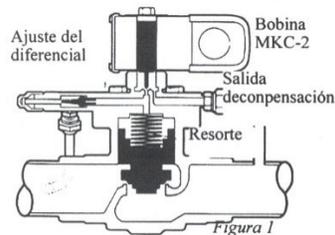


Figura 33. Válvula Reguladora del Líquido para Proceso de Descongelamiento por Gas Caliente.

Fuente Manual de Instalación de Sistemas Paralelos y Guardián del Ambiente. TYLER Refrigeración.

Válvula Solenoide de la Línea de Líquido.

Esta válvula normalmente cerrada se abre cuando se activa el ciclo de descongelamiento.

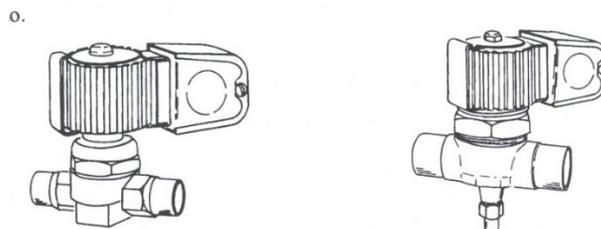


Figura 34. Válvula Solenoide de la Línea de Líquido.

Fuente Manual de Instalación de Sistemas Paralelos y Guardián del Ambiente. TYLER Refrigeración.

Presostato de Alto o Baja para Control del Compresor.

El presostato de refrigeración de Alta o de Baja es un interruptor eléctrico controlado mediante la presión que censa a la salida o entrada del compresor con el fin de proteger al sistema de refrigeración y al compresor, o hacer funciones de control.

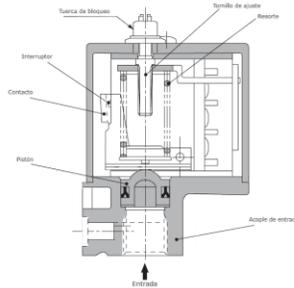


Figura 35. Presostato.

Fuente: Sitio Web [www. Wikipedia.com](http://www.Wikipedia.com)

Válvula de Expansión Termostática.

La válvula de expansión termostática controla el flujo de refrigerante líquido que entra al evaporador de expansión directa manteniendo constante el recalentamiento del vapor de refrigerante en la salida del evaporador.

Recalentamiento es la diferencia entre la temperatura del vapor de refrigerante y su temperatura de saturación.



Figura 36. Válvula de Expansión Termostática.

Fuente: Boletín EXP (S1) 10-9, SPORLAN VALVE COMPANY.

Evaporador.

Es el equipo encargado de absorber todo el calor del espacio refrigerado para propiciar que el refrigerante se evapora al pasar a través de él. El mismo, generalmente, consiste en un serpentín con un grupo de ventiladores que fuerzan el aire a pasar a través de este.

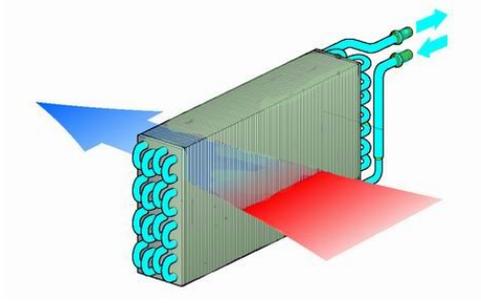


Figura 37. Evaporador.

Fuente: Sitio Web <http://www.dacarsa.net>

Condensador.

En este elemento del sistema de refrigeración es donde se da el rechazo del calor absorbido por el refrigerante por su paso por el evaporador, y luego el calor absorbido por el proceso de compresión.

Consiste de un serpentín con un grupo de ventiladores que fuerzan el aire a temperatura ambiente a pasar a través de este hasta que se condense todo el refrigerante.



Figura 38. Condensador de Tiro Vertical.

Fuente: Sitio Web www.boedorefrigeracion.com.ar

Válvula de Control de Presión de Condensador.

La capacidad de mantener la presión de líquido dentro del evaporador constante durante diferentes periodos de operación a diferentes temperaturas ambientales es el estado ideal. Para lograr esto se instalan dos válvulas de control de presión después del condensador. A continuación, se muestra la configuración de estas.

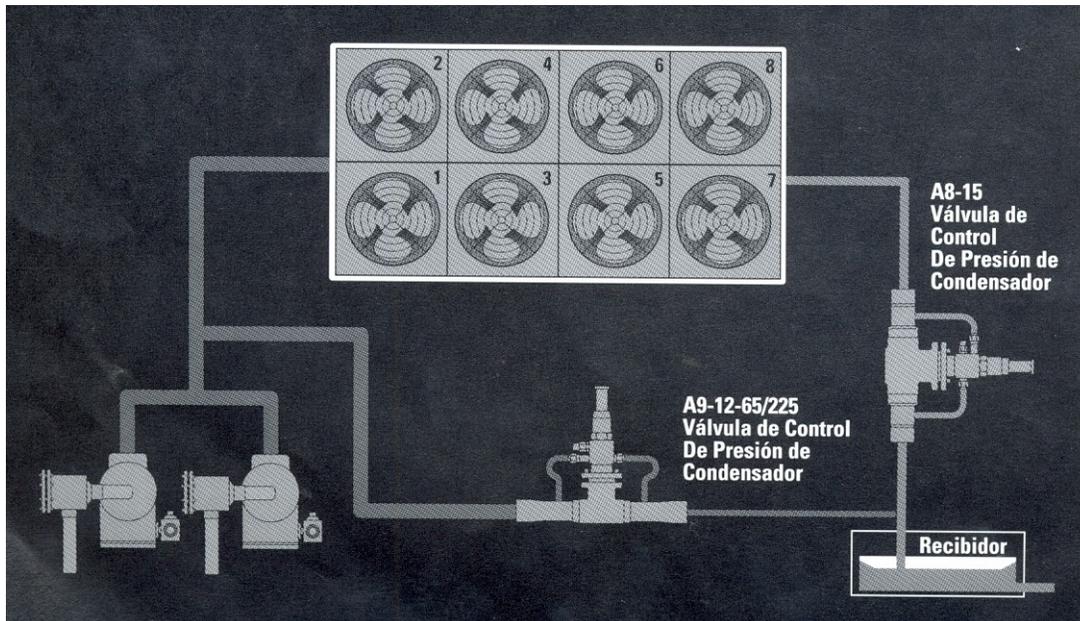


Figura 39. Válvulas de Control de Presión de Condensador.

Fuente: Documento Entendiendo los fundamentos del control de presión del condensador.

Válvula Reguladora de presión de vapor (EPR)

Sporlan define en su boletín 90-20-S1, Válvulas Reguladoras de Presión de Vapor: “Las válvulas reguladoras de presión de vapor (EPR) se encargan de mantener con la presión y la temperatura del evaporador bajo condiciones de cargas térmicas variables. La función principal de una EPR es evitar que la presión del evaporador baje por debajo de un valor predeterminado correspondiente al ajuste de la válvula. Al disminuir la carga térmica del evaporador se mantiene una temperatura constante de evaporador igual al ajuste de la válvula. Cuando aumenta la carga térmica, la válvula abre al aumentar la presión a su entrada sobre el punto de ajuste.”

Esta válvula permite tener diferentes temperaturas en los evaporadores de un sistema de refrigeración comercial.



Figura 40. Modelos de Válvulas EPR de SPORLAN Valve Company.

Fuente: Boletín 90-20-S1, SPORLAN VALVE COMPANY

7.2.4. Nivel de análisis del equipo.

Una tarea sumamente importante en el desarrollo del RCM es la definición del nivel de análisis con el que se va abordar el equipo. Para el caso de un “rack” de compresores, la misma cuenta con muchos componentes a través de la línea de refrigeración. Debido a los alcances del proyecto y el tiempo disponible para el desarrollo del mismo se llegará hasta un tercer nivel.

Tabla 25. Nivel de Análisis para Equipo de Refrigeración.

Primer nivel	Segundo nivel	Tercer Nivel
Sistema de Refrigeración	Rack de Compresores	Ventilador
		Compresor (Pistón)
		Filtro de succión
		Rack
	Sistema de Lubricación	Regulador de nivel de aceite
		Separador de aceite
		Filtro de succión de aceite
		Reservorio de aceite
	Sistema de paralela de refrigeración	Tubería de refrigeración.
		Válvula solenoide de líquido
		Válvulas manuales
		Cabezal de liquido
		Cabezal de succión
		Cabezal de descarga
		Recibidor
		Filtro de líquido
		Visor
	Sistema de descongelamiento por gas	Válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)
		Cabezal de descongelamiento
		Válvula check
		Válvula solenoide
	Sistema eléctrico	Presostato
		Motor
		Bobinas
		Contactos auxiliares
		Elementos térmicos
		Protectores de fase
		Relevadores de tiempo
	Sistema de control	NOVAR
		Sensores
	Condensador	Motor
		Intercambiador de calor
		Válvula de control de presión
Válvula de expansión	Válvula de expansión termostática (ETV)	
Evaporador	Motor	
	Intercambiador de calor (serpentín)	
	Válvula Reguladora de presión de vapor (CDS)	

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.5. Índices de funcionamiento.

Los parámetros de funcionamiento de un sistema de refrigeración varían de uno a otro. Cada instalación representa un nuevo contexto operacional con sus respectivos parámetros de funcionamiento.

A continuación, se presenta una fotografía con los parámetros del equipo bajo análisis.

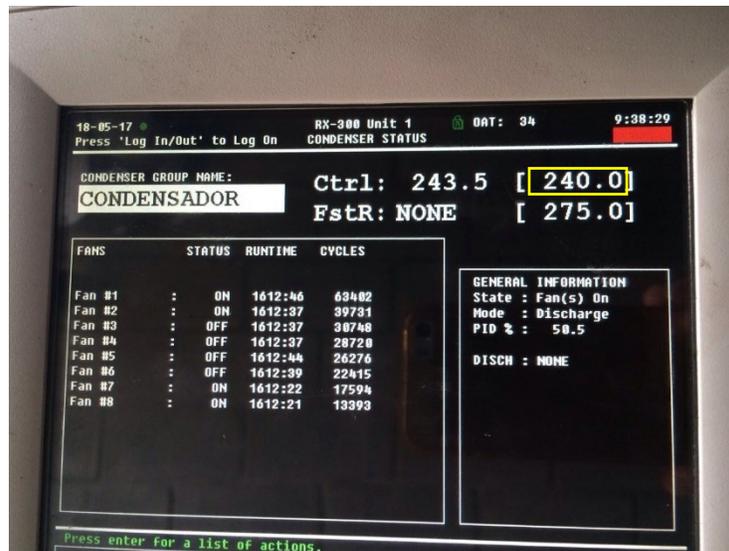


Figura 41. Parámetros de Funcionamiento de Condensador.

Fuente: Fotografía tomada por autor.

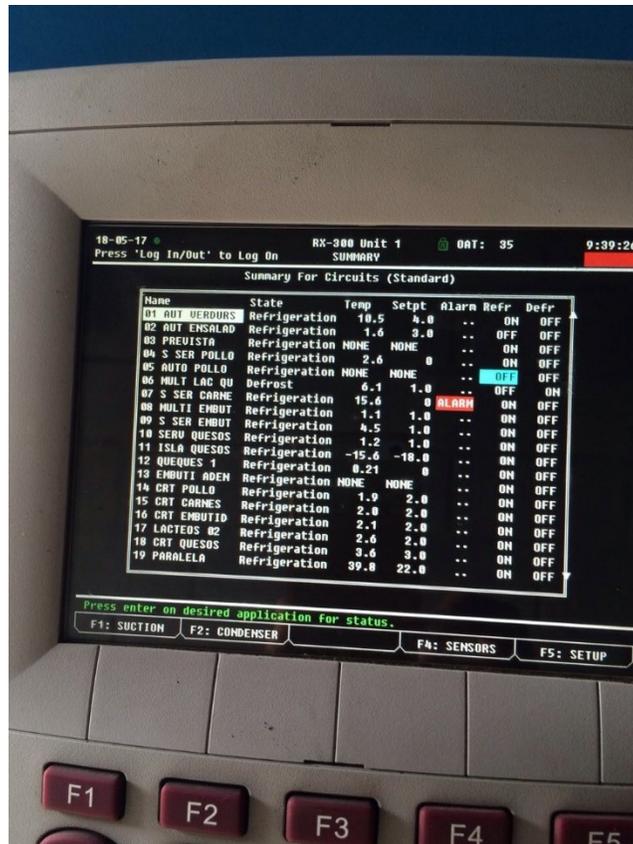


Figura 42. Parámetros de Funcionamiento de Evaporadores.

Fuente: Fotografía tomada por autor.

7.2.6. Objetivos específicos del RCM.

En esta etapa es donde se define que se quiere lograr con la implementación del análisis de RCM a los equipos de refrigeración.

- Definición de las tareas de mantenimiento necesarias a llevar a cabo al “rack” de compresores marca Hill Phoenix, mediante la técnica de RCM para asegurar la función principal y secundaria del activo.
- Definir un manual de mantenimiento que sirva como base técnica para el desarrollo de las cartas de licitación para la contratación de los proveedores que llevarán a cabo las rutinas d mantenimiento.
- Involucrar a los proveedores de refrigeración en el desarrollo del RCM para generar participación en los procesos de gestión del mantenimiento.

7.2.7. Elaboración de la hoja de trabajo RCM.

Esta es la etapa más importante del desarrollo de un análisis de RCM. Acá el grupo de trabajo se reúne para comenzar el estudio de las fallas funcionales y modos de falla para definir finalmente las consecuencias y tareas proactivas.

El formato de la matriz de análisis se desarrolla según la metodología propuesta por el Ing. Jorge Valverde Vega.

1. Función.
2. Falla funcional.
3. Modo de falla.
4. Análisis de modo de falla.
5. Efecto.
6. Acción proactiva.
7. Acciones a falta de...

Con la realización de las reuniones se fueron definiendo cada uno de los puntos de la matriz, para progresivamente ir llenándola con la información consensuada.

Función y falla funcional

Función Principal

Proporcionar gas refrigerante R 404A a una presión de descarga de XXXX,

Falla Funcional

No proporciona la totalidad de la presión de descarga.

No proporciona parcialmente la presión de descarga.

Función Secundaria 1

Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.

Falla funcional 1

Existen fugas de refrigerante.

Función Secundaria 2

Contener todo el lubricante del sistema de compresores.

Falla funcional 2

Existen fugas de aceite.

Modos de falla.

Se definieron varios modos de falla para cada subparte del sistema de refrigeración. Se realizó con la misma lógica del punto anterior, llevando a cabo reuniones con el grupo de RCM. En los anexos se muestran todos los modos de falla definidos.

Se utilizan las letras “I” y “E” para denotar si la falla se produjo internamente o externamente.

Causas de modo de falla.

En esta etapa del análisis se le da respuesta a la pregunta ¿Por qué sucedió la falla? Siendo la base para definir las tareas proactivas.

Efecto de la falla.

Para la clasificación de los efectos de la falla, se utiliza la propuesta del profesor Ing. Jorge Valverde Vega, la misma se muestra en la siguiente tabla

Tabla 26. Efectos de los Modos de Falla.

#	Efecto
1	Seguridad de las personas.
2	El medio ambiente.
3	La eficiencia de las ventas.
4	Las pérdidas del producto.
5	La calidad del producto
6	La propia máquina.

Fuente: Manual de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Adaptado por el autor.

Acción proactiva

Se definen las tareas que se aplicarán a cada modo de falla. A continuación, se definen las tareas proactivas.

Tabla 27. Tareas Proactivas.

#	Tarea proactiva
0	Se definirá posteriormente
1	Inspección de mantenimiento predictivo
2	Inspección de mantenimiento preventivo
3	Procedimiento de operación
4	Trabajo de rediseño
5	Dejar fallar.

Fuente: Manual de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Para la selección de los efectos de las fallas así como las tareas proactivas para los modos de falla identificados en el análisis de RCM se apoyó en la experiencia de los diferentes integrantes del grupo de RCM así como los flujogramas de decisión propuestos en el manual de participante del taller de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad de ASME International impartido por Carlos Parra. A continuación, se presenta dichos diagramas de flujogramas.

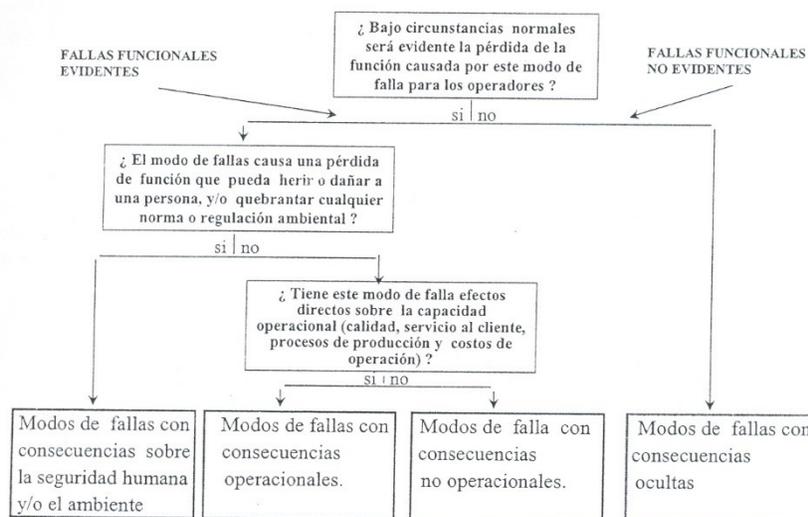


Figura 43. Identificación de las consecuencias de los modos de fallas.

Fuente: Manual del participante del taller Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. (Parra, 2002)

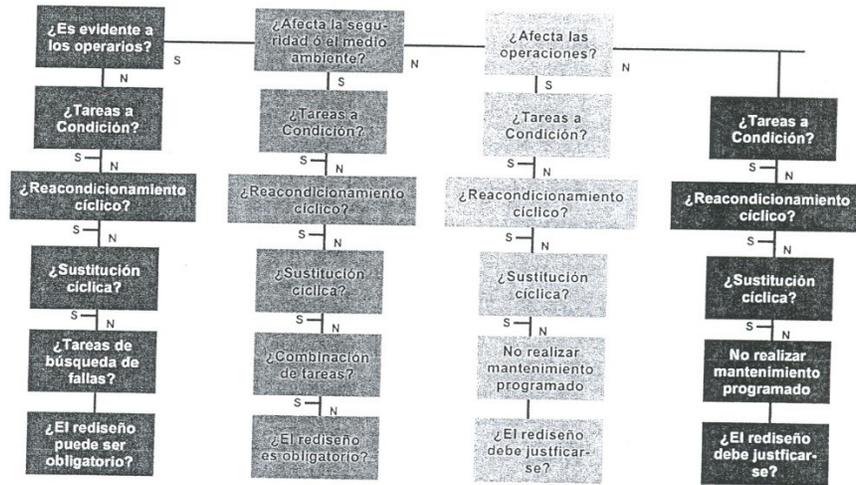


Figura 44. Flujograma de selección de las actividades de mantenimiento.

Fuente: Manual del participante del taller Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. (Parra, 2002)

Manual de mantenimiento.

Los manuales que se obtengan de la matriz de RCM serán utilizados posteriormente como un insumo para definir las cartas de licitación de contratación del mantenimiento.

Se utiliza simbología para definir la frecuencia de las tareas a realizar.

Tabla 28. Abreviaturas para Frecuencia de Mantenimiento Preventivos.

frecuencia	Abreviatura
Mensual	M
Bimestral	B
Trimestral	T
Semestral	S
Anual	A

Fuente: Elaboración de Propia, MS Excel.

De igual manera se define una simbología para la especialidad del técnico que se requiere para llevar a cabo la tarea.

Tabla 29. Abreviaturas para Especialidades Técnicas Requeridas para las Tareas de Mantenimiento.

Especialidad	Abreviatura
Mecánico	TM
Eléctrico	TE
Refrigeración	TRF
Tribología	TTR
Químico	Q

Fuente: Elaboración de Propia, MS Excel.

A continuación, se presentan los manuales de mantenimiento preventivo obtenidos del análisis de RCM a la paralela de refrigeración.

