

Dirección de Área de Conocimiento Industria y Producción

Plan de Mantenimiento para los equipos de cuarto frío de la empresa MAGNA S.A. en la ciudad de Managua, Nicaragua primer semestre 2025

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Mecánico

Elaborado por:

Tutor:

Br. Erling Ariel
Rivas Aguirre
Carnet: 2014-0566U

Br. Sheny Cheryl
Mendieta
Carnet: 2015-0348U

Br. Francisco Javier
Moreno Barillas
Carnet: 2016-0684U

Ing. Marlon Efrén
Suarez Dávila

10 de marzo de 2026
Managua, Nicaragua

DEDICATORIAS

Erling Ariel Rivas Aguirre

Dedico el presente trabajo monográfico, en primer lugar, a Dios Todopoderoso, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi formación profesional.

De manera especial, dedico este logro a la memoria de mi padre, quien en paz descansa, cuyo ejemplo, valores y enseñanzas permanecen vivos en cada uno de mis pasos y fueron un pilar fundamental para no rendirme ante las dificultades.

A mi madre, por su amor incondicional, sacrificio constante, apoyo moral y confianza permanente, que han sido fuente de motivación y sostén a lo largo de este proceso académico.

Asimismo, extendiendo esta dedicatoria a mis familiares y amigos, quienes de una u otra manera formaron parte de este largo camino, brindándome palabras de aliento, comprensión y apoyo en los momentos más desafiantes.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

Francisco Javier Moreno Barillas

Dedico el presente trabajo monográfico, en primer lugar, a Dios, por brindarme la fortaleza, sabiduría y constancia necesarias para culminar esta etapa de mi formación académica. Asimismo, a mis padres y a mi familia, cuyo apoyo incondicional, comprensión y acompañamiento fueron fundamentales a lo largo de todo este proceso formativo.

Gracias a su respaldo, y mediante dedicación, esfuerzo y perseverancia, fue posible alcanzar este logro académico. De igual manera, expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Ingeniería y a sus docentes, quienes, con su alto nivel profesional, compromiso y vocación educativa, contribuyeron de manera significativa a mi formación profesional.

Sheny Cheryl Mendieta

“Porque Jehová da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia.”

Proverbios 2:6

Dedico este trabajo monográfico, en primer lugar, a Dios, a mi familia, por ser la guía en mi camino desde el inicio. Sus enseñanzas, valores y amor incondicional han sido la base de mi fortaleza, la guía que me ha permitido ser resiliente y la motivación constante que impulsó cada paso en mi formación personal y académica.

Con gratitud, dedico también este trabajo a mi esposo, por su apoyo, paciencia y confianza. A todas aquellas personas que conocí en este proceso, quienes formaron parte de este sueño con su orientación, consejos y conocimientos contribuyeron a la realización de este objetivo alcanzado.

De igual manera, expreso mi agradecimiento a mis docentes, a mi tutor y a nuestro asesor, quienes con su guía, experiencia y dedicación fortalecieron mi aprendizaje y enriquecieron esta investigación. Extiendo mi reconocimiento a la empresa MAGNA, por abrirnos las puertas de su institución y permitirnos llevar a cabo este estudio, que culmina una etapa fundamental de mi formación profesional.

INDICE.

1. Introducción.....	1
2. Antecedentes.	2
3. Objetivos.....	4
Objetivo general:	4
Objetivos específicos:	4
4. Justificación.....	5
5. Marco teórico.....	6
5.1. Cuarto frío.....	6
5.2. Componentes y definiciones básicas de un sistema de refrigeración.....	10
5.3. Tipos de Mantenimiento.	12
6. Diseño metodológico.....	17
6.1. Alcance de la investigación.	17
6.2. Método de investigación.	18
6.3. Población y muestra.....	18
6.4. Instrumentos de fuentes de información.....	19
6.5. Instrumentos para la recopilación de estos datos para obtener la información, ver anexos de las fichas de instrumento. (Anexo A: Entrevista) y (Anexo B: Estado técnico de los cuartos fríos).....	20
6.6. Procedimiento de análisis y presentación de la información.....	20
6.7. Plan de análisis o cruzamiento de variables.....	21
7. Análisis y Resultados.	22
7.1. Realizar diagnóstico del estado actual de los cuartos fríos.....	22
7.1.2. Resultado de encuesta cuartos fríos.	22
7.1.3. Resultado de entrevista por medio de Check List. para determinar el estado actual de los cuartos fríos.	28
7.1.3.1. Evaporadores.....	29
7.1.3.2. Condensadores.....	30
7.1.3.3. Controladores e instrumentos.....	31
7.1.3.4. Condiciones estructurales y operación térmica.	33
7.1.3.5. Sistema de respaldo energético.	36

7.1.3.6. Resultado.	37
7.2. Proponer instrumentos para la gestión y programación del plan de mantenimiento de los tres cuartos fríos.	38
7.2.1. Instrumento de gestión.	38
7.2.2. Instrumento de programación: Cronograma anual de mantenimiento.	38
7.2.3. Instrumento de gestión operativa: Orden de trabajo unificada.	46
7.2.4. Propuesta de formatos de mantenimiento preventivo y correctivo,	48
instrumento técnico de verificación: Check List de mantenimiento.	48
7.2.5. Formato de evaluación del reporte de gestión de mantenimiento.	55
7.2.6. Formato de control histórico del equipo.	56
7.3. Fortalecer la capacidad técnica del equipamiento para la operación del mantenimiento preventivo y correctivo de los cuartos fríos.	59
7.3.1. Estructura de operación.	60
7.3.2. Requerimiento de instrumentación para su operación.	61
7.4. Analizar la viabilidad técnica y económica para la implementación de plan de mantenimiento preventivo para los cuartos fríos.	65
7.4.1. Contexto del Caso viabilidad técnica y económica.	65
7.4.2. Parámetros económicos a evaluar (In-house vs Externo).	66
7.4.3. Caso de Estudio Numérico.	67
7.4.4. Hallazgo.	69
8. Conclusión.	70
9. Recomendaciones.	72
11. Anexo.	74
Anexo A. Encuesta.	74
Anexo B.	76
Anexo C las funciones técnicas del personal calificado.	78
Anexo D, Análisis de costo.	83

Figura 1	7
Figura 2	9
Figura 3	11
Figura 4	26
Figura 5	27
Figura 6	29
Figura 7	30
Figura 8	31
Figura 9	32
Figura 10	32
Figura 11	33
Figura 12	34
Figura 13	35
Figura 14	35
Figura 15	36
Figura 16	37
Figura 17	45
Figura 18	47
Figura 19	55
Figura 20	56
Figura 21	60
Figura 22	67
Tabla 1	67
Tabla 2	68
Tabla 3	68

1. Introducción.

La empresa MAGNA Food Service cuenta con más de 20 años de experiencia en la distribución de productos alimenticios en la ciudad de Managua; uno de sus principales objetivos es llegar a ser reconocido como el líder en el sector de la capital, con productos de calidad y abastecer a todos aquellos establecimientos tales como: hoteles, restaurantes, cafeterías, entre otros lugares responsables de la preparación, venta y consumo de estos insumos. Por ello, la importancia de mantener altos estándares de calidad y seguridad en la manipulación de productos. La misión de MAGNA Food Service S.A. es ser reconocido a nivel nacional y regional como una empresa que destaca por su confiabilidad y calidad en su cadena de suministro.

Sin embargo, dentro de la empresa, más específicamente en el área de productos perecederos, para albergar dichos productos con la calidad deseada, la empresa cuenta con tres cuartos fríos. Debido a la cantidad de demanda que la empresa ha venido consolidando a lo largo del tiempo en función, los cuartos fríos funcionan con un régimen de trabajo permanente los 365 días del año. Cabe resaltar que estos equipos no cuentan con un control propio de índole rutinario de revisión periódica y constante para garantizar las actividades necesarias a realizar para mantener continuidad operativa. Es necesaria la implementación de un plan de mantenimiento para su funcionamiento y óptimo desempeño, con el fin de prolongar la vida útil de los equipos, disminuyendo los riesgos por desperfectos mecánicos, eléctricos y productivos, los cuales podrían generar pérdida de equipos, producto y operación de la empresa.

El presente trabajo monográfico tiene como objetivo crear un plan de mantenimiento para los cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A. Realizando un diagnóstico del estado actual de los cuartos fríos, los resultados obtenidos permitirán elaborar un plan de trabajo de mantenimiento para el área de los cuartos fríos y a su vez las fichas técnicas correspondiente para su operación.

2. Antecedentes.

La empresa MAGNA Food Service, antes de la realización de este trabajo monográfico, los equipos frigoríficos carecen de un plan de mantenimiento propio mediante el cual la empresa se pueda apoyar para realizar sus respectivas tareas de mantenimiento y reparación de los equipos que integran el sistema de refrigeración. Por ello, este trabajo monográfico representa el primer estudio realizado de la empresa.

Previo al desarrollo del trabajo de investigación monográfico, el área de cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A. opera bajo un régimen de mantenimiento predominantemente reactivo, sin un enfoque sistemático estructurado para la ejecución de tareas y rutinas preventivas acordes al régimen de operación continua 24/7, estos equipos se encuentran sometidos a carga térmica constante, lo que podría provocar fallas por desgaste acelerado en piezas.

La operación para la gestión de mantenimiento del área se apoya principalmente en conocimientos empíricos del personal encargado, lo que en determinadas ocasiones ha permitido la oportuna identificación de anomalías y la solicitud de asistencia técnica externa. La ausencia de un programa formal de mantenimiento preventivo, así como de registros técnicos y de una adecuada trazabilidad documentada, genera vulnerabilidad en el sistema, incrementando el riesgo de fallas mayores y de paros operativos no programados.

Esta condición representa un factor de riesgo operativo, debido a que los equipos frigoríficos quedan expuestos a interrupciones inesperadas, posibles pérdidas de productos almacenado o calidad deficiente en sus productos, estas intervenciones de continuidad operacional ocasionan un costo mayor asociado a productividad y mantenimiento correctivo al reactivar el sistema.

Como antecedentes podemos mencionar que hay monografías y/o Investigaciones previas a la línea de investigación de cuartos fríos.

- Diseño de un cuarto frio para la preservación de los vegetales para la empresa San Juan Agroexport; Halan Eduardo González Ruiz; 2011 (Guatemala); el presente trabajo se fundamenta en criterios técnicos y orienta su aporte hacia la elaboración de estructura para los equipos de cuartos fríos, integrando frecuencias, procedimientos, recursos humanos, herramientas, tiempos de intervención junto con criterios de control con el objetivo claro de optimizar confiabilidad y desempeño del sistema de refrigeración en entornos industriales.
- Plan de mantenimiento preventivo de los equipos frigoríficos de la empresa Industrial Cárnica Integrada; Autores: Mariyenía Arielie Angulo Cortez y Samary Tatiana Angulo Cortez; 1 de agosto, 2014; se obtuvieron los diferentes tipos de plan de mantenimiento y los formatos técnicos de mantenimientos de los equipos de sistemas de refrigeración.
- Propuesta de un manual de mantenimiento preventivo para el sistema de refrigeración de la empresa Mariscos Internacionales S.A. (MARINSA); Andrés Vicente Medrano Obregón; 2008; el estudio evidencia la generación de frio como un eje estratégico del proceso productivo. Al mismo tiempo destaca la necesidad de implementar mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo bajo una estructura organizada, con registros técnicos, control de indicadores y políticas de abastecimiento de repuestos.

3. Objetivos.

Objetivo general:

Elaborar un plan de mantenimiento para los equipos de cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A.

Objetivos específicos:

1. Realizar una investigación del estado actual de la empresa en la que operan los cuartos fríos.
2. Proponer instrumentos para la gestión y programación del plan de mantenimiento de los tres cuartos fríos.
3. Fortalecer la capacidad técnica del equipamiento para la operación del mantenimiento preventivo y correctivo de los cuartos fríos.
4. Analizar la viabilidad técnica y económica para la implementación del plan de mantenimiento preventivo para los cuartos fríos.

4. Justificación.

Con el objetivo de garantizar que, el producto almacenado cumpla con los estándares de calidad y temperatura adecuada para su debido proceso de almacenamiento y distribución, la empresa emplea unidades de refrigeración, cámaras de almacenamiento y controles térmicos que garantizan la temperatura requerida.

Los equipos de refrigeración en el área de cuartos frío de la empresa MAGNA S.A. operan de forma continua 24/7; los cuales requieren condiciones óptimas de funcionamiento para garantizar la conservación adecuada de productos almacenados y el cumplimiento de estándares de calidad durante su proceso de almacenamiento y distribución. Sistemas como el que opera la empresa con equipos que están sometidos a régimen permanente de carga térmica, la ausencia de un programa estructurado de mantenimiento son factores que incrementa el riesgo de desgaste prematuro de componentes críticos, fallas inesperadas y variaciones en los parámetros de operación, tales como presión y temperatura.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo se justifica técnicamente como una práctica orientada a preservar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos frigoríficos, reduciendo a su vez la probabilidad de paros productivos y fallas que comprometan la continuidad operativa de la empresa. Desde un punto de vista económico, un esquema planificado, permite disminuir costos por mantenimiento correctivo, pérdida de producto y tiempo improductivo lo que implicaría una gestión más eficaz de los recursos de la empresa.

El proyecto aporta una estructura sistemática de control, programación y trazabilidad técnica que fortalece la toma de decisiones operativa, reduce la dependencia de conocimientos empíricos y establece procedimientos estandarizados para la intervención oportuna de los equipos. De manera que el plan de mantenimiento propuesto optimice el desempeño técnico de los equipos de refrigeración.

5. Marco teórico.

Para poder desarrollar el trabajo monográfico se van a definir conceptos acordes a los objetivos específicos en el entorno empresarial alimentario, industria alimentaria, tipos de mantenimientos, funcionamiento de los cuartos fríos y los dispositivos que interactúan para su operación.

Industria alimentaria.

La industria alimentaria abarca operaciones que involucran transformación de materias primas en productos alimenticios por medio de procesos químicos o biológicos, con la finalidad de garantizar su conservación, seguridad y calidad para el consumo humano. (Fellows, 2009).

La refrigeración industrial.

Comprende sistemas diseñados para la extracción de calor en aplicaciones de gran capacidad y operación continua, utilizados en procesos industriales y almacenamiento de productos que requieren control térmico permanente. (Dossat, 1980).

5.1. Cuarto frío.

El cuarto frío es un recinto cerrado y térmicamente aislado, diseñado para conservar productos a una temperatura controlada haciendo uso de un sistema de refrigeración mecánica. Su funcionamiento se fundamenta en el ciclo de compresión de vapor, el cual permite extraer el calor del interior del recinto y transferirlo al exterior, de acuerdo con los principios de la termodinámica aplicados a la refrigeración (Dossat, 1980). Este proceso se lleva a cabo a través de componente principales como el compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador.

