



Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

Carrera de Ingeniería Marítima

Trabajo de Titulación

Modalidad Proyecto Técnico

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPOTENCIACIÓN DE
LA CÁMARA FRIGORÍFICA DE MEDIA TONELADA EN LA CARRERA DE
INGENIERÍA MARÍTIMA**

Autores:

García Pico Edison Alexander

Pincay Rojas Moisés Leandro

Asesor Académico:

Ing. Anderson Buitrón Flores

Manta – Manabí- Ecuador

2025

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	CERTIFICADO DE TUTOR(A).	
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el proyecto, bajo la autoría del estudiante **GARCÍA PICO EDISSON ALEXANDER**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de proyecto técnico, cuyo título del proyecto es **"ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPOTENCIACIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA DE MEDIA TONELADA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 15 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Ing. Anderson Buitrón

Docente Tutor

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el proyecto, bajo la autoría del estudiante **PINCAJ ROJAS MOISÉS LEANDRO**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-1, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de proyecto técnico, cuyo título del proyecto es **"ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPOTENCIACIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA DE MEDIA TONELADA EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 15 de agosto de 2025.

Lo certifico,



Ing. Anderson Buitrón

Docente Tutor

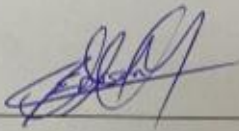
Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

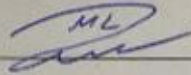
Los estudiantes **García Pico Edison Alexander** y **Pincay Rojas Moisés Leandro**, egresados en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura, de la carrera de Ingeniería Marítima, declaramos libre y voluntariamente que el tema: **"Aplicación de un plan de mantenimiento y repotenciación de la cámara frigorífica de media tonelada en la carrera de Ingeniería Marítima"**, corresponde en su totalidad al suscrito, siendo el Ingeniero Anderson David Buitrón Flores, tutor del presente trabajo.

Asimismo, transferimos los derechos y titularidad a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí conforme a lo establecido en la norma vigente.



García Pico Edison Alexander

Autor



Pincay Rojas Moisés Leandro

Autor



ING. Buitron Flores Anderson David

Tutor

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a mis padres, por su constante apoyo a lo largo de toda mi formación, cuya guía, esfuerzo y dedicación hicieron posible este logro, y por su ejemplo de perseverancia, responsabilidad y entrega.

A mis hermanos, por su valiosa compañía a lo largo de este camino, y por estar presente en cada etapa con cercanía, apoyo y afecto.

Edisson Alexander García Pico

Dedicó este trabajo de titulación a mis padres, por inculcarme con su ejemplo los valores de responsabilidad, esfuerzo y dedicación que hoy me permiten culminar esta etapa.

A mis hermanas, cuyo apoyo constante y palabras de aliento fueron un pilar fundamental en este proceso.

A mi compañera de vida, por su paciencia, comprensión y motivación inquebrantable en los momentos de mayor exigencia. A todos ustedes, dedico con gratitud y respeto este logro, que refleja no solo mi esfuerzo, sino también el acompañamiento y la fe que depositaron en mí.

Moisés Leandro Pincay Rojas

Agradecimiento

Agradezco profundamente a todas las personas que, directa o indirectamente, contribuyeron a la realización de este trabajo, especialmente a quienes me brindaron su apoyo, guía y comprensión durante esta etapa.

Edisson Alexander García Pico

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar esta etapa, mis padres y hermanas, por su apoyo incondicional y constante motivación, mi novia, por su paciencia, comprensión y aliento en cada momento de este proceso. A todos quienes contribuyeron de manera directa a este logro, mi más profundo agradecimiento.

Moisés Leandro Pincay Rojas

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general restaurar la funcionalidad de la cámara frigorífica de ½ tonelada en la carrera de Ingeniería Marítima mediante la implementación de un plan de mantenimiento correctivo. Se utilizó una metodología basada en la identificación y análisis del problema mediante inspecciones técnicas y el apoyo del software CoolPack, herramienta que permitió calcular y verificar el ciclo de refrigeración del sistema. A partir de este diagnóstico, se logró identificar la causa principal que impedía el correcto funcionamiento de la cámara frigorífica, lo que facilitó el planteamiento de acciones correctivas específicas para optimizar su desempeño. Como resultado fundamental, se diseñó y elaboró un plan de mantenimiento preventivo estructurado, que contempla actividades periódicas de inspección de parámetros críticos como presión y temperatura, así como la limpieza general de los componentes del sistema frigorífico. Este plan no solo asegura el correcto funcionamiento continuo del equipo, sino que también contribuye a prolongar su vida útil y mejorar la eficiencia operativa en el contexto académico y técnico de la carrera. De esta manera, el trabajo aporta una solución práctica y aplicable que fortalece la formación de los estudiantes y garantiza la disponibilidad del equipo para futuras actividades académicas y operativas.

Palabras clave:

Cámara de Refrigeración, compresión, mantenimiento predictivo, correctivo, manual de mantenimiento.

Abstract

The main objective of this study was to restore the functionality of the ½-ton refrigeration chamber in the Maritime Engineering program through the implementation of a corrective maintenance plan. A methodology based on problem identification and analysis was employed, involving technical inspections and the use of CoolPack software, a tool that allowed the calculation and verification of the system's refrigeration cycle. From this diagnosis, the primary cause preventing the proper operation of the refrigeration chamber was identified, which facilitated the development of specific corrective actions to optimize its performance. As a key result, a structured preventive maintenance plan was designed and developed, including periodic inspection activities of critical parameters such as pressure and temperature, as well as general cleaning of the refrigeration system components. This plan not only ensures the continuous proper functioning of the equipment but also helps extend its service life and improve operational efficiency within the academic and technical context of the program. In this way, the work provides a practical and applicable solution that strengthens student training and guarantees the availability of the equipment for future academic and operational activities.

Keywords:

Refrigeration Chamber, Compression, Predictive Maintenance, Corrective Maintenance, Maintenance Manual.

Índice general

CAPÍTULO I	15
1. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Tema	15
2. Antecedentes	15
3. Justificación	15
4. Propuesta de Proyecto de mantenimiento	16
5. Objetivo	16
5.1. Objetivo general	16
5.2 Objetivos específicos	16
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2. Aspectos generales sobre la refrigeración industrial	18
2.1. Historia y evolución de la refrigeración.	19
2.2. Definición y funcionalidad de cámaras frigoríficas.	20
2.3. Tipos de cámaras de refrigeración: conservación y congelación.	21
2.4. Sistemas de refrigeración por compresión.	25
2.4.1. Principio de funcionamiento de un sistema de refrigeración.	26
2.4.2. Elementos fundamentales del sistema frigorífico.	27

2.4.3. Funciones principales del compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador.	29
2.4.4. Flujo del fluido refrigerante a través del circuito.	30
2.4.5. Alta y baja presión en los sistemas de refrigeración.	31
2.5. Componentes estructurales y funcionales de las cámaras frigoríficas.	32
2.5.1. Compresores.	33
2.5.2. Evaporadores.	34
2.5.3. Condensadores.	35
2.5.4. Válvulas de alivio.	36
2.5.5. Filtros secadores de aire.	37
2.5.6. Tanques de líquido refrigerante.	39
2.5.7. Paneles aislantes para cámaras de congelación.	41
2.6. Tipos de mantenimiento aplicables a sistemas frigoríficos.	43
2.6.1. Mantenimiento correctivo.	44
2.6.2. Mantenimiento correctivo de emergencia.	45
2.6.3. Mantenimiento correctivo planificado.	46
2.6.3. Mantenimiento preventivo.	47
2.6.4. Mantenimiento predictivo.	49
2.7. Planificación del mantenimiento en cámaras frigoríficas.	50
2.7.1. Elementos clave de un plan de mantenimiento frigorífico	51
2.7.2. Objetivos técnicos-operativos de un mantenimiento predictivo	53

2.7.3. Frecuencia del mantenimiento preventivo	54
2.7.4. Beneficios de la implementación de planes de mantenimiento.	54
CAPÍTULO III	56
3. DIAGNÓSTICO Y PROCEDIMIENTO	56
3.1. Características técnicas de la cámara de congelación	56
3.2 Descripción de los componentes	57
3.2.1 Dispositivos de control.	57
3.2.1.1 Termostato (Full Gauge Controls).	57
3.2.1.2 Presostato de alta presión	58
3.2.1.3 Presostato de baja presión	58
3.2.1.4 Válvula solenoide.	59
3.2.1.5 Contactores	59
3.3 Elementos principales de la cámara frigorífica	59
3.4. Diagnóstico del sistema de refrigeración	60
3.4.1. Procedimiento aplicado	61
3.4.1.1. Inspección visual inicial	61
3.4.4.2 Verificación de parámetros de funcionamiento	61
3.4.4.3. Evaluación de componentes principales	62
3.4.4.4. Pruebas eléctricas	62
3.4.4.5. Vacío y detección de fugas	62

3.5. Análisis de fallas y medida correctiva	62
3.5.1. Sistema de control (Termostato)	62
3.5.2. Válvula de paso	63
3.5.3. Presostato	64
3.5.4. Cambio de filtro secador de 3/8" 083 TGM	65
CAPÍTULO IV	67
4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO APLICADO A LA CÁMARA FRIGORÍFICA	67
4.1. Inspección general de la cámara frigorífica	67
4.2. Fallas encontradas durante la inspección general	68
4.3. Procedimiento de mantenimiento correctivo a la cámara de refrigeración	70
4.3.1 Reubicación de los componentes externos	70
4.3.2. Conexión de las tuberías de alta y baja presión	71
4.3.3. Conexiones eléctricas del sistema	71
4.3.4. Vacío y prueba de fugas	72
4.3.5 Detección de fugas y corrección en la válvula de servicio	73
4.3.6 Temperaturas de trabajo en el condensador y evaporador	74
4.3.7. Presiones de trabajo en el condensador y evaporador, carga de refrigerante r-404a	75
Encendido y verificación del funcionamiento	76
4.3.8. Limpieza del recinto de frío y equipos	76
4.3.9. Colocación de aislante térmico	77

4.3.10. Tratamiento anticorrosivo y pintura de cañerías	78
4.4. Partes del mecanismo de refrigeración remplazados en la cámara de refrigeración.....	79
CAPITULO V	81
5. ANÁLISIS DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN UTILIZANDO LOS SOFTWARES “COOLPACK” Y “GENETRON PROPERTIES”	81
5.2. Cálculo Análisis del ciclo de refrigeración	90
5.2.1. Trabajo realizado por el compresor.	90
5.2.2. Calor rechazado por el condensador.	91
5.2.3. Cálculo de la capacidad de calor extraído.	91
5.2.4. Cálculo del Coeficiente de Rendimiento de Enfriamiento (COP).	92
5.2.5. Cálculo del Ratio de Eficiencia Energética (EER).	92
CAPÍTULO VI	95
6. GUÍA DE USO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CÁMARA DE FRÍO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA.	95
6.1 Guía de encendido	95
6.2 Guía de apagado del sistema	96
5.2.1 Secuencia recomendada para el apagado del sistema	96
6.2.3. Recomendaciones adicionales durante el apagado:	96
6.2.4. Importancia del apagado adecuado	97
6.3. Metodología del mantenimiento preventivo	99