Tabla 30. Manual de Mantenimiento Preventivo para Sistema de Refrigeración: Compresor.

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica				Región: Costa Rica	
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Compresor	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC
1	Verificar ruido y vibraciones anómalos en el equipo. Verificar el estado de los soportes y/o resortes, movimiento libre.	M	12	5	TRF
2	Resocar tornillos del anclaje.	T	4	10	TRF
3	Realizar una limpieza profunda del cabezote y carcasa en general. Hacerlo con desengrasantes, detergentes y abrasivos aprobados por el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM. Asegurarse de que todo el equipo quede totalmente limpio y libre de manchas de aceite. Revisión de fugas en el compresor.	T	4	60	TRF
4	Verificar funcionamiento de válvula de servicios de compresor. Revisar apertura y cierre, y que no existan fugas.	T	4	5	TRF
5	Verificar que existe un adecuado nivel de aceite en los carter de los compresores (mínimo 1/4 de la medida). Con los equipos apagados revisar color, consistencia del lubricante, libre de suciedades, y sin presencia de fugas.	B	6	5	TRF
6	Medir temperatura del cabezote y/o carter de aceite y descarga. Verificar que la temperatura se encuentre dentro del rango normal.	B	6	5	TRF
7	Cambio de filtro de aceite.	A	1	10	TRF
8	Cambio de filtro deshidratador	A	1	10	TRF
9	Medir corrientes del motor (todas las fases). Registrar valores de amperaje.	M	3	10	TRF
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Se definió para el Departamento de Mantenimiento una tarea de mantenimiento preventivo bajo condición (mantenimiento predictivo). El mismo queda como una propuesta para el Departamento de Mantenimiento debido a que la prioridad del departamento es la definición del programa de mantenimiento preventivo por tiempo para asegurar una mejor relación de correctivos versus preventivos. De esta manera se reduciría los gastos de la gestión del mantenimiento y así se podría justificar la implementación del plan de mantenimiento preventivo bajo condición a la empresa como una manera de obtener mejores indicadores de disponibilidad. Actualmente no se cuentan con datos de disponibilidad para poder comparar las mejoras alcanzadas y justificar un programa de mantenimiento preventivo bajo condición, esto aun cuando el departamento comprende la importancia de esta técnica y todos sus beneficios.

Tabla 31. Manual de Mantenimiento Preventivo Bajo Condición para: Sistema de Lubricación:

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica				Región: Costa Rica	
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Sist. Lubric	
No.	Tarea Preventiva por Condición	PER	FRE	DUR	TEC
1	Análisis químico de aceite del sistema de refrigeración. Tomar la medición antes del filtro con el sistema caliente. Realizar como mínimo pruebas de:	S	2	1 S	TTR
1.1	Espectroscopia atómica.				
1.2	Medida de Viscosidad cinemática.				
1.3	Medición del TAN.				
1.4	Medición del TBN.				
1.5	Contenido de Agua.				
1.6	Número de saponificación.				
1.7	Insolubles.				
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

7.2.8. Costo de implementación de rutina de mantenimiento preventivo.

La ejecución del mantenimiento preventivo se realiza bajo el sistema de tercerización del mantenimiento. Por ello las manuales de mantenimiento preventivo que se obtuvieron del desarrollo del análisis de RCM se proponen como una base para la definición de las cartas de licitación para la contratación de los servicios de mantenimiento preventivo para las paralelas de refrigeración.

Se definirá el costo promedio de la implementación del presente programa de mantenimiento centrado en confiabilidad para el equipo de refrigeración del Walmart de Tibás como una base para el cálculo del costo de contratación para los servicios de mantenimiento preventivo tercerizado. Los datos para el cálculo del costo de la hora hombre de los técnicos necesarios para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, se tomarán del Ministerio de Trabajo de Costa Rica, debido a que los datos utilizados por Walmart México y Centroamérica para el cálculo del pago a técnicos es altamente sensible y sus políticas de privacidad prohíben presentar dichos datos en el presente informe.

El costo de los repuestos necesarios se obtuvo de un sondeo realizado a varios proveedores de trabajos de refrigeración a nivel nacional, esto debido a que el departamento no cuenta con historiales de reparación.

A continuación, se presenta un cronograma con las visitas mensuales según las tareas de mantenimiento a llevar a cabo mensualmente.

Tabla 32. Cronograma de Visitas de Programa de Mantenimiento Preventivo para Paralela de Refrigeración.

Subparte	Tareas	Tiempo minutos	Meses											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Compresor	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	10	1			1			1			1		1
	3	10	1				1			1			1	
	4	10	1				1			1			1	
	5	10	1			1		1			1		1	
	6	10	1			1		1			1		1	
	7	10		1										
	8	10		1										
	9	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Evaporador	10	20		1		1		1		1		1		1
	11	20		1		1		1		1		1		1
	12	20		1		1		1		1		1		1
	13	20		1		1		1		1		1		1
	14	20		1		1		1		1		1		1
	15	20		1		1		1		1		1		1
Valvula de Expansión	16	20		1		1		1		1		1		1
	17	10	1		1		1		1		1		1	
	18	5	1		1		1		1		1		1	
	19	5	1		1		1		1		1		1	
	20	5	1		1		1		1		1		1	
Paralela de Refrigeración	21	60	1		1		1		1		1		1	
	22	15	1		1		1		1		1		1	
	23	1			1			1			1			1
	24	10			1			1			1			1
	25	10			1			1			1			1
	26	10			1			1			1			1
	27	10			1			1			1			1
	28	5			1			1			1			1
	29	20			1			1			1			1
	30	5			1			1			1			1
	31	5			1			1			1			1
	32	20			1			1			1			1
	33	10			1			1			1			1
Sistema de Lubricación	34	10		1			1			1			1	
	35	10		1			1			1			1	
	36	10		1			1			1			1	
	37	10		1			1			1			1	
	38	20		1			1			1			1	
	39	120		1										
Condensador	40	10	1			1			1			1		
	41	10	1			1			1			1		
	42	30	1			1			1			1		
	43	10	1			1			1			1		
	44	10	1			1			1			1		
	45	5	1			1			1			1		
	46	5	1			1			1			1		
	47	10	1			1			1			1		
Sistema Eléctrico	48	5	1			1			1			1		
	49	10					1						1	
	50	30					1						1	
	51	10					1						1	
	52	10					1						1	
	53	5					1						1	
	54	10					1						1	
	55	5					1						1	
56	5					1						1		

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Del cronograma es posible definir las horas mensuales invertidas en ejecutar el programa de mantenimiento preventivo con los tiempos definidos junto con el grupo de RCM.

El Ministerio de Trabajo define en el Decreto No. 40022-MTSS del 04 de noviembre del 2016: FIJACIÓN DE SALARIOS MÍNIMOS PARA EL SECTOR PRIVADO QUE REGIRÁN A PARTIR DEL 1º DE ENERO DE 2017, un salario mínimo para un técnico en educación superior de ¢428.138,90. Agregando un 43% aproximado para el cálculo de las cargas sociales se obtiene un costo por hora-hombre aproximado para un técnico en refrigeración de ¢2408,36.

En la siguiente tabla se muestran los cálculos del costo mensual para la ejecución del programa de mantenimiento preventivo por parte de dos técnicos de refrigeración, así como el costo total anual.

Tabla 33. Costo de Mano de Obra para Ejecutar Programa de Mantenimiento Preventivo.

Meses	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total anual
Total minutos	260	355	241	280	280	261	260	215	241	280	280	291	3244
Total hrs	4,3	5,9	4,016666667	4,7	4,666666667	4,35	4,3	3,6	4,0	4,7	4,666666667	4,85	54,06666667
Total hrs hombre (1 Técnico)	¢10.436,23	¢14.249,46	¢9.673,58	¢11.239,01	¢11.239,01	¢10.476,37	¢10.436,23	¢8.629,96	¢9.673,58	¢11.239,01	¢11.239,01	¢11.680,55	¢130.212,00
Total hrs hombre (2 Técnico)	¢20.872,45	¢28.498,93	¢19.347,16	¢22.478,03	¢22.478,03	¢20.952,73	¢20.872,45	¢17.259,91	¢19.347,16	¢22.478,03	¢22.478,03	¢23.361,09	¢260.423,99
Total hrs hombre (2 Técnico) + Carga Social	¢29.847,61	¢40.753,47	¢27.666,44	¢32.143,58	¢32.143,58	¢29.962,41	¢29.847,61	¢24.681,68	¢27.666,44	¢32.143,58	¢32.143,58	¢33.406,36	¢372.406,31

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Para el costo de los materiales necesarios para ejecutar el programa de mantenimiento preventivo se definieron los repuestos típicos utilizados en los mantenimientos de paralelas de refrigeración.

Dicho costo corresponde al presupuesto anual necesario para ejecutar el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 34. Costos de Stock de Repuestos Necesarios para Ejecutar Programa de Mantenimiento Preventivo.

Material	Precio
Presostato de aceite	¢237.300,00
Demandcooling	¢784.717,20
Trax Oil	¢200.925,00
Reley 220 V	¢3.423,00
Válvula de expansión	¢61.698,00
Válvulas CDS	¢424.668,76
Válvulas Solenoide	¢63.167,00
Cabezas de válvulas selenoide MKC1	¢26.800,00
Cabezas de válvulas selenoide MKC2	¢18.965,65
Cabeza de válvula baja tem	¢23.092,00
Cabeza de válvula media tem	¢26.100,00
Elemento filtro de succión	¢18.140,00
Elemento filtro de líquido	¢5.341,00
Elemento filtro liquido carcasa grande 7/8	¢115.136,00
Filtro de aceite	¢97.982,00
Refrigerante R404a (5 kg)	¢41.019,00
Presostato alta y baja	¢49.946,00
Termostato	¢26.442,00
Ventilador tipo pesarin 10 W	¢14.432,75
Ventilador tipo pesarin 18 W	¢25.884,00
Ventilador tipo pesarin 25 W	¢35.256,00
Ventilador tipo morris 5 W	¢15.222,97
Ventilador tipo morris 9 W	¢16.232,45
Ventilador tipo morris 16 W	¢20.933,00
Ventilador tipo morris 25 W	¢54.522,00
Ventilador doble giro 1/20 220 V	¢56.584,00
Ventilador de urna de carne	¢6.910,00
Manguera de presostato	¢25.323,00
Aceite Emkarate	¢61.698,00
Tapones de 1/4 para válvulas de servicio	¢400,00
Contactador trifásico 50 W	¢37.516,00
Timer retardador	¢4.720,00
Tarjeta Emerson Multiflex	¢880.000,00
Sensor CPC	¢30.500,00
Compresor Copeland	¢789.500,00
Limpiador para evaporador y condensador	¢15.230,00
Total	¢4.315.726,78

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

El costo total anual de la implementación del programa de mantenimiento preventivo propuesto para la paralela de refrigeración del Walmart Tibás es ¢4.693.133,09

8. Conclusiones

- La propuesta de un Balanced Scorecard permitió definir las estrategias para las variables de éxito sobre una gestión de clases mundial potenciando las fortalezas del Departamento de Mantenimiento.
- La metodología de la norma Covenin propuesta para la evaluación del Departamento de Mantenimiento permitió definir el grado de madurez en la gestión del mantenimiento, focalizando los esfuerzos en las áreas más débiles con respecto a estándares de clase mundial.
- La herramienta del Balanced Scorecard definió la estrategia necesaria para alcanzar los objetivos del Departamento de Mantenimiento, bajo el enfoque integral de las perspectivas financiera, del cliente, procesos del departamento y aprendizaje y crecimiento del personal.
- La herramienta de RCM definió las tareas mínimas del mantenimiento necesarias para asegurar la disponibilidad de los activos, apegado a su contexto operacional; permitiendo la confección de los manuales de mantenimiento que se utilizarán como base para desarrollar las cartas de licitación para la contratación de las rutinas de mantenimiento preventivo.

9. Recomendaciones.

- Definir junto con el Departamento de Eficiencia Operativa el procedimiento para los mantenimientos rutinarios debido a que actualmente el proceso no recibe retroalimentación del Departamento de Mantenimiento,
- Definir los requerimientos para el Departamento de Tecnologías de la base de datos que requiere el departamento, y que estos se incluyan en el desarrollo del software Tririga.
- Continuar con el Programa de Mantenimiento Centrado en confiabilidad para definir las tareas preventivas mínimas para asegurar la disponibilidad de los activos críticos.
- Implementar el presente modelo piloto de gestión del mantenimiento en los demás países de la región para alinear los objetivos del Departamento de Mantenimiento, favoreciendo la gestión central.
- Definir un programa de capacitaciones impartido por los proveedores a los supervisores para fortalecer las relaciones entre el departamento y proveedores.
- Desarrollar en conjunto con el Departamento de Financiero, encargado de la auditoria de activos; un programa de “plaqueo” de activos, iniciando por los equipos más críticos según el análisis propuesto en el presente informe. Esto para la generación de los historiales de reparación.
- Utilizar la hoja de historial de reparaciones, tanto para la toma de datos de tiempos de trabajo y falla, así como los datos de costos del mantenimiento.
- Trasladar todas las tareas administrativas de control de gasto a puestos auxiliares de mantenimiento para favorecer la supervisión de los trabajos subcontratados.
- Definir una planilla interna para llevar a cabo las tareas de mantenimiento de baja especialización de servicios generales.

10. Bibliografía.

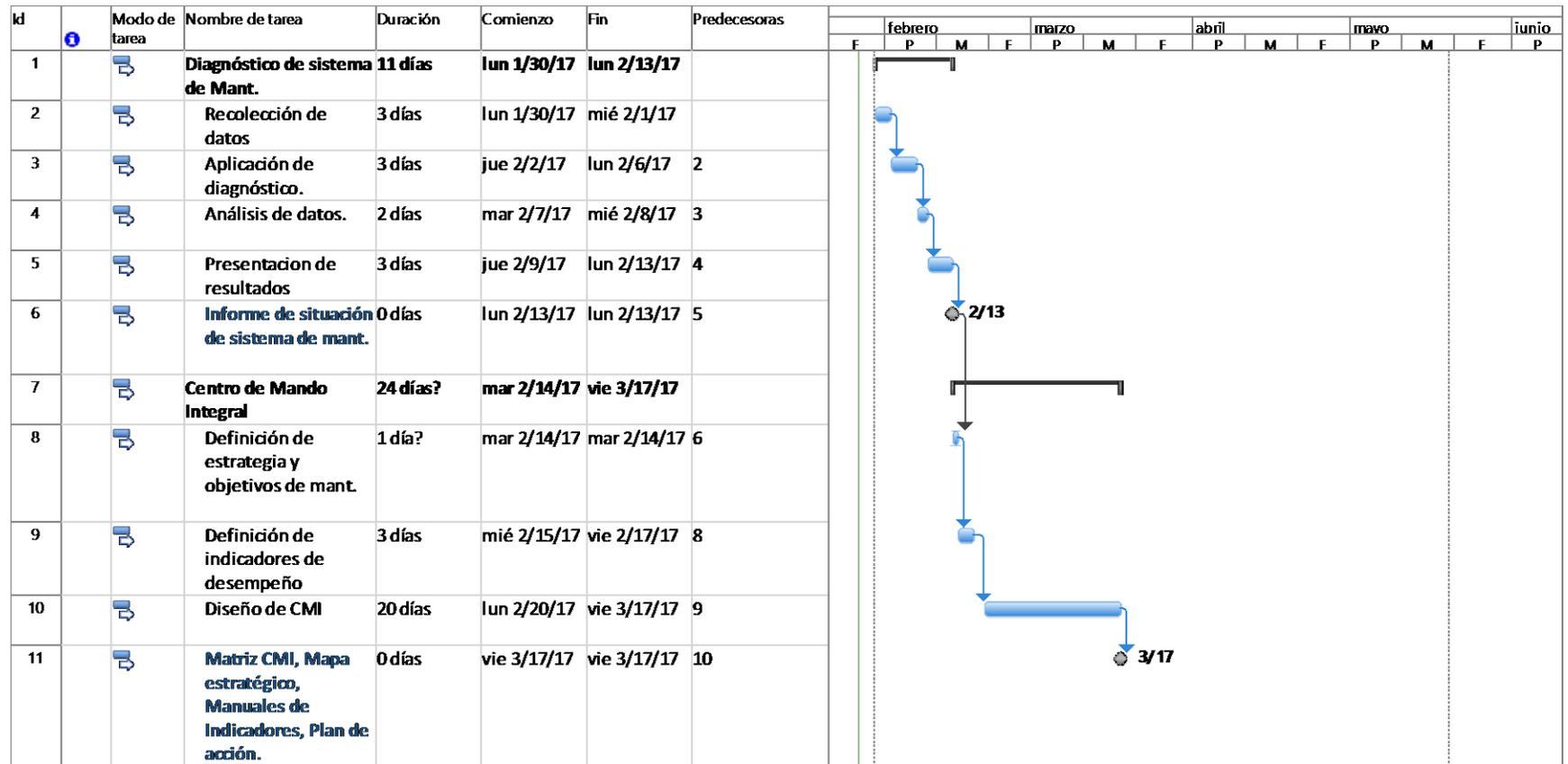
- Acuña, J. A. (2003). *Ingeniería de Confiabilidad*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- Altman, C. (20 de enero de 2017). *La Tercerización del Mantenimiento*. Obtenido de Mantenimiento Mundial: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/Trabajo-de-Tercerizacion-CA.pdf>
- Amendola, L. (2012). *Organización y Gestión del Mantenimiento*. España: Imprenta Llorens.
- B.S, D. (2002). *Engeneering Maintenance. A Modern Approach*. Florida: CRC Press LLC.
- Barambio, E. (24 de Abril de 2017). *Fonetic*. Obtenido de <http://www.fonetic.es/blog/index.php/sobre-estrategia-procesos-e-indicadores/>
- Brenes, J. C. (2012). *Mantenimiento Productivo Total*. Cartago: Julio Carvajal Brenes.
- British Standard. (2002). *BS EN 13460: Maintenance - Documents for maintenance*. Bruselas: CEN.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1993). *Manual para Evaluación de Sistemas de Mantenimiento*. Caracas, Venezuela: COVENIN.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1993). *Mantenimiento. Definiciones*. Caracas, Venezuela: COVENIN.
- Comité Técnico de Normalización CT3: Construcción, Comisión Venezolana de Normas Industriales. (1993). *Norma COVENIN 2500 - 93*. Caracas: Fondonorma.

- Emerson Climate Technologies. (05 de 04 de 2017). *Emerson Climate*. Obtenido de http://www.emersonclimate.com/es-LA/Documents/pdfs/Folleto_Presostatos_Alta_Baja_PS1_PS2.pdf
- García, T., & Cano, M. (23 de Abril de 2017). *Universidad de Veracruz*. Obtenido de <https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/foda1999-2000.pdf>
- MIDEPLAN. (23 de Marzo de 2017). *Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo*. Obtenido de <https://documentos.mideplan.go.cr/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/6a88ebe4-da9f-4b6a-b366-425dd6371a97/guia-elaboracion-diagramas-flujo-2009.pdf>
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. Nort Carolina, United States of America: Edwards Brothers Lillington.
- Nakano, K. (1999). *Mantenimiento Planificado*. Tokyo: Coso Zero wo Tasseisuru.
- Niven, P. R. (2006). *Balanced Scorecard Step by Step: maximizing performance and maintaining results*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Parra, C. (2002). *Manual de Participante: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad*. ASME International.
- Piedra, C. (27 de Agosto de 2014). Presentación 3 de curso de Administración de Mantenimiento II. *Mantenimiento de Clase Mundial*. Cartago.
- Sporlan. (05 de 04 de 2017). *Parker*. Obtenido de https://www.parker.com/literature/Sporlan/Sporlan%20pdf%20files/Sporlan%20pdf%20Export/90-20_S1_052007.pdf
- Tarantino, S. (20 de Abril de 2017). *www.degerencia.com*. Obtenido de http://www.degerencia.com/articulo/cuadro-de-mando-integral-cmi-o-balanced-scorecard-y-3-de-sus-pilares_
- Tavares, L. (1990). *Administración Moderna del Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo.