5.1.1. Componentes de cuarto frío.

Véase la figura 1, los principales componentes de un cuarto frío son:

- 1.- Compresor.
- 2.- Condensador.
- 3.- Válvula de expansión Termostática.
- 4.- Evaporador.

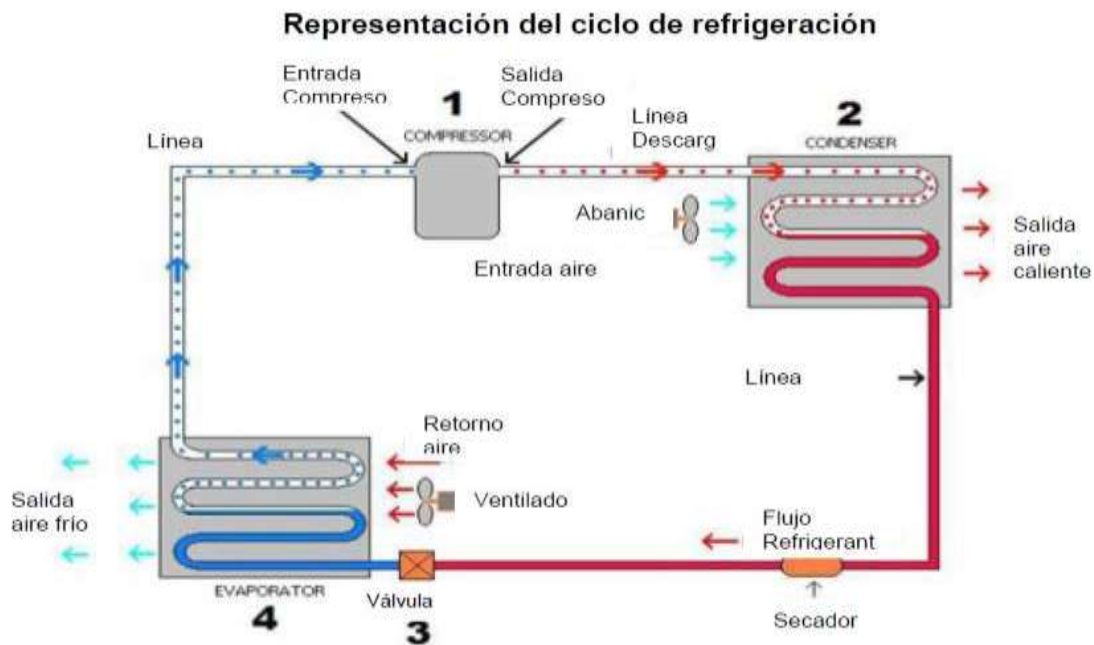


Figura 1

Los principales componentes de un cuarto frío (imagen obtenida de la monografía propuesta de un manual de mantenimiento preventivo para el sistema de refrigeración de la empresa “Mariscos Internacionales S.A.”).

En cada uno de estos equipos se llevan procesos bastante importantes para llevar a cabo la refrigeración y a continuación se describen cada uno:

5.1.2. Compresor.

Equipo mediante el cual, por medio de trabajo mecánico, la presión de vapor y la temperatura son incrementado debido a la compresión. La alta temperatura y alta presión es entregado como vapor de refrigerante al sistema, enviado por el conducto caliente al condensador. (Dossat, 1980).

5.1.3. Condensador.

Es un intercambiador de calor mediante el cual el vapor de líquido refrigerante cede el calor al ambiente entregando un flujo de refrigerante con baja temperatura y manteniendo alta presión. (Dossat, 1980).

5.1.4. Válvula de expansión termostática.

Dispositivo de control que disminuye la temperatura condensante hasta la temperatura evaporante, es un estrangulamiento tipo expansión adiabática a la cual la entalpía del fluido no cambia durante el proceso, este tipo de expansión ocurre siempre que un fluido es expandido a través de un orificio desde una presión alta hasta una presión baja. (Dossat, 1980).

5.1.5. Evaporador.

Se conoce por evaporador al intercambiador de calor donde se produce la transferencia de energía térmica, por donde circula el refrigerante previamente expandido por la válvula de control bajado su presión y temperatura, absorbiendo el calor del ambiente mientras enfría (efecto refrigerante). (Dossat, 1980).

Cuarto frio de congelación:

En la fila inferior de izquierda a derecha, se observa el condensador del sistema, seguido del evaporador y el controlador.



Condensador para cuarto frio de conservación.

Evaporador para cuarto frio de conservación.



Figura 2

Componentes de cuarto frio.

Fuente: Gustavo Humberto Delgado Suarez (26 de mayo 2016) monografía "plan de mantenimiento" instituto tecnológico de san Luis Potosí.

5.2. Componentes y definiciones básicas de un sistema de refrigeración.

5.2.1. Contactor.

El Contactor es un componente que está diseñado para trabajar como interruptor automático, con corrientes y tensiones elevadas. Provisto de tres contactos abiertos llamados principales, más robustos que los restantes del Contactor. Estos contactos principales son los destinados a las maniobras del circuito de potencia de los montajes tales como alimentación de motores. (Pérez París, 2003). (Véase fig. 3.1.)

5.2.2. Válvula solenoide.

Es un dispositivo electromecánico instalado comúnmente en la línea de líquido del sistema de refrigeración. Estos son utilizados para controlar el flujo de líquidos o gases, dándoles la debida consideración a la presiones y temperaturas involucradas, lo que contribuye a la protección del compresor y estabilidad del sistema. (Dossat, 1980). (Véase fig. 3.2.)

5.2.3. Manómetro.

Es un "dispositivo utilizado para medir variación de presión, pequeñas y moderadas. Un manómetro consta principalmente de un tubo en U de vidrio o plástico que contiene uno o más fluidos como mercurio, agua, alcohol o aceite". (Congela & Boles, 2014, p.26). (Véase fig. 3.3.)

Contactor trifásico	Válvula solenoide
 Figure 3.1.	 Figure 3.2.
Manómetro	Filtro secador
 Figure 3.3.	 Figure 3.4.
Regulador de presión	
 Figure 3.5.	

Figura 3

Componentes básicos de refrigeración.

Fuente: Gustavo Humberto Delgado Suarez (26 de mayo 2016) monografía “plan de mantenimiento” instituto tecnológico de san Luis Potosí.

5.2.4. Filtro deshidratador.

Es un elemento instalado en la tubería de líquido del sistema de refrigeración, se utiliza para evitar humedad y partículas en el refrigerante, lo que permite proteger el sistema y sus componentes, asegurando su funcionamiento. (Dossat, 1980). (Véase fig. 3.4.)

5.2.5. Regulador de presión.

Dispositivo que abre y cierra un circuito eléctrico cuando la presión del refrigerante alcanza un valor determinado, con el fin de proteger y controlar el sistema. (Dossat, 1980). (Véase fig. 3.5.)

5.3. Tipos de Mantenimiento.

Mantenimiento: Es "la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que se puede realizar las funciones designadas". (Duffuaa et al., 2000, p. 29)

El mantenimiento es aquella acción por medio de la cual se busca mejorar ciertos aspectos relevantes en un determinado establecimiento como la seguridad, confort, productividad, higiene, imagen, etcétera. Existen cuatro tipos de mantenimientos:

Mantenimiento Correctivo: Se refiere a las actividades que se realizan en forma inmediata, debido a que algún equipo que proporciona servicio vital ha dejado de hacerlo, por cualquier causa, y se tiene que actuar en forma emergente y, en el mejor de los casos, bajo un plan contingente. Las labores que en este caso deben realizarse tienen por objeto la recuperación inmediata de la calidad de servicio. Este tipo de estrategia de operación-hasta-que falle se aplica principalmente en equipos electrónicos. (Duffuaa et al., 2000)

Mantenimiento Preventivo con base en el tiempo o en el uso: Este mantenimiento, también conocido bajo el nombre de planificado, se realiza previo a que ocurra algún tipo

de falla en el sistema. Como se hace de forma planificada, no como el anterior, se aprovechan las horas ociosas para llevarlo a cabo. Este mantenimiento sí es predecible con respecto a los costos que implicará, así como también el tiempo que demandará. (Duffuaa et al., 2000)

Mantenimiento Predictivo: Con este mantenimiento se busca determinar la condición técnica, tanto eléctrica como mecánica de la máquina mientras esta se encuentra en funcionamiento. Para que este mantenimiento pueda desarrollarse se recurre a sustentos tecnológicos que permitan establecer las condiciones del equipo. Gracias a este tipo de mantenimientos se disminuyen las pausas que generan en la producción los mantenimientos correctivos. Así, se disminuyen los costos por mantenimiento y por haber detenido la producción. (Duffuaa et al., 2000)

5.3.1. Alcances de mantenimiento.

El propósito de este es analizar experiencias en el desarrollo de datos generales de introducción del TPM (**Trabajo de Plan de Mantenimiento**) y otras recomendaciones importantes para la puesta en marcha de un proyecto.

5.3.2. Frecuencia de mantenimiento.

La frecuencia de mantenimiento en un instrumento va a ser condicionada por múltiples factores dentro de los cuales, los más relevantes a considerar son los enumerados anteriormente.

La frecuencia de mantenimiento depende del grado de utilización del equipo, maquina o dispositivo y a las condiciones a las cuales está expuesto, esto define el tiempo en el cual es efectuado el tipo de mantenimiento.

5.3.3 - Planificación de mantenimiento.

“La planeación en el contexto del mantenimiento se refiere al proceso mediante el cual se determinan y reparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo”. (Duffuaa et al.,2000, p. 194)

5.3.4 Formatos utilizados en el mantenimiento.

Se utilizarán cinco tipos de Formatos que serán:

5.3.4.1 Ficha técnica: Es el carnet de identificación del equipo y se hace una sola vez. Solo el deterioro y/o alguna modificación del equipo justifican su reemplazo.

Dicho formato deberá contener la siguiente información:

- Nombre y código de la máquina.
- País y año de fabricación.
- Marca y modelo.
- Especificaciones técnicas especiales tales como: tipo de trabajo y material que se pueda procesar, capacidad productiva teórica, etc.
- Potencia de motores, bombas y dispositivos.

5.3.4.2. Hoja de inspección o revisión: Este formato se elabora específicamente para el mantenimiento preventivo, individualmente para cada equipo y para cada tipo de mantenimiento preventivo, es decir, para revisión general y mantenimiento pequeño, mediano y general. La hoja de inspección indica en forma precisa y clara todo lo que hay que inspeccionar, desmontar y sustituir en el equipo para cada tipo de mantenimiento preventivo y garantiza que, cualquiera que sea el inspector, este hará siempre las mismas inspecciones y trabajo de mantenimiento preventivo.

5.3.4.3. Solicitud de trabajo: Este formato se utiliza para solicitar servicio al departamento de mantenimiento y puede tener dos orígenes de mantenimiento: puede originarse en el área de producción cuando se daña una máquina y dicho departamento solicita la

realización de un mantenimiento correctivo, o puede originarse en el propio departamento de mantenimiento como consecuencia de una inspección o mantenimiento preventivo. En ambos casos se llenará la misma solicitud de trabajo que llevará contener la siguiente información:

- Departamento que emite la solicitud.
- Nombre y código del equipo que requiere el servicio.
- Departamento productivo y ubicación del equipo.
- Tipo de mantenimiento (correctivo o preventivo).
- Defectos observados.
- Carácter de reparación solicitada (urgente o normal).
- Fecha de la reparación.
- Fecha sugerida para la realización del trabajo.

5.3.4.4. Orden de trabajo: Es sin duda el documento más importante de la administración de mantenimiento, ya que autoriza la realización de los trabajos y permite el cálculo posterior de los costos de mantenimiento y de las horas de paro por tipo de mantenimiento (correctivo o preventivo) y deberá registrarse la siguiente información acerca del trabajo realizado:

- Fecha de iniciación y terminación del trabajo.
- Nombre de las personas a las que se asignó la realización del trabajo.
- Horas-hombre estimadas y reales para la realización de trabajo.
- Materiales y repuestos utilizados en el trabajo (retirado de bodega o comprado afuera de la empresa).
- Costo de los trabajos realizados afuera de la empresa.
- Horas de paro del equipo.

5.3.4.5. Expediente de equipo: Se utiliza con el objetivo de registrar todos los trabajos de mantenimientos realizados en el equipo, ya sean correctivo o preventivo y es de vital importancia para la realización de estudios económicos de reemplazo del equipo.

El expediente del equipo deberá contener, como mínimo, la siguiente información correspondiente a cada equipo y a los trabajos de mantenimiento realizados:

- Nombre y código del equipo.
- Fecha y país de fabricación.
- Tipo de trabajo de mantenimiento realizado (correctivo o preventivo).
- Costo total de materiales (incluyendo desperdicios de materia prima y/o productos si ocurrió).
- Descripción y costos de los trabajos realizados afuera de la empresa.
- Hora-hombre empleada y costo correspondiente.
- Horas de paro.

Formatos especiales: Dependiendo de las características del sistema de mantenimiento implementado, se diseñarán formatos especiales, normalmente para el cálculo mensual de los costos, elaboración de reportes periódico, etc.

6. Diseño metodológico.

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, debido a que se orienta al análisis y descripción del estado técnico y operativo de los cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A., con propósito de comprender el funcionamiento actual, identificar debilidades en la gestión del mantenimiento y proponer un plan estructurado de mantenimiento preventivo.

El enfoque cualitativo permite estudiar la situación real del sistema de refrigeración dentro de su contexto operativo mediante la observación directa de los equipos, la recopilación de información técnica, entrevista del personal responsable del área, y el análisis de las condiciones actuales de operación.

A partir de esta información se realiza un diagnóstico técnico que sirve como base para la elaboración de instrumentos de gestión y programación del mantenimiento, orientados a mejorar la confiabilidad, eficiencia y continuidad operativa de los cuartos fríos.

6.1. Alcance de la investigación.

El estudio presenta un alcance descriptivo y propositivo.

Es descriptivo, porque se realiza un diagnóstico del estado actual de los cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A., analizando sus componentes, condiciones de operación, instrumentos de control y prácticas de mantenimiento existentes.

Asimismo, posee un carácter propositivo, ya que a partir del diagnóstico realizado se desarrolla una propuesta de plan de mantenimiento preventivo que incluye instrumentos de gestión, cronograma de intervención, formatos de control y procedimientos técnicos orientados a optimizar la operación de los equipos de cuartos fríos.

6.2. Método de investigación.

El método de investigación utilizado es el método inductivo-deductivo.

El enfoque inductivo se emplea al partir de la observación directa de los equipos, las condiciones operativas y las prácticas de mantenimiento existentes dentro de la empresa, con el fin de identificar patrones y problemáticas en el funcionamiento del sistema de refrigeración.

Posteriormente, se aplica el método deductivo, al utilizar principios teóricos relacionados con la refrigeración industrial y la gestión del mantenimiento para formular una propuesta de plan de mantenimiento preventivo que permita mejorar el desempeño y confiabilidad de los cuartos fríos.

6.3. Población y muestra.

Población.