6.3.1. Frecuencia y actividades de mantenimiento	99
6.4. Herramientas necesarias	100
6.5. Registro y control del mantenimiento	101
6.6 ELABORACIÓN DE GUÍA METODOLÓGICA BASADO EN PRUEBA DE LABORATORIO	102
6.1. Introducción	102
6.2. Objetivos	102
6.3. Conceptos básicos a tener en cuenta para darle mantenimiento a la cámara frigorífica	103
6.3.1. Compresor	104
6.3.2. Condensador	104
6.3.3. Evaporador	104
6.3.4. Válvula de Expansión	104
6.3.5. Ciclo de Refrigeración	104
6.3.6. Refrigerante	105
6.3.7. Presión y Temperatura	105
6.3.8. Coeficiente de Rendimiento (COP)	105
6.3.9. Bomba de vacío	105
6.3.10. Manifold	106
4. Equipo de Protección Personal (EPP) en el mantenimiento de cámaras frigoríficas	106

5. Conocimiento del Equipo	106
6. Inspección previa	106
Preguntas de comprobación	107
1. ¿Qué es la refrigeración por compresión de vapor?	107
2. Explica el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.	107
3. ¿Qué es un mantenimiento preventivo?	107
4. ¿Qué es un mantenimiento correctivo?	107
Recursos	108
1.1. Recursos institucionales	108
1.2. Recursos materiales y económicos	108
Bibliografías	110

Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1 Cámara de conservación o refrigeración positiva</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 2 Cámaras de congelación o refrigeración negativa</i>	<i>23</i>
<i>Ilustración 3 Túneles de congelación rápida (IQF)</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 4 Cámara modular o móvil.</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 5 Diagrama del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.</i>	<i>27</i>
<i>Ilustración 6 Componentes clave de un sistema de refrigeración.</i>	<i>29</i>
<i>Ilustración 7 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 8 Compresores de Refrigeración Industrial.</i>	<i>34</i>
<i>Ilustración 9 Evaporadores de Refrigeración Industrial.</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 10 Condensador de Refrigeración Industrial.</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 11 Válvula de alivio</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 12 Filtros deshidratadores de línea de líquido.</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 13 Tanque de líquido refrigerante</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 14 Paneles sándwich con núcleo de poliuretano.</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 15 Termorregulador ERC-213</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 16 Proceso de soldadura en tubería</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 17 Instalación del sistema de control y tablero eléctrico.</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 18 Filtro deshidratador de refrigeración.</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 19 Medición eléctrica con multímetro.</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 20 Equipo general de medición.</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 21 Temperatura del termostato.</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 22 Lectura de presiones en el sistema de refrigeración con manifold de</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 23 Oxidación en la entrada del recinto frigorífico.</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 24 Instalación de nuevo soporte.</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 25 Conexión de tuberías.</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 26 Conexiones eléctricas.</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 27 Vacío del sistema.</i>	<i>73</i>

<i>Ilustración 28 Válvula de servicio.</i>	73
<i>Ilustración 29 Presiones de trabajo en baja y alta.</i>	74
<i>Ilustración 30 Tabla de propiedades termodinámicas de un refrigerante.</i>	75
<i>Ilustración 31 Panel eléctrico.</i>	76
<i>Ilustración 32 Limpieza del sistema de Refrigeración.</i>	77
<i>Ilustración 33 Cambio de aislante térmico.</i>	77
<i>Ilustración 34 Identificación y protección de las líneas del circuito frigorífico.</i>	78
<i>Ilustración 35 Plano circuito de control y potencia.</i>	80
<i>Ilustración 36 Interfaz software Coolpack</i>	81
<i>Ilustración 37 Selección de refrigerante.</i>	82
<i>Ilustración 38 Propiedades de diagrama refrigeración coolpack.</i>	82
<i>Ilustración 39 Diagrama mollier r-404^a</i>	84
<i>Ilustración 40 Establecimiento parámetros de trabajo.</i>	86
<i>Ilustración 41 Diagrama mollier con el ciclo de refrigeración.</i>	87
<i>Ilustración 42 Software de simulación de ciclos de refrigeración.</i>	89
<i>Ilustración 43 No se qu es</i>	89
<i>Ilustración 44 Diagrama del ciclo de refrigeración.</i>	94

Índice de tablas

<i>Tabla 1 Características técnicas de la cámara de congelación.</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 2 Temperatura a presión y entalpías.</i>	<i>88</i>
<i>Tabla 3 Guía de operación para el encendido y apagado del sistema de la cámara de conservación.</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 4 Actividades del mantenimiento preventivo de la cámara de conservación.</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 5 Control del equipo.</i>	<i>101</i>
<i>Tabla 6 Detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto.</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 7 Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen.</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 8 Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.</i>	<i>109</i>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Tema

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO Y REPOTENCIACIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA DE MEDIA TONELADA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MARITIMA.

2. Antecedentes

En el taller de refrigeración de la carrera de Ingeniería Marítima contamos con una cámara frigorífica de media tonelada, la cual, debido al tiempo y la inactividad en su uso, actualmente no se encuentra en funcionamiento. La falta de mantenimiento ha llevado a un deterioro progresivo de sus componentes, impidiendo su operatividad y, por ende, su utilidad en las prácticas académicas. Esta situación ha motivado la elección de este tema de tesis realizar.

Además, se pretende que este sistema de conservación, funcione como recurso para identificar las temperaturas que manejan los equipos industriales, y mediante guía de mantenimiento pueda prolongar la vida útil del sistema.

3. Justificación

El mantenimiento correctivo de la cámara frigorífica de media tonelada en la carrera de Ingeniería Marítima es crucial para observar un sistema de refrigeración industrial de conservación. Comprender el funcionamiento de estos sistemas, los procedimientos de mantenimiento correctivo y las normativas aplicables es fundamental para mantener la eficiencia operativa y minimizar las pérdidas de productos debido a fallos en el sistema de refrigeración.

Además, la implementación de procedimientos de mantenimiento correctivo adecuados asegura la eficiencia operativa de las cámaras frigoríficas, minimizando el tiempo de inactividad y reduciendo costos asociados a reparaciones mayores y pérdidas de producto. Este aspecto es particularmente relevante en un entorno académico, donde el funcionamiento continuo y eficiente de los equipos es esencial para la investigación y futuros proyectos de innovación o repotenciación.

4. Propuesta de Proyecto de mantenimiento

Este proyecto abordará el mantenimiento correctivo de la cámara frigorífica de ½ tonelada en la carrera de Ingeniería Marítima. Debido a su inactividad prolongada, la cámara no está en funcionamiento. El proyecto incluirá un diagnóstico detallado de las fallas, la ejecución de un plan de mantenimiento correctivo y la evaluación de su desempeño tras las reparaciones. Además, se elaborará un manual y una guía pedagógica instructiva para los estudiantes sobre el uso de la cámara frigorífica.

5. Objetivo

5.1. Objetivo general

Restaurar la funcionalidad de la cámara frigorífica de ½ tonelada en la carrera de Ingeniería Marítima mediante un proceso de mantenimiento correctivo y preventivo.

5.2 Objetivos específicos

- Analizar el estado actual de la cámara frigorífica de ½ tonelada.
- Aplicar el mantenimiento correctivo a la cámara frigorífica de ½ tonelada.
- Evidenciar el correcto funcionamiento de la cámara frigorífica de ½ tonelada mediante el cálculo de análisis del ciclo de refrigeración.

- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para la cámara frigorífica de ½ tonelada.
- Elaborar una guía pedagógica sobre principios básicos de refrigeración.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2. Aspectos generales sobre la refrigeración industrial.

La refrigeración industrial es una rama especializada de la ingeniería térmica aplicada que tiene como propósito la remoción de calor de un espacio cerrado o de un proceso para mantener una temperatura controlada, generalmente por debajo de la temperatura ambiente. Su aplicación es crítica en industrias como la alimentaria, farmacéutica, química, logística de cadena de frío y almacenamiento de productos perecibles, donde el control térmico resulta fundamental para garantizar la calidad, seguridad y durabilidad de los productos (ASHRAE, 2014).

En términos operativos, la refrigeración industrial funciona mediante sistemas termodinámicos cerrados en los cuales un fluido refrigerante circula en un ciclo continuo, cambiando de fase (líquido-gas-líquido) mientras absorbe y libera calor. Estos sistemas pueden funcionar por compresión mecánica, absorción térmica o tecnologías más recientes como refrigeración magnética o termoeléctrica, siendo el ciclo por compresión de vapor el más utilizado a nivel mundial (Pita, 2015).

Los sistemas frigoríficos industriales están compuestos por diversos elementos técnicos: compresores, condensadores, evaporadores, válvulas de expansión, sensores, aislamiento y paneles estructurales. Su diseño y operación deben cumplir con principios de eficiencia energética, seguridad ocupacional y respeto al medio ambiente, lo cual ha motivado una transición hacia refrigerantes ecológicos de bajo potencial de calentamiento global (GWP) y tecnologías más eficientes (UNEP, 2022). El papel de la refrigeración industrial en la cadena de valor moderna es cada vez más estratégico, ya que asegura la

conservación de los productos desde su fabricación hasta el consumo final, evitando pérdidas económicas, sanitarias y medioambientales.

2.1. Historia y evolución de la refrigeración.

La refrigeración como necesidad humana surge desde la antigüedad, mucho tiempo antes del desarrollo de sistemas tecnológicos modernos. En donde diversas civilizaciones implementaron métodos rudimentarios para conservar alimentos o bebidas, tales como el uso de pozos de nieve, almacenamiento subterráneo y almacenamiento en cuevas. En Egipto, India y Persia ya se empleaban vasijas porosas y evaporación natural para enfriar agua, mientras que los romanos utilizaban hielo traído de las montañas para conservar sus productos (ASHRAE, 2014).

No obstante, el avance decisivo en la refrigeración se dio en el siglo XIX, cuando la ciencia termodinámica y la ingeniería comenzaron a integrarse. En 1755, el físico William Cullen realizó el primer experimento de refrigeración artificial en la Universidad de Glasgow, al lograr la evaporación controlada de éter bajo vacío. Este fue un precedente fundamental, aunque experimental.

El desarrollo práctico llegó en 1834 con Jacob Perkins, quien patentó el primer sistema de refrigeración por compresión de vapor utilizando éter como refrigerante, marcando el nacimiento de la refrigeración mecánica moderna (Perkins, 1834). A partir de este punto, se desarrollaron distintas máquinas que usaban refrigerantes naturales como amoníaco (NH_3), dióxido de carbono (CO_2) o azufre, en aplicaciones industriales, sobre todo para la conservación de carne y cerveza.

Durante el siglo XX, la industria experimentó un rápido crecimiento con la invención de refrigeradores domésticos y la popularización de refrigerantes sintéticos como los

clorofluorocarbonos (CFCs) y HCFCs, debido a su estabilidad y baja toxicidad. Sin embargo, se descubrió que estos compuestos eran perjudiciales para la capa de ozono, lo que motivó la adopción del Protocolo de Montreal (1987) y el posterior desarrollo de refrigerantes alternativos con bajo potencial de agotamiento de ozono (ODP) y bajo potencial de calentamiento global (GWP) (UNEP, 2022).

En la actualidad, la refrigeración ha evolucionado hacia sistemas inteligentes, energéticamente eficientes y ambientalmente responsables, integrando sensores, automatización, refrigerantes naturales (como CO₂ y propano), y sistemas de recuperación de calor. Además, se desarrollan tecnologías emergentes como la refrigeración magnética, termoeléctrica y criogénica, lo que indica una transición hacia sistemas más sostenibles. La historia de la refrigeración es, por tanto, la historia del progreso técnico al servicio de necesidades fundamentales de la humanidad, desde la conservación de alimentos hasta la estabilidad de medicamentos y el confort térmico en todo tipo de edificaciones.

2.2. Definición y funcionalidad de cámaras frigoríficas.

Las cámaras frigoríficas o cuartos fríos son estructuras cerradas y térmicamente aisladas diseñadas para almacenar productos sensibles a la temperatura en un entorno controlado mediante sistemas de refrigeración. Estas instalaciones permiten conservar alimentos, productos farmacéuticos, químicos y biológicos, evitando su degradación física, química o microbiológica (Revista Expofrío, 2023).