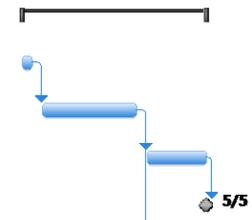
Wireman, T. (1990). *World Class Maintenance Management*. New York: Industrial Press Inc.

11. Apéndice.

1. Diagrama de Gantt.



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Gantt Chart																													
							re	enero					febrero					marzo					abril					mayo					junio			
							M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M	F	P	M		
18		Codificación y clasificación de equipos, procedimientos y responsables, documentación, oportunidades de mejora, análisis financiero.	0 días	mié 3/29/17	mié 3/29/17	17																														
19		Programa de mant preventivo	27 días	jue 3/30/17	vie 5/5/17																															
20		Seleccionar equipo	2 días	jue 3/30/17	vie 3/31/17	17																														
21		Desarrollar análisis de RCM	15 días	lun 4/3/17	vie 4/21/17	20																														
22		Documentación	10 días	lun 4/24/17	vie 5/5/17	21																														
23		Hojas de RCM, Manuales de RCM, Procedimientos, Análisis Financiero.	0 días	vie 5/5/17	vie 5/5/17	22																														



2. Manuales de Mantenimiento Preventivo.

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica				Región: Costa Rica	
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Compresor	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC
1	Verificar ruido y vibraciones anómalos en el equipo. Verificar el estado de los soportes y/o resortes, movimiento libre.	M	12	5	TRF
2	Resocar tornillos del anclaje.	T	4	10	TRF
3	Realizar una limpieza profunda del cabezote y carcasa en general. Hacerlo con desengrasantes, detergentes y abrasivos aprobados por el Departamento de Mantenimiento de Walmart CAM. Asegurarse de que todo el equipo quede totalmente limpio y libre de manchas de aceite. Revisión de fugas en el compresor.	T	4	60	TRF
4	Verificar funcionamiento de válvula de servicios de compresor. Revisar apertura y cierre, y que no existan fugas.	T	4	5	TRF
5	Verificar que existe un adecuado nivel de aceite en los carter de los compresores (mínimo 1/4 de la medida). Con los equipos apagados revisar color, consistencia del lubricante, libre de suciedades, y sin presencia de fugas.	B	6	5	TRF
6	Medir temperatura del cabezote y/o carter de aceite y descarga. Verificar que la temperatura se encuentre dentro del rango normal.	B	6	5	TRF
7	Cambio de filtro de aceite.	A	1	10	TRF
8	Cambio de filtro deshidratador	A	1	10	TRF
9	Medir corrientes del motor (todas las fases). Registrar valores de amperaje.	M	3	10	TRF
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica				Región: Costa Rica	
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Evaporador	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC
10	Realizar una limpieza profunda y adecuada de todo el serpentín del evaporador. Asegurarse de que este quede libre de cualquier tipo de formación de hielo.	B	6	20	TRF
11	Realizar una limpieza de las aspas de los ventiladores. Revisar alineación y lubricación de los mismos.	B	6	20	TRF
12	Medir la corriente de los motores de los ventiladores y asegurar que sea la adecuada.	B	6	20	TRF
13	Verificar el estado de las tuberías del serpentín. Revisar uniones y soldaduras en búsqueda de fugas.	B	6	20	TRF
14	Limpiar bandeja de condensado y tubería de desagüe.	B	6	20	TRF
15	Verificar funcionamiento de sistema de descongelamiento.	B	6	20	TRF
16	Verificar funcionamiento de termostato.	B	6	20	TRF
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Walmart México y Centroamérica				Región: Costa Rica			
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones							
Equipos: Sistema de refrigeración.				Subparte		Valv. Expan	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC		
17	Revisión del estado general de la válvula. Búsqueda de fugas.	B	6	10	TRF		
18	Verificar cierre y apertura de la válvula. Asegurar su correcto funcionamiento.	B	6	5	TRF		
19	Revisión del estado del capilar, este debe estar sin fisuras y cargado.	B	6	5	TRF		
20	Verificar que el bulbo sensor se encuentre ajustado y aislado. Inspeccionar su colocación y soporte a la tubería.	B	6	5	TRF		
21	Medir el sobrecalentamiento.	B	6	60	TRF		
22	Realizar una limpieza del pascón de la válvula.	B	6	15	TRF		
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico							

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica				Región: Costa Rica	
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Paral Refri.	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC
23	Revisión de desviación de presostato de alta y baja.	T	4	1	TRF
24	Revisión de presión de ajuste de válvula CDS.	T	4	10	TRF
25	Revisión de válvula de presión de condensador.	T	4	10	TRF
26	Revisión de válvula solenoide de descongelamiento.	T	4	10	TRF
27	Medir presión de operación de baja.	T	4	10	TRF
28	Verificar flujo de refrigerante a través del visor de alta y baja.	T	4	5	TRF
29	Revisar estado de cañuelas y aislantes.	T	4	20	TRF
30	Revisar integridad del capilar del interruptor de baja.	T	4	5	TRF
31	Verificar la presión de operación de alta.	T	4	5	TRF
32	Revisar caída de presión de filtros.	T	4	20	TRF
33	Revisar integridad del capilar del interruptor de alta.	T	4	10	TRF
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica					Región: Costa Rica
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Sist. Lubric	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC
34	Revisión de separador de aceite.	T	4	10	TRF
35	Revisión de acumulador de aceite.	T	4	10	TRF
36	Revisión de sensores de aceite.	T	4	10	TRF
37	Revisión de bomba de aceite (diferencia de presión).	T	4	10	TRF
38	Cambio de filtros de succión.	T	3	20	TRF
39	Cambio de aceite y filtro.	A	1	120	TRF
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica					Región: Costa Rica
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Condensador	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC
40	Medir corrientes de los motores de los ventiladores.	T	4	10	TRF
41	Revisión del funcionamiento general de los ventiladores. Limpiar las aspas de los ventiladores.	T	4	10	TRF
42	Realizar una limpieza profunda en todo el serpentín del condensador. Garantizar un flujo óptimo de aire a través del equipo para una alta eficiencia del circuito de refrigeración.	T	4	30	TRF
43	Revisión del serpentín del condensador en búsqueda de fugas.	T	4	10	TRF
44	Engrasar motores y roles de los ventiladores.	T	4	10	TRF
45	Verificar el correcto balance de los abanicos.	T	4	5	TRF
46	Revisar estado de los anclajes y soportes (vibraciones).	T	4	5	TRF
47	Verificar el estado del cableado eléctrico.	T	4	10	TRF
48	Verificar estado de fajas y ajuste de las mismas.	T	4	5	TRF
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

Manual de Mantenimiento Preventivo					
Walmart México y Centroamérica				Región: Costa Rica	
Departamento de Mantenimiento y Remodelaciones					
Equipos: Sistema de refrigeración.		Subparte		Eléctrico	
No.	Tarea Preventiva	PER	FRE	DUR	TEC
49	Limpeza de la carcasa del PLC. Revisión de todos los contactores.	S	2	10	TRF
50	Realizar una revisión de todos los elementos eléctricos. Ajustar líneas y contactos así como tornillos. Asegurarse de que no existan terminales flojas o falsos contactos. Revisar el estado de todos los conductores eléctricos, verificar que no existan cables quemados o sobrecalentados. Realizar una limpieza profunda con dieléctrico. Mantener todos los tableros y cajas de conexiones limpias, ordenadas y debidamente identificadas.	S	2	30	TRF
51	Revisión de los circuitos eléctricos de los presostatos de alta, baja y nivel de aceite. Revisión de bobinas de control.	S	2	10	TRF
52	Inspeccionar cableado e interruptores eléctricos. Verificar sus uniones y que estén debidamente protegidos por canaletas.	S	2	10	TRF
53	Revisar "timers" de descongelamiento.	S	2	5	TRF
54	Revisión del estado de la caja eléctrica.	S	2	10	TRF
55	Revisión de los retardadores de arranque.	S	2	5	TRF
56	Revisión de "breakers" y protecciones térmicas. Garantice su correcto funcionamiento.	S	2	5	TRF
PER: Periodo FRE: Frecuencia DUR: Duración TEC: Técnico					

3. Fuente: Análisis de RCM. MS Excel.

4. Parámetros de Evaluación de Norma Covenin 2500-93 Adaptados a la Realidad de Walmart México y Centroamérica.

	Puntuación Máxima	Demérito	Calificación
I. Organización de la Empresa			
I. 1 Funciones y Responsabilidades.			
Principio Básico			
La empresa posee un organigrama general y por departamento. Se tiene definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización (guardando la relación con su tamaño y complejidad de operación).	60		
Deméritos			
I.1.1 La empresa no posee organigrama acordes con su estructura o no están actualizados; tanto a nivel general, como a nivel de departamentos.		20	0
I.1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no están especificadas por escrito, o presentan falta de claridad.		20	10
I.1.3 La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados.		20	10
I.2 Autoridad y Autonomía.			
Principio Básico			
Las personas asignadas al desarrollo y cumplimiento de las diferentes funciones, cuentan con el apoyo necesario de la dirección de la organización, y tienen la suficiente autoridad para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	40		
Deméritos			
I.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida.		0	
I.2.2 Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tienen pleno conocimiento de sus funciones.		0	
I.2.3 Existe duplicidad de funciones.		5	

I.2.4 La toma de decisiones para la resolución de problemas rutinarios en cada dependencia o unidad, tiene que ser efectuada previa consulta a los niveles superiores.		10	
I.3 Sistemas de Información.			
Principio Básico			
La empresa cuenta con una estructura técnica administrativa para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que el sistema productivo requiere.	50		
Deméritos			
I.3.1 La empresa no cuenta con un diagrama de flujo para el sistema de información, donde estén involucrados todos los componentes estructurales participes en la toma de decisiones.		10	10
I.3.2 La empresa no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.		5	0
I.3.3 La empresa no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.		5	0
I.3.4 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación.		10	0
I.3.5 La empresa no dispone de los medios para el procesamiento de la información en base a los resultados que se deseen obtener.		10	0
I.3.6 La empresa no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.		10	0
II. Organización de Mantenimiento.			
II.1 Funciones y Responsabilidades.			
Principio Básico			
La función de mantenimiento, está bien definida y ubicada dentro de la organización y posee un organigrama para este departamento. Se tienen por escrito las diferentes funciones y responsabilidades para los diferentes componentes dentro de la organización de mantenimiento. Los recursos asignados son adecuados, a fin de que la función pueda cumplir con los objetivos planteados.	80		
Deméritos			

II.1.1 La empresa no tiene organigramas acordes a su estructura o no están actualizados para la organización de Mantenimiento.		15	0
II.1.2 La organización de mantenimiento, no está acorde con el tamaño del Negocio, tipo de objetos a mantener, tipo de personal, tipo de proceso, distribución geográfica, u otro.		15	10
II.1.3 La unidad de mantenimiento no se presenta en el organigrama general, independientemente del departamento de Operaciones.		15	5
II.1.4 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades no están definidas por escrito o no están claramente definidas dentro de la unidad.		10	0
II.1.5 La asignación de funciones y de responsabilidades no llegan hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados.		10	5
II.1.6 La empresa no cuenta con el personal suficiente tanto en cantidad como en calificación, para cubrir las actividades de mantenimiento.		15	5
II.2 Autoridad y Autonomía.			
Principio Básico			
Las personas asignadas para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades cuentan con el apoyo de la gerencia y poseen la suficiente autoridad y autonomía para el desarrollo y cumplimiento de las funciones y responsabilidades establecidas.	50		
Deméritos			
II.2.1 La unidad de mantenimiento no posee claramente definidas las líneas de autoridad.		15	0
II.2.2 El personal asignado a mantenimiento no tiene pleno conocimiento de sus funciones.		15	0
II.2.3 Se presentan solapamientos y/o duplicidad en las funciones asignadas a cada componente estructural de la organización de mantenimiento.		10	0
II.2.4 Los problemas de carácter rutinario no pueden ser resueltos sin consulta a niveles superiores.		10	5
II.3 Sistemas de Información.			
Principio Básico			
La organización de Mantenimiento posee un sistema que le permite manejar óptimamente toda la información referente a mantenimiento (registro de fallas, programación de	70		

mantenimiento, estadísticas, costos, información sobre equipos, u otros).			
Deméritos			
II.3.1 La organización de mantenimiento no cuenta con un flujograma para su sistema de información donde estén claramente definidos los componentes estructurales involucrados en la toma de decisiones.		15	0
II.3.2 La organización de mantenimiento no dispone de los medios para el procesamiento de la información de las diferentes secciones o unidades con base en los resultados que se desean obtener.		15	10
II.3.3 La organización de mantenimiento no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.		10	10
II.3.4 La organización de mantenimiento no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.		10	10
II.3.5 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como su almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación.		10	10
II.5.6 La organización de mantenimiento no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.		10	5
III. Planificación de Mantenimiento.			
III.1 Objetivos y Metas.			
Principio Básico			
Dentro de la organización de mantenimiento la función de planificación tiene establecidos los objetivos y metas en cuanto a las necesidades de los objetos de mantenimiento, y el tiempo de realización de acciones de mantenimiento para garantizar la disponibilidad de los sistemas, todo esto incluido en forma clara y detallada en un plan de acción.	70		
Deméritos			
III.1.1 No se encuentran definidos por escrito los objetivos y metas que deben cumplir la organización de mantenimiento.		20	0

III.1.2 La organización de mantenimiento no posee un plan donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos a mantener.		20	20
III.1.3 La organización no tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran.		15	10
III.1.4 Las acciones de mantenimiento que se ejecutan no se orientan hacia el logro de los objetivos.		15	5
III.2 Políticas para la planificación.			
Principio Básico			
La gerencia de mantenimiento ha establecido una política que involucre su campo de acción, su justificación, los medios y objetivos que persiguen. Se tiene una planificación para la ejecución de cada una de las acciones de mantenimiento utilizando los recursos disponibles.	70		
Deméritos			
III.2.1 La organización no posee un estudio donde se especifiquen detalladamente las necesidades reales y objetivas de mantenimiento para los diferentes objetos de mantenimiento.		20	20
III.2.2 No se tiene establecido un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento de aquellos sistemas que lo requieran.		20	10
III.2.3 A los sistemas solo se les realiza mantenimiento cuando fallan.		15	5
III.2.4 El equipo gerencial no tiene coherencia en torno a las políticas de mantenimiento establecidas.		15	0
III.3 Control y Evaluación.			
Principio Básico			
La organización cuenta con un sistema de señalización o codificación lógica y secuencial que permite registrar información del proceso o de cada línea, maquina o equipo en el sistema total.	60		
Deméritos			
III.3.1 No existen procedimientos normalizados para recabar y comunicar información así como su almacenamiento para su posterior uso.		10	10
III.3.2 No existe una codificación secuencial que permita la ubicación rápida de cada objeto dentro del proceso, así como el registro de la información de cada uno de ellos.		10	10

III.3.3 La empresa no posee un inventario de manuales de mantenimiento y operaciones, así como catálogos de piezas y partes de cada objeto a mantener.		10	10
III.3.4 No se dispone de un inventario técnico de objetos de mantenimiento que permita conocer la función de los mismos dentro del sistema al cual pertenece, recogida ésta información en formatos normalizados.		10	5
III.3.5 No se llevan registros de fallas y causas por escrito.		5	5
III.3.6 No se llevan estadísticas de tiempos de parada y de tiempos de reparación.		5	5
III.3.7 No se tiene archivada y clasificada la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.		5	5
III.3.8 La información no es procesada y analizada para la futura toma de decisiones.		5	5
IV. Mantenimiento Rutinario.			
IV.1 Planificación.			
Principio Básico			
La organización de mantenimiento tiene preestablecidas las actividades diarias y hasta semanales que se van a realizar a los objetos de mantenimiento, asignando los ejecutores responsables para llevar a cabo las acciones de mantenimiento. La organización de mantenimiento cuenta con una infraestructura y procedimientos para que las acciones de mantenimiento rutinario se ejecuten en forma organizada. La organización de mantenimiento tiene un programa de mantenimiento rutinario, así como también un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.	100		
Deméritos			
IV.1.1 No están descritas en forma clara y precisa las instrucciones técnicas que permiten al operario, a la organización de mantenimiento o al proveedor aprobado aplicar correctamente mantenimiento rutinario a los sistemas.		20	10
IV.1.2 Falta de documentos sobre instrucciones de mantenimiento para la generación de acciones de mantenimiento rutinario.		20	20
IV.1.3 Los operarios no están bien formados sobre el mantenimiento a realizar.		20	10

IV.1.4 No se tiene establecido una coordinación con la unidad de operaciones para ejecutar las labores de mantenimiento rutinario.		20	0
IV.1.5 Las labores de mantenimiento rutinario no son realizadas por el personal adecuado según la complejidad y dimensiones de la actividad a ejecutar.		10	0
IV.1.6 No se cuenta con un stock de materiales y herramientas de mayor uso para la ejecución de este tipo de mantenimiento.		10	10
IV.2 Programación e implementación.			
Principio Básico			
Las acciones de mantenimiento rutinario están programados de manera que el tiempo de ejecución no interrumpa el proceso de ventas, la frecuencia de ejecución de las actividades son menores o iguales a una semana. La implantación de las actividades de mantenimiento rutinario lleva consigo una supervisión que permita controlar la ejecución de dichas actividades.	80		
Deméritos			
IV.2.1 No existe un sistema donde se identifique el programa de mantenimiento rutinario.		15	15
IV.2.2 La programación del mantenimiento rutinario no está definida de manera clara y detallada.		10	10
IV.2.3 Existe el programa de mantenimiento rutinario pero no se cumple con la frecuencia estipulada, ejecutando las acciones de manera variable y ocasionalmente.		10	10
IV.2.4 Las actividades de mantenimiento rutinario están programados durante todos los días de la semana, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.		10	10
IV.2.5 La frecuencia de las acciones de mantenimiento rutinario (limpieza, ajuste, calibración y protección) no están asignadas a un momento específico de la semana.		10	10
IV.2.6 No se cuenta con el personal idóneo para la implantación del plan de mantenimiento rutinario.		10	5
IV.2.7 No se tienen claramente identificados a los sistemas que forman parte de las actividades de mantenimiento rutinario.		10	10
IV.2.8 La organización no tiene establecida una supervisión para el control de ejecución de las actividades de mantenimiento rutinario.		5	5

IV.3 Control y Evaluación			
Principio Básico			
El Departamento de Mantenimiento dispone de mecanismos que permitan llevar registros de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y herramientas utilizadas. Se lleva un control del mantenimiento de los diferentes objetos. El departamento dispone de medidas necesarias para verificar que se cumpla las acciones de mantenimiento rutinario programadas. Se realizan evaluaciones periódicas de los resultados de la aplicación del mantenimiento rutinario.	70		
Deméritos			
IV.3.1 No se dispone de una ficha para llevar el control de los manuales de servicio, operación y partes.		10	10
IV.3.2 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones técnicas de mantenimiento rutinario, hasta su ejecución.		15	15
IV.3.3 No se llevan registros de las acciones de mantenimiento rutinario realizadas.		5	5
IV.3.4 No existen formatos de control que permitan verificar si se cumple el mantenimiento rutinario y a su vez emitir órdenes para arreglos o reparaciones a las fallas detectadas.		10	5
IV.3.5 No existen formatos que permitan recoger información en cuanto a consumo de ciertos insumos requeridos para ejecutar mantenimiento rutinario permitiendo presupuestos más reales.		5	5
IV.3.6 El personal encargado de las labores de acopio y archivo de información no está bien adiestrado para la tarea, con el fin de realizar evaluaciones periódicas para este tipo de mantenimiento.		5	5
IV.3.7 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento rutinario basándose en los recursos utilizados y la incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	20
V. Mantenimiento Correctivo			
V.1 Planificación.			
Principio Básico			
La organización cuenta con una infraestructura y procedimiento para que las acciones de mantenimiento correctivo se llevan en una forma planificada. El registro de información de fallas	100		

permite una clasificación y estudio que facilite su corrección.			
Deméritos			
V.1.1 No se llevan registros por escrito de aparición de fallas para actualizarlas y evitar su futura presencia.		30	15
V.1.2 No se clasifican las fallas para determinar cuales se van a atender o a eliminar por medio de la corrección.		30	30
V.1.3 No se tiene establecido un orden de prioridades, con la participación de la unidad de Operaciones para ejecutarse las labores de mantenimiento correctivo.		20	0
V.1.4 La distribución de las labores de mantenimiento correctivo no son analizadas por el nivel superior, a fin de que según la complejidad y dimensiones de las actividades a ejecutar se tome la decisión de detener una actividad y emprender otra que tenga más importancia.		20	0
V.2 Programación e implantación.			
Principio Básico			
Las actividades de mantenimiento correctivo se realizan siguiendo una secuencia, de manera que cuando ocurra una falla no se pierda tiempo ni se pare la producción. La organización de mantenimiento cuenta con programas, planes, recursos, personal y proveedores calificados para ejecutar mantenimiento correctivo de la forma más eficiente y eficaz posible. La implantación de los programas de mantenimiento correctivo se realiza en forma progresiva.	80		
Deméritos			
V.2.1 No se tiene establecida la programación de ejecución de las acciones de mantenimiento correctivo.		20	10
V.2.2 La unidad de mantenimiento no sigue los criterios de prioridad según el orden de importancia de las fallas, para la programación de las actividades de mantenimiento correctivo.		20	0
V.2.3 No existe una buena distribución del tiempo para hacer mantenimiento correctivo.		20	20
V.2.4 Los proveedores contratados para la ejecución del mantenimiento correctivo, no están capacitado para tal fin.		20	0