Es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado (Wigodski, 2010). La población de la presente investigación serán los 3 cuartos fríos y todas las maquinarias usadas en la empresa y el personal que labora en el área técnica de la empresa MAGNA S.A.

Muestra.

Es un subconjunto fielmente representativo de la población (Wigodski, 2010). La muestra es No Probabilística, ya que es dirigida a un sujeto específico y se hizo sobre la totalidad de maquinarias relacionadas a la operatividad de los tres cuartos fríos. La muestra escogida para la realización de la presente investigación se subdivide en dos:

- **Muestra 1:** Maquinarias y equipos del proceso de refrigeración de los tres cuartos fríos de la empresa, MAGNA S.A.
- **Muestra 2:** Jefe de Ingeniería o jefe del departamento de la empresa, MAGNA S.A.

6.4. Instrumentos de fuentes de información.

6.4.1. Fuentes primarias:

Una **entrevista** es intercambio de ideas, opiniones mediante una conversación que se da entre una, dos o más personas, se consultan una serie de interrogaciones previamente estructuradas (Concepto. de, s.f.). Se utilizó este instrumento para obtener la información estructurada de la operacionalización de variables aplicada en la empresa MAGNA S.A.

Una **Guía de observación** es un instrumento que se basa en una lista de indicadores que pueden redactarse ya sea como afirmaciones o bien como preguntas, que orientan el trabajo de observación dentro del muestreo, señalando los aspectos que son relevantes al observar (Gutiérrez, 2016). Se utilizó este instrumento para la recopilación de información mediante el tour realizado por el jefe de Ingeniería del departamento técnico de la empresa antes descrita.

6.4.2. Fuentes secundarias:

Se le denomina **Material bibliográfico** a la relación o lista de un conjunto de libros o escritos utilizados como material de consulta o soporte documental para la investigación y la elaboración de un trabajo escrito o una monografía (Significados.com, 2018). Se utilizó citas conceptuales que ayudaron a la redacción del Marco Teórico, así mismo protocolos, fichas y documentos digitales, pertenecientes al departamento Técnico de la empresa MAGNA S.A.

6.5. Instrumentos para la recopilación de estos datos para obtener la información, ver anexos de las fichas de instrumento. (Anexo A: Entrevista) y (Anexo B: Estado técnico de los cuartos fríos).

6.6. Procedimiento de análisis y presentación de la información.

Dadas las características del tipo de estudio, los datos obtenidos son cualitativos, además se desarrollaron descripciones a fondo de la situación planteada. El análisis de este tipo de datos consistirá de tres actividades interrelacionadas: deducción de la información; presentación de la información a través de una descripción; y elaboración de conclusiones sobre las Relaciones.

6.7. Plan de análisis o cruzamiento de variables.

VARIABLES (OBJETIVOS ESPECIFICOS)	SUB-VARIABLES	INSTRUMENTO	ALCANCES
Realizar una investigación del estado actual de la empresa en la que operan los cuartos fríos	Elementos Tecnológicos	Observación directa, Revisión documental, entrevistas	1. Condiciones de trabajo para la ejecución. 2. ¿Cuenta con un plan de mantenimiento interno? 3. 4. ¿Cuenta con personal capacitado? 5. Historia y surgimiento de la empresa, modo de operación, su expansión, productos de exportación o importación. Tesis investigativas alusivo al tema. 6. Conocer fichas técnicas de equipos.
Describir la importancia de usar plan de mantenimiento.	Recursos de Personal y Equipamiento	Observación directa, Revisión documental, entrevistas	1. Análisis de la encuesta. 2. 3. Explicar funcionamiento de cuarto frio (proceso). 4. Importancia del porque aplicar un plan de mantenimiento preventivo. Importancia de las partes del mantenimiento de la unidad de cuarto frio
Proponer plan de mantenimiento preventivo. D/M/S.	Formatos de Mantenimiento	Observación directa, Revisión documental, entrevistas	1. Obtener ficha técnica o manual de fabricante. 2. Proponer un plan de mejora al mantenimiento.
Sintetizar estudio económico costo-beneficio para la implementación del plan de mantenimiento preventivo para cuarto frio.	Costos	Observación directa, Revisión documental, entrevistas	Análisis de un costo-beneficio al implementar el plan de mantenimiento.

7. Análisis y Resultados.

7.1. Realizar diagnóstico del estado actual de los cuartos fríos.

En el presente trabajo monográfico se realizó visita de campo y comunicación constante con gerente operativo del área de cuartos fríos de empresa MAGNA S.A., con el fin de conocer: las instalaciones, los equipos que componen los tres cuartos fríos y sus operadores. Durante la visita se utilizó el método de encuesta de conocimientos técnico, **Ver anexo A** (encuesta). Con los cuales se determinaron conocimientos básicos de los operarios y del gerente técnico, acerca de los cuartos fríos. Realizando las preguntas, tales como: ¿Cuál es su método de trabajo?, ¿Cada cuánto realizan mantenimientos preventivos a sus equipos?, esto con el fin de comprender y adecuarnos con su línea de trabajo.

La empresa MAGNA S.A., maneja grandes cantidades de alimentos que necesitan ser almacenados en cuartos fríos, en un comienzo la empresa solo contaba con dos de los tres cuartos fríos que actualmente posee, reflejo de su crecimiento e incremento de inventario. La actual demanda ha generado la necesidad de aumentar su capacidad de producto almacenado, dando lugar a implementar mantenimientos periódicos cada vez más organizados y generar un control en cada uno de sus equipos, con el propósito de asegurar su correcto desempeño operativo y mantener los niveles de productividad.

7.1.2. Resultado de encuesta cuartos fríos.

A continuación, se muestra los resultados de la encuesta realizada al gerente técnico de la empresa, encargado de área de los cuartos fríos, del mismo modo a dos de sus colaboradores. Debido al tamaño de la muestra, los resultados se presentan de forma consolidada, expresando la tendencia general de las repuestas obtenidas.

Pregunta número 1.

¿Conoce los tipos de mantenimientos que se realiza en cada módulo?

Repuesta.

Los tres entrevistados manifiestan conocer los diferentes tipos de mantenimiento que se realizan en cada uno de los cuartos fríos ya que ellos están pendientes de su mantenimiento al momento de la subcontratación de la empresa con la cual se apoyan para su debido mantenimiento.

Pregunta número 2.

¿Realizan mantenimiento correctivo anual a los equipos de cuartos fríos?

Repuesta.

Si, afirman que por lo menos se realizan dos periodos de mantenimiento correctivo al año.

Pregunta número 3.

¿La empresa utiliza ficha técnica del fabricante de los equipos para realizar mantenimiento?

Repuesta.

No existe evidencia ni confirmación por parte de la empresa, que la empresa subcontratada para el mantenimiento de los equipos de refrigeración utilice los manuales del fabricante durante la ejecución de sus labores, ni que aplique los procedimientos técnicos recomendados para garantizar que los equipos queden en óptimas condiciones de operación conforme a las especificaciones del fabricante.

Pregunta número 4.

¿Han tenido perdida de producto por fallas en equipos de refrigeración?

Repuesta.

No, si bien no se han visto con ese escenario afirman, de producirse alguna falla, llaman a la empresa que da soporte con el mantenimiento y se tardarían una semana en dar respuesta fuera de la programación de mantenimiento que llevan en su organización.

Pregunta número 5.

¿Los equipos frigoríficos operan las 24 horas los 7 días a la semana?

Repuesta.

Los tres encuestados del área indican que la demanda que poseen, asegura una línea de abastecimiento a sus clientes sin interrupción, los cuartos fríos tienen un régimen de trabajo las 24 horas los 7 días de la semana durante todo el año.

Pregunta número 6.

¿Al momento de realizar mantenimiento preventivo llevan un control de incidencias en los equipos frigoríficos?

Repuesta.

No hay existencia como tal de un control de incidencias, en caso de presentarse alguna anomalía durante la ejecución del mantenimiento por parte de la brigada de la empresa contratada, una vez realizado el chequeo y la respectiva solución, el encargado del área de cuartos fríos de MAGNA S.A. no recibe información detallada sobre dichas incidencias.

Pregunta número 7.

¿Considera que es importante dar mantenimiento a los equipos?

Repuesta.

Los tres colaboradores entrevistados, consideran que es de vital importancia brindarle su debido mantenimiento a los equipos, para que la empresa pueda desarrollarse dentro de su rubro y continúe creciendo, ya que, de carecer de un mantenimiento adecuado en el área de almacenamiento de productos congelados, el área se verá afectada, considerando que la empresa MAGNA S.A. depende en su totalidad del óptimo desempeño y funcionamiento del sistema frigorífico para el almacenamiento y conservación de productos congelados.

Pregunta número 8.

¿Mantiene un plan de mantenimiento preventivo mensual de limpieza en los quipos?

Repuesta.

Al igual que en la pregunta número 6, los entrevistados respondieron que por parte de la empresa que subcontratan realizan el mantenimiento de los cuartos fríos, entregan una bitácora de trabajo que contempla limpieza de evaporadores, condensadores, chequeo de parámetros de presión y lubricación de engrase del fan una vez al mes.

Pregunta número 9.

¿La persona encargada de realizar el mantenimiento utiliza el equipo de protección personal (EPP) adecuado durante la ejecución de sus labores?

Repuesta.

Las personas encargadas de realizar los mantenimientos presentan su debido uniforme de técnico en refrigeración y con este mismo proceden a realizar las rutinas de mantenimiento programadas.

Con el propósito de visualizar los datos obtenidos, se elaboran graficas que permitan identificar el nivel de cumplimiento básico operativo, así como también aquellas principales vulnerabilidades en la gestión de los mantenimientos de los cuartos fríos de la empresa.

En conjunto ambas graficas permiten establecer una visión integral del estado actual del mantenimiento, dando como resultado la necesidad de establecer una estructura para un plan de mantenimiento técnico formal que establezca confiabilidad y continuidad operativa.

Primer gráfico:

Nivel de cumplimiento operativo.

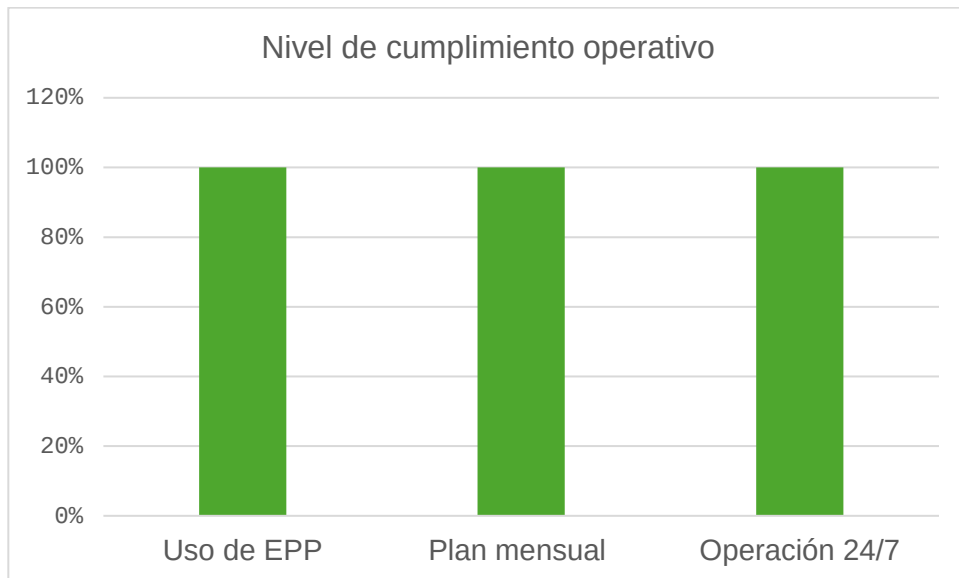


Figura 4

Nivel de cumplimiento operativo de los tres cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A.

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la figura 4, muestra que el 100% de los encuestados confirma la operación continua 24/7, la existencia de actividades correspondiente a un plan de mantenimiento mensual y uso de protección personal durante las intervenciones técnicas. Aunque exista cumplimiento operativo básico, esto no garantiza la existencia estructurada de gestión de mantenimiento basado en control documental y trazabilidad de fallas.

Segundo gráfico:

Principales debilidades en la gestión de mantenimiento.

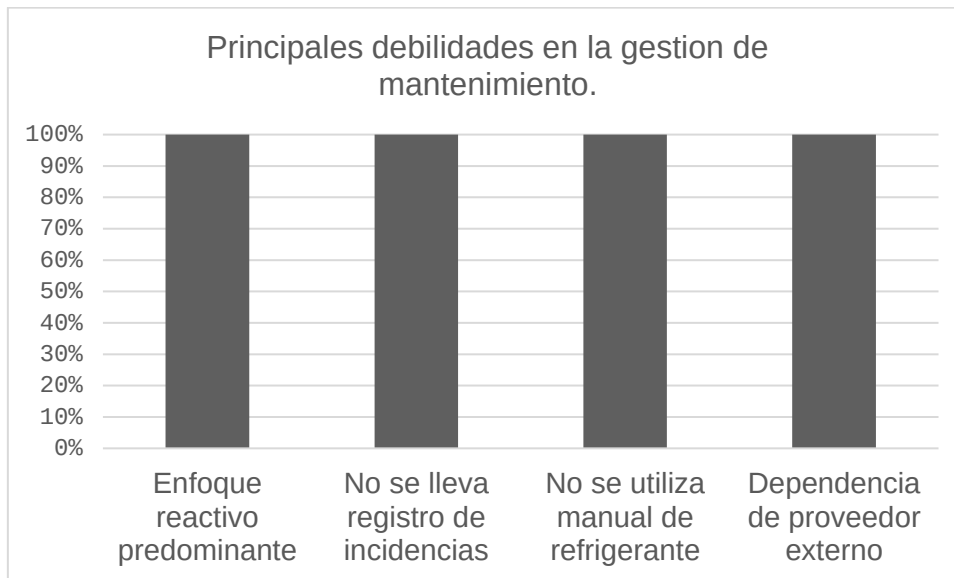


Figura 5

Principales debilidades en la gestión de mantenimiento en los equipos frigoríficos de MAGNA S.A. Fuente: Elaboración propia (2025).

La grafica de la figura 5, evidencia por medio de datos obtenidos la debilidad estructural en gestión de mantenimiento de los cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A.

La empresa mantiene un enfoque predominantemente reactivo en su plan de mantenimiento. Realizan actividades preventivas mensuales pero la ausencia de planificación técnica estructurada y la recurrencia de intervenciones correctivas hace ver que la gestión actual responde principalmente a fallas ya ocurridas, lo que incrementa la probabilidad de paros operativos y costos asociados.

Se confirmó la inexistencia de un sistema de control documentado de las averías ocasionadas durante la ejecución del mantenimiento. La falta de registro histórico impide la aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo, al mismo tiempo limita la tendencia de falla, lo que disminuye la posibilidad de anticipar futuros eventos críticos.