En términos funcionales, una cámara frigorífica integra varios subsistemas interdependientes:

- **Sistema de refrigeración:** compuesto por compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión, permite extraer el calor del recinto.

- **Sistema de aislamiento térmico:** conformado por paneles tipo sándwich con materiales de baja conductividad térmica (como poliuretano), evita las pérdidas energéticas.
- **Sistema de monitoreo y control:** incluye sensores de temperatura, humedad, sistemas de alarma y controles automatizados para mantener condiciones estables.

Las cámaras pueden clasificarse según su función térmica:

- **Cámaras de conservación o refrigeración:** operan entre 0 °C y 10 °C, útiles para frutas, verduras, lácteos y bebidas.
- **Cámaras de congelación:** trabajan a temperaturas de hasta -28 °C, adecuadas para carnes, pescados y productos congelados.
- **Túneles de congelación rápida:** utilizados para el congelamiento instantáneo de alimentos, conservando su textura y nutrientes.

El correcto funcionamiento de una cámara frigorífica depende de una planificación técnica adecuada, del uso responsable de los recursos energéticos, y de programas de mantenimiento preventivo que garanticen la continuidad de la cadena de frío.

2.3. Tipos de cámaras de refrigeración: conservación y congelación.

Las cámaras de refrigeración son clasificadas en función de los rangos de temperatura que pueden alcanzar, el tipo de productos que almacenan, y la finalidad específica de conservación. Esta categorización permite seleccionar el diseño y tecnología adecuada según las necesidades del proceso industrial, comercial o logístico en el que se integren.

a) Cámaras de conservación o refrigeración positiva

Estas cámaras operan en rango de temperaturas entre 0 °C y 10 °C, y su función principal es preservar productos frescos sin llegar a congelarlos. Se utilizan ampliamente para el almacenamiento de:

- Frutas y verduras.
- Lácteos y embutidos.
- Bebidas, flores y productos farmacéuticos no congelados.

Su tecnología está diseñada para controlar tanto temperatura como humedad relativa, garantizando condiciones óptimas que minimicen la pérdida de peso, fermentación o crecimiento microbiano. Se emplean en supermercados, hospitales, hoteles, y centros logísticos de alimentos frescos.

Ilustración 1 Cámara de conservación o refrigeración positiva



Nota. Cámara refrigeración ancho 2000 mm alto 2000 mm temperatura positiva.

fuelle: Top Hostelería (2020).

b) Cámaras de congelación o refrigeración negativa

También denominadas cámaras de frío profundo, estas instalaciones mantienen temperaturas bajo cero, generalmente entre 0 °C y -28 °C.

Están destinadas a:

- Conservación de carne, pescado y mariscos.
- Helados y productos precocidos congelados.
- Insumos médicos o biológicos de larga duración.

El proceso de congelación detiene casi por completo la actividad bacteriana y enzimática, permitiendo una vida útil extendida de los productos. Estas cámaras deben contar con sistemas de control redundantes, aislamiento de alto rendimiento, y medidas especiales para prevenir condensaciones internas.

Ilustración 2 Cámaras de congelación o refrigeración negativa



Nota. Cámara de congelación Refrime. fuente: Refrimed (2021).

c) Túneles de congelación rápida (IQF)

Son cámaras especializadas que permiten congelar productos en tiempos muy cortos, gracias a corrientes de aire forzado a temperaturas extremadamente bajas (hasta $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Son ideales para productos como:

- Frutas y vegetales troceados.
- Mariscos, carnes en porciones individuales.
- Panes precocidos y productos precocinados.

La congelación rápida mantiene mejor las propiedades organolépticas, minimizando la formación de cristales grandes que puedan dañar las estructuras celulares. Son comunes en la industria alimentaria de exportación y en la producción de alimentos listos para consumo.

Ilustración 3 Túneles de congelación rápida (IQF)



Nota. Túnel de congelación rápida de productos. fuente: Focus Technology Co (2023).

d) Cámaras modulares y móviles

En contextos logísticos o de emergencias, también se utilizan cámaras modulares o móviles, que pueden ensamblarse rápidamente o transportarse, y cuya tecnología permite operar en ambos rangos térmicos. Son útiles para campañas de vacunación, cadenas de suministro flexibles o zonas rurales sin infraestructura fija.

Ilustración 4 Cámara modular o móvil.



Nota. Cámaras frigoríficas modulares con paneles frigorífico. Fuente: Sandesa (2023)

2.4. Sistemas de refrigeración por compresión.

Los sistemas de refrigeración por compresión representan una de las soluciones más empleadas en la industria para el acondicionamiento térmico y la conservación de productos perecederos. Su principio de operación se fundamenta en la utilización del ciclo termodinámico de compresión de vapor, a través del cual se transfiere calor desde un espacio de menor temperatura (como el interior de una cámara de refrigeración) hacia un entorno de mayor temperatura (el ambiente externo). Este proceso es posible gracias al uso de un fluido refrigerante que circula dentro de un sistema cerrado, experimentando cambios de estado físico a lo largo del ciclo (Çengel & Boles, 2014). Este tipo de tecnología resulta especialmente relevante tanto en contextos industriales como en entornos vinculados a la actividad marítima, donde el control térmico es indispensable para preservar adecuadamente productos como las especies marinas, por ejemplo, la albacora. La compresión mecánica de vapor ofrece ventajas importantes, entre las que destacan su eficiencia energética, adaptabilidad a diversos diseños y facilidad de mantenimiento. Estas

características la convierten en una alternativa idónea para su implementación en cámaras frigoríficas de mediana capacidad (ASHRAE, 2018).

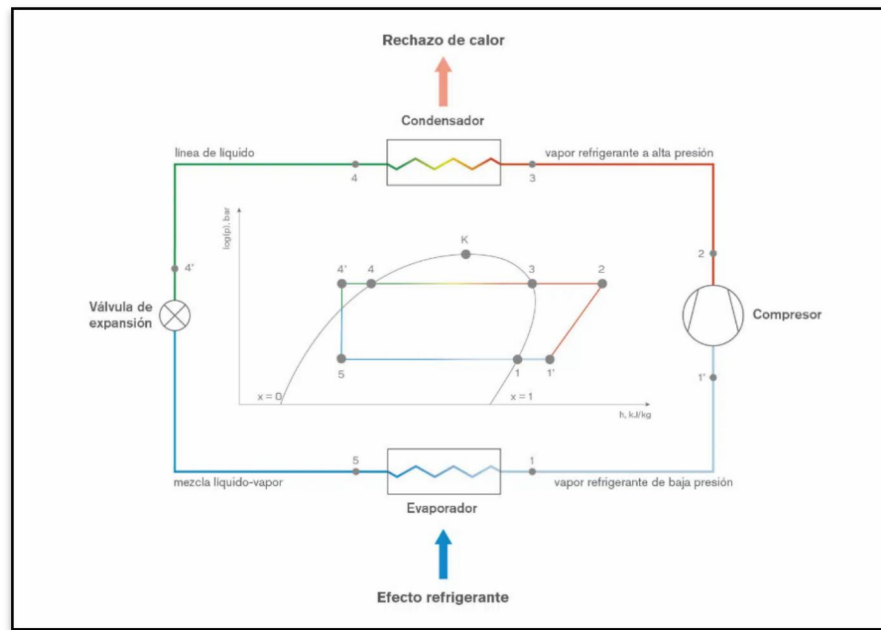
Desde el punto de vista técnico, este sistema transforma energía mecánica en energía térmica útil mediante un ciclo compuesto por cuatro etapas fundamentales: compresión, condensación, expansión y evaporación. Cada una de estas fases modifica las condiciones de presión y temperatura del refrigerante, lo que permite que este fluido absorba calor en un punto del proceso y lo libere en otro, asegurando así la efectividad del intercambio térmico (Stoecker & Jones, 1982).

2.4.1. Principio de funcionamiento de un sistema de refrigeración.

El principio operativo de un sistema de refrigeración por compresión de vapor se basa en un ciclo de cuatro etapas fundamentales: evaporación, compresión, condensación y expansión.

En la etapa de evaporación, el refrigerante, en estado líquido y a baja presión, absorbe el calor del entorno al cambiar de estado a vapor. Este vapor es luego aspirado por el compresor, el cual eleva su presión y temperatura. A continuación, el refrigerante comprimido se dirige hacia el condensador, donde cede el calor al medio ambiente (aire o agua), retornando así a estado líquido. Finalmente, el líquido pasa por un dispositivo de expansión que reduce su presión y temperatura, preparándolo nuevamente para su ingreso al evaporador.

Ilustración 5 Diagrama del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.



Nota. Demuestra como se da el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Fuente: Adriana Aguirre (2021).

Este proceso corresponde al ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, una variante técnica del ciclo de Carnot invertido, diseñada para maximizar la eficiencia de la transferencia térmica mediante mecanismos de compresión y expansión controlados. A diferencia del ciclo ideal, en los sistemas reales se presentan irreversibilidades asociadas a la fricción del fluido y a la pérdida de carga en las tuberías, por lo que se aplican ajustes ingenieriles que optimizan el rendimiento operativo.

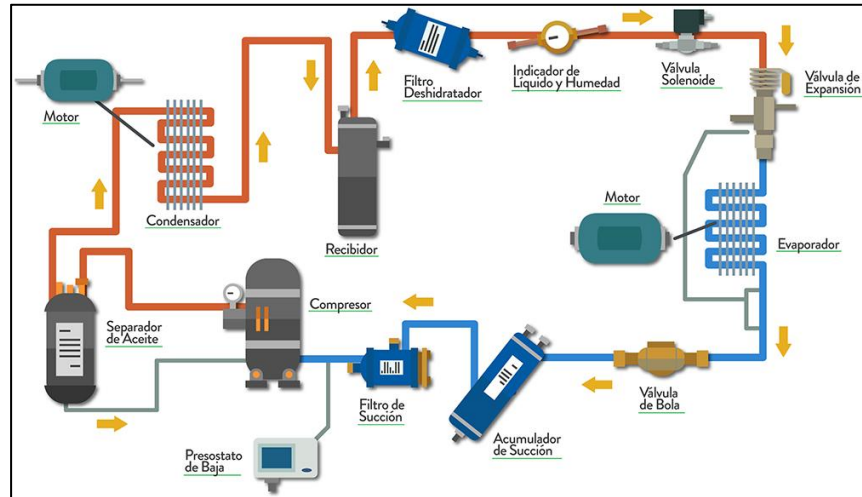
2.4.2. Elementos fundamentales del sistema frigorífico.

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor se compone de cuatro elementos principales: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. Cada uno de ellos cumple una función específica que permite la transferencia de calor de un espacio frío a uno más cálido, posibilitando el mantenimiento de temperaturas controladas en cámaras frigoríficas u otros sistemas similares.

- **Compresor:** es el encargado de aspirar el refrigerante en estado de vapor a baja presión desde el evaporador y comprimirlo hasta una alta presión, incrementando al mismo tiempo su temperatura. El tipo de compresor más común en instalaciones industriales de refrigeración incluye los de tipo alternativo, rotativo y scroll, según la capacidad y el uso específico (ASHRAE, 2018).
- **Condensador:** recibe el refrigerante caliente y comprimido, y permite su enfriamiento mediante la cesión de calor al entorno (aire o agua), provocando su cambio de fase de vapor a líquido. Su eficiencia depende de factores como la superficie de intercambio, el caudal del medio de enfriamiento y la temperatura ambiente (Stoecker & Jones, 1982).
- **Dispositivo de expansión:** regula el paso del refrigerante líquido hacia el evaporador, reduciendo bruscamente su presión y temperatura. Los más utilizados son la válvula de expansión termostática, el tubo capilar y las válvulas electrónicas, según el nivel de control deseado en el sistema (ASHRAE, 2018).
- **Evaporador:** permite la evaporación del refrigerante a baja presión dentro del recinto refrigerado. Al absorber calor del ambiente, el refrigerante se transforma nuevamente en vapor, completando así el ciclo (Çengel & Boles, 2014).