V.3 Control y evaluación.			
Principio Básico			
La organización de mantenimiento posee un sistema de control para conocer cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo. Posee todos los formatos, planillas o fichas de control de materiales, repuestos y horas-hombre utilizadas en este tipo de mantenimiento. Se evalúa la eficiencia y cumplimiento de los programas establecidos con la finalidad de introducir los correctivos necesarios.	70		
Deméritos			
V.3.1 No existen mecanismos de control periódicos que señalen el estado y avance de las operaciones de mantenimiento correctivo.		15	5
V.3.2 No se llevan registros del tiempo de ejecución de cada operación.		15	15
V.3.3 No se llevan registros de la utilización de materiales y repuestos en la ejecución de mantenimiento correctivo.		20	10
V.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento correctivo programado basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	15
VI. Mantenimiento Preventivo			
VI.1 Determinación de Parámetros.			
Principio Básico			
La organización tiene establecido por objetivos lograr efectividad del sistema asegurando la disponibilidad de objetos de mantenimiento mediante el estudio de confiabilidad y mantenibilidad. La organización dispone de todos los recursos para determinar el método de mantenimiento preventivo a aplicar (periódico, predictivo o Overhaul), así como la frecuencia de inspecciones, revisiones y sustituciones de piezas aplicando incluso métodos estadísticos, mediante la determinación de los tiempos entre fallas y de los tiempos de paradas (fiabilidad), o de análisis de la condición mediante el control de parámetros de alarma del funcionamiento.	140		
Deméritos			

VI.1.1 No se tienen estudios de criticidad de los equipos que permitan una primera discriminación entre los métodos de mantenimiento preventivo a utilizar.		20	0
VI.1.2 La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de mantenimiento.		20	10
VI.1.3 La organización no cuenta con estudios que permitan determinar la confiabilidad y mantenibilidad de los objetos de mantenimiento.		20	20
VI.1.4 No se tienen estudios estadísticos para determinar la frecuencia de las revisiones y sustituciones de piezas claves.		20	20
VIII.1.5 No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los tiempos de parada y los tiempos entre fallas.		10	10
VI.1.6 El personal de la organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de tiempos de parada y entre fallas.		10	0
VIII.1.7 La organización no cuenta con el apoyo de los diferentes recursos de la empresa para la determinación de los parámetros de funcionamiento de los equipos críticos y así predecir la falla.		20	10
VI.1.8 No se llevan registros con los datos necesarios para determinar los modos de funcionamiento de equipos críticos y así determinar niveles de alarma que predican la falla.		10	10
VI.1.9 El personal de la organización de mantenimiento no está capacitado para realizar estas mediciones de patrones de funcionamiento y determinar tendencias.		10	0
VI.2 Planificación.			
Principio Básico			
La organización dispone de un estudio previo que le permita conocer los objetos que requieren mantenimiento preventivo. Se cuenta con una infraestructura de apoyo para realizar mantenimiento preventivo.	60		
Deméritos			
VI.2.1 La organización no cuenta con un mantenimiento planificado que permitan el abordaje sistemático de los causas de falla de manera que se pueda determinar el método de mantenimiento preventivo a utilizar según la		20	10

criticidad del equipo, para alcanzar el estado de "cero fallas"			
VI.2.2 No existe una clara delimitación entre los sistemas que forman parte de los programas de mantenimiento preventivo de aquellos que permanecerán en régimen inmodificable hasta su desincorporación, sustitución o reparación correctiva.		20	10
VI.2.3 La organización no cuenta con fichas o tarjetas normalizadas donde se recoja la información técnica básica de cada objeto de mantenimiento inventariado.		20	15
VI.3 Programación e Implementación.			
Principio Básico			
Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas en forma racional, de manera que el sistema posea la elasticidad necesaria para llevar a cabo las acciones en el momento conveniente, no interferir con las actividades de producción y disponer del tiempo suficiente para los ajustes que requieran la programación. La implantación de los programas de mantenimiento preventivo se realiza en forma progresiva.	70		
Deméritos			
VI.3.1 Las frecuencias de las acciones de mantenimiento preventivo no están asignadas a un día específico en los periodos de tiempos correspondientes.		20	0
VI.3.2 Las ordenes de trabajo no se emiten con la suficiente antelación a fin de que los encargados de la ejecución de las acciones de mantenimiento puedan planificar sus actividades.		15	0
VI.3.3 Las actividades de mantenimiento preventivo están programadas durante todas las semanas el año, impidiendo que exista holgura para el ajuste de la programación.		15	0
VI.3.4 No existe apoyo hacia la organización que permita la implantación progresiva del programa de mantenimiento preventivo.		10	0
VI.3.5 Los planes y políticas para la programación de mantenimiento preventivo no se ajustan a la realidad de la empresa, debido al estudio de las fallas realizado.		10	10
VI.4 Control y Evaluación.			

Principio Básico			
En la organización existen recursos necesarios para el control de la ejecución de las acciones de mantenimiento preventivo.	60		
Deméritos			
VI.4.1 No existe un seguimiento desde la generación de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo hasta su ejecución.		15	7
VI.4.2 No existen los mecanismos idóneos para medir la eficiencia de los resultados a obtener en el mantenimiento preventivo.		15	15
VI.4.3 La organización no cuenta con fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado.		10	10
VI.4.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento preventivo basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	10
VII. Mantenimiento Después de la Avería.			
VII.1 Atención de las fallas.			
Principio Básico			
La organización está en capacidad para atender de una forma rápida y efectiva cualquier falla que se presente. La organización mantiene en servicio el sistema, logrando funcionamiento a corto plazo, minimizando los tiempos de parada, utilizando para ellos planillas de reporte de fallas, ordenes de trabajo, adjudicación de proveedores, órdenes de compra y requisición de trabajo, que faciliten la atención oportuna al objeto averiado.	100		
Deméritos			
VII.1.1 Cuando se presenta una falla ésta no se ataca de inmediato provocando daños a otros sistemas interconectados y conflictos entre el personal.		20	10
VII.1.2 No se cuenta con instructivos de registros de fallas que permitan el análisis de las averías sucedidas por cierto periodo.		20	20
VII.1.3 La emisión de órdenes de trabajo para atacar una falla no se hace de una manera rápida.		15	10
VII.1.4 No existen procedimientos de ejecución que permitan disminuir el tiempo fuera de servicio del sistema.		15	0

VII.1.5 Los tiempos administrativos, de espera por proveedores, materiales o repuestos, y de localización de la falla están presentes en alto grado durante la atención de la falla.		15	7
VII.1.6 No se tiene establecido un orden de prioridades en cuanto a atención de fallas con la participación de la unidad de Operaciones.		15	0
VII.2 Supervisión y Ejecución.			
Principio Básico			
Los ajustes, arreglos de defectos y atención a reparaciones urgentes se hacen inmediatamente después de que ocurre la falla. La supervisión de las actividades se realiza frecuentemente por personal con experiencia en el arreglo de sistemas, inmediatamente después de la aparición de la falla, en el periodo de prueba. Se cuenta con los diferentes recursos y proveedores para la atención de las averías.	65		
Deméritos			
VII.2.1 No existe un seguimiento desde la generación de las acciones de Mantenimiento Después de la Avería hasta su ejecución.		20	10
VII.2.2 La empresa no cuenta con el personal de supervisión adecuado para inspeccionar los equipos inmediatamente después de la aparición de la falla.		15	5
VII.2.3 La supervisión es escasa o nula en el transcurso de la reparación y puesta en marcha del sistema averiado.		10	5
VII.2.4 El retardo de la ejecución de las actividades de Mantenimiento Después de la Avería ocasiona paradas prolongadas en el proceso productivo.		10	5
VII.2.5 No se llevan registros para analizar las fallas y determinar la corrección definitiva o la prevención de las mismas.		5	5
VII.2.6 No se llevan registros sobre el consumo, de materiales o repuestos utilizados en la atención de las averías.		5	5
VII.3 Información Sobre las Averías.			
Principio Básico			
La organización de mantenimiento cuenta con el personal adecuado para la recolección, depuración, almacenamiento, procesamiento y distribución de la información que se derive de las averías, así como, analizar las causas que las originaron con el propósito de aplicar	70		

mantenimiento preventivo a mediano plazo o eliminar la falla mediante mantenimiento correctivo.			
Deméritos			
VII.3.1 No existen procedimientos que permitan recopilar la información sobre las fallas ocurridas en los sistemas en un tiempo determinado.		20	20
VII.3.2 La organización no cuenta con el personal capacitado para el análisis y procesamiento de la información sobre fallas.		10	10
VII.3.3 No existe un historial de fallas de cada objeto de mantenimiento, con el fin de someterlo a análisis y clasificación de las fallas; con el objeto, aplicar mantenimiento preventivo o correctivo.		20	15
VII.3.4 La recopilación de información no permite la evaluación del mantenimiento después de la avería basándose en los recursos utilizados y su incidencia en el sistema, así como la comparación con los demás tipos de mantenimiento.		20	10
VII Personal de Mantenimiento			
VIII.1 Cuantificación de las necesidades del personal			
Principio Básico			
La organización, a través de la programación de las actividades de mantenimiento, determina el número óptimo de personas que se requieren en la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos.	70		
Deméritos			
VIII.1.1 No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de personal		30	30
VIII.1.2 La cuantificación de personal no es óptima y en ningún caso ajustado a la realidad de la empresa.		20	10
VIII.1.3 La organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y número de trabajos de mantenimiento por punto de venta y para cada semana de programación para determinar las rutinas de supervisión de los trabajos y su correspondiente carga de trabajo.		20	10
VIII.2 Selección y Formación.			
Principio Básico			

La organización selecciona su personal atendiendo a la descripción escrita de los puestos de trabajo (experiencia mínima, educación, habilidades, responsabilidades u otra) Se tienen establecidos programas permanentes de formación y actualización del personal, para mejorar sus capacidades y conocimientos.	80		
Deméritos			
VIII.2.1 La selección no se realiza de acuerdo a las características del trabajo a realizar: educación, experiencia, conocimiento, habilidades, destrezas y actitudes personales en los candidatos.		10	0
VIII.2.2 No se tienen procedimientos para la selección de personal con alta calificación y experiencia que requiera la credencial del servicio determinado.		10	0
VIII.2.3 No se tienen establecidos periodos de adaptación del personal.		10	0
VIII.2.4 No se cuentan con programas permanentes de formación del personal que permitan mejorar sus capacidades, conocimientos y la difusión de nuevas técnicas.		10	10
VIII.2.5 Los cargos en la organización de mantenimiento no se tienen por escrito.		10	0
VIII.2.6 La descripción del cargo no es conocida plenamente por el personal.		10	0
VIII.2.7 La ocupación de cargos vacantes no se da con promoción interna.		10	0
VIII.2.8 Para la escogencia de cargos no se toman en cuenta las necesidades derivadas de la cuantificación del personal.		10	10
VIII.3 Motivación e Incentivos.			
Principio Básico			
La dirección de la empresa tiene conocimiento de la importancia del mantenimiento y su influencia sobre la calidad y la producción, emprendiendo acciones y campañas para transmitir esta importancia al personal. Existen mecanismos de incentivos para mantener el interés y elevar el nivel de responsabilidad del personal en el desarrollo de sus funciones. La organización de mantenimiento posee un sistema de evaluación periódica del trabajador, para fines de ascensos o aumentos.	50		
Deméritos			

VIII.3.1 El personal no da la suficiente importancia a los efectos positivos con que incide el mantenimiento para el logro de las metas de calidad y producción.		20	0
VIII.3.2 No existe evaluación periódica del trabajo para fines de ascensos o aumentos salariales.		10	0
VIII.3.3 La empresa no otorga incentivos o estímulos basados en la puntualidad, en la asistencia al trabajo, calidad del trabajo, iniciativa, sugerencias para mejorar el desarrollo de las actividades de mantenimiento.		10	10
VIII.3.4 No se estimula al personal con cursos que aumenten su capacidad y por ende su situación dentro del sistema.		10	10
IX. Apoyo Logístico			
IX.1 Apoyo Administrativo.			
Principio Básico			
La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la administración de la empresa; en cuanto a recursos humanos, financieros y materiales. Los recursos son suficientes para que se cumplan los objetivos trazados por la organización.	40		
Deméritos			
IX.1.1 Los recursos asignados a la organización de mantenimiento no son suficientes.		10	10
IX.1.2 La administración no tiene políticas bien definidas, en cuanto al apoyo que se debe prestar a la organización de mantenimiento.		10	10
IX.1.3 La administración no funciona en coordinación con la organización de mantenimiento.		10	0
IX.1.4 Se tienen que desarrollar muchos trámites dentro de la empresa, para que se otorguen los recursos necesarios a mantenimiento.		5	5
IX.1.5 La gerencia no posee políticas de financiamiento referidas a inversiones, mejoramiento de objetos de mantenimiento u otros.		5	0
IX.2 Apoyo Gerencial.			
Principio Básico			

La gerencia posee información necesaria sobre la situación y el desarrollo de los planes de mantenimiento formulados por el ente de mantenimiento, permitiendo así asesorar a la misma, en cualquier situación que atañe a sus operaciones. La gerencia le da a mantenimiento el mismo nivel de las unidades principales en el organigrama funcional de la empresa.	40		
Deméritos			
IX.2.1 La organización de mantenimiento no tiene el nivel jerárquico adecuado dentro de la organización en general.		10	0
IX.2.2 Para la gerencia, mantenimiento es sólo la reparación de los sistemas.		10	5
IX.2.3 La gerencia considera que no es primordial la existencia de una organización de mantenimiento, que permita prevenir las paradas innecesarias de los sistemas; por lo tanto, no le da el apoyo requerido para que se cumplan los objetivos establecidos.		10	5
IX.2.4 La gerencia no delega autoridad en la forma de decisiones.		5	0
IX.2.5 La gerencia general no demuestra confianza en las decisiones tomadas por la organización de mantenimiento.		5	0
IX.3 Apoyo General.			
Principio Básico			
La organización de mantenimiento cuenta con el apoyo de la organización total, y trabaja en coordinación con cada uno de los entes que la conforman.	20		
Deméritos			
IX.3.1 No se cuenta con apoyo general de la organización, para llevar a cabo todas las acciones de mantenimiento en forma eficiente.		10	0
IX.3.2 No se aceptan sugerencias por parte de ningún ente de la organización que no esté relacionado con mantenimiento.		10	0
X. Tercerización del Mantenimiento.			
X.1 Definición contractual de los servicios de mantenimiento a contratar.			
Principio Básico			

La organización de mantenimiento define quien y como se debe contratar la tercerización del mantenimiento, mediante la elaboración de una notificación técnica o manual técnico que defina claramente los trabajos a realizar. La definición del manual técnico responde al cumplimiento de la estrategia del Departamento de Mantenimiento. De igual manera se define la prevención de riesgos laborales y medio ambientales así como políticas anti corrupción y de confidencialidad.	80		
Deméritos			
X.1.1 El Departamento de Mantenimiento no tiene inherencia en la definición de los parámetros técnicos de la contratación de proveedores para la tercerización del mantenimiento, y la misma recae en su totalidad en otro departamento de la empresa.		30	0
X.1.2 El Departamento de Mantenimiento tiene procedimientos estandarizados para definir los manuales técnicos de los servicios de mantenimiento a contratar, realizando análisis tales como el de causa raíz y estudios de fiabilidad de los equipos a mantener, y así controlar el sobremantenimiento.		20	15
X.1.3 El contrato para la tercerización del mantenimiento considera la prevención de riesgos laborales y medio ambientales, definiendo pautas que protejan los intereses de la empresa y a sus clientes.		15	0
X.1.4 El contrato para la tercerización del mantenimiento considera el cumplimiento de las políticas de anti corrupción y de confidencialidad, definiendo pautas que protejan los intereses de la empresa y a sus clientes.		15	0
X. 2 Selección de los proveedores para atender una OT.			
Principio Básico			
La organización, a través del estudio de las actividades de mantenimiento, determina la carga de trabajo que se requiere tercerizar por la organización de mantenimiento para el cumplimiento de los objetivos propuestos. Constantemente se está en búsqueda de nuevos proveedores para asegurar la calidad de los trabajos realizados y evitar el favorecimiento de proveedores en detrimento de los objetivos del Departamento de Mantenimiento.	60		

Deméritos			
X.2.1 No se hace uso de los datos que proporciona el proceso de cuantificación de la carga de trabajo.		10	10
X.2.2 La organización de mantenimiento no cuenta con formatos donde se especifique, el tipo y número de mantenimiento por tipo de frecuencia, tipo de mantenimiento y para cada semana de programación.		10	10
X.2.3 La selección no se realiza de acuerdo a las características del trabajo a realizar: experiencia, conocimiento, habilidades y destrezas.		10	0
X.2.4 Para la adjudicación de trabajos a proveedores no se toman en cuenta la calidad de servicio prestado en trabajos anteriores.		10	0
X.2.5 No se tienen procedimientos para la selección de proveedores con alta calificación y experiencia que requiera la credencial del servicio determinado.		10	0
X.2.6 No se cuentan con programas permanentes de revisión de la oferta de proveedores existente, y la búsqueda de nuevos proveedores.		10	10
X.3 Supervisión y Evaluación.			
Principio Básico			
El Departamento de Mantenimiento tiene la capacidad y dispone de mecanismos que permitan llevar registros de los trabajos realizados por los proveedores, llevando registro de las fallas, causas, tiempos de parada, materiales y repuestos utilizados, atendidas por un proveedor. Se lleva un control del nivel de servicio prestado por los proveedores, mediante el registro del cumplimiento de la ejecución de los trabajos así como el costo de los mismos.	80		
Deméritos			
X.3.1 No se tienen procedimientos para la supervisión de los trabajos realizados por los proveedores.		20	0
X.3.2 No se tienen documentos normalizados para la evaluación de los servicios prestados por los proveedores		20	0
X.3.3 No se tienen definidos procedimientos junto con los proveedores para la recolección de los datos sensibles para la gestión del mantenimiento.		20	20