La encuesta evidencia que no existe un uso sistemático de manuales técnicos del fabricante durante los periodos de mantenimiento, esta condición podría generar variabilidad en los procedimientos ejecutados y afectar la confiabilidad operativa de los equipos.

Por último, se identifica una alta dependencia de la empresa subcontratada para realizar los trabajos de mantenimiento, presentan tiempos de respuesta que pueden extenderse hasta una semana después de producirse una falla no programada. En un sistema que opera bajo un régimen continuo 24/7, esta situación representa un riesgo significativo para la producción operativa.

7.1.3. Resultado de entrevista por medio de Check List. para determinar el estado actual de los cuartos fríos.

Posterior a la encuesta, se procedió a implementar un diagnóstico de los cuartos fríos; para ello con la ayuda de un Check List. (**Ver anexo B**). En el cual se detalla los elementos existentes y la revisión de cada uno de ellos para realizar un diagnóstico, esto para hacer notar las necesidades e importancia del estado actual en los que se encuentra los equipos de generación de frío.

Durante la visita, la empresa se encontraba en periodo de mantenimiento de los cuartos fríos, con el apoyo de la empresa externa REYTRAC, encargada de brindar asistencia especializada a los equipos generadores de frío. La presencia del técnico en refrigeración responsable de la cuadrilla de mantenimiento y el gerente técnico de la empresa MAGNA S.A. facilitó una mejor inspección del estado técnico actual de los cuartos fríos.



Figura 6

Revisión y desmontaje del equipo evaporador realizado por técnico de refrigeración de la empresa REYTRAC.

En el listado de elementos a dar revisión se contempla lo que son:

- Evaporadores.
- Condensadores.
- Contactores eléctricos.
- Aparatos controladores de presión, temperatura y humedad.
- Estructura física de los cuartos fríos.
- Estado de Montajes e instalación en general.

7.1.3.1. Evaporadores.

En revisión de evaporadores se mencionó que se verifica el estado del serpentín y limpieza del compartimiento de aluminio, funcionamiento de los ventiladores, y la salida del líquido condensado este en buen estado. Se verificó que la limpieza general es realizada por la empresa REYTRAC como se muestra en la figura 7, incluyendo inspección visual para detectar fisuras, golpes o posibles fugas de refrigerante.

7.1.3.2. Condensadores.

Dentro de los condensadores se consultó sobre capacidades instaladas a lo que el gerente técnico mencionó las siguientes capacidades nominales:

- Primer cuarto frío: 30 toneladas de refrigeración.
- Segundo cuarto frío: 30 toneladas de refrigeración.
- Tercer cuarto frío: 48 toneladas de refrigeración.

El gerente técnico de la empresa MAGNA S.A. informó que los cuartos están sobre dimensionados respecto a la carga actual, condición que puede generar ciclos de operación cortos y mayor desgaste en componentes eléctricos y mecánicos.



Figura 7

Limpieza del fan correspondiente a la unidad evaporadora.

7.1.3.3. Controladores e instrumentos.

Se consultó sobre la verificación de los instrumentos de control de humedad, temperatura y presión. El encargado de mantenimiento indicó que se realiza monitoreo general de funcionamiento.

Durante la inspección física se detectaron las siguientes condiciones:

En el primer cuarto frío, los controladores de presión, temperatura y humedad se encontraban fuera de servicio, tal como se presenta en la figura 8, proporcionando lecturas inexactas.



Figura 8

Controladores de presión y temperatura defectuosos.

En el segundo cuarto frío, según se muestra en figura 9, el instrumento de control de presión presentaba falla en su lectura.



Figura 9

Controlador de presión defectuoso.

Por último, en el tercer cuarto frío, los aparatos de medición y control se encontraban en buen estado operativo. tal como se muestra en figura 10.



Figura 10

Visualización de instrumentos de medición del tercer cuarto frío en buen estado.

La deficiencia en los instrumentos de control representa un riesgo significativo, ya que impide un monitoreo real y confiable en las condiciones de operación.

7.1.3.4. Condiciones estructurales y operación térmica.

Para comprobación del estado técnico actual de los cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A., el gerente técnico brindó un recorrido por los tres cuartos fríos. Para poder ingresar por el primer cuarto frío, se accedió primero a una recámara de frío controlado para disminuir la ganancia de calor dentro del sistema, este recinto se encuentra a una temperatura de 32.6 °F, el cual funciona como un área de carga de los productos, luego abrió la puerta del cuarto frío logrando observar el interior de este y los múltiples alimentos que se almacenan dentro del cuarto, este cuarto se encuentra en un rango de 15 a 0 grados Fahrenheit.

En el primer cuarto frío no se presenció ningún rastro anómalo de los equipos ni las condiciones de la estructura del cuarto frío, previamente mencionado.



Figura 11

Muestra del cuarto de carga de producto del primer cuarto frío.

Se continuo, ahora hacía el segundo cuarto frío el cual trabaja bajos las mismas condiciones, de presión, temperatura y humedad; se observó en la tubería de drenado de condensado, fuga al presenciar hielo sobre la tubería también anteriormente se había

informado mediante el técnico de la empresa REYTRAC y el gerente de técnico de MAGNA. S.A., que el cuarto posee un agujero perdiendo de esta manera aislamiento térmico, junto con su controlador de presión que está en mal estado, el encargado informó que este último proporciona lecturas inexactas.



Figura 12.

Fuga del tubo de alivio correspondiente a bandeja de líquido condensado.

Ingresando al cuarto frío número tres, el cuarto frío, que tiene una mayor capacidad, su recamara de carga de productos trabaja con 32.6 °F. el gerente explicó que este cuarto es donde se manejan los productos congelados a totalidad a diferencia de los primeros dos cuartos fríos que los productos tienen un menor grado de congelamiento, que son más bien, un rango parcial de congelamiento, por consecuencia el cuarto frío número tres, trabaja como mínimo a una temperatura de -7 grados Fahrenheit hasta un máximo de -15 grados Fahrenheit. Durante la permanencia en este cuarto frío la cual fue muy breve por las condiciones, se apreció el cambio de potencia de generación de frío y no se logró identificar ni en sus aparatos de mediciones, ni en tuberías y evaporadores nada que alertara sobre rasgos de anomalías como fue el caso de los primeros dos cuartos fríos.



Figura 13

Vista interior del tercer cuarto frío.

Luego del recorrido al interior de los cuartos fríos, el gerente técnico de la empresa MAGNA S.A. presentó el área donde se encuentran instalados los condensadores, con el objetivo de brindar un mayor conocimiento sobre la disposición y distribución de estos equipos en cada uno de los cuartos fríos.



Figura 14

Unidad de equipos condensadores.

7.1.3.5. Sistema de respaldo energético.

En el área de los equipos condensadores se presenci  la disponibilidad y el estado físico de los equipos, la empresa cuenta con dos generadores eléctricos para brindar soporte a sus equipos. Véase figura 15.



Figura 15

Generadores eléctricos de los cuartos fríos.

Se verificaron los equipos controladores de los paneles eléctricos, como se muestra en figura 16, estos equipos alimentan al área de cuartos fríos, proporcionándonos información de cómo están desglosados y que, si la energía llegara a fallar tanto la del tendido eléctrico como la de los generadores, la empresa dispone de una granja de 360 paneles fotovoltaicos los cuales generan 103kw, con este sistema los equipos de cuartos fríos operan durante el día.



Figura 16

Controladores de paneles eléctricos que alimentan el área de los cuartos fríos.

La operación energética se distribuye de la siguiente manera:

- 6:00 a.m. – 5:00 p.m.: operación con sistema fotovoltaico.
- 5:00 p.m. – 10:00 p.m.: operación con generadores eléctricos.
- 10:00 p.m. – 6: 00 a.m.: operación con suministro eléctrico comercial.

7.1.3.6. Resultado.

Los datos obtenidos hacen evidente la deficiencia en instrumentos de control y condiciones estructurales que pueden comprometer la eficiencia energética y confiabilidad operativa del sistema. La ausencia de un programa de mantenimiento preventivo estructurado, genera un límite en la detección temprana de anomalías, justificando la necesidad de implementar un plan formal que permita optimizar el desempeño y prolongar la vida útil de los equipos. Adicionalmente se informó que los cuartos fríos presentan sobredimensionamiento respecto a la carga térmica actual, lo que puede generar ciclos de operación cortos y mayor frecuencia de arranques del compresor, aumentando desgaste en componentes mecánicos y eléctricos.

En consecuencia, se determina que el plan de mantenimiento preventivo debe ir orientado a: garantizar la confiabilidad del sistema, optimizar la operación de equipos sobredimensionados, reducir riesgo de fallas eléctricas y mecánicas debido al sobredimensionamiento, mejorar el control y monitoreo de variables críticas y preservar la eficiencia energética del sistema.

7.2. Proponer instrumentos para la gestión y programación del plan de mantenimiento de los tres cuartos fríos.

7.2.1. Instrumento de gestión.

Con el propósito de garantizar el buen funcionamiento de los cuartos fríos mediante actividades preventivas que reduzcan fallas, prolonguen la vida útil de los equipos y se obtenga la temperatura requerida para la conservación de los productos almacenados, se propone la implementación de un sistema estructurado de instrumentos administrativos y técnicos que permitan no solo programar actividades, sino también gestionar la información generada durante cada intervención.

La propuesta integra herramientas de programación, ejecución, control y retroalimentación, estableciendo un flujo lógico que asegura la trazabilidad y mejora continua del sistema.

7.2.2. Instrumento de programación: Cronograma anual de mantenimiento.

El cronograma constituye el documento base de actividades desarrolladas en el sistema de programación. En la figura 17, nos muestra como el plan de mantenimiento desarrolla el objetivo de establecer las actividades preventivas y correctivas necesarias para asegurar el funcionamiento confiable de los equipos de refrigeración. Para ello, se definen tareas periódicas, frecuencias de ejecución y parámetros de control que permitan estandarizar los procedimientos técnicos.

A través del cronograma se proporciona una guía organizada y sistemática de manera escalonada que permite optimizar los recursos humanos disponibles, evitando sobre carga operativa y garantizando el cumplimiento de las normas de calidad y seguridad aplicables al manejo de productos refrigerados.

Actividad	Responsable	Diario	Semanal	Mensual											
				E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
				CF1	CF2	CF3	CF1	CF2	CF3	CF1	CF2	CF3	CF1	CF2	CF3
Condensador: - Revisión de ventiladores. - Verificación de presión y temperatura. - Inspección de fugas de refrigerante. Evaporador: - Revisión del sistema de deshielo. - Verificación de motores y hélices. Aislamiento y Estructura: - Inspección de paneles aislantes. - Revisión de sellos y burletes de puertas.	Técnico en Climatización	✓													

Verificación de cierre hermético.															
Limpieza general: Drenajes y Desagües: - Limpieza de bandejas. - Desobstrucción de tuberías. - Revisión de congelamiento en drenajes. - Revisión del ciclo de refrigeración. Sobrecalentamiento en el compresor (30° F a 45° F).	Técnico en Climatización		✓												
Condensador y Evaporador: Limpieza de serpentines.															

[illegible]

compresor (R-404A).															

Unidad Evaporadora: • Verificación operativa del control local. • Verificación operativa unidad evaporadora. • Chequeo y limpieza de aspas. • Chequeo y limpieza de motor fan. • Chequeo y limpieza de bomba de condensado. • Chequeo y limpieza de serpentín. • Verificación de tubería de drenaje. • Lubricación, chequeo y limpieza de motor fan.	Técnico en Climatización														
--	--------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

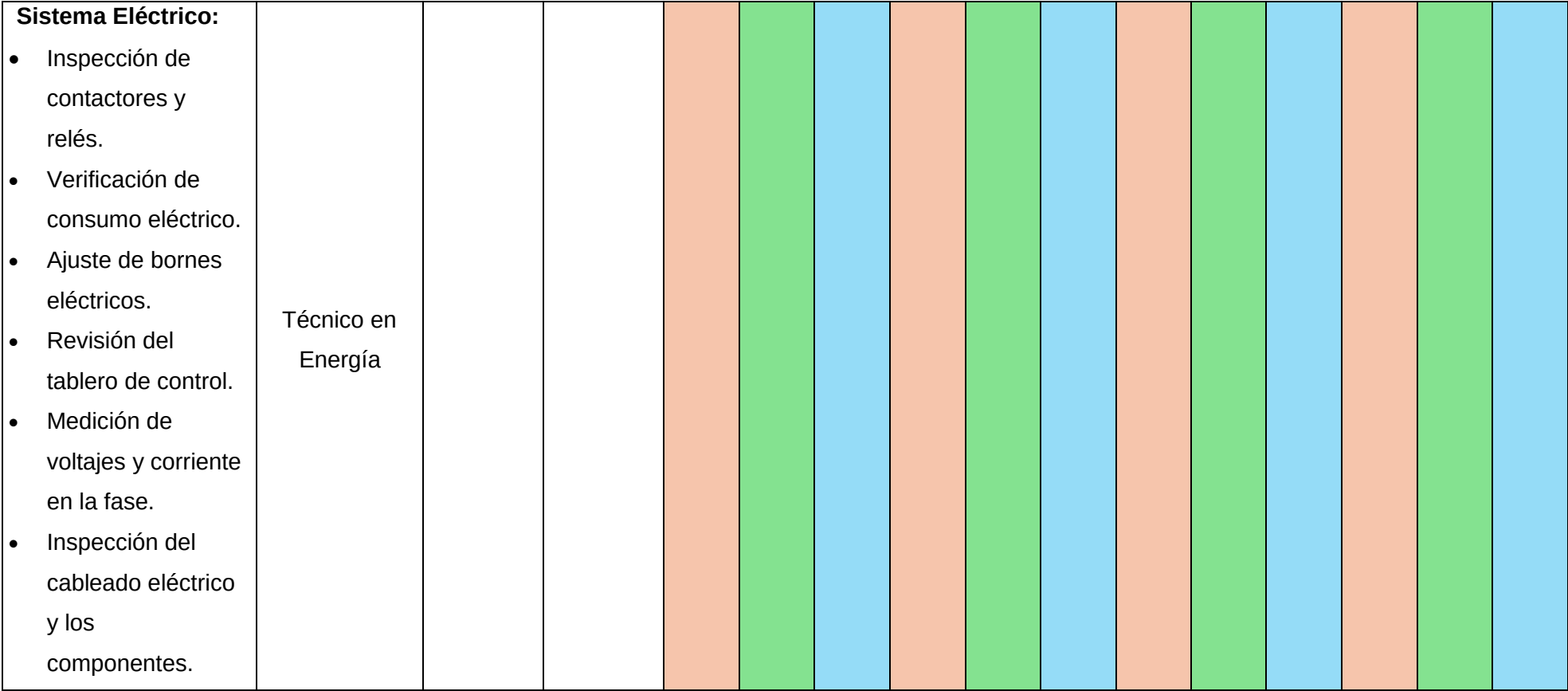


Figura 17

Cronograma propuesto del Plan de Mantenimiento – Fuente propia.