Cada uno de estos componentes está interconectado mediante tuberías por las cuales circula el fluido refrigerante, y su correcto dimensionamiento y selección técnica son esenciales para garantizar la eficiencia energética y el rendimiento térmico del sistema.

Ilustración 6 Componentes clave de un sistema de refrigeración.



Nota. Componentes clave de un sistema de refrigeración. Fuente: Frigopack (2021)

2.4.3. Funciones principales del compresor, condensador, dispositivo de expansión y evaporador.

El funcionamiento de los sistemas de refrigeración por compresión se fundamenta en un ciclo termodinámico cerrado, en el cual el refrigerante atraviesa sucesivas etapas de compresión, condensación, expansión y evaporación. A lo largo de este proceso, el fluido modifica sus propiedades de presión, temperatura y estado físico, permitiendo así la transferencia eficiente de calor.

El ciclo se inicia con el refrigerante en estado de vapor a baja presión, el cual es aspirado por el compresor y sometido a un proceso de compresión adiabática. Como resultado, se incrementan tanto su presión como su temperatura, generando un vapor sobrecalentado. Este vapor se dirige al condensador, donde cede energía térmica al medio externo (ya sea aire o agua), provocando su condensación y retorno al estado líquido. A continuación, el refrigerante líquido pasa a través de un dispositivo de expansión, donde experimenta una disminución repentina de presión y temperatura. Este cambio genera una

mezcla bifásica que ingresa al evaporador. En esta última etapa, el refrigerante absorbe el calor del espacio refrigerado, completando así su vaporización y retornando a su estado gaseoso, listo para reiniciar el ciclo (Çengel & Boles, 2014; Stoecker & Jones, 1982).

Este proceso cíclico permite mantener temperaturas constantes y adecuadas en cámaras frigoríficas de uso industrial, garantizando condiciones óptimas para la conservación de productos perecederos, como alimentos o especies marinas que requieren un control térmico riguroso. La comprensión y dominio de este ciclo constituyen elementos fundamentales para el diseño, operación y mantenimiento eficiente de sistemas de refrigeración. Asimismo, sientan las bases para el desarrollo de tecnologías más avanzadas, como los sistemas de doble etapa o los sistemas en cascada, ampliamente utilizados en aplicaciones industriales de mayor exigencia (ASHRAE, 2018).

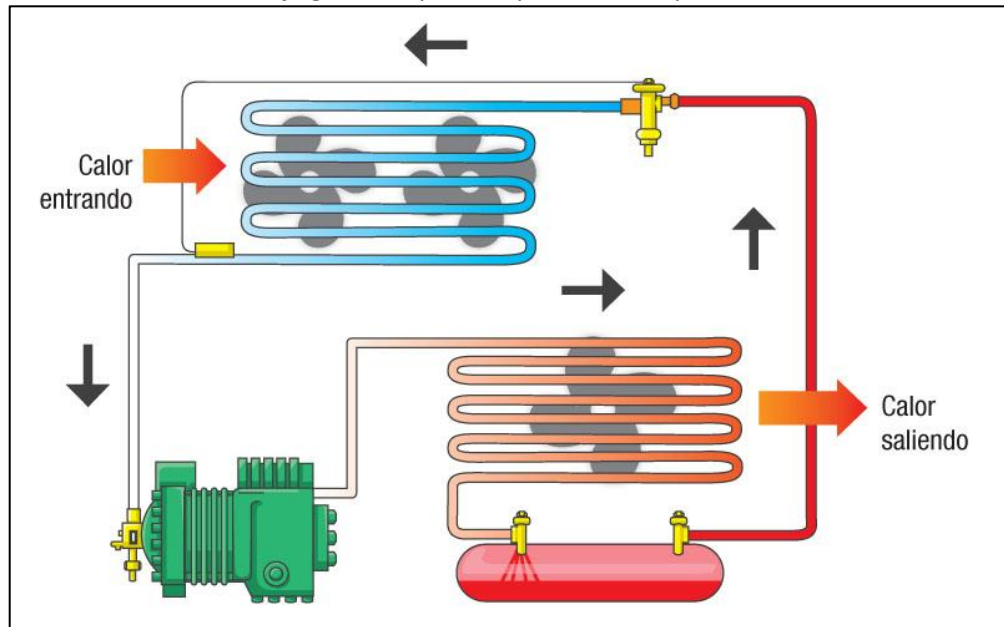
2.4.4. Flujo del fluido refrigerante a través del circuito.

El funcionamiento de un sistema de refrigeración por compresión depende del recorrido cíclico del fluido refrigerante a través de los distintos componentes del sistema. Este fluido atraviesa cuatro etapas fundamentales: compresión, condensación, expansión y evaporación, cambiando de estado y de presión a medida que avanza. El ciclo se inicia cuando el refrigerante, en forma de vapor a baja presión, es aspirado por el compresor, donde es comprimido y elevado a una alta presión y temperatura. Luego pasa al condensador, donde se enfría y se condensa, pasando de estado gaseoso a líquido, cediendo el calor al medio externo (ya sea aire o agua).

Posteriormente, el refrigerante líquido entra al dispositivo de expansión (válvula o capilar), donde se produce una caída repentina de presión y temperatura, generando una mezcla bifásica (líquido-vapor) que ingresa al evaporador. Allí, el refrigerante absorbe el

calor del ambiente interior del recinto refrigerado, evaporándose completamente, para luego regresar nuevamente al compresor (ASHRAE, 2014).

Ilustración 7 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.



Nota. Muestra el ciclo básico de refrigeración por compresión. Fuente: Sr Frío (2017).

Este recorrido continuo permite mantener una transferencia térmica eficiente, ya que el refrigerante aprovecha su capacidad de absorción de calor durante la evaporación y de cesión de calor durante la condensación. El diseño del circuito debe garantizar que no existan obstrucciones, fugas ni pérdidas de carga significativas, ya que estas afectarían el rendimiento del sistema (Çengel & Boles, 2014).

2.4.5. Alta y baja presión en los sistemas de refrigeración.

En los sistemas de refrigeración por compresión, se distinguen dos zonas de funcionamiento en términos de presión: la zona de alta presión y la zona de baja presión. Esta diferencia de presiones es esencial para permitir los cambios de estado del refrigerante y el flujo del calor a lo largo del ciclo.

- La **zona de alta presión** se extiende desde la salida del compresor hasta la entrada del dispositivo de expansión. En este tramo, el refrigerante se encuentra en estado de vapor sobrecalentado tras la compresión, y se transforma en líquido al liberar calor en el condensador.
- La **zona de baja presión** se inicia en la salida del dispositivo de expansión y termina en la entrada del compresor. Aquí, el refrigerante se encuentra en estado líquido parcialmente evaporado o en mezcla, y absorbe calor en el evaporador hasta evaporarse por completo.

Estas dos zonas se monitorean mediante manómetros instalados en puntos estratégicos del sistema. La presión de succión (baja presión) y la presión de descarga (alta presión) deben mantenerse dentro de los valores establecidos por el diseño del sistema y las características del refrigerante. Un desequilibrio entre estas presiones puede ser indicador de fallas como obstrucción en la línea de líquido, exceso de refrigerante, válvula de expansión defectuosa, o un compresor deteriorado (Dossat & Horan, 2002; ASHRAE, 2014).

La correcta interpretación de las presiones en operación es parte crítica del mantenimiento preventivo y predictivo de cualquier instalación frigorífica, pues ayuda a detectar desviaciones antes de que ocurran fallas críticas (Reina-Pérez et al., 2017).

2.5. Componentes estructurales y funcionales de las cámaras frigoríficas.

Las cámaras frigoríficas, tanto para conservación como congelación, están compuestas por diversos elementos técnicos y estructurales que permiten mantener un ambiente térmico controlado.

2.5.1. Compresores.

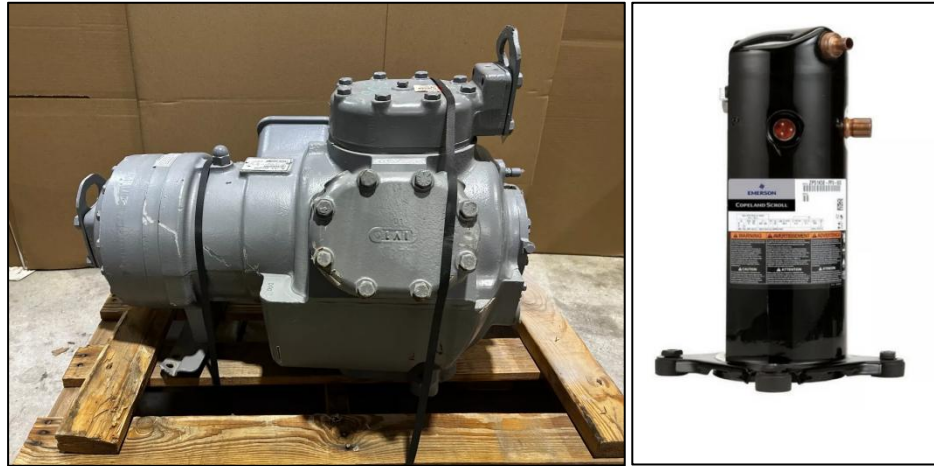
El compresor es considerado el componente más crítico dentro de un sistema de refrigeración, ya que actúa como el motor del ciclo frigorífico. Su función principal es aspirar el refrigerante en estado gaseoso desde el evaporador, a baja presión y temperatura, y comprimirlo para elevar su presión y temperatura, enviándolo al condensador (ASHRAE, 2014). Este proceso permite que el refrigerante libere calor al ambiente y se condense en la siguiente etapa del ciclo.

Existen diversos tipos de compresores utilizados en cámaras frigoríficas, y su elección depende de factores como la capacidad frigorífica, el tipo de refrigerante y la aplicación industrial. Los principales tipos son:

- **Compresores herméticos:** El motor y el compresor están sellados en una misma carcasa. Son comunes en sistemas de refrigeración pequeños y domésticos.
- **Compresores semiherméticos:** Permiten el acceso a su interior para mantenimiento. Son comunes en aplicaciones comerciales e industriales.
- **Compresores abiertos:** El motor está separado del cuerpo del compresor y se conecta mediante un eje o acoplamiento. Son usados en grandes instalaciones industriales.

Una correcta elección y mantenimiento del compresor asegura la eficiencia del sistema, evita sobrecalentamientos y reduce el riesgo de fallos operativos (Campos, 2018).

Ilustración 8 Compresores de Refrigeración Industrial.



Nota. Compresores industriales semiherméticos R-22. Fuente: Ebay (1995).

2.5.2. Evaporadores.

El evaporador es el componente donde el refrigerante en estado líquido absorbe calor del ambiente refrigerado y se evapora, enfriando así el espacio interior de la cámara frigorífica. El proceso ocurre gracias a que el refrigerante entra al evaporador a baja presión y temperatura, permitiendo su cambio de estado al entrar en contacto con el aire del recinto (ASHRAE, 2014).

Los evaporadores se pueden clasificar según su forma de intercambio térmico:

- **Evaporadores estáticos:** Utilizan la conducción directa del calor desde los productos al evaporador. Son más simples, pero menos eficientes.
- **Evaporadores ventilados:** Incorporan ventiladores que distribuyen el aire frío de forma homogénea. Son los más comunes en cámaras frigoríficas modernas.
- **Evaporadores inundados:** El refrigerante llena completamente el interior del evaporador, ideal para grandes instalaciones industriales.