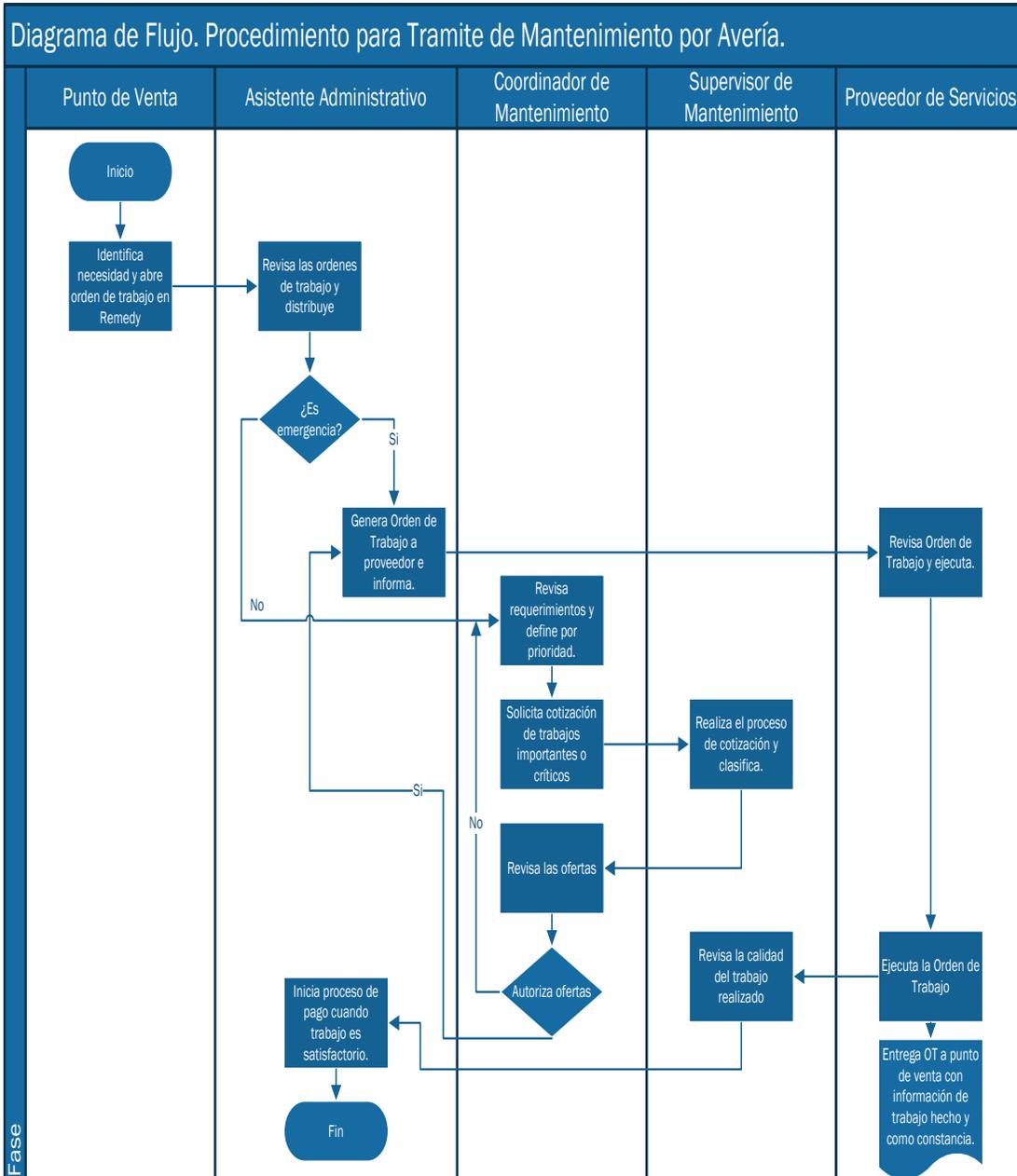
X.3.4 El Departamento de Mantenimiento no cuenta con el personal necesario para llevar una estricta supervisión del desempeño de los proveedores, recibiendo muchas veces trabajos sin una revisión de lo realizado.

20

15

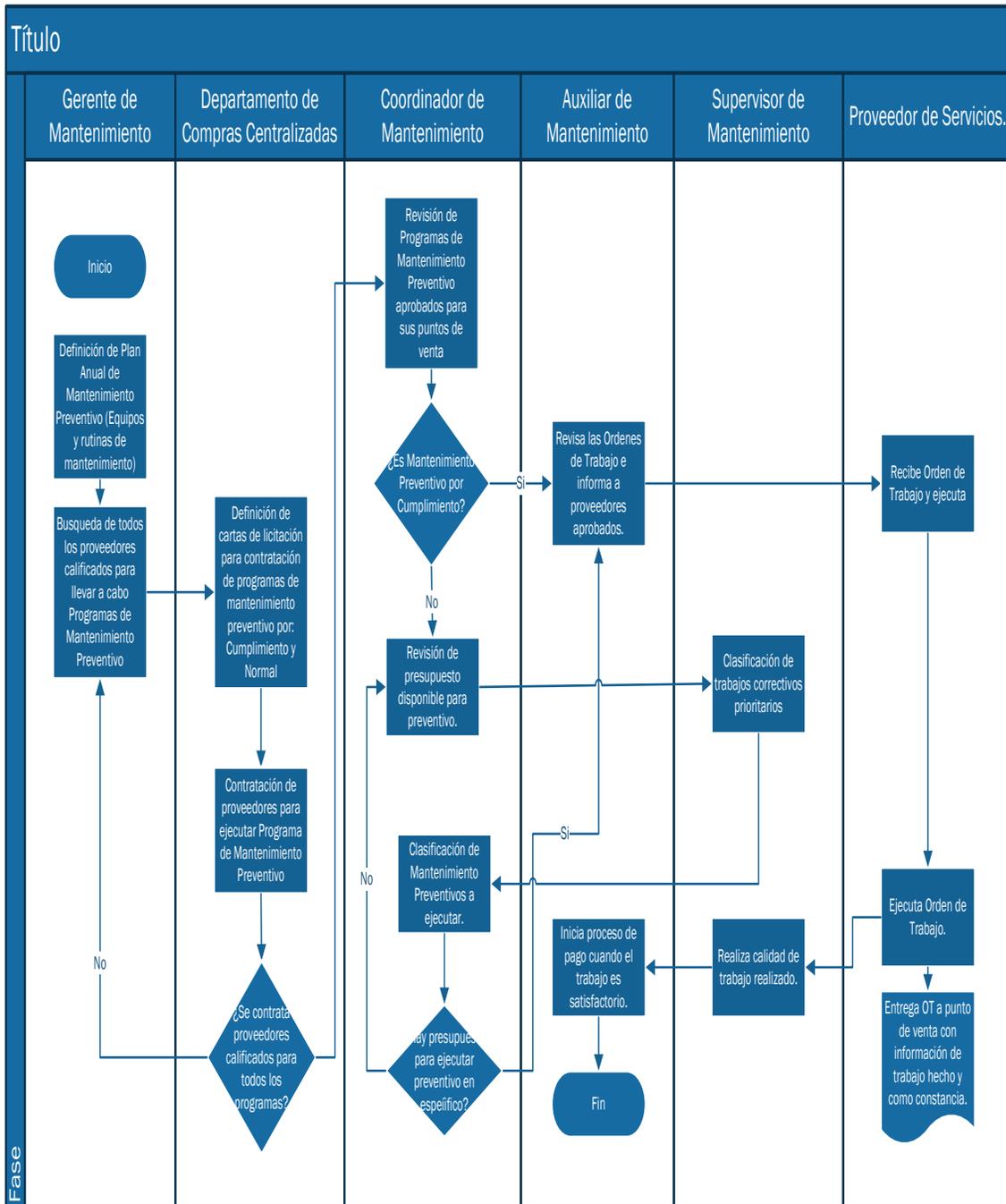
Fuente: Elaboración propia, MS Excel.

5. Flujograma de Mantenimiento Después de la Avería.



Fuente: Elaboración propia, MS Visio

6. Flujograma de Mantenimiento Preventivo.



Fuente: Elaboración propia, MS Visio

7. Base de datos para almacenamiento y calculadora de disponibilidad.



Fuente: Elaboración propia. MS Excel.

Datos para Cálculo de Disponibilidad de Activos						
País	GUA	ELS	HON	NIC	CR	
Formato	DESC	BOD	SPM	WLM		
Punto de venta (PDV):						
Nombre de Activo:				Gerente PDV:		
Número de Activo:				Supervisor:		
Fecha de Trabajo MM/DD/AA	N° de OT	Proveedor	Descrpción de Trabajo	Tiempo fuera de operación por avería (h)	Tiempo para restablecer el funcionamiento (h)	

Fuente: Elaboración propia. MS Excel.

8. Análisis de Criticidad

Area	Equipo	Ítems de Evaluación								Total	Nivel de Criticidad
		Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8		
AC	Unidad de AC de planta	0	4	0	2	2	4	0	4	16	B
	Unidad de AC de Oficinas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	Unidad de AC Gest. Prev.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	Unidad de AC T.I	4	4	2	0	2	0	0	0	12	B
	Manejadora de aire	0	4	0	2	2	4	0	0	12	B
	Ductería de aire	0	4	0	2	2	4	0	0	12	B
Refrigeración	Paralela	4	4	2	4	4	4	2	4	28	A
	Condensador	4	4	0	4	4	2	2	4	24	A
	Tuberías de refrigeración	4	4	0	4	4	4	2	4	26	A
	Cuarto Frío	2	4	2	4	4	2	2	4	24	A
	Urna con autoservicio	2	4	4	2	4	0	0	4	20	B
	Urna sin autoservicio	2	4	4	2	4	0	0	4	20	B
	Urna tipo isla	2	4	4	2	4	0	0	4	20	B
	Cámara reach in	2	4	2	2	4	0	0	4	18	B
Cámara multinivel	2	4	2	2	4	0	0	4	18	B	

Area	Equipo	Ítems de Evaluación								Total	Nivel de Criticidad
		Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8		
Equipo de Proceso - Cafetería	Olla Arrocera	2	0	0	2	0	0	0	0	4	C
	Horno de Microondas	0	2	0	0	0	0	0	0	2	C
	Pasos a través	0	2	0	2	0	0	0	0	4	C
	Freidora	2	0	0	0	0	0	2	0	4	C
	Cocina	2	0	0	2	0	0	2	0	6	C
	Plancha	2	0	0	2	0	0	2	0	6	C
	Procesadora de alimentos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C
	Licuadaora	2	0	0	2	0	0	0	0	4	C
	Peladora de papas	0	0	0	0	0	0	2	0	2	C
	Triturador de basura	0	0	0	0	0	0	2	0	2	C
	Campanas extractoras	0	4	0	2	0	0	0	2	8	C
	Marmitas	2	2	0	2	0	0	2	0	8	C
	Sartén vascular de gas	2	2	0	0	0	0	2	0	6	C
	Rostizador	2	4	2	2	0	4	2	0	16	B
	Baño maría	2	4	2	2	2	0	2	0	14	B
	Horno tipo combinado	2	2	2	2	0	2	2	0	12	B
	Percolador	2	0	0	0	0	0	0	0	2	C
	Exhibidor eléctrico	2	4	0	2	2	2	0	0	12	B
	Granizadora	2	2	0	2	2	0	0	0	8	C
	Refresquera	2	2	0	2	2	0	0	0	8	C
	Lámpara mata moscas	0	4	0	2	0	0	2	0	8	C
	Tamalera	2	4	0	0	2	0	2	0	10	C
	Sandwichera	2	2	0	0	0	0	0	0	4	C
	Refrigeradora	2	2	0	0	2	0	0	2	8	C
Balanza de cafetería	2	2	4	2	2	0	0	0	12	B	

Area	Equipo	Ítems de Evaluación								Total	Nivel de Críticidad
		Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8		
Equipo de Proceso - Panadería	Horno	2	4	2	2	4	2	4	0	20	B
	Horno de convección	2	4	2	2	4	2	4	0	20	B
	Tanque de agua fría	0	4	0	0	0	0	0	2	6	C
	Frigocela y cela	2	0		0	4		0	0	6	C
	Pasadora	2	2		2	2		0	0	8	C
	Divisora	2	0		0	4		0	0	6	C
	Batidora	2	4	2	2	4	0	0	0	14	B
	Fermentador	2	4	2	2	4	2	0	0	16	B
	Máquina de tortillas	2	4	2	2	4	0	0	0	14	B
	Selladora de panadería	2	2	0	2	2	0	0	0	8	C
	Balanza de panadería	2	2	2	2	0	0	0	0	8	C
Equipos de Proceso - Perecederos	Rebanadora	2	4	2	2	4	0	4	0	18	B
	Moledora	2	4	2	2	4	0	2	0	16	B
	Máquina extractora de jugo	2	4	0	2	2	0	2	0	12	B
	Suavisadora	2	4	0	2	2	0	2	0	12	B
	Empacadora al vacío perecederos	2	2	2	2	4	0	0	0	12	B
	Selladora de perecederos	2	2	2	2	2	0	0	0	10	C
	Máquina de hielo	2	4	2	2	4	0	0	4	18	B
	Balanza perecederos	2	2	4	2	2	0	0	0	12	B
Romana	2	2	4	2	0	0	0	0	10	C	
Equipos de Proceso - Transtienda	Plataformas (Hidraulica y Nivelación)	0	2	2	0	2	0	4	2	12	B
	Teclé	0	2	2	0	2	0	4	2	12	B
	Carretilla Hidraulica	2	2	2	0	0	0	4	2	12	B
	Carretilla Manual	0	2	2	0	0	0	2	0	6	C
	Montacarga	0	2	2	0	2	0	4	2	12	B
	Banda transportadora	0	2	2	0	2	0	2	0	8	C
	Romana transtienda	0	2	4	0	2	0	0	0	8	C

Area	Equipo	Ítems de Evaluación								Total	Nivel de Criticidad
		Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8		
Equipo de Proceso - Agua Potable	Sistema de bombeo de agua potable primario (pozo)	4	4	0	4	2	2	4	0	20	B
	Sistema de bombeo de agua potable secundario (hidroneumático y depósito)	4	4	0	4	4	2	4	0	22	A
	Tanque de agua caliente	2	4	0	0	2	0	2	0	10	C
	Red de agua potable	4	4	0	4	4	0	0	0	16	B
	Grifería	0	0	2	2	0	0	0	0	4	C
	Piletas	0	0	0	2	0	0	0	0	2	C
Equipo de Proceso - Auxiliar	Rampas eléctrica (H5)	0	4	0	2	0	2	4	0	12	B
	Ascensor	0	4	0	2	0	2	4	0	12	B
	Red de gas y depósito	2	4	0	2	4	0	4	2	18	B
	Secadores de mano	0	2	2	2	0	0	0	0	6	C
	Reloj marcador de entrada y salida	0	4	0	0	0	0	0	0	4	C
	Central Telefónica	0	4	0	0	0	0	0	0	4	C
	Sistema de sonido	0	4	0	0	0	0	0	0	4	C
	Cortina de Aire	0	4	0	0	2	0	0	0	6	C
	Cepillo eléctrico	0	2	2	2	0	0	0	0	6	C
	Coche	0	0	2	2	0	0	0	0	4	C
	Contador de dinero	0	4	0	0	0	0	0	0	4	C
Servicio sanitario	0	2	4	4	0	0	0	0	10	C	
Plantas de Tratamiento	Sistema de bombeo de aguas negras	4	4	0	2	2	2	4	4	22	A
	Planta de tratamiento	4	4	0	2	2	2	4	4	22	A
	Trampas de grasa	4	4	4	2	2	0	2	2	20	B
	Parrillas y coladeras	0	4	4	2	2	0	0	0	12	B
	Tanque Séptico	4	4	0	2	2	0	2	4	18	B
	Tuberías de agua residual	4	4	4	2	2	0	2	2	20	B
	Drenaje	0	4	4	2	2	0	0	0	12	B

Area	Equipo	Ítems de Evaluación								Total	Nivel de Criticidad
		Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8		
Planta de Energía	Planta de energía	4	4	2	4	4	4	4	2	28	A
	Transferencia	4	4	2	4	4	4	4	0	26	A
Eléctrico	Instalación eléctrica	4	2	0	4	4	0	4	0	18	B
	Sistema de automatización y control	4	4	0	4	2	2	0	0	16	B
	Iluminación de planta	4	4	2	4	4	2	2	0	22	A
	Iluminación de transtienda	0	2	2	0	2	0	2	0	8	C
	Iluminación de oficinas	0	2	2	0	0	0	2	0	6	C
	Banco de capacitores	4	4	0	4	0	2	4	4	22	A
	Bóveda de transformadores	4	4	0	4	4	4	4	2	26	A
	Acometida	4	4	0	4	4	2	4	0	22	A
	Tablero principal (Primario)	4	4	0	4	4	4	4	0	24	A
Circuito eléctrico sensitivo	4	4	0	4	4	4	4	0	24	A	
Equipo Contra Incendios (Programado)	Sistema contra incendio	4	4	2	4	0	4	4	0	22	A
	Extintores	0	2	0	4	0	0	4	2	12	B
	Alarmas contra incendio	4	2	2	4	0	0	4	0	16	B
Area de Cajas	Transportadores neumáticos de valores	0	2	2	2	2	0	2	0	10	C
	Check Out	4	2	0	2	2	0	0	0	10	C
Techos y Azoteas	Cubierta de techos	0	4	4	2	4	4	2	0	20	B
	Canoas y red de agua pluvial	0	4	4	2	4	0	0	0	14	B
Pisos	Piso de tienda	0	4	2	2	0	0	2	0	10	C
Puertas	Puertas de vidrio	0	4	0	2	0	0	2	0	8	C
	Puertas de madera	0	4	0	2	0	0	0	0	6	C
	Portones	0	4	0	2	0	0	0	0	6	C

Area	Equipo	Ítems de Evaluación								Total	Nivel de Criticidad
		Ítem 1	Ítem 2	Ítem 3	Ítem 4	Ítem 5	Ítem 6	Ítem 7	Ítem 8		
Exterior de Edificios	Paredes	0	0	0	2	0	2	0	0	4	C
	Ventanas	0	0	0	2	0	0	0	0	2	C
	Cortinas metálicas	0	4	0	2	0	0	2	0	8	C
	Aceras y banquetas	0	0	0	2	0	0	0	0	2	C
	Cerramiento perimetral	0	4	0	0	0	0	0	0	4	C
	Iluminación exterior	0	2	0	2	0	0	0	0	4	C
	Iluminación de parqueo	0	2	0	2	0	0	2	0	6	C
	Rotulos publicitarios	0	4	0	2	0	2	0	0	8	C
Estacionamientos	Parqueo	0	0	0	2	0	0	2	0	4	C
	Señales de tránsito	0	0	0	2	0	0	2	0	4	C
Areas externas	Areas verdes	0	0	0	2	0	0	0	0	2	C
	Equipo de riego	0	0	0	0	0	0	0	0	0	C

10. Hoja de RCM

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Rack de Compresores: Compresores	1	E	Falla simultanea de varios compresores	Entrada de refrigerante líquido a compresores	Ajuste de sobrecalentamiento de válvula de expansión	Sobrecalentamiento muy bajo a la succión del compresor	1	3	El ingreso de liquido a la etapa de compresión es sumamente dañino para los compresores, esto se debe a que los líquidos no son compresibles y en el momento en el que el compresor intenta comprimir el fluido, este no puede y se da la falla de alguno de los componentes. Si la entrada de liquido al cabezal de succión es lo suficiente como para entrara varios compresores, puede provocar fallas simultaneas lo que desconectaría el resto de compresores por sobrecarga eléctrica.	1	0	No aplica (Externa)
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Rack de Compresores: Compresores	2	I	Falla simultanea de varios compresores	Pobre lubricación	Degradación de aceite POE	Alta temperatura de descarga	2	3	Con un aumento de temperatura de 10° C la deradación del aceite se acelera al doble, esto provoca que el aceite se torne grueso y de color negro con formación de barro lo que obstruye los orificos de lubricación del compresor y genera la falla. Si el degradamiento del aceite llega a un punto critico, puede causar la falla simultanea de varios compresores, provocando que los demas se desconecten por sobrecarga eléctrica.	2	1	Monitoreo de la temperatura de descarga del compresor. Monitoreo del estado del aceite en el visor, y análisis químico periodico.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Rack de Compresores: Compresores	3	I	Falla simultanea de varios compresores	Pobre lubricación	Degradación de aceite POE	Presencia de altos porcentajes de agua en el refrigerante.	3	3	Los Aceites POE tienen una alta capacidad higroscópica por lo que se deben de externar los cuidados en el proceso de carga del refrigerante. Un deficiente proceso de vacio en el sistema de refrigeración previo a la carga de refrigerante puede ocasionar que queden rastro de agua que degraden el aceite reduciendo su capacidad de lubricación. Si el degradamiento del aceite llega a un punto critico, puede causar la falla simultanea de varios compresores, provocando que los demas se desconecten por sobrecarga eléctrica.	3	1	Monitoreo de la temperatura de descarga del compresor. Monitoreo del estado del aceite en el visor, y análisis químico periodico.
	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Rack de Compresores: Compresores	4	I	Falla simultanea de varios compresores	Pobre lubricación	Bajo nivel de aceite	Ciclos cortos de operación	4	3	Cuando se dan arranques del compresor por lapsos de tiempo muy cortos, provoca que el aceite junto con el refrigerante no sea arrastrado por las tuberías para que este sea recolectado y reingresado en el sistema de lubricación. Paulatinamente el nivel de aceite se reducira hasta el punto en el que los compresores por baja lubricación fallarán.	4	2	Monitoreo de parametros de funcionamiento de compresor. Revisión de nivel de aceite. Revisión de fugas. Revisión de puntos de restricción del flujo del refrigerante (alta presión de descarga)