Tras la elaboración de la guía sistemática y la tabla en Excel que servirá, como un indicativo de instrumento para la ejecución y programación del plan de mantenimiento, se desarrollaron **formatos específicos de mantenimiento**. Estos formatos permitirán registrar de forma ordenada las intervenciones realizadas en las unidades **condensadoras** y **evaporadoras** que componen los sistemas de refrigeración de los cuartos fríos de la empresa **MAGNA S.A.**

Estos formatos facilitarán la trazabilidad de las actividades de mantenimiento, fortalecerán el control interno y contribuirán a mejorar la disponibilidad operativa de los equipos, garantizando así la continuidad del servicio de refrigeración y la preservación adecuada de los productos almacenados.

7.2.3. Instrumento de gestión operativa: Orden de trabajo unificada.

Se propone la implementación de una orden de trabajo única que se compone tanto de intervenciones preventivas como correctivas, diferenciadas mediante la clasificación del tipo de mantenimiento.

Este instrumento permitirá, formalizar la ejecución de actividades programadas, documentar intervenciones derivadas de fallas, registrar tiempos estimados y reales de intervención, controlar materiales y costos asociados, así como también detectar y documentar anomalías adicionales.

La unificación del instrumento permitirá la simplificación del sistema documental y garantiza coherencia en el registro de todas las intervenciones realizadas en los equipos frigoríficos de la empresa MAGNA S.A.

diferenciación permite coherencia operativa dentro del sistema y facilita la toma de decisiones en función a la criticidad de la intervención necesaria.

7.2.4. Propuesta de formatos de mantenimiento preventivo y correctivo, instrumento técnico de verificación: Check List de mantenimiento.

De acuerdo con la entrevista realizada en la empresa **MAGNA S.A.**, específicamente en la conversación sostenida con el gerente técnico y considerando las respuestas obtenidas en el apartado de operación, se determinó la necesidad de implementar tres tipos de formatos de mantenimiento: **mantenimiento diario, mantenimiento mensual y mantenimiento correctivo semestral.**

La adopción de estos formatos tiene como objetivo principal minimizar los paros operativos ocasionados por desperfectos en el sistema de producción y distribución de frío. Esta recomendación se fundamenta en que los distintos niveles de mantenimiento contemplan las actividades esenciales para garantizar la calidad, confiabilidad y continuidad en el funcionamiento de los cuartos fríos.

El **Mantenimiento Diario** consiste en la realización de un chequeo breve y visual de todos los equipos ubicados tanto en el interior como en el exterior de los cuartos fríos. Incluye la verificación de parámetros básicos de operación, tales como temperaturas, presiones, estado general de los componentes y condiciones visibles de funcionamiento, con el fin de asegurar su operatividad continua y detectar oportunamente posibles anomalías.

Por su parte, el **Mantenimiento Mensual** está orientado a la ejecución de un mantenimiento preventivo más profundo, que permita evaluar el estado integral de las unidades condensadoras y evaporadoras. Este comprende la realización de ajustes, limpiezas técnicas especializadas, verificación de desgastes, revisión de conexiones eléctricas y mecánicas, así como la detección y corrección oportuna de fallas incipientes que puedan comprometer el rendimiento y la vida útil del sistema.

Finalmente, el **Mantenimiento Correctivo Semestral** se llevará a cabo con el propósito de intervenir de manera programada aquellos componentes que hayan presentado fallas recurrentes o deterioro significativo durante las inspecciones previas. Este tipo de mantenimiento contempla la reparación, sustitución de piezas defectuosas y ejecución de pruebas de funcionamiento que permitan restablecer plenamente las condiciones óptimas de operación del sistema de refrigeración, garantizando así la continuidad del proceso productivo.

A continuación, se presentan los formatos correspondientes al mantenimiento diario, mensual y correctivo semestral propuestos para su implementación en la empresa MAGNA S.A.



FORMATO DE CONTROL DIARIO DE UNIDAD EVAPORADORA Y CONDENSADORA

FECHA		SUPERVISOR	
		HORA DE INICIO	
		HORA FINAL	

UNIDAD EVAPORADORA				
ITEM	ACTIVIDADES	EVA 1	EVA 2	EVA 3
1	Control visual de los aparatos de medición. De 10 a – 20°F			
2	Inspección de los rodamientos de los ventiladores (presenta ruidos extraños). SI O NO.			
3	Verificar si los ventiladores están funcionando correctamente con su flujo de aire. SI O NO.			
4	Inspección visual para detectar si hay fuga de gases. SI O NO.			
5	Inspección visual de la válvula termostática. SI O NO.			
6	Verificar que el bulbo este correctamente fijo. SI O NO.			
7	Inspeccionar si el deshielo se ejecuta en el tiempo programado. SI O NO.			
8	Verificar el estado de las tuberías de manera visual. SI O NO.			
9	Revisar la temperatura de evaporación usando un manómetro adherido a la tubería.			

UNIDAD CONDENSADORA				
ITEM	ACTIVIDADES	COND 1	COND 2	COND 3
1	Verificar presencia de fugas de refrigerantes mediante el uso del detector electrónico de fugas.			
2	Revisar si los ventiladores están funcionando correctamente.			
3	Revisar el estado actual de la armadura.			
4	Verificar la temperatura y presión de condensación.	25 PSI baja		
		260 PSI alta		
5	Comprobar el estado de las tuberías de descarga y de líquido. SI O NO.			

Observaciones

Fuente: Elaboración propia, (2025).



FORMATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL DE UNIDAD CONDENSADORA

FECHA		SUPERVISOR	
		HORA DE INICIO	
		HORA FINAL	

AREA					CAPACIDAD BTU		
Marca							
Modelo							
Código							
PARAMETROS DE FUNCIONABILIDAD							
Medición de voltaje				Medición de amperaje			
L1+L2		L1+L3		L1		L3	
L2+L3		PSI de Baja		L2		PSI de Alta	
Te		Temp. de Baja		Tos		Temp. de Alta	

ITEM	ACTIVIDADES	SI	NO	BE	ME
1	Chequeo y limpieza de componentes eléctricos.				
2	Chequeo y limpieza de serpentín.				
3	Chequeo y limpieza de motor condensador.				
4	Chequeo y limpieza de aspa.				
5	Chequeo de válvulas de aislamiento.				
6	Cambio de filtros de aire.				
7	Cambio de aceite sintético de compresor (R-404A).				

Observaciones

FIRMA DEL SUPERVISOR.

Fuente: Elaboración propia, (2025).



FORMATO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL DE UNIDAD EVAPORADORA.

FECHA		SUPERVISOR	
		HORA DE INICIO	
		HORA FINAL	

AREA		CAPACIDAD BTU	
Marca			
Modelo			
Código			

ITEM	ACTIVIDADES	SI	NO	BE	ME
1	Verificación operativa del control local.				
2	Verificación operativa unidad evaporadora.				
3	Chequeo y limpieza de aspa.				
4	Chequeo y limpieza de motor fan.				
5	Chequeo y limpieza de bomba de condensado.				
6	Chequeo y limpieza de serpentín.				
7	Verificación de tubería de drenaje.				
8	Chequeo y limpieza de bandeja de condensado.				
9	Engrase de eje de motor fan.				

Observaciones

FIRMA DEL SUPERVISOR

Fuente: Elaboración propia, (2025).



FORMATO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO SEMESTRAL DE UNIDAD CONDENSADORA

FECHA		SUPERVISOR	
		HORA DE INICIO	
		HORA FINAL	

AREA		CAPACIDAD BTU	
Marca			
Modelo			
Código			

PARAMETROS DE FUNCIONABILIDAD

Medición de voltaje		Medición de amperaje	
L1+L2		L1+L3	
L2+L3		PSI de Baja	
Te		Temp. de Baja	
		L1	
		L2	
		Ts	
		L3	
		PSI de Alta	
		Temp. de Alta	

ITEM	ACTIVIDADES	SI	NO	BE	REEMPL.
1	Verificar el funcionamiento de los ventiladores.				
2	Chequeo y limpieza del serpentín y las aspas.				
3	Verificación de montaje de los motores.				
4	Inspección del cableado eléctrico y los componentes.				
5	Verificación de filtro deshidratador (filtro de piedra).				
6	Revisión del ciclo de refrigeración. Sobrecalentamiento en el compresor (30° F a 45° F)				

Pieza de cambio: _____

N° de Piezas a cambiar: _____

Observaciones

FIRMA DEL SUPERVISOR

Fuente: Elaboración propia, (2025).



FORMATO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO SEMESTRAL DE UNIDAD EVAPORADORA.

FECHA		SUPERVISOR	
		HORA DE INICIO	
		HORA FINAL	

AREA		CAPACIDAD BTU	
Marca			
Modelo			
Código			

ITEM	ACTIVIDADES	SI	NO	BE	REEMPLA.
1	Verificación operativa del control local.				
2	Verificación operativa unidad evaporadora.				
3	Chequeo y limpieza de aspa.				
4	Lubricación, chequeo y limpieza de motor fan.				
5	Chequeo y limpieza de bomba de condensado.				
6	Chequeo y limpieza de serpentín.				
7	Verificación y limpieza de tubería de drenaje.				
8	Revisión de resistencias de deshielo.				
9	Chequeo y limpieza de bandeja de condensado.				
10	Desinfección total de área de refrigeración.				
11	Lavado total de área de Refrigeración.				
12	Ajuste de bisagras y revisión de sellos herméticos.				

Pieza de cambio: _____

_____ **N° de Piezas a cambiar:** _____

Observaciones

FIRMA DEL SUPERVISOR

Fuente: Elaboración propia (2025).

7.2.5. Formato de evaluación del reporte de gestión de mantenimiento.

La ficha de reporte propone una gestión periódica que consolide la información registrada en las ordenes de trabajo y hojas del historial del equipo. El objetivo de implementarla es para verificar el cumplimiento del cronograma, cuantificar el número de intervenciones preventivas y correctivas que se realizan, tiempo de respuesta ante falla, tendencias operativas y desempeño del plan.

Reporte de Mantenimiento							
Gestion de Mantenimiento Cuartos Fríos							
Equipo							
Codigo							
Fecha de Inicio		Fecha de Cierre					
Horas de uso							
Tipo de Mantenimiento		Preventivo			Correctivo		
Daño Presentado en el Equipo							
Descripcion del Mantenimiento Realizado o Reparacion Efectuada							
Descripcion de Repuesto o Insumos							
Item						Cantidad	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

Figura 19

Ficha de Reporte de Mantenimiento.

Fuente: Elaboración propia (2025)

7.2.6. Formato de control histórico del equipo.

La hoja de historial del equipo constituye el elemento central de trazabilidad del sistema propuesto, ya que permite consolidar la información generada por las ordenes de trabajo, se implementa una hoja de historial individual por equipo, donde se registran cronológicamente todas las intervenciones.

Esto permitirá que la empresa MAGNA S.A. pueda: analizar recurrencia de fallas, identificación de componentes críticos, evaluar comportamiento operativo y generar decisiones técnicas a futuro.

Historial del equipo.							
Fecha	Mantenimiento efectuado	Tiempo muerto	Refacciones y materiales	Mano de obra	Horas de producción perdida	Costo de mano de obra	Costo de refacciones y materiales

Figura 20

Hoja de historial del equipo.

Fuente: Adaptado de Duffuaa (2000).

Con los instrumentos propuestos, la empresa MAGNA S. A. podrá implementar un sistema estructurado y organizado para la gestión de mantenimiento de los tres cuartos fríos que integra su área de producto congelados. El sistema contempla, en primer lugar, cronograma anual de actividades que establece la programación de las intervenciones preventivas. Este instrumento permite planificar el trabajo de mantenimiento de forma anticipada y distribuir adecuadamente la carga de operativa.

Para la ejecución de las actividades programadas y la atención de fallas imprevistas, se propone utilización de orden de trabajo unificada, aplicable tanto a rutinas preventivas como a tareas correctivas. Esta orden incluye la clasificación del tipo de mantenimiento y su nivel de criticidad, lo que facilita una repuesta oportuna de parte del personal técnico y formaliza cada intervención realizada.

Durante la operación el técnico de mantenimiento contará con un Check List, que permitirá establecer de manera sistemática las actividades a realizar y los parámetros a revisar. Este instrumento evita intervenciones basadas únicamente en experiencias empíricas y asegura el cumplimiento de procedimientos técnicos estandarizados.

Como parte del proceso de control se establece un formato de reporte en el cual, el técnico registrara el tipo de mantenimiento efectuado, las tareas completadas, anomalías detectadas durante las intervenciones, del mismo modo los insumos y repuestos utilizados.

Finalmente, se propone la implementación de hoja de historial individual por equipo, donde se consolidará la información generada en cada periodo de mantenimiento. Este instrumento permitirá analizar el comportamiento operativo, la recurrencia de fallas y el desempeño del plan de mantenimiento, facilitando la formulación de propuestas técnicas futuras por parte de la empresa.

Con el fin de evaluar el desempeño del plan de mantenimiento propuesto se establecen los siguientes indicadores de gestión que permitirán medir el nivel de cumplimiento, la ocurrencia de fallas y la eficiencia en la respuesta.

Primer indicador.

CUMPLIMIENTO DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Este indicador muestra que mientras se están ejecutando las tareas planificadas dentro del cronograma, tenemos un indicador importante ya que si no se cumple con el plan establecido todo el sistema pierde sentido además demuestra la disciplina operativa.

El indicador hace uso del cronograma y de la orden de trabajo.

Formula:

$$\% = \frac{\text{ordenes preventivas ejecutadas}}{\text{ordenes preventivas programadas}} (100)$$

Segundo indicador.

FRECUENCIA DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS.

Nos informa cuantas fallas reales están ocurriendo en un periodo determinado, se toma en cuenta porque si el plan de mantenimiento propuesto es efectivo los correctivos deberían disminuir.

Para el indicador nos apoyamos de Orden de trabajo (clasificación) y del Historial del equipo.

Formula:

$$\text{frecuencia} = \frac{\text{numero de correctivos en un periodo.}}{\text{numero total de equipos.}}$$

Tercer indicador.

TIEMPO PROMEDIO DE RESPUESTA ANTE FALLA.

Es decir, cuánto tarda la empresa en atender una falla.

Para ello se usa Orden de trabajo, Reporte y hoja de Historial.

Formula:

$$\text{tiempo promedio} = \frac{\Sigma \text{tiempos de intervencion correctiva}}{\text{numero de fallas.}}$$

7.3. Fortalecer la capacidad técnica del equipamiento para la operación del mantenimiento preventivo y correctivo de los cuartos fríos.

La empresa MAGNA S.A., ha venido ejecutando el mantenimiento preventivo y correctivo de sus cuartos fríos mediante la contratación de una empresa externa especializada. Sin embargo, con el objetivo de internalizar esta función y fortalecer el control operativo y técnico de los equipos, se plantea la necesidad de contar con personal técnico propio, debidamente capacitado y competente en servicios de refrigeración, que garantice una atención oportuna, eficiente y alineada a los requerimientos de la demanda de la empresa.