El buen diseño y mantenimiento del evaporador son esenciales para garantizar la temperatura uniforme, evitar acumulaciones de escarcha y mejorar la eficiencia energética del sistema (Herrera, 2019).

Ilustración 9 Evaporadores de Refrigeración Industrial.



Nota. Evaporadores de flujo de aire reversible, puede cambiar la dirección del flujo de aire. Fuente: Colmac Coil (2021).

2.5.3. Condensadores.

El condensador es un componente esencial en el ciclo de refrigeración por compresión. Su función principal es facilitar el cambio de fase del refrigerante, desde vapor a alta presión hacia estado líquido, mediante la cesión de calor al medio ambiente. Este proceso ocurre después de que el refrigerante ha sido comprimido, por lo que el condensador debe manejar temperaturas y presiones elevadas (ASHRAE, 2018).

Existen diversos tipos de condensadores, clasificados según el medio utilizado para el intercambio de calor:

- **Condensadores enfriados por aire:** Utilizan ventiladores para forzar el paso de aire a través de serpentines, lo que permite disipar el calor. Son comunes en instalaciones pequeñas o medianas.

- **Condensadores enfriados por agua:** Usan agua como medio de enfriamiento, a menudo en conjunto con torres de enfriamiento. Son más eficientes térmicamente, pero requieren sistemas adicionales para el manejo del agua.
- **Condensadores evaporativos:** Combinan aire y agua para mejorar la eficiencia del intercambio térmico, especialmente en climas cálidos o para grandes cargas térmicas.

La selección del tipo de condensador depende del diseño del sistema, la capacidad térmica requerida, el clima y la disponibilidad de recursos (Arora & Domkundwar, 2010).

***Ilustración 10** Condensador de Refrigeración Industrial.*



Nota. Evaporadores Serie SSTHB. Fuente: Evapco (2020).

2.5.4. Válvulas de alivio.

Las válvulas de alivio son dispositivos de seguridad diseñados para proteger el sistema de refrigeración contra sobrepresiones que podrían dañar los componentes o generar fallos catastróficos. Estas válvulas se activan automáticamente cuando la presión del sistema excede un límite preestablecido, liberando refrigerante al ambiente o a un sistema de contención (ASHRAE, 2018).

Se ubican generalmente en puntos críticos del sistema, como cerca del compresor, en la línea de descarga o en los recipientes de líquido refrigerante. Su diseño debe cumplir con las normativas de seguridad industrial y estar calibradas adecuadamente. Estas válvulas deben someterse a inspección periódica, ya que su mal funcionamiento podría comprometer la seguridad del sistema. Las normas como la ISO 5149 y las recomendaciones de ASHRAE detallan los procedimientos para su instalación, mantenimiento y pruebas.

Ilustración 11 *Válvula de alivio*



Nota. Válvula de alivio de presión utilizada en sistemas de refrigeración para prevenir sobrepresiones y garantizar la seguridad del sistema. Fuente: Weston (2021).

2.5.5. Filtros secadores de aire.

En los sistemas de refrigeración, los filtros o filtros deshidratadores representan un elemento esencial para garantizar el correcto funcionamiento y la durabilidad de todo el sistema. Su función principal es eliminar contaminantes sólidos, humedad y ácidos del

circuito del refrigerante, ya que estos pueden causar obstrucciones, corrosión, reducción de la eficiencia térmica y fallos prematuros de componentes críticos como el compresor, las válvulas de expansión y los capilares (Campos, 2018).

La humedad, por ejemplo, es uno de los contaminantes más peligrosos en el sistema frigorífico, ya que puede combinarse con el refrigerante y formar ácido fluorhídrico, un compuesto altamente corrosivo para metales y materiales plásticos presentes en el sistema. Por ello, el filtro incluye agentes desecantes, como la alúmina activada o el gel de sílice, capaces de absorber la humedad antes de que cause daño (ASHRAE, 2018).

Existen diversos tipos de filtros, como:

- **Filtros deshidratadores herméticos:** Son sellados y deben reemplazarse completamente al finalizar su vida útil.
- **Filtros recargables o desmontables:** Permiten el reemplazo del cartucho filtrante sin cambiar todo el cuerpo del filtro.
- **Filtros de malla metálica o de sedimentos:** Están diseñados para atrapar partículas sólidas como óxidos metálicos, residuos de soldadura o suciedad acumulada.

La ubicación habitual del filtro es en la línea de líquido, entre el condensador y el dispositivo de expansión. Sin embargo, también puede encontrarse en la línea de succión para proteger al compresor de residuos sólidos. Se recomienda que estos filtros sean inspeccionados regularmente y reemplazados según las indicaciones del fabricante o si se detectan caídas de presión significativas a su paso.

Un sistema frigorífico sin una adecuada filtración corre el riesgo de bloqueos internos, pérdida de capacidad frigorífica y reducción de la vida útil de sus componentes, lo que aumenta los costos de mantenimiento y reparación.

Ilustración 12 Filtros deshidratadores de línea de líquido.



Nota. Filtros deshidratadores de línea de líquido, esenciales para eliminar humedad y partículas en sistemas de refrigeración. Fuente: Ebay (2023).

2.5.6. Tanques de líquido refrigerante.

Los tanques de líquido refrigerante, también conocidos como recipientes de líquido o acumuladores, cumplen una función crítica en los sistemas de refrigeración de gran capacidad. Su principal objetivo es almacenar el refrigerante en estado líquido después del proceso de condensación y antes de ser suministrado al evaporador a través del dispositivo de expansión (ASHRAE, 2018).

Este componente actúa como amortiguador térmico y volumétrico, permitiendo estabilizar el sistema frente a cambios de carga térmica y variaciones de presión. También evita que el sistema se quede sin refrigerante líquido en situaciones de alta demanda, como ocurre en cámaras de congelación en ciclos prolongados.

Las funciones clave del tanque de líquido son:

- **Almacenamiento temporal del refrigerante**, permitiendo su distribución controlada.

- **Separación entre fases líquidas y gaseosas**, garantizando que solo refrigerante líquido entre en el dispositivo de expansión.
- **Mantenimiento de presión constante** en la línea de líquido.
- **Facilitar el mantenimiento**, ya que incluye conexiones para válvulas de cierre, válvulas de servicio, visores de nivel y tomas de presión.

Los tanques están fabricados en acero y diseñados para soportar presiones elevadas. Su volumen se calcula considerando el 100–130 % del volumen total de refrigerante del sistema, permitiendo que todo el refrigerante pueda almacenarse en el tanque durante paradas de mantenimiento o contingencias (Arora & Domkundwar, 2010).

Además, muchos tanques incorporan válvulas de alivio de presión para evitar daños estructurales por sobrepresión, y deben cumplir con normativas internacionales de seguridad, como ASME VIII o ISO 5149.

Ilustración 13 Tanque de líquido refrigerante



Nota. Tanque de líquido refrigerante de 6 litros, utilizado para almacenar y suministrar refrigerante en sistemas de refrigeración. Fuente: Alfa refreshop (2023).

2.5.7. Paneles aislantes para cámaras de congelación.

Los paneles aislantes son elementos constructivos fundamentales en el diseño de cámaras frigoríficas, especialmente aquellas dedicadas a la congelación industrial. Su función principal es limitar la transferencia de calor entre el interior y el exterior de la cámara, manteniendo la temperatura estable y reduciendo el consumo energético necesario para el proceso de refrigeración. Están compuestos por un núcleo de material aislante térmico, como el poliuretano expandido (PUR) o el poliisocianurato (PIR), recubierto con láminas de acero galvanizado, pre pintado o acero inoxidable. Este tipo de materiales garantiza una alta resistencia mecánica, impermeabilidad y facilidad de limpieza, factores clave en aplicaciones industriales que requieren estrictos controles sanitarios, como el procesamiento de alimentos o productos farmacéuticos.

Los paneles para cámaras de congelación presentan espesores que van desde los 120 mm hasta los 200 mm, en función de la temperatura interior deseada (generalmente por

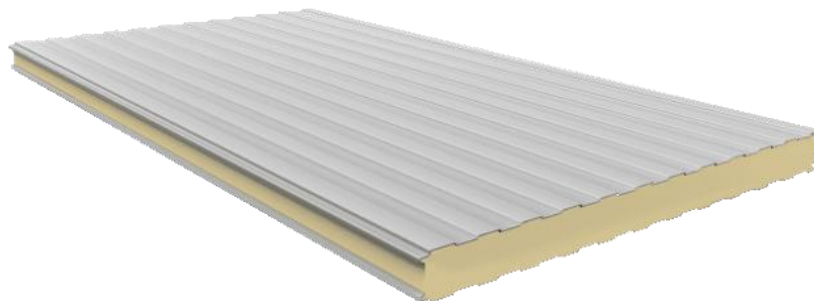
debajo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$). Cuanto mayor es el aislamiento, menor es la pérdida energética y más eficiente es la operación del sistema de refrigeración.

Entre sus ventajas destacan:

- **Modularidad:** Pueden ensamblarse fácilmente, adaptándose a diferentes configuraciones y volúmenes.
- **Facilidad de instalación:** Gracias a sistemas de encastre tipo macho-hembra y fijación mediante ganchos excéntricos.
- **Durabilidad y resistencia al fuego:** Especialmente con núcleos PIR y recubrimientos ignífugos.
- **Reducción de condensación:** Lo cual mejora la higiene y reduce riesgos de deterioro estructural.

El correcto diseño e instalación de estos paneles influye significativamente en la eficiencia energética, en la vida útil de la cámara frigorífica y en el cumplimiento de normativas sanitarias, especialmente en industrias como la alimentaria o farmacéutica (ASHRAE, 2018).

Ilustración 14 Paneles sándwich con núcleo de poliuretano.



Nota. Paneles sándwich con núcleo de poliuretano, utilizados para el aislamiento térmico en cámaras de congelación. Fuente: Grupo panel sandwich (2025).

2.6. Tipos de mantenimiento aplicables a sistemas frigoríficos.

La fiabilidad y el buen desempeño de un sistema de refrigeración dependen, en gran medida, de la implementación adecuada de un plan de mantenimiento. Este conjunto de acciones no solo está orientado a corregir fallas cuando ocurren, sino también a prevenirlas y anticiparlas, con el fin de optimizar la eficiencia energética, minimizar los tiempos de inactividad y alargar la vida útil de los equipos (ASHRAE, 2014; Herrera, 2019).

En el caso de instalaciones frigoríficas (como las cámaras de conservación o congelación) el mantenimiento cobra una importancia crítica, ya que cualquier interrupción del sistema puede afectar gravemente productos sensibles a la temperatura, tales como alimentos perecibles o insumos farmacéuticos. Para garantizar su correcto funcionamiento, se aplican diversos tipos de mantenimiento, entre los que destacan: el correctivo, el preventivo, el predictivo, el correctivo planificado y el correctivo de emergencia. Cada uno

de estos enfoques responde a procedimientos específicos, con objetivos y frecuencias claramente establecidos (Reina-Pérez et al., 2017; Linares, 2018).