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Rack de Compresores: Rack	5	I	Altas vibraciones de compresores y sus elementos	Caida de presión del sistema.	Fuga en componentes de compresor		5	3	Con la aparición de una fuga en los componentes de los compresores debido a altas vibraciones por un mal ajuste a los racks, la presión del sistema comenzará a caer hasta el punto en el cual el sistema no es capaz de elevar la presión al valor de trabajo y la sobrecarga de los compresores provocara que el sistema se desconecte.	5	2	Revisión de la carcasa del compresor y sus elementos en búsqueda de fugas de refrigerante o manchas de aceite
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Tuberías de aceite	6	I	Bajo nivel de aceite en Compresores	Tuberías inadecuadas	Mal diseño		6	3	Si el compresor no cuenta con el nivel optimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	6	4	Rediseño de las tuberías
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Tuberías de aceite	7	E	Bajo nivel de aceite	Trampas inadecuadas	Mal diseño		7	3	Si el compresor no cuenta con el nivel optimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	7	4	Rediseño de las trampas de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Separador de Aceite	8	I	Aumento de presión de descarga	Presencia de aceite en el sistema	Obstrucción de válvulas	Falla de separador de aceite	8	3	Si el separador de aceite falla permitiendo el paso de aceite al sistema comenzará a reducir la capacidad de refrigeración del sistema. Un exceso de aceite puede dañar o obstruir una válvula de operación lo que ocasionaría una restricción del refrigerante aumentando la presión de descarga hasta que el equipo se	8	2	Revisión del estado de funcionamiento del separador de aceite controlando temperatura de tuberías de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Separador de Aceite	9	I	Falla simultanea de varios compresores	Entrada de refrigerante líquido a compresores	Falla de separador de aceite		9	3	Una falla del separador puede provocar que la boya se mantenga abierta. Esto provocaría que el refrigerante de descarga a alta temperatura ingrese a los carters de los compresores ocasionando la falla del sistema.	9	2	Revisión del estado de funcionamiento del separador de aceite controlando temperatura de tuberías de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Filtro de succión de aceite	10	I	Bajo nivel de aceite	Alta caída de presión	Filtro atascado	Alta contaminación del aceite	10	3	Un aceite degradado con una consistencia gruesa, de color negro y con formación de barros obstruye los orificios del filtro y compromete la lubricación. Si el degradamiento del aceite llega a un punto critico, puede causar la falla simultanea de varios compresores, provocando que los demas se desconecten por sobrecarga eléctrica.	10	2	Control periodico de caída de presión del filtro. Revisión del estado del aceite. Pruebas químicas regulares.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto		Tarea Propuesta			
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Reservorio de aceite	11	I	Bajo nivel de aceite	Fuga de aceite en el reservorio			11	3	Si el compresor no cuenta con el nivel óptimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	11	2	Revisión del reservorio de aceite en búsqueda de manchas que indique fuga.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite	12	I	Bajo nivel de aceite	No hay paso de aceite del reservorio de aceite a los carters	Válvula dañada	Posición normalmente cerrada	12	3	Si la válvula de retención de aceite se daña, su posición es normalmente cerrada por lo que no permite el paso de aceite a los carters de los compresores. Con la pérdida de lubricación de los compresores, se puede presentar la falla múltiple de varias unidades de compresión.	12	2	Control del nivel de aceite en los carters de los compresores. Revisión del estado de la válvula de retención de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite	13	I	Bajo nivel de aceite	Fuga de aceite en válvula de retención			13	3	Si el compresor no cuenta con el nivel óptimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	13	2	Revisión de la válvula de retención de aceite en búsqueda de manchas que indiquen fuga.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Tubería de Refrigeración	14	I	Falla simultánea de varios compresores	Alta temperatura del motor	Temperatura de succión alta	Aislamiento deficiente de tubería de succión.	14	3	Si la tubería de succión no se encuentra debidamente aislada para asegurar un retorno de gas frío, los devanados de los motores se calientan degradando los aislamientos hasta una futura falla.	14	2	Inspección del estado de los aislantes de la tubería de succión.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Tubería de Refrigeración	15	I	Ciclos muy cortos de operación	Fuga de refrigerante en la descarga	Poca cantidad de refrigerante	Tubería perforada	15	3	Una fuga en el cabezal de succión reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	15	2	Inspección del estado de las tuberías en búsqueda de fugas de refrigerante o manchas de aceite.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	16	I	Falla simultanea de varios compresores	Alta presión de descarga	Válvula cerrada	Mal mantenimiento	16	3	Si una válvula manual se encuentra cerrada despues de un mantenimiento y se arranca el sistema, el refrigerante no podra circular por el sistema apagando el equipo por sobrecarga.	16	3	Procedimiento de mantenimiento y operación
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	17	I	Ciclos muy cortos de operación	Fuga de refrigerante en la descarga	Poca cantidad de refrigerante	Válvula dañada	17	3	Una fuga en el sistema reduciría la cantidad de refrigerante, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfria los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	17	2	Revisión de las válvulas manuales en búsqueda de ugas.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Cabezal de Líquido	18	I	Caída de presión de sistema.	Nivel bajo de refrigerante.	Fuga en cabezal de líquido.		18	3	Una fuga en el cabezal de líquido reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfria los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	18	2	Inspección de tuberías y elementos en las paralelas en búsqueda de manchas de aceite o refrigerante.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Cabezal de Succión	19	I	Caída de presión de sistema.	Nivel bajo de refrigerante.	Fuga en cabezal de líquido.		19	3	Una fuga en el cabezal de succión reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfria los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	19	2	Inspección de tuberías y elementos en las paralelas en búsqueda de manchas de aceite o refrigerante.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Cabezal de Descarga	20	I	Caída de presión de sistema.	Nivel bajo de refrigerante.	Fuga en cabezal de líquido.		20	3	Una fuga en el cabezal de descarga reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfria los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	20	2	Inspección de tuberías y elementos en las paralelas en búsqueda de manchas de aceite o refrigerante.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Recibidor	21	E	Temperatura de descarga elevada	Mal funcionamiento de recibidor	Válvula OPR mal ajustada	Mal mantenimiento	21	3	Si la válvula OPR es mal ajustada, la presión de líquido en el recibidor varía. Esto provoca que el sistema funcione incorrectamente ya que de esta presión depende el paso del refrigerante por el condensador y luego su envío al cabezal de líquido. Si se da el paso ininterrumpido de refrigerante caliente al recibidor, bloqueando el paso del refrigerante proveniente del condensador por el mayor diferencial de presión, la eficiencia del sistema caerá rápidamente además del ingreso de refrigerante a alta temperatura a los compresores lo que ocasionaría una falla por pérdida de enfriamiento de motores y pobre lubricación.	21	2	Inspección de la regulación de las válvulas OPR.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Recibidor	22	E	Presión de descarga elevada	Mal funcionamiento de recibidor	Válvula OPR dañada.	Contaminación de refrigerante	22	3	Si la válvula OPR es mal ajustada se daña por contaminación del refrigerante, la presión de líquido en el recibidor varía. Esto provoca que el sistema funcione incorrectamente ya que de esta presión depende el paso del refrigerante por el condensador y luego su envío al cabezal de líquido. Si se da el paso ininterrumpido de refrigerante caliente al recibidor, bloqueando el paso del refrigerante proveniente del condensador por el mayor diferencial de presión, la eficiencia del sistema caerá rápidamente además del ingreso de refrigerante a alta temperatura a los compresores lo que ocasionaría una falla por pérdida de enfriamiento de motores y pobre lubricación.	22	2	Inspección del estado de las válvulas OPR.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Paralela: Filtro deshidratador	23	I	Presión de descarga alta	Gases no condensables en el sistema	Filtro deshidratador saturado		23	3	Gases no condensables presentes en el sistema reducirán la capacidad de rechazo de calor del condensador lo que provocará un aumento de la presión de descarga acompañado de un aumento de la temperatura de descarga, esto aunado a la restricción del refrigerante a través del filtro atascado. La degradación del aceite del sistema se acelera rápidamente hasta el fallo de los equipos. Si el punto de degradación del aceite es muy alto puede provocar falla simultánea de más de una unidad sobrecargando los demás equipos y deteniendo el sistema de refrigeración.	23	2	Revisión de las caídas de presión del filtro deshidratador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Descongelamiento o por Gas: Cabezal de descongelamiento	24	I	Caída de presión de sistema.	Nivel bajo de refrigerante.	Fuga en cabezal de descongelamiento.		24	3	Una fuga en el cabezal de descongelamiento reducirá la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	24	2	Inspección de tuberías y elementos en las paralelas en búsqueda de manchas de aceite o refrigerante.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Descongelamiento o por Gas: Válvula Check	25	I	Caída de presión de sistema.	Nivel bajo de refrigerante.	Fuga en válvula check.		25	3	Una fuga en una válvula check reducirá la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	25	2	Inspección de tuberías y elementos en las paralelas en búsqueda de manchas de aceite o refrigerante.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Control: Novar	26	I	Compresor no arranca	Sistema Novar dañado			26	3	El sistema novar es el PLC encargado del control de todos los elementos electricos del sistema de refrigeración, un fallo en este equipo ocasionará que uno o varios de los compresores no arranque.	26	2	Reemplazo de sistema Novar.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Sistema de Control: Sensores	27	I	Compresor no arranca	Sensor dañado			27	3	El sistema novar es el PLC encargado del control de todos los elementos electricos del sistema de refrigeración, para ello requiere sensores que controlen variables de presión, temperatura, etc; un fallo en este equipo ocasionará que uno o varios de los compresores no arranque.	27	2	Reemplazar el sensor dañado. Revisión de conexiones para asegurar que se encuentren bien ajustadas.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Condensador: Motor	28	I	Temperatura de descarga elevada	Capacidad de rechazo de calor disminuida	Enfriamiento forzado falla	Motor de abanicos de condensador dañado	28	3	Los motores de los abanicos de los condensadores pueden fallar por varias razones, desde el circuito principal abierto por un cortocircuito, hasta devanados quemados por sobrecarga de los mismos. Si los ventiladores se detienen rapidamente la temperatura del refrigerante aumenta, esto provoca la caída de la eficiencia del sistema. La degradación del aceite se acelera reduciendo la capacidad de lubricación, hasta el posterior fallo de uno de los equipos. Si la degradación del aceite es muy alta puede provocar la falla simultanea de más de un equipo lo que desconectaría los demas equipos por sobrecarga.	28	2	Revisión del correcto funcionamiento de los ventiladores del condensador. Revisión de conexiones electricas y de circuitos de control.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Condensador: Intercambiador de calor.	29	I	Temperatura de descarga elevada	Capacidad de rechazo de calor disminuida	Enfriamiento forzado falla	Serpentin sucio	29	3	Si la capacidad de transferencia de calor del serpentín del condensador se ve limitada por suciedad en el serentín, la temperatura del refrigerante aumentará rapidamente. Esto provocará la caída de la eficiencia del sistema. La degradación del aceite se acelera reduciendo la capacidad de lubricación, hasta el posterior fallo de uno de los equipos. Si la degradación del aceite es muy alta puede provocar la falla simultanea de más de un equipo lo que desconectaría los demas equipos por sobrecarga.	29	2	Revisión general del estado del gabinete del condensador así como del estado del serpenin. Asegurarse que se encuentre limpio y libre de cualquier elemento externo que reduzca el flujo de aire.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Condensador: Intercambiador de calor.	30	I	Temperatura de descarga elevada	Capacidad de rechazo de calor disminuida	Enfriamiento forzado falla	Aletas de serpentín dobladas (Más de un 30%)	30	3	Si la capacidad de transferencia de calor del serpentín del condensador se ve limitada por una cantidad considerable de aletas dobladas, la temperatura del refrigerante aumentará rapidamente. Esto provocará la caída de la eficiencia del sistema. La degradación del aceite se acelera reduciendo la capacidad de lubricación, hasta el posterior fallo de uno de los equipos. Si la degradación del aceite es muy alta puede provocar la falla simultanea de más de un equipo lo que desconectaría los demas equipos por sobrecarga.	30	2	Revisión general del estado de las aletas del serpentín del condensador. Si más de un 30% del área total del serpentín se encuentran dobladas se debe proceder a "perinarlas" con la herramienta adecuada.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Condensador: Válvula de Control de Presión	31	I	Presión de succión baja	Válvula expansión termostática subalimentada.	Válvula de control de presión atascada	Contaminación del refrigerante	31	3	Con una subalimentación de la válvula de expansión termostática se da una caída de la velocidad del refrigerante. Esto provoca que el aceite presente en el sistema no circule hacia el carter del compresor. El aceite inunda el evaporador y reduce el área efectiva de transferencia de calor. Esto provoca que se reduzca la presión de succión y aumente la temperatura en el compresor. Se da un degradamiento del aceite lo que reduce la capacidad de lubricación. El compresor se deteriora hasta que se da la falla. Si el degradamiento del aceite llega a un punto crítico, puede darse la falla simultánea de más de un compresor, lo que sobrecarga el sistema y lo apaga.	31	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Condensador: Válvula de Control de Presión	32	I	Presión de descarga baja	Temperatura incorrecta de condensador	Válvula de control de presión dañada.	Deterioro normal.	32	3	Con una subalimentación de la válvula de expansión termostática se da una caída de la velocidad del refrigerante. Esto provoca que el aceite presente en el sistema no circule hacia el carter del compresor. El aceite inunda el evaporador y reduce el área efectiva de transferencia de calor. Esto provoca que se reduzca la presión de succión y aumente la temperatura en el compresor. Se da un degradamiento del aceite lo que reduce la capacidad de lubricación. El compresor se deteriora hasta que se da la falla. Si el degradamiento del aceite llega a un punto crítico, puede darse la falla simultánea de más de un compresor, lo que sobrecarga el sistema y lo apaga.	32	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Condensador: Válvula de Control de Presión	33	I	Presión de descarga baja	Temperatura incorrecta de condensador	Válvula de control de presión mal calibrada.	Mal mantenimiento.	33	3	Con una subalimentación de la válvula de expansión termostática se da una caída de la velocidad del refrigerante. Esto provoca que el aceite presente en el sistema no circule hacia el carter del compresor. El aceite inunda el evaporador y reduce el área efectiva de transferencia de calor. Esto provoca que se reduzca la presión de succión y aumente la temperatura en el compresor. Se da un degradamiento del aceite lo que reduce la capacidad de lubricación. El compresor se deteriora hasta que se da la falla. Si el degradamiento del aceite llega a un punto crítico, puede darse la falla simultánea de más de un compresor, lo que sobrecarga el sistema y lo apaga.	33	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Condensador: Válvula de Control de Presión	34	I	Presión de descarga baja	Válvula de control de presión fugando.			34	3	Una fuga en la válvula de control de presión reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará las protecciones de los mismos deteniendo el sistema.	34	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	No proporciona totalidad de la presión de descarga	Válvula de Expansión	35	I	Presión de Succión alta	Sobrealimentación de válvula de expansión.	Bulbo sensor mal colocado.	Mal mantenimiento.	35	3	Una sobrealimentación de la válvula de expansión puede provocar que este no pueda evaporarse en su totalidad en el evaporador. Esto provoca que se de un ingreso de refrigerante líquido al compresor. Esto reduce la vida útil del compresor, y si el ingreso del refrigerante es considerable provocaría el fallo de uno o más equipos deteniendo el sistema.	35	2	Supervisión de los trabajos de mantenimiento realizados.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A No proporciona totalidad de la presión de descarga	Válvula de Expansión	36	I	Presión de Succión alta	Sobrealimentación de válvula de expansión.	Bulbo sensor dañado		36	3	Una sobrealimentación de la válvula de expansión puede provocar que este no pueda evaporarse en su totalidad en el evaporador. Esto provoca que se de un ingreso de refrigerante líquido al compresor. Esto reduce la vida útil del compresor, y si el ingreso del refrigerante es considerable provocaría el fallo de uno o mas equipos deteniendo el sistema.	36	2	Revisión del estado de la válvula de expansión.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A No proporciona totalidad de la presión de descarga	Válvula de Expansión	37	I	Presión de Succión alta	Sobrealimentación de válvula de expansión.	Control de sobrecalentamiento	Mal mantenimiento.	37	3	Una sobrealimentación de la válvula de expansión puede provocar que este no pueda evaporarse en su totalidad en el evaporador. Esto provoca que se de un ingreso de refrigerante líquido al compresor. Esto reduce la vida útil del compresor, y si el ingreso del refrigerante es considerable provocaría el fallo de uno o mas equipos deteniendo el sistema.	37	3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento realizados.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A No proporciona totalidad de la presión de descarga	Evaporador: Motor	38	I	Presión de succión baja	Evaporador escarchado	Motor detenido	Devanado quemado	38	3	Un evaporador escarchado reduce la capacidad de transferencia de calor hacia el refrigerante. La baja condición de carga reduce la presión de succión del compresor. Esto reduce el regreso de aceite al compresor lo que provoca que se pierda capacidad de lubricación del compresor, eventualmente rodamientos y anillos se degradarán hasta que el equipo falle. Si la falta de aceite es alto se dispararán las protecciones y apagarán el sistema.	38	2	Revisión del estado de los evaporadores. Estado de los motores y conexiones.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A No proporciona totalidad de la presión de descarga	Evaporador: Motor	39	E	Presión de succión baja	Evaporador escarchado	Motor detenido	Conexión quemada	39	3	Un evaporador escarchado reduce la capacidad de transferencia de calor hacia el refrigerante. La baja condición de carga reduce la presión de succión del compresor. Esto reduce el regreso de aceite al compresor lo que provoca que se pierda capacidad de lubricación del compresor, eventualmente rodamientos y anillos se degradarán hasta que el equipo falle. Si la falta de aceite es alto se dispararán las protecciones y apagarán el sistema.	39	2	Revisión del estado de los evaporadores. Estado de los motores y conexiones.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	A No proporciona totalidad de la presión de descarga	Evaporador: Intercambiador de calor	40	I	Presión de succión baja	Evaporador escarchado	Falta de mantenimiento		40	3	Un evaporador escarchado reduce la capacidad de transferencia de calor hacia el refrigerante. La baja condición de carga reduce la presión de succión del compresor. Esto reduce el regreso de aceite al compresor lo que provoca que se pierda capacidad de lubricación del compresor, eventualmente rodamientos y anillos se degradarán hasta que el equipo falle. Si la falta de aceite es alto se dispararán las protecciones y apagarán el sistema.	40	2	Revisión del estado de los evaporadores. Estado de los motores y conexiones.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Ventilador	1	I	Falla de un compresor	Temperatura de motor aumenta	Ventilador desbalanceado	Aspas dobladas	41	3	Si las aspas del ventilador que enfria al compresor reducen su capacidad de mover aire, rapidamente losdevanados del motor aumentan su temperatura hasta el punto en el que la protección por sobrecalentamiento de los cables se dispara apagando el compresor. Esto reduce la capacidad total del sistema de refrigeración, reduciendo la presión de descarga.	41	2	Revisión del estado de los ventiladores del motor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Ventilador	2	I	Falla de un compresor	Temperatura de motor aumenta	Ventilador desbalanceado	Rodamientos dañados	42	3	Si las aspas del ventilador que enfria al compresor reducen su capacidad de mover aire, rapidamente losdevanados del motor aumentan su temperatura hasta el punto en el que la protección por sobrecalentamiento de los cables se dispara apagando el compresor. Esto reduce la capacidad total del sistema de refrigeración, reduciendo la presión de descarga.	42	2	Revisión del estado de los ventiladores del motor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Ventilador	3	I	Falla de un compresor	Temperatura de motor aumenta	Bajo flujo de aire	Tapa de ventilador obstruido	43	3	Si las aspas del ventilador que enfria al compresor reducen su capacidad de mover aire, rapidamente losdevanados del motor aumentan su temperatura hasta el punto en el que la protección por sobrecalentamiento de los cables se dispara apagando el compresor. Esto reduce la capacidad total del sistema de refrigeración, reduciendo la presión de descarga.	43	2	Revisión del estado de los ventiladores del motor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	4	I	Falla de un compresor	Entrada de refrigerante líquido a compresores	Ajuste de sobrecalentamiento de válvula de expansión	Sobrecalentamiento muy bajo en la succión del compresor	44	3	El ingreso de liquido a la etapa de compresión es sumamente dañino para los compresores, esto se debe a que los liquidos no son compresibles y en el momento en el que el compresor intenta comprimir el fluido, este no puede y se da la falla de alguno de los componentes.	44	0	No aplica (Externa)
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	5	I	Falla de un compresor	Pobre lubricación	Degradación de aceite POE	Alta temperatura de descarga	45	3	Con un aumento de temperatura de 10° C la deradación del aceite se acelera al doble, esto provoca que el aceite se torne grueso y de color negro con formación de barros lo que obstruye los orificos de lubricación del compresor y genera la falla.	45	2	Monitoreo de la temperatura de descarga del compresor.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta			
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	6	I	Falla de un compresor	Pobre lubricación	Degradación de aceite POE	Presencia de altos porcentajes de agua en el refrigerante.	46	3	Los Aceites POE tienen una alta capacidad higroscópica por lo que se deben de externar los cuidados en el proceso de carga del refrigerante. Un deficiente proceso de vacío en el sistema de refrigeración previo a la carga de refrigerante puede ocasionar que queden rastros de agua que degraden el aceite reduciendo su capacidad de lubricación.	46	1	Monitoreo visual del estado del aceite en el visor, y análisis químico periódico.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	7	I	Falla de un compresor	Pobre lubricación	Bajo nivel de aceite	Ciclos cortos de operación	47	3	Cuando se dan arranques del compresor por lapsos de tiempo muy cortos, provoca que el refrigerante no sea arrastrado por las tuberías para que este sea recolectado en el separador de aceite y reingresado en el sistema de lubricación. Paulatinamente el nivel de aceite se reducirá hasta el punto en el que uno los compresores por baja lubricación fallarán.	47	2	Revisión de posible sobrecarga en el sistema, cortos circuitos. Revisión de estado de componentes eléctricos y de control.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	8	I	Falla de un compresor	Pobre lubricación	Bajo nivel de aceite	Alto nivel de líquido en el carter del compresor.	48	3	Si ingresa mucho líquido al carter del compresor, esto reduce el volumen de aceite disponible para la lubricación. Cuando la capacidad de lubricación es muy baja la fricción entre los elementos aumenta hasta que la temperatura provoca que se de la expansión térmica de los elementos mecánicos evitando su movimiento relativo y dando paso a una falla del compresor.	48	2	Revisión del nivel de aceite en el carter del compresor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	9	I	Falla de un compresor	Pobre lubricación	Bajo nivel de aceite	Presión de succión muy baja.	49	3	Baja presión de succión reduce el regreso de aceite al compresor lo que provoca que se pierda capacidad de lubricación del compresor, eventualmente rodamientos y anillos se degradarán hasta que el equipo falle. Si la falta de aceite es alto se dispondrán las protecciones y apagarán el sistema.	49	2	Revisión de la presión de succión del compresor. Revisión del nivel de aceite del compresor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	10	I	Falla de un compresor	Altas vibraciones y ruido en rack de compresores	Compresor desgastado		50	3	Altas vibraciones en el sistema de compresores producen fatiga en los diferentes elementos de los compresores, lo que provoca que estos aumenten su desgaste hasta que el	50	2	Desarmar el compresor y determinar componentes desgastados o dañados para su remplazo. Si no es