Por ello se contemplan los siguientes requerimientos:

1. Estructura organizativa de operación.
2. Instrumentos y herramientas necesarias para ejecución de mantenimiento.

7.3.1. Estructura de operación.

Para efectuar el mantenimiento preventivo y correctivo de los cuartos fríos, se requiere la siguiente estructura de personal con las siguientes descripciones del cargo para sus respectivas funciones:

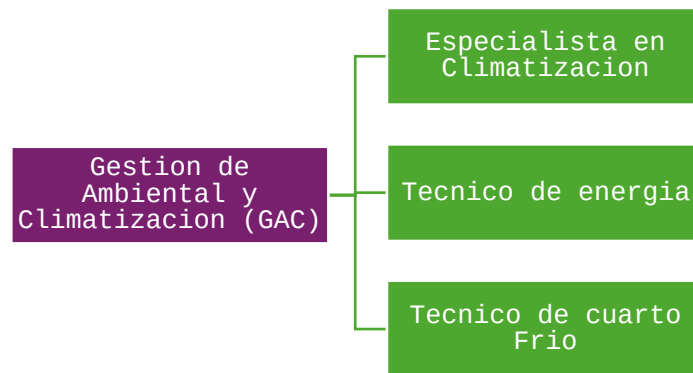


Figura 21

Organigrama del Departamento de Energía y Clima, La empresa MAGNA S.A.

Jefe de Gestión Ambiental y Clima

Responsable de:

- Auditorías, mediciones y verificaciones.
- Control de emisiones (CO₂, gases refrigerantes, etc.).
- Monitoreo del clima interno/externo.
- Programas de mitigación y adaptación climática.
- Equipos de climatización (HVAC, cuartos fríos, ventilación).
- Gestión de refrigerantes.
- Mantenimientos preventivos y correctivos.

Personal a cargo:

- A. Especialista en climatización de cuarto frío.
- B. Técnico en Energía para cuarto frío.
- C. Técnico en Climatización para cuartos fríos.

Ver Anexo C las funciones técnicas del personal calificado.

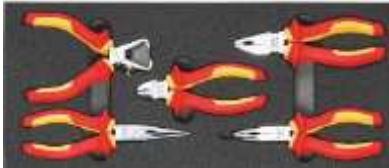
7.3.2. Requerimiento de instrumentación para su operación.

La empresa MAGNA S.A., una vez creada la división de Gestión ambiental y Climatización (GAC), para la ejecución de mantenimiento preventivo y correctivos de cuartos fríos (CF), requiere los siguientes instrumentos como herramientas necesarias para la ejecución y operación.

- **Equipos de Seguridad para el personal técnico.**
- **Herramienta básica para el personal técnico.**

Equipos de Seguridad para el personal técnico	Porque usarla
Guantes dieléctricos. 	Para trabajar en cuartos fríos se necesita guantes térmicos aislantes con recubrimiento (nitrilo, látex) para agarre, que protejan contra el frío de contacto y convectivo, con materiales como acrílico, polar o lana merina, y que cumplan con la norma EN 511, ofreciendo buena destreza y resistencia a temperaturas desde -5°C hasta -50°C, ideales para manipular alimentos o herramientas en congeladores.
Casco 	Para trabajar en cuartos fríos, necesitas un casco de seguridad con aislamiento térmico, que combina protección contra impactos (normas ANSI/CE) con un forro interior que aísla del frío, a menudo de materiales como poliéster térmico o fibras aisladas, y se complementa con un barbiquejo y accesorios como pasamontañas para proteger la cara y orejas, evitando lesiones por congelación y manteniendo la comodidad
Lentes de seguridad. 	Para trabajar en cuartos fríos, necesitas lentes de seguridad con tratamiento antivaho (antiempañante), fabricados en policarbonato para resistencia a impactos, con protección UV y preferiblemente un diseño envolvente o con sello de espuma para bloquear el viento y la humedad, asegurando una visión clara y protección contra salpicaduras y partículas, cumpliendo normativas como ANSI Z87.1.
Mascaría. 	Mascarilla que proteja de partículas y del frío, como una N95, FFP2 o FFP3 para la filtración (dependiendo del nivel de polvo/contaminantes) con una válvula de exhalación para mayor comodidad, y preferiblemente una máscara térmica (pasamontañas) con filtro que cubra nariz y boca para proteger del frío extremo y el viento, con orificios transpirables.

Equipos de Seguridad para el personal técnico	Porque usarla
Bota de seguridad 	Para trabajar en cuartos fríos se requiere botas de seguridad con aislamiento térmico (hasta -20°C, -50°C o más), materiales impermeables (poliuretano, cuero hidrofugado), suelas antideslizantes (SRC) para hielo, y protección como puntera de seguridad (acero/composite) y plantilla anti perforación, que mantengan tus pies secos, cálidos y protegidos contra golpes y resbalones.
Overol 	Un overol de seguridad para cuartos fríos, es una prenda térmica integral, acolchada e impermeable, diseñada para aislar del frío extremo (incluso hasta -46°C), mantener el calor corporal y permitir movimiento, con características como cierres bidireccionales, solapas, rompevientos, puños elásticos y, a veces, reflectantes, para proteger al trabajador en ambientes de congelación.

Herramientas básicas para el personal técnico		
Juego de 19 llaves combinadas 	Desarmadores (planos y de cruz). 	Pinzas, cortadores y pelacables. 
Multímetro digital.	Amperímetro de gancho.	Termómetro Infrarrojo -50 a 1000°C (42545)

Herramientas básicas para el personal técnico



Llave crecen



**Taladro inalámbrico
percutor 10mm**



Engrasadora



**Cámara termográfica
(opcional pero muy
útil).**



**Vacuómetro para vacío
profundo**



Escalera



**Manómetros para
refrigeración
(analógicos o
digitales).**

Bomba de vacío.

**Detector electrónico
de fugas.**

Herramientas básicas para el personal técnico		
		
Recuperadora de refrigerante. 	Vacuómetro para medir vacío profundo. 	

7.4. Analizar la viabilidad técnica y económica para la implementación de plan de mantenimiento preventivo para los cuartos fríos.

7.4.1. Contexto del Caso viabilidad técnica y económica.

La empresa MAGNA S.A., tiene tres cuartos fríos con dimensiones de **1000 m³**, **1265 m³** y **2100 m³** obteniendo así una capacidad de almacenamiento estimada de **650 m³**, **822.25 m³** y **1365 m³**, Para el almacenamiento de productos perecederos. Durante 3 años se ha contratado a la empresa externa REYTRAC, la cual brinda servicio especializado de mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos de refrigeración. Actualmente, la

gerencia evalúa terminar el contrato y asumir internamente el mantenimiento con su propio equipo técnico.

$$\text{Volumen útil} = V \times 0.65$$

Para ello necesita analizar si es técnica y económicamente viable.

7.4.2. Parámetros económicos a evaluar (In-house vs Externo).

7.4.2.1. Costo de contratar empresa externa. (situación actual).

Incluye:

- Cuota anual del contrato.
- Correctivos no incluidos.
- Llamadas de emergencia.

7.4.2.2. Costos al asumir internamente.

- Salario del técnico de mantenimiento.
- Seguros y prestaciones.
- Inversión inicial en herramientas y equipos.
- Compra y reposición de repuestos críticos.

7.4.2.3. Indicadores financieros.

- Costo total actual vs costo total in-house.
- Ahorro anual neto.
- **Payback** de la inversión inicial.

7.4.3. Caso de Estudio Numérico.

Ver anexo D, de análisis de costo.

Costo Externo vs Costo Interno

Concepto	Servicio Externo (Anual) USD	Mantenimiento In-House (Anual) USD
Mantenimiento preventivo	\$14,400.00	—
Correctivos no incluidos	\$3,245.16	—
Llamadas de emergencia	\$760.92	—
Salario técnico mantenimiento	—	\$10,459.20
Seguros y prestaciones	—	\$139.80
Equipo de Protección Personal (EPP)	—	\$398.07
Total Costo Operativo Anual	\$18,406.08	\$10,997.07
Total C\$	C\$ 676,087.51	C\$ 402,796.62

Tabla 1

Grafica de costo Externo vs Costo Interno.

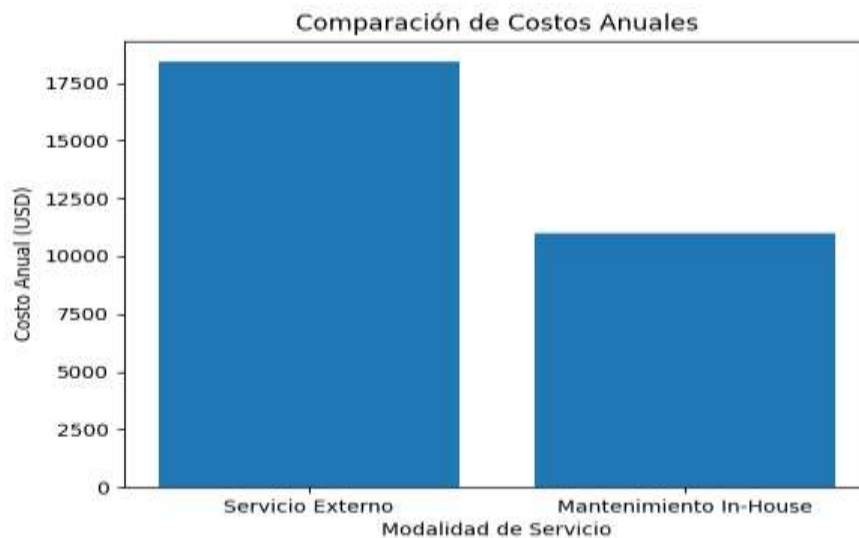


Figura 22

Comparación de costos anuales.

Concepto	Inversión Inicial USD
Herramientas y equipos	\$6,400.09
Stock inicial repuestos críticos	\$280.00
Total Inversión Inicial	\$6,680.09
Total C\$	C\$244,653.62

Tabla 2

Inversión Inicial (Solo In-House).

Concepto	Valor \$	Valor C\$
Costo anual externo	18,406.08	674,109.80
Costo anual interno	10,997.07	402,759.99
Ahorro	7,409.01	271,349.80
Inversión inicial	6,680.09	244,653.62
Ahorro anual	728.92	26,696.18

Tabla 3

Resumen comparativo.

$$Payback = \frac{\text{Inversion}}{\text{Ahorro}}$$

$$Payback = 6,680.09 / 7,409.01 = 0.90 \text{ años}$$

Resultado

$$0.90 \times 12 = 10.8 \text{ meses}$$

Aproximadamente 11 meses

Beneficio neto al final del primer año.

7.4.4. Hallazgo.

Adicionalmente, se determinó que varios de los equipos incluidos cuentan con una vida útil extendida, lo que garantiza su funcionamiento óptimo durante los próximos tres años, sin requerir nuevas inversiones en sustitución o adquisición. Esta condición además de asegurar la continuidad operativa, representa un ahorro significativo para MAGANA S.A., al reducir los costos asociados a la reposición de herramientas y equipos en los ciclos financieros propuesto por 3 años.

Por lo tanto, Técnica y económicamente viable, siempre que exista formación adecuada y un plan de repuestos críticos.

Ahorros potenciales

- Eliminación de la cuota anual del proveedor.
- Reducción en costo por llamadas externas.
- Mejor control del inventario de repuestos.

8. Conclusión.

1. El diagnóstico realizado por medio de la encuesta permitió obtener información relevante sobre el nivel de conocimiento técnico empírico de los colaboradores, así como datos básicos relacionados con el mantenimiento y la operación de los cuartos fríos de la empresa MAGNA S.A.

La implementación de entrevistas estructuradas, apoyadas en un Check List, proporcionó información detallada sobre el régimen de operación de los tres cuartos fríos. Como resultado, se identificaron observaciones importantes relacionadas con fallas en los sistemas de medición, deficiencias en la hermeticidad y problemas en los mecanismos de control, aspectos que requieren atención para garantizar un funcionamiento eficiente y seguro del sistema.

Se constató la ausencia de un programa formal de mantenimiento preventivo estructurado, esto limita la detección temprana de anomalías, lo que favorece a intervenciones correctivas como principal mecanismo de respuestas ante fallas.

2. Con la implementación de instrumentos tales como: cronograma de actividades anuales, orden de trabajo, Check List de revisión, hoja de reporte y hoja de historial del equipo, para la gestión y programación, permitirá tener una gestión más eficiente para ejecutar el debido plan de mantenimiento a los 3 cuartos fríos y así obtener mejoras continuas en los mantenimientos.
3. Establecer una estructura técnica de operación, junto con la implementación de la instrumentación adecuada, permitirá la correcta ejecución del plan de mantenimiento. Esto garantizará el cumplimiento efectivo de las tareas programadas, contribuyendo a fortalecer el control operativo y a mejorar la eficiencia en las labores de mantenimiento de los equipos.

4. La implementación del plan de mantenimiento interno resulta económicamente viable, ya que el costo anual del servicio externo asciende a \$18,406.08 mientras que la operación interna tiene un costo estimado de \$10,997.07, generando un ahorro anual de \$7,409.01. Esto permite recuperar la inversión inicial de \$6,680.09 en aproximadamente 11 meses.

9. Recomendaciones.

- Crear un sistema de trazabilidad técnica en equipos frigoríficos para generar una alta confiabilidad de activos y provocar una mejora continua en tareas relacionadas con mantenimiento.
- Se recomienda contactar con proveedores de equipos frigoríficos para solicitar los manuales de mantenimiento y poder asociar sus actividades en concordancia con el proveedor.
- Incorporar inspecciones periódicas de integridad estructural de los paneles aislantes, con énfasis en la detección de fugas térmicas que incrementa la carga del sistema.
- Se recomienda desarrollar un programa de mantenimiento específico para el sistema híbrido (paneles fotovoltaicos, generadores y red comercial), debido a su impacto directo en la continuidad operativa de los cuartos fríos.
- Gestionar un inventario mínimo de repuestos críticos tales como: contactores, sensores, controladores, válvulas solenoides, relés térmicos), con el fin de reducir tiempos de inactividad ante fallas.

10. Bibliografía.

1. Hernández, R. Fernández, C y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación.
2. Investigación Científica. Quinta Edición. México. México. McGraw-Hill.
3. Universidad Nacional de Ingeniería. Curso de Productividad y Mantenimiento. Managua 2013.
4. Delgado Suarez Gustavo Humberto (26 de mayo 2016) monografía “plan de mantenimiento” instituto tecnológico de san Luis Potosí.
5. Solís Pon Bryan Josué. (2018). Evaluación del Mantenimiento Industrial. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/10201/1/6953.pdf>
5. Pérez Suce Elvin Francisco; Ruiz Jirón Israel Ernesto. (2013).
PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
<https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/5728/1/96180.pdf>.
6. Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2014). Termodinámica (8.a ed.). Mcgraw-Hill Education.
7. Dossat, R. J. (1980). Principios de refrigeración. CECSA.
8. Pérez París, A. (2003). Relés electromagnéticos y electrónicos. Parte I: Relés y contactores. *Vivat Academia*, (50), 1-24. <https://doi.org/10.15178/va.2003.50.1-24>
9. Duffuaa, S. O., Raouf, A., & Dixon, J. (2000). *Sistemas de mantenimiento: Planeación y control*. Limusa.
10. Fellows, P. (2009). *Food Processing Technology: Principles and Practice* (3rd ed.). Woodhead Publishing.
11. Heatcraft Refrigeration Products. (2008). *Ficha técnica de equipos de refrigeración*. Heatcraft Worldwide Refrigeration.