2.6.1. Mantenimiento correctivo.

El mantenimiento correctivo se refiere a las acciones realizadas una vez que ha ocurrido una falla o deterioro en alguno de los componentes del sistema de refrigeración, con el propósito de restablecer su funcionamiento normal. Esta modalidad puede incluir desde reparaciones menores hasta la sustitución de piezas defectuosas, e incluso, en algunos casos, la detención temporal de toda la instalación. En el ámbito de la refrigeración industrial, este tipo de mantenimiento se relaciona comúnmente con problemas como fallas en el compresor, bloqueos en el condensador, fugas de gas refrigerante, obstrucciones en el dispositivo de expansión o deterioro del evaporador. Al tratarse de una estrategia de carácter reactivo, su ejecución se produce después de que el fallo se ha manifestado, lo cual suele implicar un mayor costo económico. Esto se debe, entre otros factores, a la urgencia de la intervención, los tiempos de inactividad del sistema y los posibles daños adicionales que pueden generarse por la paralización no planificada del equipo (Campos, 2018; Linares, 2018).

En sistemas frigoríficos industriales, el mantenimiento correctivo puede dividirse en dos categorías:

- **Correctivo no planificado**, que responde a fallas imprevistas.
- **Correctivo planificado**, que se programa con antelación y se ejecuta cuando el daño es controlado o de bajo impacto operacional.

Aunque el mantenimiento correctivo es necesario, no debe constituir la única estrategia de conservación del sistema, ya que actuar solo ante fallos incrementa el riesgo

de pérdidas de producto, baja eficiencia energética y daños permanentes en la maquinaria (ASHRAE, 2014, cap. 44).

2.6.2. Mantenimiento correctivo de emergencia.

El mantenimiento correctivo de emergencia se caracteriza por ser una intervención inmediata y no planificada, ejecutada ante fallas imprevistas que comprometen la seguridad operativa del sistema, la calidad de los productos refrigerados o la continuidad del proceso productivo. En instalaciones frigoríficas, este tipo de mantenimiento se activa frente a situaciones críticas como la pérdida total del refrigerante, el fallo del compresor principal o la interrupción del suministro eléctrico al sistema de control. Dada su naturaleza urgente, esta modalidad requiere una respuesta rápida y coordinada, lo que incrementa significativamente los costos asociados, tanto a nivel económico como logístico. Como señala Campos (2018), el mantenimiento de emergencia implica una movilización extraordinaria de recursos, incluyendo la disponibilidad permanente de personal técnico, la adquisición inmediata de repuestos, y en ocasiones, la contratación temporal de equipos alternativos. Estas acciones son necesarias para evitar daños mayores, como la pérdida de productos altamente sensibles a las variaciones de temperatura.

En instalaciones frigoríficas de uso comercial o industrial (como supermercados, centros de distribución alimentaria o laboratorios biomédicos), la aplicación del mantenimiento de emergencia debe contemplar:

- Un protocolo de contingencia activado por alarmas técnicas o sensores.
- Equipos de respaldo, como generadores eléctricos o cámaras auxiliares.
- Un plan de riesgos, que evalúe las consecuencias de cada tipo de fallo y establezca prioridades de intervención (Herrera, 2019).

No obstante, el mantenimiento correctivo de emergencia debe representar la última opción, solo aplicable cuando el fallo ocurre de manera súbita y no se han implementado mecanismos preventivos o predictivos adecuados. Su uso frecuente indica una deficiente planificación técnica y una gestión de activos ineficiente (ASHRAE, 2014; Linares, 2018).

2.6.3. Mantenimiento correctivo planificado.

El mantenimiento correctivo planificado, también denominado correctivo programado, consiste en la intervención de un equipo tras la detección de una falla incipiente o previsible, pero antes de que esta genere una interrupción inesperada del sistema. A diferencia del mantenimiento correctivo de emergencia, esta modalidad permite anticiparse al problema mediante la programación de las tareas necesarias, lo que facilita la organización de los recursos técnicos y logísticos, y minimiza el impacto sobre la operatividad del sistema, especialmente en instalaciones críticas como las cámaras frigoríficas (Campos, 2018; Herrera, 2019).

Este enfoque resulta particularmente valioso en contextos donde es posible identificar señales de deterioro progresivo, como una disminución en la eficiencia del aislamiento térmico, un incremento anormal en el consumo energético del compresor o una obstrucción parcial del evaporador. Si bien el sistema aún permanece funcional, estas condiciones alertan sobre la necesidad de una intervención. En tales casos, se planifica la reparación o sustitución de componentes durante una ventana de mantenimiento previamente definida, evitando así interrupciones no deseadas en los procesos de producción o conservación de productos perecederos.

El mantenimiento correctivo planificado puede adoptar dos formas específicas:

1. **Mantenimiento hasta la falla controlada:** Se permite que el equipo siga operando hasta que la falla ocurra, pero bajo condiciones monitoreadas que aseguren que la detención no será crítica.
2. **Mantenimiento por condición:** Se interviene el equipo al detectar desviaciones operativas, sin esperar que el fallo ocurra por completo (Reina-Pérez et al., 2017).

En el contexto de sistemas frigoríficos, este tipo de mantenimiento permite:

- Minimizar las interrupciones imprevistas.
- Reducir el uso de recursos extraordinarios típicos del mantenimiento de emergencia.
- Optimizar el inventario de repuestos, ya que permite solicitarlos con antelación.
- Aumentar la vida útil de los componentes, evitando deterioros colaterales provocados por fallas no contenidas (ASHRAE, 2014).

Este enfoque se alinea con buenas prácticas de gestión de mantenimiento industrial, donde la planificación y la gestión preventiva del riesgo son pilares fundamentales para la sostenibilidad del sistema.

2.6.3. Mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo consiste en la ejecución sistemática de acciones programadas y periódicas orientadas a evitar la aparición de fallas en los equipos, garantizando su operatividad y prolongando su vida útil. Esta estrategia se basa en el principio de que es más económico prevenir que reparar, especialmente en sistemas sensibles como los de refrigeración industrial o comercial (Herrera, 2019).

En sistemas frigoríficos, el mantenimiento preventivo abarca tareas como:

- Revisión periódica de presiones y temperaturas del sistema.

- Limpieza de condensadores y evaporadores.
- Verificación del nivel de refrigerante.
- Lubricación de componentes móviles, como motores eléctricos y ventiladores.
- Inspección de fugas en tuberías o conexiones.
- Calibración de termostatos, sensores y válvulas de expansión (ASHRAE, 2014).

A diferencia del mantenimiento correctivo, que actúa tras la falla, el preventivo busca interrumpir el ciclo de deterioro antes de que se manifieste en un fallo operativo. Esto es esencial en cámaras frigoríficas que conservan productos perecibles, donde una detención inesperada podría generar pérdidas económicas significativas o incluso riesgos sanitarios. Como señala Salgado et al. (2018), la eficacia del mantenimiento preventivo depende de:

- La frecuencia adecuada de las inspecciones.
- La formación técnica del personal encargado.
- El registro y análisis histórico de fallas, para ajustar los ciclos de mantenimiento.

El manual de ASHRAE (2014) destaca que las empresas que implementan adecuadamente planes de mantenimiento preventivo pueden lograr:

- Ahorros de energía superiores al 15 %.
- Reducción en más del 50 % de los tiempos de inactividad.
- Aumento de la vida útil de compresores y motores hasta en un 30 %.

Por ello, el mantenimiento preventivo no solo contribuye a la continuidad operativa, sino también a la eficiencia energética y a la sostenibilidad ambiental del sistema.

2.6.4. Mantenimiento predictivo.

El mantenimiento predictivo, también denominado mantenimiento basado en la condición, se fundamenta en la observación continua del estado operativo de los equipos para anticipar posibles fallos antes de que ocurran. A diferencia del preventivo, que sigue un calendario fijo, el predictivo se activa únicamente cuando los datos recolectados evidencian variaciones anómalas en los parámetros de funcionamiento del sistema (Reina-Pérez et al., 2017).

En los sistemas frigoríficos, el mantenimiento predictivo se apoya en tecnologías de monitoreo como:

- Análisis de vibraciones en compresores y motores eléctricos.
- Termografía infrarroja para detectar sobrecalentamientos en conexiones eléctricas o componentes mecánicos.
- Análisis de aceites y lubricantes, que permite identificar presencia de contaminantes o desgaste de piezas internas.
- Monitoreo remoto de temperatura, presión y consumo eléctrico, mediante sensores IoT y sistemas SCADA (Campos, 2018; ASHRAE, 2014).

El objetivo central del mantenimiento predictivo es minimizar intervenciones innecesarias, reducir costes de mantenimiento, y anticipar fallas de alto impacto. Su implementación requiere inversión tecnológica, pero a mediano plazo ofrece beneficios considerables:

- Mayor eficiencia operativa.
- Reducción de fallas catastróficas.

- Aumento en la confiabilidad de equipos críticos, como el compresor principal.
- Optimización en la planificación de repuestos y personal técnico (Herrera, 2019).

Según ASHRAE (2014), esta estrategia es especialmente recomendable en instalaciones frigoríficas de misión crítica, como laboratorios biomédicos, centros de distribución de alimentos o supermercados, donde el fallo de un solo componente puede comprometer toda la operación.

En definitiva, el mantenimiento predictivo se posiciona como un enfoque moderno y tecnológicamente avanzado, ideal para acompañar la transformación digital de la gestión de instalaciones térmicas.

2.7. Planificación del mantenimiento en cámaras frigoríficas.

El plan de mantenimiento en cámaras frigoríficas constituye una herramienta fundamental para garantizar la eficiencia térmica, la continuidad operativa y la seguridad de los productos almacenados. Se trata de un documento técnico que define la periodicidad, el tipo de mantenimiento, los responsables, y los procedimientos específicos aplicables a cada componente del sistema de refrigeración.

La elaboración de este plan debe basarse en los principios de gestión del mantenimiento industrial, considerando el ciclo de vida útil de los equipos, el historial de fallos, la criticidad de cada componente, y las condiciones operativas específicas del entorno (Herrera, 2019; Campos, 2018).

2.7.1. Elementos clave de un plan de mantenimiento frigorífico

1. Inventario de equipos y sistemas

Se debe registrar cada elemento que forma parte del sistema de refrigeración: compresores, evaporadores, condensadores, válvulas de expansión, sistemas eléctricos, sensores, paneles aislantes, entre otros (ASHRAE, 2014).

2. Clasificación del mantenimiento

El plan debe definir los tipos de mantenimiento aplicables a cada equipo:

- **Preventivo:** inspecciones visuales, limpieza de serpentines, verificación de niveles de refrigerante, revisión de parámetros operativos.
- **Predictivo:** termografía infrarroja, análisis de vibraciones, evaluación de eficiencia energética.
- **Correctivo:** intervención ante fallos identificados, tanto planificados como de emergencia.

3. Frecuencia de tareas

Las tareas deben calendarizarse con base en:

- Horas de operación.
- Estacionalidad del uso (mayor carga térmica en verano, por ejemplo).
- Recomendaciones del fabricante (manual técnico).
- Normativas locales de seguridad y salud ocupacional (ej. Reglamento RETIE, en el caso ecuatoriano).

4. Procedimientos normalizados de trabajo (PNT)

Cada tarea debe tener un protocolo claro, que incluya el uso de equipos de protección personal (EPP), herramientas necesarias, pasos a seguir y parámetros de verificación post mantenimiento.

5. Registro y trazabilidad

Es fundamental contar con bitácoras o sistemas informáticos (GMAO) donde se registre cada intervención, detectando patrones que permitan predecir futuras fallas y ajustar el plan en función de los resultados obtenidos (Salgado et al., 2018).

Consecuencias de la ausencia de un plan de mantenimiento. Una cámara frigorífica sin Un plan de mantenimiento adecuado corre el riesgo de:

- Fallas técnicas graves, como pérdida de refrigerante, daño en el compresor o sobrecalentamiento del sistema eléctrico.
- Deterioro de los productos almacenados, especialmente alimentos y fármacos, por pérdida de la cadena de frío.
- Incremento del consumo energético, por falta de eficiencia en el ciclo de refrigeración.
- Infracciones normativas, si se incumplen requisitos legales de temperatura, higiene o seguridad eléctrica.