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto		Tarea Propuesta					
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	11	I	Falla de un compresor	Altas vibraciones y ruido en rack de compresores	Desalineamiento de eje del compresor.	Cojinetes dañados.	51	3	El desgaste de los cojinetes del compresor provocan desalineamiento del eje del compresor lo que provoca que se den esfuerzos por fatiga no contemplados, hasta que llega al punto de falla del eje	51	2	Reemplazar los cojinetes cuando lleguen a la vida útil de diseño.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Rack de Compresores: Compresores	12	I	Ciclos muy cortos de operación	Sobrecarga	Bielas o bujes dañados		52	3	Vibraciones del compresor y ciclos cortos de operación se deben a bielas o bujes dañados. Esto se debe a pobre lubricación en el compresor.	52	2	Reemplazo del compresor
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Tubería de aceite	13	I	Bajo nivel de aceite en Compresores	Tuberías inadecuadas	Mal diseño		53	3	Si el compresor no cuenta con el nivel óptimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	53	4	Rediseño de las tuberías
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Tubería de aceite	14	I	Bajo nivel de aceite	Trampas inadecuadas	Mal diseño		54	3	Si el compresor no cuenta con el nivel óptimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	54	4	Rediseño de las trampas de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Control de nivel de aceite	15	I	Bajo nivel de aceite	Regulador de nivel de aceite "seteado" a un nivel muy alto	Mal mantenimiento		55	3	Si el nivel de aceite se seteado a un nivel muy alto no permitira el flujo del lubricante a traves del sistema hasta los compresores, los componentes no son lubricados correctamente lo que aumenta la fricción, que a su vez, aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	55	2	Revisión de los parámetros de funcionamiento de la reguladora de nivel de aceite.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta			
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Control de nivel de aceite	16	I	Bajo nivel de aceite	Control de nivel de aceite dañado	Válvula obstruida	Contaminación del lubricante	56	3	Si el nivel de aceite se setead a un nivel muy alto no permitira el flujo del lubricante a través del sistema hasta los compresores, los componentes no son lubricados correctamente lo que aumenta la fricción, que a su vez, aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	56	2	Revisión del estado del separador de aceite. Monitoreo del estado del aceite del sistema de lubricación.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Separador de Aceite	17	I	Bajo nivel de aceite	Válvula de boya de separador no abre.	Separador dañado.		57	3	Si el separador de aceite deja de cumplir su función, rápidamente todo el aceite del sistema se distribuye por las tuberías afectando la eficiencia de refrigeración de todo el sistema. El compresor no puede lubricarse aumenta la fricción, que a su vez, aumenta la temperatura del compresor hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla	57	2	Reemplazo de separador de aceite
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	18	I	Alta temperatura de aceite	Válvula de boya de separador abierta permanentemente	Obstrucción de boya por suciedad en el sistema		58	3	Una línea de aceite que siempre esta a temperaturas altas y esta no esta fluctuando entre fría y caliente es un indicador de que el separador esta permitiendo el paso continuo de aceite caliente del separador al tanque de resea por suciedad del sistema. Esto aumenta la temperatura del aceite lo que aumenta la temperatura de los compresores y puede ocasionar una falla en uno de los compresores.	58	2	Inspección de la temperatura de la línea de aceite para asegurar fluctuaciones, y así un correcto funcionamiento del separador. En caso contrario limpiar el separador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	19	I	Alta temperatura de aceite	Separador de aceite muy pequeño	Mal diseño.		59	3	Una línea de aceite que siempre esta a temperaturas altas y esta no esta fluctuando entre fría y caliente es un indicador de que el separador esta permitiendo el paso continuo de aceite caliente del separador al tanque de resea por suciedad del sistema. Esto aumenta la temperatura del aceite lo que aumenta la temperatura de los compresores y puede ocasionar una falla en uno de los compresores.	59	3	Supervisión de los trabajos instalados. Inspección del funcionamiento del separador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	20	I	Bajo nivel de aceite en el carter del compresor	Separador fugando.			60	3	Si el compresor no cuenta con el nivel optimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	60	2	Revisión del separador de aceite en búsqueda de manchas de aceite o fugas de refrigerante.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Reservorio de aceite	21	I	Bajo nivel de aceite en el carter del compresor	Presión de reservorio muy baja	Válvula de presión diferencial dañada		61	3	Si el compresor no cuenta con el nivel optimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	61	2	Revisión del reservorio de aceite en busqueda de manchas de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Reservorio de aceite	22	I	Bajo nivel de aceite en el carter del compresor	Fuga de aceite en el reservorio			62	3	Si el compresor no cuenta con el nivel optimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	62	2	Revisión del reservorio de aceite en busqueda de manchas que indique fuga.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Filtro de succión de aceite	23	I	Baja nivel de aceite	Alta caída de presión	Filtro atascado	Vida util.	63	3	Si el compresor no cuenta con el nivel optimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	63	2	Revisión de la caída de presión a través del filtro de succión de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Filtro de succión de aceite	24	I	Baja nivel de aceite	Alta caída de presión	Filtro atascado	Alta contaminación del aceite.	64	3	Un aceite grueso y de color negro con formación de barro obstruye los orificios del filtro y compromete la lubricación. Si el degradamiento del aceite llega a un punto crítico, puede causar la falla de alguno de los compresores del sistema.	64	2	Revisión de la caída de presión a través del filtro de succión de aceite.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite.	25	I	Bajo nivel de aceite	No hay paso de aceite del reservorio de aceite a los carters	Válvula dañada	Posicion normalmente cerrada	65	3	Si la válvula de retención de aceite se daña, su posición es normalmente cerrada por lo que no permite el paso de aceite a los carters de los compresores. Con la pérdida de lubricación de los compresores, se puede presentar la falla múltiple de varias unidades de compresión	65	2	Control del nivel de aceite en los carters de los compresores. Reemplazo de válvula dañada.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite	26	I	Bajo nivel de aceite	Fuga de aceite en válvula de retención			66	3	Si el compresor no cuenta con el nivel óptimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	66	2	Revisión de la válvula de retención de aceite en búsqueda de manchas que indiquen fuga.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite	27	I	Bajo nivel de aceite	Bomba de aceite dañada			67	3	Si el compresor no cuenta con el nivel óptimo de aceite en el sistema, los componentes sufren de mayor fricción lo que aumenta la temperatura del sistema hasta que los componentes por dilatación térmica se traban y se da la falla.	67	2	Revisión del estado de la bomba de aceite del compresor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Tubería de Refrigeración	28	I	Falla de un compresor	Alta temperatura del motor	Temperatura de succión alta	Aislamiento deficiente de tubería de succión.	68	3	Si la tubería de succión no se encuentra debidamente aislada para asegurar un retorno de gas frío, los devanados de los motores se calientan degradando los aislamientos hasta una futura falla.	68	2	Inspección visual de los aislamientos.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Tubería de Refrigeración	29	I	Ciclos muy cortos de operación	Fuga de refrigerante en la descarga	Poca cantidad de refrigerante	Tubería perforada	69	3	Una fuga en la tubería reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de alguno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	69	2	Revisión de tubería y componentes de la paralela de refrigeración.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	30	I	Ciclos muy cortos de operación	Fuga de refrigerante en la descarga	Poca cantidad de refrigerante	Válvula dañada	70	3	Una fuga en la tubería reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de alguno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	70	2	Revisión de tubería y componentes de la paralela de refrigeración.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto		Tarea Propuesta					
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	31	I	Ciclos muy cortos de operación	Válvula de cierre de descarga parcialmente cerrada	Mal mantenimiento.		71	3	Una restricción del flujo de refrigerante en la descarga de los compresores aumenta la presión de descarga de los mismos. Esto provocará una sobrecarga de uno de los compresores deteniendolo.	71	3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Cabezal de líquido	32	I	Ciclos muy cortos de operación	Fuga de refrigerante en la descarga	Poca cantidad de refrigerante	Cabezal de líquido perforado	72	3	Una fuga en el cabezal de líquido reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de uno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	72	2	Revisión de tubería y componestes de la paralela de refrigeración.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Cabezal de succión	33	I	Ciclos muy cortos de operación	Fuga de refrigerante en la descarga	Poca cantidad de refrigerante	Cabezal de succión perforado	73	3	Una fuga en el cabezal de succión reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de uno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	73	2	Revisión de tubería y componestes de la paralela de refrigeración.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Cabezal de descarga	34	I	Ciclos muy cortos de operación	Fuga de refrigerante en la descarga	Poca cantidad de refrigerante	Cabezal de descarga perforado	74	3	Una fuga en el cabezal de descarga reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de uno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	74	2	Revisión de tubería y componestes de la paralela de refrigeración.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Recibidor	35	I	Presión de descarga elevada	Mal funcionamiento de recibidor	Válvula OPR mal ajustada	Mal mantenimiento	75	3	Una restricción del flujo de refrigerante en la descarga de los compresores aumenta la presión de descarga de los mismos. Esto provocará una sobrecarga de uno de los compresores deteniendolo.	75	3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Recibidor	36	I	Presión de descarga elevada	Mal funcionamiento de recibidor	Válvula OPR dañada.	Contaminación de refrigerante	76	3	Una restricción del flujo de refrigerante en la descarga de los compresores aumenta la presión de descarga de los mismos. Esto provocará una sobrecarga de uno de los compresores deteniéndolo.	76	2	Revisión del estado del recibidor. Revisión del estado de la válvula OPR.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Filtro de líquido	37	I	Presión de descarga elevada	Restricción de circuito de refrigeración	Filtro atascado	Contaminación de refrigerante	77	3	Una restricción del flujo de refrigerante en la descarga de los compresores aumenta la presión de descarga de los mismos. Esto provocará una sobrecarga de uno de los compresores deteniéndolo.	77	2	Revisión de la caída de presión a través de componentes del sistema de refrigeración.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Paralela: Válvula selenoide de líquido.	38	I	Presión de descarga elevada	Restricción de circuito de refrigeración	Válvula selenoide no abre	Bobina quemada.	78	3	Una restricción del flujo de refrigerante en la descarga de los compresores aumenta la presión de descarga de los mismos. Esto provocará una sobrecarga de uno de los compresores deteniéndolo.	78	2	Revisión de la caída de presión a través de componentes del sistema de refrigeración.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	39	I	Funcionamiento errático de los compresores. Variación de presiones de descarga	Válvula dañada	Posición normalmente abierta		79	3	Si la válvula reguladora de diferencial de presión se daña, su posición normal es abierta por lo que con el inicio del proceso de descongelamiento por gas, se da una mezcla de gas caliente con el refrigerante líquido, variando la presión de trabajo del sistema.	79	2	Revisión de la caída de presión a través de componentes del sistema de refrigeración.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Descongelamiento por Gas: Cabezal de descongelamiento	40	I	Ciclos muy cortos de operación	Poca cantidad de refrigerante	Fuga de refrigerante en el sistema de descongelamiento	Cabezal de descongelamiento perforado	80	3	Una fuga en el cabezal de descongelamiento reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de uno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	80	2	Revisión de tubería y componentes de la paralela de refrigeración.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Check	41	I	Ciclos muy cortos de operación	Poca cantidad de refrigerante	Fuga de refrigerante en el sistema de descongelamiento	Válvula dañada	81	3	Una fuga en la válvula check reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de uno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	81	2	Revisión de tubería y componentes de la paralela de refrigeración.	
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Selenoide	42	I	Ciclos muy cortos de operación	Poca cantidad de refrigerante	Fuga de refrigerante en el sistema de descongelamiento	Válvula dañada	82	3	Una fuga en la válvula selenoide reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará la protección de uno de los compresores reduciendo la presión del sistema.	82	2	Revisión de tubería y componentes de la paralela de refrigeración.	
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Presostato	43	I	Compresor no arranca	Presostato dañado				83	3	Si el nivel de presión a la que se debe encender y apagar el equipo no es censada por el sistema, esto puede provocar que el compresor no arranque debido a que no censa la presión de arranque del sistema.	83	2	Revisar el estado del presostato y sus conexiones.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Presostato	44	I	El compresor hace ciclos muy cortos	Presostato mal calibrado	Diferencial de presión muy bajo	Mal mantenimiento		84	3	Si el diferencial de presión para arranque y apagado del compresor es muy bajo, esto obligara a que este arranque muchas veces. Esto ya afecta la función del sistema, y de no solucionarse provocará el fallo del motor del compresor por un número mayor de arranque permitidos por hora.	84	2	Revisar parametros de funcionamiento del presostato.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	45	I	Motor no arranca	Capacitor de arranque dañado				85	3	Si el capacitor del motor se encuentra dañado, el motor no arrancará.	85	2	Revisión de conexiones eléctrica del motor del compresor.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto		Tarea Propuesta					
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	46	I	Motor no arranca	Capacitor de marcha dañado			86	3	Si el capacitor del motor se encuentra dañado, el motor no arrancará.	86	2	Revisión de conexiones eléctrica del motor del compresor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	47	I	Motor no arranca	Motor quemado	Cortocircuito	Mala Conexión	87	3	El compresor recibe la orden de control de presión para que arranque pero este no reacciona. El motor se encuentra quemado debido a un corto circuito en la conexión de potencia lo que provoca que el sistema no pueda suplir la totalidad de la carga.	87	2	Revisión de conexiones eléctrica del motor del compresor. Desarme y revisión de compresor.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	48	I	Motor no arranca	Motor quemado	Sobrecarga	Linea de frio obstruida por valvula dañada	88	3	Una obstrucción de la línea de frío provoca que la presión del sistema aumente. En operación normal los compresores se desconectan por sobrecarga, pero si el devanado del motor se ha degradado por malas condiciones de operación, el mismo puede fallar antes de que la protección lo desconecte. Esto provocaría que la presión del sistema caiga y no pueda suplir la totalidad de la demanda	88	2	Revisión de conexiones eléctricas del motor del compresor. Desarme y revisión del compresor. Identificar punto de obstrucción de la línea de frío.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	49	I	Motor no arranca	Motor quemado	Sobrecarga	Rodamientos dañados	89	3	Baja lubricación en el compresor provocar que los rodamientos del mismo fallen. Esto provoca un sobrecalentamiento del motor quemando los devanados del mismo. La contaminación del refrigerante debido a los devanados quemados hace que sea necesario reemplazarlo.	89	2	Reemplazo del compresor y refrigerante.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	50	I	Motor no arranca	Motor quemado	Perdida de aislamiento	Desbalance de corrientes	90	3	Un desbalance de corrientes en un motor provoca que los aislamientos de los devanados se degraden hasta que el motor falle. La contaminación del refrigerante debido a los devanados quemados hace que sea necesario reemplazarlo.	90	2	Reemplazo del compresor y refrigerante.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto		Tarea Propuesta				
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	51	I	Motor no arranca	Motor quemado	Perdida de aislamiento	Perdida de fase	91	3	Una pérdida de fase en un motor provoca que los asilamientos de los devanados se degraden hasta que el motor falle. La contaminación del refrigerante debido a los devanados queados hace que sea necesario reemplazarlo.	91	2	Reemplazo del compresor y refrigerante.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Motor	52	I	Motor no arranca	Motor quemado	Perdida de aislamiento	Falsos contactos	92	3	Un falso contacto en un motor provoca que los asilamientos de los devanados se degraden hasta que el motor falle. La contaminación del refrigerante debido a los devanados queados hace que sea necesario reemplazarlo.	92	2	Reemplazo del compresor y refrigerante.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Bobinas	53	I	Motor no arranca	Bobinade arranque quemada			93	3	Si uno de los componentes del circuito de potencia falla, esto provoca que uno de los compresores no arranque reduciendo la presión del sistema.	93	2	Revisión de conexiones eléctricas.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Contactos auxiliares	54	I	Motor no arranca	Conexiones sueltas			94	3	Si uno de los componentes del circuito de potencia falla, esto provoca que uno de los compresores no arranque reduciendo la presión del sistema.	94	2	Revisión de conexiones eléctricas.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Elementos térmicos	55	I	Motor no arranca	Alimentación abierta	Elemento térmico abierto		95	3	Si uno de los componentes del circuito de potencia falla, esto provoca que uno de los compresores no arranque reduciendo la presión del sistema.	95	2	Revisión de conexiones eléctricas.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema Electrico: Protector de fase	56	I	Motor no arranca	Alimentación abierta	Breaker desactivado			96	3	Si uno de los componentes del circuito de potencia falla, esto provoca que uno de los compresores no arranque reduciendo la presión del sistema.	96	2	Revisión de conexiones eléctricas.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Control: Novar	57	I	Compresor no arranca	Sistema Novar dañado				97	3	El sistema novar es el PLC encargado del control de todos los elementos electricos del sistema de refrigeración, un fallo en este equipo ocasionará que uno o varios de los compresores no arranque.	97	2	Reemplazo de sistema Novar.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Control: Sensores	58	I	Compresor no arranca	Sensor dañado				98	3	El sistema novar es el PLC encargado del control de todos los elementos electricos del sistema de refrigeración, para ello requiere sensores que controlen variables de presión, temperatura, etc; un fallo en este equipo ocasionará que uno o varios de los compresores no arranque.	98	2	Reemplazar el sensor dañado.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Sistema de Control: Sensores	59	I	Compresor no arranca	Sensor fuera de lugar	Altas vibraciones de Rack			99	3	Vibraciones en los racks de compresores someten al sistema a esfuerzos que dañan los componentes y sensores, ademas de provocar fugas en el sistema.	99	2	Revisión de la soporteria de ls rack cuando se presenten altas vibraciones.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Condensador: Motor	60	I	Temperatura de descarga elevada	Capacidad de rechazo de calor disminuida	Enfriamiento forzado falla	Motor de abanicos de condensador dañado		100	3	Los motores de los abanicos de los condensadores pueden fallar por varias razones, desde el circuito principal abierto por un cortocircuito, hasta devanados quemados por sobrecarga de los mismos. Si los ventiladores se detienen rapidamente la temperatura del refrigerante aumenta, esto provoca la caída de la eficiencia del sistema. La degradación del aceite se acelera reduciendo la capacidad de lubricación, hasta el posterior fallo de uno de los equipos reduciendo la presión del sistema.	100	2	Revisión del correcto funcionamiento de los ventiladores del condensador. Revisión de conexiones eléctricas y de circuitos de control.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto		Tarea Propuesta				
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Condensador: Intercambiador de calor.	61	I	Temperatura de descarga elevada	Capacidad de rechazo de calor disminuida	Enfriamiento forzado falla	Serpentín sucio	101	3	Si la capacidad de transferencia de calor del serpentín del condensador se ve limitada por suciedad sobre el serpentín, la temperatura del refrigerante aumentará rápidamente. Esto provocará la caída de la eficiencia del sistema. La degradación del aceite se acelera reduciendo la capacidad de lubricación, hasta el posterior fallo de uno de los equipos.	101	2	Revisión general del estado del estado del gabinete del condensador así como del estado del serpentín. Asegurarse que se encuentre limpio y libre de cualquier elemento externo que reduzca el flujo de aire.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Condensador: Intercambiador de calor.	62	I	Temperatura de descarga elevada	Capacidad de rechazo de calor disminuida	Enfriamiento forzado falla	Aletas de serpentín dobladas (Más de un 30%)	102	3	Si la capacidad de transferencia de calor del serpentín del condensador se ve limitada por una cantidad considerable de aletas dobladas, la temperatura del refrigerante aumentará rápidamente. Esto provocará la caída de la eficiencia del sistema. La degradación del aceite se acelera reduciendo la capacidad de lubricación, hasta el posterior fallo de uno de los equipos.	102	2	Revisión general del estado de las aletas del serpentín del condensador. Si más de un 30% del área total del serpentín se encuentran dobladas se debe proceder a "perinarlas" con la herramienta.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Condensador: Válvula de Control de Presión	63	I	Presión de descarga baja	Temperatura incorrecta de condensador	Válvula de control de presión atascada	Contaminación del refrigerante	103	3	Con una subalimentación de la válvula de expansión termistática se da una caída de la velocidad del refrigerante. Esto provoca que el aceite presente en el sistema no circule hacia el carter del compresor. El aceite inunda el evaporador y reduce el área efectiva de transferencia de calor. Esto provoca que se reduzca la presión de succión y aumente la temperatura en el compresor. Se da un degradamiento del aceite lo que reduce la capacidad de lubricación. El compresor se deteriora hasta que se da la falla.	103	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Condensador: Válvula de Control de Presión	64	I	Presión de descarga baja	Temperatura incorrecta de condensador	Válvula de control de presión dañada.	Deterioro normal.	104	3	Con una subalimentación de la válvula de expansión termistática se da una caída de la velocidad del refrigerante. Esto provoca que el aceite presente en el sistema no circule hacia el carter del compresor. El aceite inunda el evaporador y reduce el área efectiva de transferencia de calor. Esto provoca que se reduzca la presión de succión y aumente la temperatura en el compresor. Se da un degradamiento del aceite lo que reduce la capacidad de lubricación. El compresor se deteriora hasta que se da la falla. Si el degradamiento del aceite llega a un punto crítico, puede darse la falla simultánea de más de un compresor, lo que sobrecarga el sistema y lo apaga.	104	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Condensador: Válvula de Control de Presión	65	I	Presión de descarga baja	Temperatura incorrecta de condensador	Válvula de control de presión mal calibrada.	Mal mantenimiento.	105	3	Con una subalimentación de la válvula de expansión termistática se da una caída de la velocidad del refrigerante. Esto provoca que el aceite presente en el sistema no circule hacia el carter del compresor. El aceite inunda el evaporador y reduce el área efectiva de transferencia de calor. Esto provoca que se reduzca la presión de succión y aumente la temperatura en el compresor. Se da un degradamiento del aceite lo que reduce la capacidad de lubricación. El compresor se deteriora hasta que se da la falla.	105	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto		Tarea Propuesta					
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Condensador: Válvula de Control de Presión	66	I	Presión de descarga baja	Válvula de control de presión fugando.			106	3	Una fuga en la válvula de control de presión reduciría la cantidad de refrigerante en el sistema, provocando la caída de presión de la descarga. Los compresores intentarán suplir la caída de presión sin el refrigerante que enfría los motores, esto disparará las protecciones de uno de los mismos deteniéndolo y afectando la presión del sistema.	106	2	Revisión del estado de la válvula de control de presión del condensador.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Válvula de Expansión	67	I	Presión de Succión alta	Sobrealimentación de válvula de expansión.	Bulbo sensor mal colocado.	Mal mantenimiento.	107	3	Una sobrealimentación de la válvula de expansión puede provocar que este no pueda evaporarse en su totalidad en el evaporador. Esto provoca que se de un ingreso de refrigerante líquido al compresor. Esto reduce la vida útil del compresor, y si el ingreso del refrigerante es considerable provocaría el fallo.	107	3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento realizados.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Válvula de Expansión	68	I	Presión de Succión alta	Sobrealimentación de válvula de expansión.	Bulbo sensor dañado		108	3	Una sobrealimentación de la válvula de expansión puede provocar que este no pueda evaporarse en su totalidad en el evaporador. Esto provoca que se de un ingreso de refrigerante líquido al compresor. Esto reduce la vida útil del compresor, y si el ingreso del refrigerante es considerable provocaría el fallo.	108	2	Revisión del estado de la válvula de expansión.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Válvula de Expansión	69	I	Presión de Succión alta	Sobrealimentación de válvula de expansión.	Control de sobrecalentamiento	Mal mantenimiento.	109	3	Una sobrealimentación de la válvula de expansión puede provocar que este no pueda evaporarse en su totalidad en el evaporador. Esto provoca que se de un ingreso de refrigerante líquido al compresor. Esto reduce la vida útil del compresor, y si el ingreso del refrigerante es considerable provocaría el fallo.	109	3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento realizados.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Válvula de Expansión	70	I	Presión de succión baja	Subalimentación de válvula de expansión	Control de sobrecalentamiento	Mal mantenimiento.	110	3	Con una subalimentación de la válvula de expansión termostática se da una caída de la velocidad del refrigerante. Esto provoca que el aceite presente en el sistema no circule hacia el carter del compresor. El aceite inunda el evaporador y reduce el área efectiva de transferencia de calor. Esto provoca que se reduzca la presión de succión y aumente la temperatura en el compresor. Se da un degradamiento del aceite lo que reduce la capacidad de lubricación. El compresor se deteriora hasta que se da la falla.	110	3	Supervisión de los trabajos de mantenimiento realizados.