11. Anexo.

Anexo A. Encuesta.

1. CONOCE LOS TIPOS DE MANTENIMIENTO QUE SE REALIZAN EN CADA MODULO. SI. () NO. ().

2. REALIZA MANTENIMIENTOS CORRECTIVO ANUAL A LOS EQUIPOS DE CUARTOS FRIOS.

SI _____ CUANTO TIEMPO: ANUAL _____ SEMESTRAL _____
TRIMESTRAL _____

NO _____ ¿Por qué? _____

3. ¿LA EMPRESA UTILIZA FICHA TECNICA DEL FABRICANTE PARA REALIZAR LOS MANTENIMIENTOS? SI. () NO. ().

4. ¿HAN TENIDO PERDIDA DE PRODUCTOS POR FALLA EN EQUIPO DE REFRIGERACION? SI. () NO. ().

5. ¿LOS EQUIPOS FRIGORIFICOS OPERAN 24 HORAS POR 7 DIAS A LA SEMANA? SI. () NO. ().

6. AL MOMENTO DE REALIZAR UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO LLEVAN UN CONTROL DE INSIDENCIA EN LOS EQUIPOS FRIGORIFICOS.

¿CUALES SON? _____.

¿CUANTAS INCIDENCIAS? _____.

7. ¿CONSIDERA QUE ES IMPORTANTE DARLE MANTENIMIENTO A LOS EQUIPOS? SI. () NO. ().

8. ¿MANTIENE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL DE LIMPIEZA EN LOS EQUIPOS?

- EVAPORADOR ----- ().
- CONDENSADOR -----().
- MANOMETRO. -----().
- LUBRICACION Y ENGRASE DEL FAN. ---().

9. ¿UTILIZA EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL ADECUADO A LA PERSONA ENCARGADA DE REALIZAR EL MANTENIMIENTO?

SI. () NO. ().

Anexo B.

ESTADO TÉCNICO DEL CUARTO FRÍO.

Diagnóstico del cuarto frío

A continuación, se detallan los elementos existentes y la revisión en cada uno de ellos, con el objetivo de realizar un diagnóstico para hacer notar las necesidades e importancia del estado de los dispositivos de extracción de calor o acondicionamiento:

Tabla 1. Estado inicial del cuarto frío

Equipo	Revisión	CF 1	CF 2	CF 3	CF 4	CR 5
Equipo	Capacidad del contenedor					
Condensador	Limpieza general					
	Inspección de fugas					
Evaporador	Compartimiento de aluminio lleno de polvo.					
	Serpentín de cobre exteriormente con polvo.					
	Ventiladores no funcionales					
	Salida de condensado en buen estado					
Evaporador	Limpieza general					
	Medición de voltaje e intensidad en los ventiladores					
	Verificación de fugas					
Visor	Verificar si hay humedad en el sistema					

Contactores	Contactos en buen estado y funcionales					
Del tablero de control Controlador MTRi 512	Sensor de temperatura en buen estado					
	Contactos, entradas y salidas de programación en buen estado					
Estructura del cuarto frío	Presencia de algunos agujeros.					
	Polvo en las paredes					
Montaje de los elementos	Revisión del equipo Instalación.					
	Soldadura.					
Del sistema de refrigeración.	Extracción de humedad.					
	Cargar el refrigerante					
	Conexiones eléctricas					
Compresor	Revisar de forma general el equipo buscando presencia de fisuras golpes o rayones					
	Medición de voltajes y Corrientes					
	Revisión de abre y cierre de válvulas					
	Medir presión del sistema Limpieza general					
Cuarto en general	Limpieza general					
	Comprobación del aislamiento térmico					

Anexo C las funciones técnicas del personal calificado.

A. Funciones de un Especialista en Climatización para Cuartos Fríos.

1. Instalación de sistemas de refrigeración.

- Montaje de unidades condensadoras, evaporadores y compresores.
- Instalación de tuberías de cobre, válvulas y accesorios.
- Aislamiento térmico de tuberías y paneles frigoríficos.
- Configuración de controles electrónicos y sistemas de monitoreo.

2. Mantenimiento preventivo.

- Revisión de presión de succión y descarga.
- Limpieza de serpentines, filtros y ventiladores.
- Verificación de niveles de refrigerante y detección de fugas.
- Engrase y revisión de motores eléctricos.
- Evaluar el estado del aislamiento del cuarto frío.

3. Mantenimiento correctivo.

- Diagnóstico y reparación de fallas en compresores, ventiladores, termostatos y tableros eléctricos.
- Reparación de fugas en la línea de refrigerante.
- Sustitución de componentes dañados (válvulas, contactores, sensores, relés, etc.).
- Restablecer parámetros de operación después de una falla.

4. Monitoreo y control de operación.

- Configuración de la temperatura, humedad relativa y ciclos de deshielo.
- Control y ajustes de sistemas electrónicos (PLC, controladores digitales).
- Verificación del consumo energético y rendimiento de los equipos.
- Supervisar indicadores críticos: su enfriamiento, sobrecalentamiento, amperaje, ciclos de trabajo.

5. Gestión de refrigerantes.

- Manipulación segura de refrigerantes (R404a, R134a, R290, CO₂, etc.).
- Recuperación, carga y reciclaje según normativas ambientales.
- Registro de uso de gases refrigerantes conforme a regulaciones.

6. Seguridad industrial.

- Aplicación de normas de seguridad eléctrica y mecánica.
- Uso de EPP: guantes dieléctricos, lentes, botas, respiradores para gases.
- Protocolos de trabajo en espacios confinados y áreas frías.
- Prevención de accidentes por congelación o quemaduras químicas.

7. Documentación y reporte técnico.

- Elaborar informes de fallas, mantenimientos y consumos energéticos.
- Registro de calibraciones, cambios de piezas y ajustes operativos.
- Recomendaciones de mejora para prolongar la vida útil de los equipos.

8. Optimización y eficiencia energética.

- Evaluar eficiencia del sistema y proponer mejoras.
- Ajuste de ciclos de deshielo para ahorrar energía.
- Análisis del aislamiento térmico y puntos de pérdida de frío.

9. Capacitación y supervisión.

- Capacitar a operadores y personal de planta sobre uso adecuado de cuartos fríos.
- Supervisar la correcta operación diaria del sistema.

B. Funciones de un Técnico de Energía para Cuartos Fríos.

1. Monitoreo y análisis del consumo energético.

- Medir el consumo eléctrico de compresores, ventiladores, condensadores y equipos auxiliares.
- Analizar picos de demanda, factores de potencia y fluctuaciones de carga.
- Identificar patrones de consumo y desviaciones del consumo esperado.
- Registrar variaciones en horarios críticos (arranques, descongelamiento, carga de producto).

2. Control y optimización del sistema energético.

- Ajustar parámetros de operación para maximizar eficiencia (temperatura, ciclos de compresores, deshielos).
- Evaluar eficiencia energética (EER, COP) de los sistemas de refrigeración.
- Implementar mejoras para reducir pérdidas de energía.
- Optimizar el uso de motores eléctricos, variadores de frecuencia y ventiladores.

3. Mantenimiento de equipos eléctricos asociados.

- Revisión de tableros eléctricos, breakers, contactores, relés, sensores y protecciones.
- Comprobación del estado de cables, terminales y fusibles.
- Verificación de calidad de energía: voltaje, corriente, armónicos y desbalance.
- Pruebas de aislamiento y continuidad en líneas eléctricas del cuarto frío.

4. Gestión del sistema de alimentación eléctrica.

- Supervisar la correcta distribución de cargas entre fases.
- Asegurar el correcto funcionamiento de sistemas UPS o generadores, si aplican.
- Verificar puestas a tierra y sistemas de protección contra sobrecargas.
- Coordinar maniobras de energización y desenergización segura en mantenimientos.

5. Evaluación de eficiencia energética del cuarto frío.

- Identificar puntos de fuga térmica (puertas, aislamientos, juntas).
- Revisar sellos, cortinas de aire, y pérdidas por apertura frecuente.
- Evaluar el rendimiento de equipos: compresores, evaporadores, condensadores.
- Proponer mejoras para reducir consumo eléctrico sin comprometer la cadena de frío.

6. Monitoreo de sistemas de control.

- Verificar la operación de sensores de temperatura, humedad, presión y corriente.
- Ajustar controladores electrónicos, PLC, temporizadores y automatizaciones.
- Registrar datos históricos para análisis energéticos.

7. Seguridad eléctrica.

- Aplicar normas de seguridad eléctrica (trabajo en tableros, bloqueo-etiquetado, EPP).
- Inspeccionar riesgos: sobrecargas, líneas expuestas, humedad cerca de elementos eléctricos.
- Asegurar el cumplimiento de normativas locales de instalaciones eléctricas (códigos eléctricos).

8. Documentación y reportes técnicos.

- Elaborar reportes de consumo energético mensual/semanal.
- Documentar incidencias, reparaciones, reemplazos y ajustes.
- Registrar parámetros operativos y proponer medidas de mejora.

9. Apoyo a mantenimiento y operaciones.

- Trabajar en conjunto con técnicos de refrigeración, climatización y mantenimiento.
- Verificar que las maniobras de mantenimiento no afecten negativamente el consumo energético.
- Asesorar en compra de equipos eléctricos eficientes.

C. Funciones de un Técnico de Climatización para Cuartos Fríos.

1. Instalación de sistemas de refrigeración.

- Montaje de unidades compresoras, evaporadores y condensadores.
- Instalación de tuberías de cobre, válvulas de expansión y accesorios.
- Instalación de paneles aislantes, puertas y sellos frigoríficos.
- Configuración de controladores electrónicos y sensores.

2. Mantenimiento preventivo.

- Limpieza de serpentines, bandejas de drenaje y ventiladores.
- Verificación de niveles y presiones de refrigerante.
- Comprobación de parámetros operativos (subenfriamiento, sobrecalentamiento).
- Revisión general de motores, ventiladores y correas.
- Inspección del aislamiento térmico de paredes y tuberías.

3. Mantenimiento correctivo.

- Diagnóstico de fallas en compresores, evaporadores, condensadores, válvulas o controles.
- Reparación o sustitución de componentes dañados.
- Detección y reparación de fugas de refrigerante.
- Restablecer parámetros de funcionamiento después de una falla.

4. Gestión de refrigerantes.

- Manipulación segura de gases refrigerantes (R404A, R134A, R507, CO₂, R290, etc.).

- Carga, recuperación y reciclaje según normas ambientales.
- Registro de uso y trazabilidad de refrigerantes.

5. Control de operación y monitoreo.

- Ajuste de temperatura, humedad y ciclos de deshielo.
- Monitoreo continuo del rendimiento del sistema.
- Revisión de consumos eléctricos relacionados con climatización.
- Verificación del funcionamiento de sensores, termostatos, presostatos y PLC.

6. Optimización del rendimiento.

- Ajustar parámetros para mejorar eficiencia energética.
- Identificar puntos de pérdida de frío o fallas en el aislamiento.
- Evaluar y recomendar mejoras en equipos o procesos.
- Optimizar el control de ventiladores, compresores y ciclos de deshielo.

7. Seguridad y cumplimiento normativo.

- Aplicar normas de seguridad industrial y manipulación de refrigerantes.
- Cumplir con regulaciones sobre gases refrigerantes y medidas ambientales.
- Uso correcto de EPP en áreas frías y zonas eléctricas.
- Asegurar procedimientos de bloqueo y etiquetado (LOTO) cuando sea necesario.

8. Documentación y reportes.

- Registrar parámetros de operación, mantenimientos y reparaciones.
- Elaborar informes técnicos sobre fallas, correcciones y mejoras.
- Llevar bitácoras de inspección y consumo de repuestos.

9. Apoyo operativo.

- Apoyar a operadores y encargados de planta en el correcto uso del cuarto frío.
- Capacitar al personal en buenas prácticas de manejo de productos y control térmico.
- Coordinar con técnicos eléctricos y de energía cuando se requieran maniobras conjuntas.

Anexo D, Análisis de costo.

Análisis de costo.

Mediante diálogos sostenidos con el jefe de mantenimiento de la empresa MAGNA S.A., se obtuvo información sobre el costo anual que representa para la organización la contratación de una empresa externa nos comentaba que el servicio se solicita 12 veces en el año sin embargo por políticas de la empresa fue imposible obtener una factura no obstante mediante cotización a otra compañía se logró obtener un precio base de un mantenimiento preventivo dándonos como resultado un costo de **\$400** por unidad, multiplicando este costo por 3 nos da un total de **USD 1,200.00.** al mes por el mantenimiento de los 3 cuartos fríos.

Asimismo, se mencionó que aproximadamente de dos a tres veces al año se efectúan mantenimientos correctivos, los cuales tienen una duración estimada de entre una y dos semanas esto representa un costo aproximado de **USD 1,081.72** por servicio. Eventualmente una vez al año se solicita un servicio de emergencia con un costo aproximado de **USD 760.92** dichos valores fueron obtenidos por el responsable de mantenimiento

Para mayor claridad se elaboraron las siguientes tablas con un resumen de los costos anuales asociados a la subcontratación de estos servicios.

Parámetros económicos a evaluar	Evento	Costos	Total	Total
Costo de contratación por empresa externa (situación actual)				
Incluye:	und	cantidad	anual	C\$
Costo anual mantenimiento preventivo.	12	\$ 1,200.00	\$ 14,400.00	C\$ 527,389.92
Correctivos no incluidos.	3	\$ 1,081.72	\$ 3,245.16	C\$ 118,851.71
Llamadas de emergencia.	1	\$ 760.92	\$ 760.92	C\$ 27,868.16
TOTAL		\$ 3,042.64	\$ 18,406.08	C\$ 674,109.80

Tabla 4.



SERVICIOS TÉCNICOS DELGADILLO

COTIZACION

Dirección: Repuestos Burgos 1c sur 1/2c abajo.
Teléfono: 8774-5969 8364-0186
Correo: wsd0296@gmail.com.

Fecha: 03/03/2026

Facturar a:

Nombre del Cliente: MAGMA SA,

Nombre de la empresa:

Dirección:

Numero de Telefono:

00310000017581

Cantidad	Descripción	Precio	Importe	Observacion.
1	Mantenimiento general y exhaustivo de cuarto ffo			✓
	Detalles del mantenimiento...			
	Limpieza general evaporador y condensadora			
	lavado a presion con hidrolavadora y sus respectivos quimicos de limpieza			
	Revision general de sistema electrico			
	Lubricacion de abaricos todos.	\$400.00	\$400.00	

Nota: Esta proforma cuenta con material y mano de obra con un mes de garantía por trabajo realizado.