De acuerdo con el ASHRAE Handbook (2014), una correcta planificación del mantenimiento puede reducir las intervenciones de emergencia hasta en un 40 %, mejorar la eficiencia energética en más del 15 % y aumentar la vida útil de los equipos hasta en un 30 %.

2.7.2. Objetivos técnicos-operativos de un mantenimiento predictivo

El objetivo de un plan de mantenimiento técnico-operativo en sistemas frigoríficos es garantizar la disponibilidad funcional, eficiencia energética, seguridad operativa y prolongación de la vida útil de los equipos involucrados. Esto se logra mediante la identificación oportuna de fallos, la prevención de deterioros, y la optimización de los recursos técnicos y humanos implicados en el proceso (Campos, 2018; ASHRAE, 2014).

Desde una perspectiva técnica, el plan de mantenimiento se propone:

- Conservar la funcionalidad del sistema en condiciones óptimas.
- Minimizar pérdidas térmicas mediante la revisión de aislamiento y sellos.
- Detectar anomalías mecánicas o eléctricas en etapas tempranas.
- Mantener la carga de refrigerante dentro de los parámetros requeridos.

Desde una dimensión operativa, busca:

- Reducir tiempos de parada no planificada.
- Planificar de forma racional el uso de repuestos y personal.
- Garantizar la trazabilidad de las actividades realizadas.
- Cumplir con los estándares de calidad, inocuidad y normativas sanitarias.

La planificación técnica-operativa debe ser proactiva y sistemática, permitiendo intervenir antes de que ocurran fallos y facilitando la toma de decisiones basada en datos.

2.7.3. Frecuencia del mantenimiento preventivo

Todo plan de mantenimiento efectivo debe establecer la frecuencia con la que se realizarán las tareas, así como los métodos de inspección y seguimiento continuo del estado de los equipos. Esta frecuencia puede ser:

- **Diaria:** revisión básica de temperatura, presión y ruidos anormales.
- **Semanal:** inspección visual del compresor, filtros, nivel de aceite.
- **Mensual:** verificación de parámetros eléctricos, limpieza de serpentines.
- **Trimestral:** revisión de estanqueidad del sistema, pruebas de eficiencia.
- **Anual:** parada técnica general, revisión estructural y calibración completa (Herrera, 2019).

El seguimiento se realiza mediante:

- Listas de chequeo estructuradas.
- Bitácoras técnicas con fecha, observaciones y firma del técnico responsable.
- Software de gestión de mantenimiento (GMAO) que permite digitalizar el historial de intervenciones y generar alertas automáticas ante desvíos críticos.

El uso de herramientas como termografía infrarroja, sensores de vibración o análisis de aceites forma parte del monitoreo predictivo y fortalece el sistema de inspección.

2.7.4. Beneficios de la implementación de planes de mantenimiento.

La correcta aplicación de un plan de mantenimiento en cámaras frigoríficas aporta beneficios estratégicos, técnicos, económicos y operativos. Entre los más destacados, se encuentran:

- Reducción de fallos inesperados, lo que disminuye el riesgo de pérdida de productos y mejora la confiabilidad del sistema.
- Optimización del consumo energético, al mantener los equipos funcionando bajo condiciones ideales.
- Aumento de la vida útil de los componentes, lo que reduce los costos de reposición.
- Mejora en la seguridad de los operarios, al evitar fallos eléctricos, fugas de refrigerante o sobrepresiones peligrosas.
- Cumplimiento de normativas legales y estándares de calidad en el manejo de alimentos o medicamentos.
- Planificación financiera más precisa, al prever inversiones en mantenimiento y evitar gastos imprevistos por emergencias.

Diversos estudios han mostrado que los sistemas con mantenimiento estructurado presentan hasta un 40 % menos de incidencias operativas y un retorno sobre la inversión superior al 20 % en el primer año de implementación.

CAPÍTULO III

3. DIAGNÓSTICO Y PROCEDIMIENTO

El presente capítulo describe el diagnóstico del sistema de refrigeración de la cámara de congelación y el procedimiento aplicado para identificar y corregir fallas, asegurando la eficiencia térmica y la seguridad operativa del sistema. Se detallan las características técnicas de la cámara, los procedimientos de inspección, las pruebas realizadas y las acciones correctivas y preventivas implementadas.

3.1. Características técnicas de la cámara de congelación

La cámara de congelación cuenta con dimensiones internas de 2,10 m de largo, 1,80 m de ancho y 2,00 m de alto, con capacidad para almacenar hasta ½ tonelada (500 kg) de producto. Está construida con paneles de poliuretano inyectado de 10 cm de espesor, asegurando un adecuado aislamiento térmico.

Tabla 1 Características técnicas de la cámara de congelación.

Elemento técnico	Descripción
Dimensiones de la cámara	2.10 m de largo x 1.80 m de ancho x 2.00 m de alto
Modelo del compresor	Embraco áspera NJ2212GK
Refrigerante utilizado	R404A
Evaporador	Tipo cúbico DFI 15.25
Modelo del evaporador	ECO DCE 221R
Control de temperatura	Full Gauge Controls, DANFOSS
Presostato	ARTICCO 012-1549
Paneles aislantes	Paneles de poliuretano inyectado, de 10 cm de espesor

Puerta de la cámara	Abatible, con cerradura y sello perimetral hermético
Rango de temperatura de trabajo	Hasta -25 °C
Capacidad estimada	Conservación de aproximadamente 500 kg de producto (½ tonelada)
Sistema de drenaje	Incluye pendiente para facilitar evacuación del agua por deshielo
Iluminación interna	Lámpara LED protegida para bajas temperaturas

Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

3.2 Descripción de los componentes

3.2.1 Dispositivos de control.

- Termostato
- Presostato de alta y baja presión:
- Contactores relay térmicos
- Válvula solenoide.

3.2.1.1 Termostato (Full Gauge Controls).

El termostato es un dispositivo de control automático que mide la temperatura de un medio y, al alcanzar un valor prefijado, abre o cierra un circuito eléctrico para mantener la temperatura deseada.

- Marca: DANFOSS
- Modelo: EKC202C
- Voltaje: 203V AC-60 HZ

3.2.1.2 Presostato de alta presión.

Es un dispositivo que previene la parada del motor compresor cuando la presión de condensación es alta.

El presostato de alta presión evita que se eleve la presión por encima de su punto crítico que normalmente sucede por taponamiento en la circulación de aire en los serpentines de condensación o evaporación en donde este dispositivo ira ubicado a la salida del compresor en donde las características principales del presostato de alta presión seleccionado son:

- Marca: ARTICCO
- Modelo: 012-1549
- Temperatura ambiente de trabajo: -40 A 60°C
- Presión de prueba máxima permisible: 300psig/20bar

3.2.1.3 Presostato de baja presión

Al igual que el presostato de alta presión es un dispositivo de seguridad el cual es usado para asegurar que no exista una presión de aspiración excesivamente baja, este desconectara el circuito eléctrico del motor compresor y las características principales de presostatos de baja presión seleccionado son:

- Marca: ARTICCO
- Modelo: 012-1549
- Temperatura ambiente de trabajo: -40 A 60°C
- Presión de prueba máxima permisible: 15psi/1bar

3.2.1.4 Válvula solenoide.

Las válvulas solenoides o electromagnética son dispositivos van instalados antes de la válvula de expansión con el fin de cortar el paso de refrigerante cuando el equipo frigorífico este parado sus características son:

- Marea: DANFOSS
- Modelo: 018F6264
- Voltaje: 220v 60hz.
- Potencia: 10w

3.2.1.5 Contactores

El contactor es un dispositivo electromecánico de maniobra que se utiliza para conectar o desconectar la energía eléctrica de un circuito de potencia mediante una señal de control de baja energía. Su funcionamiento se basa en un electroimán que, al ser excitado, atrae un núcleo móvil que cierra (o abre) los contactos principales, permitiendo así el paso de corriente hacia motores, compresores u otros equipos.

- Marca: GENERAL ELECTRIC
- Modelo: HCCY2XU011AA
- AMP: 35
- Voltaje: 2 POLOS 208/240 VAC

3.3 Elementos principales de la cámara frigorífica

3.3.1. Condensador

- Marca: EMBRACO
- Modelo: LNJ12212G11

- Potencia: 2 hp
- Refrigerante: R 404 A - R. 50783
- Amp: 40 LRA
- Amp mínimo: 6.6 Amp

3.3.2. Evaporador

- Marca: DELTA FRIO
- Modelo: DFI 15.25
- Tensión eléctrica: 220 VAC
- Potencia eléctrica total: 2000W
- Corriente: 0.9 Amp

3.3.3. Filtro de líquido

- Marca: EMERSON

3.3.4. Válvula de expansión

- Marca: DANFOSS
- Modelo: 068Z3403
- Refrigerante: R 404A - R 507
- Temperatura: -40/ 10C
- Cañería: 3/8 o 1/2
- Aguja de 1/2 tonelada de refrigeración

3.4. Diagnóstico del sistema de refrigeración

- Durante la inspección se identificaron múltiples deficiencias que afectaban la eficiencia operativa y la seguridad del sistema.

- Falta de refrigerante en el circuito, impidiendo alcanzar la temperatura de diseño (– 25 °C).
- Deterioro del aislamiento térmico en la tubería de baja presión, generando pérdidas de frío y mayor consumo energético.
- Fuga en válvula de paso, afectando la transmisión de presión hacia el presostato y el Manifold de servicio.
- Ubicación inadecuada de componentes principales (compresor, condensador y válvula de alivio), provocando acumulación de calor y dificultando el mantenimiento.
- Dispositivos de control obsoletos (termostato y presostato), fuera de norma y afectando la confiabilidad del ciclo frigorífico.

3.4.1. Procedimiento aplicado

3.4.1.1. Inspección visual inicial

Se revisó:

- Integridad de estructura y aislamiento.
- Estado de puertas y sellos.
- Presencia de fugas de refrigerante.
- Estado de componentes eléctricos (cableado, contactores, relés y fusibles).

3.4.4.2 Verificación de parámetros de funcionamiento

- Verificación de temperatura en el termostato.
- Revisión de presiones de alta y baja.
- Verificación del visor de líquido para detectar falta de refrigerante.

3.4.4.3. Evaluación de componentes principales

- **Compresor:** arranque, sonido y vibraciones.
- **Condensador:** funcionamiento del ventilador y limpieza.
- **Evaporador:** estado de aletas y motor eléctrico.
- **Válvula de expansión:** flujo de refrigerante.
- **Presostatos y termostato:** calibración y funcionamiento.

3.4.4.4. Pruebas eléctricas

- Medición de voltajes y corrientes.
- Verificación de continuidad de bobinados y dispositivos de protección.

3.4.4.5. Vacío y detección de fugas

- Aplicación de soluciones jabonosas.
- Pruebas de vacío.

3.5. Análisis de fallas y medida correctiva

Durante la intervención en la cámara frigorífica se identificaron diversas fallas que afectaban el rendimiento del sistema y podían provocar el deterioro de algunos componentes. A continuación, se detallan los principales hallazgos y las medidas correctivas aplicadas:

3.5.1. Sistema de control (Termostato)

Falla identificada

No contaba con funciones de programación ni visualización precisa. Tecnología más antigua.

Análisis:

El termostato obsoleto provocaba una regulación ineficiente del sistema frigorífico, generando ciclos de encendido y apagado irregulares.

Medida correctiva:

Se decidió reemplazarlo por un termorregulador digital El ERC-213 presenta ventajas significativas frente al modelo anterior, como una interfaz digital más intuitiva, mayor flexibilidad en los parámetros de programación, funciones de ahorro energético y un control más preciso de la temperatura de conservación.