Función		Falla Funcional		Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta		
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Evaporador: Motor	71	I	Presión de succión baja	Evaporador escarchado	Motor detenido	Devanado quemado	111	3	Un evaporador escarchado reduce la capacidad de transferencia de calor hacia el refrigerante. La baja condición de carga reduce la presión de succión del compresor. Esto reduce el regreso de aceite al compresor lo que provoca que se pierda capacidad de lubricación del compresor, eventualmente rodamientos y anillos se degradarán hasta que el equipo falle.	111	2	Revisión del estado de los evaporadores. Estado de los motores y conexiones.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Evaporador: Motor	72	I	Presión de succión baja	Evaporador escarchado	Motor detenido	Conexión quemada	112	3	Un evaporador escarchado reduce la capacidad de transferencia de calor hacia el refrigerante. La baja condición de carga reduce la presión de succión del compresor. Esto reduce el regreso de aceite al compresor lo que provoca que se pierda capacidad de lubricación del compresor, eventualmente rodamientos y anillos se degradarán hasta que el equipo falle.	112	2	Revisión del estado de los evaporadores. Estado de los motores y conexiones.
A	Proporcionar el gas refrigerante R404A a una presión de descarga de 240 psi	B	Proporciona presión parcial de trabajo	Evaporador: Intercambiador de calor	73	I	Presión de succión baja	Evaporador escarchado	Falta de mantenimiento		113	3	Un evaporador escarchado reduce la capacidad de transferencia de calor hacia el refrigerante. La baja condición de carga reduce la presión de succión del compresor. Esto reduce el regreso de aceite al compresor lo que provoca que se pierda capacidad de lubricación del compresor, eventualmente rodamientos y anillos se degradarán hasta que el equipo falle.	113	2	Revisión del estado de los evaporadores. Estado de los motores y conexiones.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Rack de Compresores: Compresores	1	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Tapa de valvulas mal torqueada	Mal mantenimiento.	114	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	114	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Rack de Compresores: Compresores	2	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Carter mal torqueado	Mal mantenimiento.	115	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	115	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Rack de Compresores: Compresores	3	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Elementos de compresor mal ajustados	Mal mantenimiento.	116	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	116	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	4	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Separador dañado	Envejecimiento normal	117	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	117	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	5	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Separador dañado	Contaminantes en el refrigerante.	118	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	118	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	6	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Separador dañado	Mal diseño de soportes.	119	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	119	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Tubería de Refrigeración	7	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Tubería perforada	Mal diseño de soportes.	120	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	120	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Tubería de Refrigeración	8	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Tubería mal instalada	Mala ejecución de soldaduras de elementos y tuberías.	121	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	121	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	9	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Válvula dañada	Envejecimiento normal	122	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	122	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	10	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Válvula dañada	Contaminantes en el refrigerante.	123	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	123	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	11	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Válvula mal instalada	Mala ejecución de soldaduras de elementos y tuberías.	124	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	124	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvulas Manuales	12	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Válvula mal instalada	Mal diseño de soportes.	125	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	125	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Cabezal de líquido	13	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de líquido perforado	Mala instalación de soportes	126	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	126	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Cabezal de líquido	14	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de líquido fugando	Mala ejecución de soldaduras.	127	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	127	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Cabezal de succión	15	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de succión perforado	Mala instalación de soportes	128	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	128	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Cabezal de succión	16	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de succión fugando	Mala ejecución de soldaduras.	129	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	129	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Cabezal de descarga	17	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de descarga perforado	Mala instalación de soportes	130	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	130	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Cabezal de descarga	18	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de descarga fugando.	Mala ejecución de soldaduras.	131	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	131	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Recibidor	19	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula OPR	Envejecimiento normal	132	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	132	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Recibidor	20	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula OPR	Contaminantes en el refrigerante.	133	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	133	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Filtro de líquido	21	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en Filtro de líquido	Contaminantes en el refrigerante.	134	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	134	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Filtro de líquido	22	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en Filtro de líquido	Mala instalación de soportes	135	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	135	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta			
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Filtro de líquido	23	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en Filtro de líquido	Mala ejecución de soldaduras.	136	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	136	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvula selenoide de líquido.	24	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide de líquido.	Envejecimiento normal	137	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	137	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvula selenoide de líquido.	25	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide de líquido.	Contaminantes en el refrigerante.	138	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	138	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvula selenoide de líquido.	26	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide de líquido.	Mala ejecución de soldaduras.	139	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	139	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Paralela: Válvula selenoide de líquido.	27	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide de líquido.	Mala instalación de soportes	140	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	140	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	28	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	Envejecimiento normal	141	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	141	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	29	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	Contaminantes en el refrigerante.	142	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	142	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	30	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	Mala ejecución de soldaduras.	143	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	143	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	31	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de diferencial de presión (líquido)	Mala instalación de soportes	144	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	144	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Cabezal de descongelamiento	32	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de descongelamiento perforado.	Mala instalación de soportes	145	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	145	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Cabezal de descongelamiento	33	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Cabezal de descongelamiento perforado.	Mala ejecución de soldaduras.	146	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	146	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Check	34	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula check	Envejecimiento normal	147	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	147	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Check	35	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula check	Contaminantes en el refrigerante.	148	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	148	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Check	36	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula check	Mala ejecución de soldaduras.	149	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	149	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Check	37	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula check	Mala instalación de soportes	150	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	150	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta			
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Selenoide	38	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Envejecimiento normal	151	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	151	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Selenoide	39	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Contaminantes en el refrigerante.	152	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	152	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Selenoide	40	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Mala ejecución de soldaduras.	153	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	153	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Sistema de Descongelamiento por Gas: Válvula Selenoide	41	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Mala instalación de soportes	154	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	154	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Condensador: Intercambiador de calor.	42	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fugas en intercambiador de calor de condensador	Mala instalación de soportes	155	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	155	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Condensador: Intercambiador de calor.	43	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fugas en intercambiador de calor de condensador	Mala ejecución de soldaduras.	156	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	156	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Condensador: Válvula de Control de Presión	44	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga de válvula de control de presión.	Envejecimiento normal	157	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	157	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Condensador: Válvula de Control de Presión	45	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga de válvula de control de presión.	Contaminantes en el refrigerante.	158	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	158	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Condensador: Válvula de Control de Presión	46	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga de válvula de control de presión.	Mala ejecución de soldaduras.	159	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	159	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Condensador: Válvula de Control de Presión	47	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga de válvula de control de presión.	Mala instalación de soportes	160	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	160	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Válvula de Expansión	48	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula de expansión	Envejecimiento normal	161	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	161	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Válvula de Expansión	49	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula de expansión	Contaminantes en el refrigerante.	162	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	162	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Válvula de Expansión	50	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula de expansión	Mala ejecución de soldaduras.	163	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	163	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Válvula de Expansión	51	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula de expansión	Mala instalación de soportes	164	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	164	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Intercambiador de calor	52	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en intercambiador de calor	Falla en soldadura de junta de evaporador con tubería.	165	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	165	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Intercambiador de calor	53	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en intercambiador de calor	Mala instalación de soportes	166	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	166	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Intercambiador de calor	54	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en intercambiador de calor	Mala ejecución de soldaduras.	167	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	167	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Selenoide	55	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Envejecimiento normal	168	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	168	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Selenoide	56	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Contaminantes en el refrigerante.	169	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	169	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Selenoide	57	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Mala ejecución de soldaduras.	170	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	170	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto			Tarea Propuesta				
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Selenoide	58	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula selenoide.	Mala instalación de soportes	171	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	171	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Reguladora de Presión de Vapor (CDS)	59	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de presión de vapor (CDS)	Envejecimiento normal	172	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	172	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Reguladora de Presión de Vapor (CDS)	60	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de presión de vapor (CDS)	Contaminantes en el refrigerante.	173	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	173	2	Revisión de elementos y tuberías de refrigeración en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Reguladora de Presión de Vapor (CDS)	61	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de presión de vapor (CDS)	Mala ejecución de soldaduras.	174	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	174	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
B	Contener todo el refrigerante del sistema de enfriamiento comercial.	C	Existen fugas de refrigerante.	Evaporador: Válvula Reguladora de Presión de Vapor (CDS)	62	I	Bajo nivel de refrigerante	Fugas de refrigerante	Fuga en válvula reguladora de presión de vapor (CDS)	Mala instalación de soportes	175	3	Bajo nivel de refrigerante en el sistema reduce la presión de descarga y succión del equipo. Los compresores intentaran regresar la presión al nivel de trabajo hasta llegar al punto de sobrecarga desconectando el sistema.	175	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto		Tarea Propuesta					
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Rack de Compresores: Compresores	1	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Tapa de valvulas mal torqueada	Mal mantenimiento.	176	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducira la capacidad de lubricación de los equipos. Rapidamente la temperatura aumentaría en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	176	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Rack de Compresores: Compresores	2	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Carter mal torqueado	Mal mantenimiento.	177	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducira la capacidad de lubricación de los equipos. Rapidamente la temperatura aumentaría en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	177	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Tuberias de aceite	3	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Tuberia perforada	Mal diseño de soportes.	178	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducira la capacidad de lubricación de los equipos. Rapidamente la temperatura aumentaría en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	178	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Tuberias de aceite	4	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Tuberia mal instalada	Mala ejecución de soldaduras de elementos y tuberias.	179	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducira la capacidad de lubricación de los equipos. Rapidamente la temperatura aumentaría en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	179	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Control de nivel de aceite	5	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Ruptura de componentes de control de nivel de aceite	Mal diseño de soportes.	180	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducira la capacidad de lubricación de los equipos. Rapidamente la temperatura aumentaría en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	180	3	Supervisión de mantenimiento realizado.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta			
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	6	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Separador dañado	Envejecimiento normal	181	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	181	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	7	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Separador dañado	Mal diseño de soportes.	182	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	182	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	8	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Separador dañado	Contaminación de refrigerante.	183	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	183	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Separador de aceite	9	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Separador dañado	Degradación de aceite.	184	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	184	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Reservorio de aceite	10	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Reservorio de aceite dañado	Envejecimiento normal	185	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	185	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla		Causa			Efecto		Tarea Propuesta					
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Reservorio de aceite	11	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Reservorio de aceite dañado	Mal diseño de soportes.	186	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	186	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Filtro de succión de aceite	12	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Filtro de succión de aceite atascado.	Vida útil	187	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	187	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Filtro de succión de aceite	13	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Filtro de succión de aceite atascado.	Degradación de aceite.	188	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	188	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Filtro de succión de aceite	14	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Filtro de succión dañado	Mal diseño de soportes.	189	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	189	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite.	15	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Válvula de retención de aceite dañado.	Envejecimiento normal	190	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	190	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.

Función		Falla Funcional	Subparte	Modo de falla			Causa			Efecto			Tarea Propuesta			
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite.	16	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Válvula de retención de aceite dañado.	Mal diseño de soportes.	191	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	191	3	Supervisión de mantenimiento realizado.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Lubricación: Válvula de retención de aceite.	17	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Válvula de retención de aceite dañado.	Degradación de aceite.	192	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	192	2	Revisión de elementos y tuberías de sistema de lubricación en búsqueda de fugas o manchas de aceite.
C	Contener todo el lubricante del sistema de compresores.	D	Existen fugas de aceite	Sistema de Paralela: Tubería de refrigeración	18	I	Bajo nivel de Aceite	Fugas de aceite	Trampas de aceite perforado.	Mal diseño de soportes.	193	3	Un bajo nivel de aceite en los compresores reducirá la capacidad de lubricación de los equipos. Rápidamente la temperatura aumentará en el compresor por efecto de la fricción dañando rodamientos, anillos y otros componentes hasta que finalmente se de la falla.	193	3	Supervisión de mantenimiento realizado.