Sub Total: \$400.00

IVA:

Total: \$400.00

Nota: Proforma de mantenimiento preventivo.

Managua, 08 de Septiembre de 2025

MAGNA

Atención: Roger Marengo

Asunto: Instalación de Compresor de 7.5 toneladas

I. Alcances instalación

- Desinstalar compresor en mal estado.
- Desinstalar filtro deshidratador y filtro de succión, ya que están contaminados.
- Sopletear evaporador y condensador con nitrógeno y limpiador especial ecoflush.
- Instalar filtro de succión nuevo y filtro deshidratador nuevo
- Soldadura de oxiacetileno para instalación de filtros
- Instalar compresor en unidad condensadora
- Realizar vacío a unidad
- Carga de refrigerante a unidad
- Prueba y puesta en marcha de equipo

Valor de Mano de Obra	C\$15,800.00
Valor de Materiales	C\$18,650.00
Sub total	C\$34,450.00
IVA 15%	C\$ 5,167.50
TOTAL CON IVA	C\$39,617.50

Observaciones:

- Tiempo de Ejecución de toda la obra: 2 días hábiles.
- Materiales:
 - o MAGNA se encarga de poner los siguientes materiales (no incluidos en esta oferta): 1 tanque de limpiador especial ecoflush, 1 tanque de refrigerante r404 y 1 galón de aceite.
 - o REYTRAC está incluyendo en esta oferta: tanques de nitrógeno, tanque de oxígeno y acetileno, varillas acero plata, fittings, filtro de succión de piedra, filtro deshidratador, tubería de cobre 5/8, camisa de cobre 5/8, tubería de cobre de 1 1/8, camisas de 1 1/8, etc.
- Validez de oferta: 10 días.

Ing. Guillermo Urcuyo Pineda
Gerente General
REYTRAC

Oferta de Instalación de Compresor de 7.5 ton_MAGNA (02).docx

Nota: Proforma de trabajo correctivo.



TERMICOS
REFRIGERACIÓN Y CLIMA

KEVIN ARIEL RIVERA MORENO
RUC: 4411408520005G Teléfono: 7826-3063
Dirección: Bo. La Reynaga, Iglesia La Merced, cuadra y media al sur.

No. de Cotización 4338

Cotización de venta

Cliente: MAGNA

Tipo de cotización: CONTADO

Cotización válida desde: 14-08-2025

Tasa: 36.6243

Hasta: 15-08-2025

Cédula/Ruc:

Vendedor: ROBERTO RIVERA

Código	Cantidad	Redena	Productos/Servicios	U/M	Precio	Desc	Total
SER-04	1.0	Bodega Central	RESISTENCIA DE CHAROLA PARA EVAPORADOR MEDIO PERFIL FBME430-520 4 PAN (24710304)	Unidad	7,335.00	0.0 %	7,335.00
SER-04	4.0	Bodega Central	RESISTENCIA DE SERPENTIN EVAPORADOR MEDIO PERFIL FBME430-520 (24710204) 4 POR EVAPORADOR	Unidad	4,153.00	0.0 %	16,612.00
315327	1.0	Bodega Central	EMPAQUE TIPO M FBME545	Metros	292.96	0.0 %	292.96

Observación: ENTREGA EN 6 SEMANAS. ANTICIPO 50%

Monto en letras: Veintidós mil ochocientos sesenta y cinco con 05/100 córdobas

Sub-Total	C\$ 24,239.96
Descuentos	C\$ 0.00
IVA 15%	C\$ 3,635.99
Total Cotización	C\$ 27,875.95

Favor elaborar cheque a nombre de: **Kevin Ariel Rivera Moreno** y/o depósito a las sig. clas. bancarias:

Clas. Bancarias Nacional: KEVIN ARIEL RIVERA MORENO. 366 318 301 (BAC DÓLARES) 359 575 560 (BAC CÓRDOBAS)	100 208 063 (LAFISE DÓLARES) 100 010 362 (LAFISE CÓRDOBAS)
--	---

Nota: Proforma por llamada de emergencia.

Como parte de las mejoras propuestas para la empresa MAGNA S.A., se llevó a cabo un análisis integral de los equipos y herramientas necesarios para conformar un equipo interno capaz de atender de manera eficiente los mantenimientos preventivos y correctivos. Este estudio permitió identificar los recursos indispensables para que la

empresa pueda dar respuesta oportuna a las necesidades operativas de sus sistemas y reducir la dependencia de servicios externos.

Herramientas	Costo und \$	Frecuencia	Total \$	Total C\$
Amperimetro marga fluke	\$ 22.81	2	\$ 45.62	C\$ 1,670.80
Llave crece	\$ 12.00	1	\$ 12.00	C\$ 439.49
Juego desarmadores	\$ 25.00	1	\$ 25.00	C\$ 915.61
Juego tenaza	\$ 20.86	1	\$ 20.86	C\$ 763.84
Taladro inalambrico	\$ 66.32	2	\$ 132.63	C\$ 4,857.66
Engrasadora	\$ 12.17	1	\$ 12.17	C\$ 445.78
Escalera	\$ 129.81	1	\$ 129.81	C\$ 4,754.25
Termometro infrarojo de -50 a 100g	\$ 650.00	1	\$ 650.00	C\$ 23,805.80
Voltimetro	\$ 125.00	1	\$ 125.00	C\$ 4,578.04
Vacometro para vacio profundo	\$ 45.00	1	\$ 45.00	C\$ 1,648.09
TOTAL			\$ 1,198.09	C\$ 43,879.36

Tabla 5.

Equipos	Costo und \$	Frecuencia	Total \$	Total C\$
Tanque de oxigeno 100lb	\$ 300.00	1	\$ 300.00	C\$ 10,987.29
Tanque de carburo 100lb	\$ 133.00	1	\$ 133.00	C\$ 4,871.03
Tanque de nitrogeno 100lb	\$ 150.00	1	\$ 150.00	C\$ 5,493.65
Tanque de aire seco	\$ 140.00	1	\$ 140.00	C\$ 5,127.40
Mangueras con su antorcha	\$ 321.00	1	\$ 321.00	C\$ 11,756.40
Varilla acero planta al 0% caja	\$ 150.00	1	\$ 150.00	C\$ 5,493.65
Varilla acero planta al 15% caja	\$ 20.00	1	\$ 20.00	C\$ 732.49
Bomba de vacio de 14cfm	\$ 1,300.00	1	\$ 1,300.00	C\$ 47,611.59
Hidrolavadora	\$ 150.00	1	\$ 150.00	C\$ 5,493.65
Manometro refrigerante r 134 R404	\$ 192.00	1	\$ 192.00	C\$ 7,031.87
Limpiador de aluminio DLA	\$ 50.00	3	\$ 150.00	C\$ 5,493.65
Recuperadora de gas	\$ 1,000.00	1	\$ 1,000.00	C\$ 36,624.30
Termianales de gaveta 1 caja	\$ 50.00	1	\$ 50.00	C\$ 1,831.22
Compresor de aire	\$ 1,100.00	1	\$ 1,100.00	C\$ 40,286.73
Tanque de refrigerante	\$ 46.00	1	\$ 46.00	C\$ 1,684.72
TOTAL			\$ 5,202.00	C\$ 190,519.61

Tabla 6.

Stock inicial repuestos críticos	Costo und \$	Frecuencia	Total \$	Total C\$
Aceite para compresores	\$ 100.00	2	\$ 200.00	C\$ 7,324.86
Empaque de y sellos de puerta Burlete	\$ 10.00	1	\$ 10.00	C\$ 366.24
Lubricante para partes moviles	\$ 8.00	2	\$ 16.00	C\$ 585.99
Brochas 4	\$ 3.00	12	\$ 36.00	C\$ 1,318.47
brocha 2	\$ 1.50	12	\$ 18.00	C\$ 659.24
TOTAL			\$ 280.00	C\$ 10,254.80

Tabla 7.

Asimismo, se elaboró una tabla de costos que refleja la inversión necesaria para que la empresa MAGNA S.A., pueda mantener una cuadrilla de tres operarios, basándonos en el acuerdo del ente regulador MITRAB con el acuerdo 2025, como salario mínimo en el sector industrial de manufactura clasificados como técnicos A, B y C. Esta estimación

incluye no solo los salarios correspondientes, sino también el costo del equipo de protección personal requerido para el adecuado desempeño de sus funciones.

Personal	Salario Base	Anual	Patronal 12.8%	Anual
Tecnico A	C\$ 13,520.77	C\$ 162,249.24	C\$ 2,076.79	C\$ 164,326.03
Tecnico B	C\$ 10,400.59	C\$ 124,807.08	C\$ 1,597.53	C\$ 126,404.61
Tecnico C	C\$ 8,000.46	C\$ 96,005.52	C\$ 1,228.87	C\$ 97,234.39
Total Cordoba	C\$ 31,921.82	C\$ 383,061.84	C\$ 4,903.19	C\$ 387,965.03
Conversion a Dólar	\$ 871.60	\$ 10,459.23	\$ 133.88	\$ 10,593.10

Tabla 8.

Handwritten signatures and stamps at the top: "Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional", "El Pueblo, Participante!", "4619 Siempre Faltará", "COMISION NACIONAL DE SALARIO MINIMO", "ACTA NO. 1", "CNSM- 27/02/2025".

COMISION NACIONAL DE SALARIO MINIMO
ACTA NO. 1
CNSM- 27/02/2025

En la ciudad de Managua, a las once y cuarenta y cinco minutos de la mañana del día veintisiete de Febrero del año dos mil veinticinco, reunida la Comisión Nacional de Salario Mínimo, presidida por la Ministra del Trabajo, doctora Alba Luz Torres Briones, y después de comprobarse el quórum de ley, el plenario ha acordado lo siguiente:

CONSIDERANDO

PRIMERO: De conformidad a la política de diálogo y consenso establecida en la Constitución Política de Nicaragua y a la búsqueda constante de los actores económicos y sociales del tripartismo y en el marco de la Ley N° 625, "Ley de Salario Mínimo", acordamos que los nuevos salarios mínimos entran en vigencia a partir del uno de marzo del año dos mil veinticinco hasta el veintiocho de febrero del año dos mil veintiséis, los cuales serán los siguientes:

Sector de actividad económica	Vigente a partir 01 de marzo de 2025 al 28 de Febrero del 2026	
	PORCENTAJE	MENSUAL
Agropecuaria	4 %	C\$ 5,950.02
Pesca	4 %	C\$ 9,047.20
Minas y Canteras	4 %	C\$ 10,686.02
Industria Manufacturera	4 %	C\$ 8,000.46
Industria sujeta a régimen especial	7 %	C\$ 9,359.46

Handwritten signatures and stamps at the bottom: "SOMOS PUEBLO QUE VENCE!", "CRISTIANA, SOCIALISTA, SOLIDARIA!", "MINISTERIO DEL TRABAJO", "Avenida Monumental, del Instituto de Medicina Legal", "300 metros al norte, Managua - (505) 2222-2115 -", "www.mitrab.gob.ni", "Managua".

Nota: Referencia salarial Acuerdo MITRAB 2025.

EPP tecnico	Und	Costo und	Total C\$
A	1	\$ 132.69	C\$ 4,859.69
B	1	\$ 132.69	C\$ 4,859.69
C	1	\$ 132.69	C\$ 4,859.69
		\$ 398.07	C\$ 14,579.07

Tabla 9.



Industrial ANDRÉ, S.A.

Teléf: +505 2528-1315 / Cel: +505 8424-1629
 Km 25.5 Ctra a Masaya, Esquina Opuesta a Maquila Draeximaier
 Email: ventas.nindiri@industrialandre.com

SUC. NINDIRI

RUC: J0310000343810

Cliente: MAGNA, S.A.
Ruc: J0310000017581
Correo:
Atención: MAGNA, S.A.
Dirección: MASAYA

PROFORMA No. BF00000247
Fecha: 25/02/2026
Vendedor: SANDRA A.
Teléfono: 84010224
Email: ventas.nindiri@industrialar
Vigencia:

A continuación tenemos el agrado de someter a su estimable consideración nuestros productos:

CÓDIGO	Descripción	SAC	Cant.	U. Med	P/U C\$	Descuento	Total (C\$)
01PP0050	BOTAS ROCK II T-8 OZARATO	8403999000000	1	DAR	1,335.98	0.00%	1,335.98
05PM0105	GUANTE NIT 13" T-10 NM	4015190000000	6	DAR	365.91	0.00%	2,195.46
01PC0010	CASCO AZUL PROSEG	8506101000000	1	UNIDAD	186.35	0.00%	186.35
03PR0026	RESPIRADOR DESC 216B BLS	8307902000000	1	CAJA	1,123.10	0.00%	1,123.10
06RP0099	OVEROL DRILL AZUL CONTANAR GREY XL	3920433100000	3	UNIDAD	2,177.00	0.00%	6,531.00
01PF0002	LENTE ECO SOFT TRANSPAF LIB US	9004901000000	6	UNIDAD	84.28	0.00%	505.68
Sub-Total							11,887.55
Descuento							0.00
IVA							1,783.13

Forma de Pago: CONTADO

Tasa de Cambio: 38.6243

GRAN TOTAL C\$

13,670.68

Nota: Proforma de EPP.

Del mismo modo, se desarrolla una proyección de costos que expone de forma estructurada los montos que la empresa MAGNA S.A., debe invertir para mantener en planta la cuadrilla presentada. Este análisis contempla salarios, prestaciones, equipo de protección personal y demás recursos asociados, proporcionando una visión integral del costo operativo.

Costos al asumir internamente	Evento	Costos	Total	Total C\$
Salario del técnico de mantenimiento.	12	\$ 871.60	\$ 10,459.20	C\$ 383,060.88
Seguros y prestaciones.	1	\$ 139.80	\$ 139.80	C\$ 5,120.08
Inversión inicial en herramientas y equipos.	1	\$ 6,400.09	\$ 6,400.09	C\$ 234,398.96
Compra y reposición de repuestos críticos.	1	\$ 280.00	\$ 280.00	C\$ 10,254.80
Costo anual de Equipo de proteccion personal	1	\$ 398.07	\$ 398.07	C\$ 14,579.07
TOTAL		\$ 7,691.49	\$ 17,677.16	C\$ 647,413.79

Tabla 10.

Obteniendo un ahorro en el primer año de 414.07 dólares convertido a moneda local nos da un total de C\$15,162.82.

Adicionalmente, se determinó que varios de los equipos incluidos cuentan con una vida útil extendida, lo que garantiza su funcionamiento óptimo durante los próximos tres años sin requerir nuevas inversiones en sustitución o adquisición. Esta condición, además de asegurar la continuidad operativa, representa un ahorro significativo para MAGNA S.A., al reducir los costos asociados a la reposición de herramientas y equipos en los ciclos financieros propuesto por 3 años.