***Ilustración 15** Termorregulador ERC-213*



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

3.5.2. Válvula de paso

Fallo identificado

Obsolescencia

Análisis

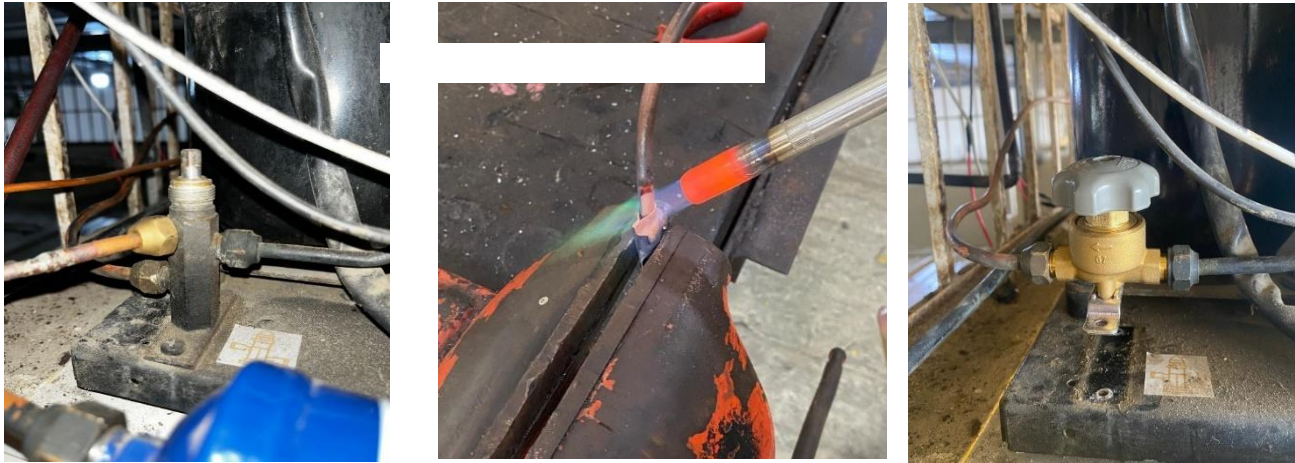
Se detectó una fuga en la válvula de paso instalada en la línea de baja presión, la cual conecta el compresor con el presostato y el manifold de servicio

Medida correctiva

Se implementó una adaptación utilizando una válvula 009G0101. Para garantizar la doble salida de baja presión requerida, se procedió a soldar una derivación en "T" en la

conexión de la válvula, asegurando la comunicación tanto con el presostato como con el manifold de servicio.

Ilustración 16 Proceso de soldadura en tubería



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

3.5.3. Presostato

Falla identificada

El presostato original (Articco 012-1549) no presentaba fallas funcionales evidentes, pero se consideró obsoleto y con riesgo potencial de fallo por el prolongado tiempo de inactividad del sistema.

Análisis:

Su antigüedad y la exposición a condiciones ambientales durante el tiempo en que la cámara estuvo fuera de servicio aumentaban la probabilidad de un fallo futuro.

Medida correctiva:

Se instaló un presostato Danfoss KP15, dispositivo que ofrece un rango de trabajo más amplio, mayor capacidad de conmutación eléctrica y un diseño robusto orientado a aplicaciones de refrigeración comercial e industrial.

Ilustración 17 Instalación del sistema de control y tablero eléctrico.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

3.5.4. Cambio de filtro secador de 3/8" 083 TGM

Análisis de falla:

Se detectó acumulación de humedad y partículas, y como mantenimiento preventivo era mejor cambiarlo.

Medida correctiva:

Se instaló un filtro secador nuevo, para mejor protección contra humedad y contaminación.

***Ilustración 18** Filtro deshidratador de refrigeración.*



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

CAPÍTULO IV

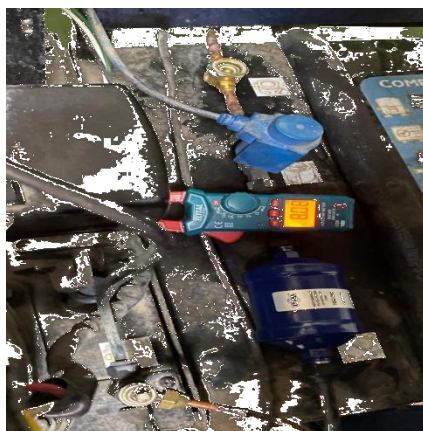
4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO APLICADO A LA CÁMARA FRIGORÍFICA

4.1. Inspección general de la cámara frigorífica

Se procedió a realizar la evaluación del compresor y de los principales componentes del sistema de refrigeración. En primer lugar, se inspeccionó visualmente el compresor, verificando que no presentara fugas de aceite, deformaciones, ruidos anómalos ni signos de sobrecalentamiento.

Posteriormente, se midieron los parámetros eléctricos en los terminales del compresor utilizando un multímetro, comprobando la continuidad de los bobinados y la correcta resistencia entre fases y si existía corriente.

***Ilustración 19** Medición eléctrica con multímetro.*



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

En paralelo, se revisaron los componentes del circuito de refrigeración, incluyendo el evaporador, el condensador y las tuberías de succión y descarga. Se utilizaron manómetros para medir la presión del refrigerante, además, se verificó el estado y funcionamiento de los ventiladores, así como de la válvula de expansión y los sensores de temperatura.

Ilustración 20 Equipo general de medición.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.2. Fallas encontradas durante la inspección general

Durante la fase de inspección general, se identificaron diversas anomalías que comprometían el funcionamiento normal de la cámara frigorífica. A continuación, se detalla las fallas:

- La temperatura interna no desciende. La cámara frigorífica no alcanzaba la temperatura establecida en el controlador, manteniéndose en valores superiores a los requeridos para la conservación de productos.

Ilustración 21 Temperatura del termostato.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

- Verificación de presiones de succión y descarga mostró carencia de líquido refrigerante lo que indica que el sistema tiene fuga de gas.

Ilustración 22 Lectura de presiones en el sistema de refrigeración con manifold de manómetros.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

- La unidad condensadora no estaba operando.
- Se observó oxidación en la entrada del recinto frigorífico.

Ilustración 23 Oxidación en la entrada del recinto frigorífico.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

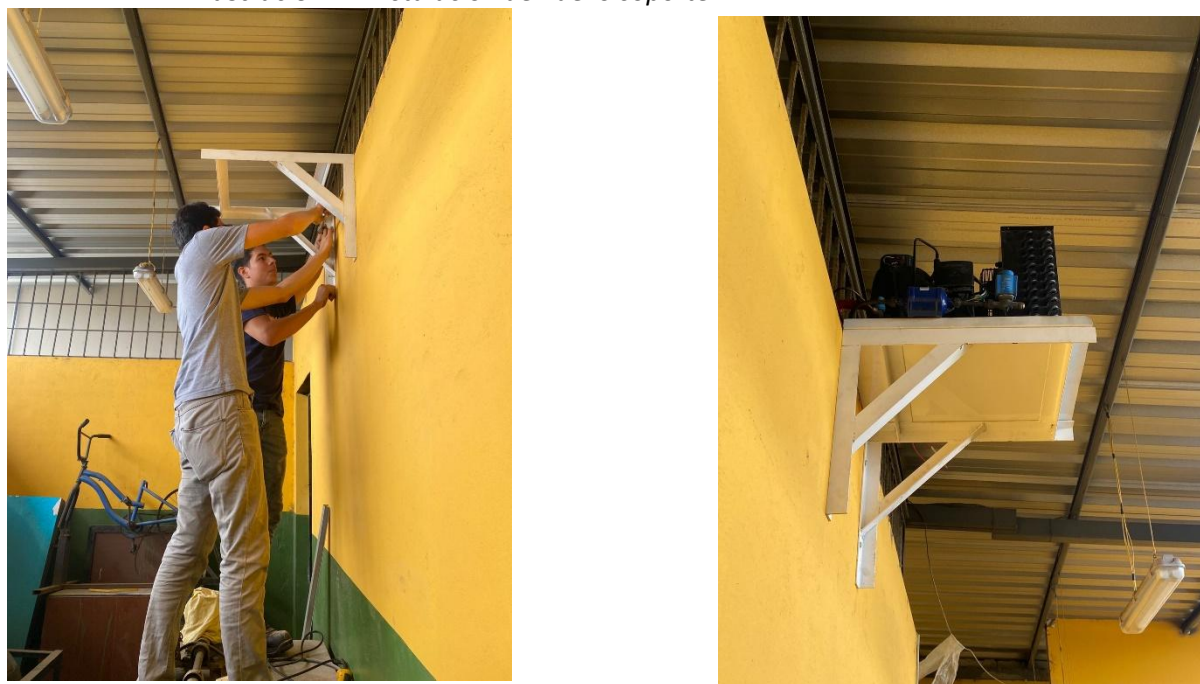
4.3. Procedimiento de mantenimiento correctivo a la cámara de refrigeración

4.3.1 Reubicación de los componentes externos

Como primer paso, se procedió a la reubicación de los componentes externos del sistema de refrigeración, tales como el compresor, el condensador y demás accesorios. Esta nueva ubicación permitió mejorar significativamente el flujo del aire caliente generado por el compresor y condensador, facilitando su expulsión al ambiente y reduciendo el calor residual que afectaba el rendimiento térmico del sistema.

Para asegurar los componentes en su nueva posición, se construyó un soporte metálico específicamente diseñado para este fin. La estructura fue anclada a la pared mediante tacos Fischer F8 y pernos galvanizados de 1/4", garantizando estabilidad, seguridad y resistencia ante la vibración generada por el funcionamiento continuo del equipo.

Ilustración 24 Instalación de nuevo soporte.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.3.2. Conexión de las tuberías de alta y baja presión

Posteriormente, se procedió a la instalación de las cañerías de alta y baja presión que comunican los componentes externos con el evaporador ubicado en el interior de la cámara frigorífica. Para ello, se empleó un soplete con tanque de propano y varillas de plata al 15%, técnica adecuada para asegurar una soldadura fuerte, hermética y duradera. Estas conexiones permiten la correcta circulación del refrigerante dentro del sistema.

Ilustración 25 Conexión de tuberías.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.3.3. Conexiones eléctricas del sistema

En el siguiente paso, se realizaron las conexiones eléctricas correspondientes a cada uno de los dispositivos del sistema de refrigeración. La conexión del compresor se efectuó utilizando cable calibre 12 AWG. Para la válvula solenoides, se utilizó cable calibre 14 AWG, y en el caso del presostato, se empleó cable calibre 18 AWG, dado que este componente opera con señales de baja potencia.

Las conexiones fueron organizadas en canaletas eléctricas y protegidas con tubos corrugados, siguiendo criterios de seguridad eléctrica y facilidad de mantenimiento.

Ilustración 26 Conexiones eléctricas.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.3.4. Vacío y prueba de fugas

Se procedió a efectuar el proceso de vacío del sistema mediante el uso de una bomba de vacío, con el propósito de extraer el aire y la humedad presentes en el interior de las tuberías. Una vez alcanzado el vacío requerido, se realizó la inyección de gas refrigerante R-404A a presión, lo que permitió llevar a cabo una prueba de estanqueidad destinada a verificar la hermeticidad del circuito y a detectar posibles puntos de fuga.

Este proceso es fundamental para asegurar que el sistema no presente pérdidas de refrigerante, las cuales podrían comprometer el desempeño térmico de la cámara y representar un riesgo para el medio ambiente.

Ilustración 27 Vacío del sistema.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.3.5 Detección de fugas y corrección en la válvula de servicio

Una vez realizado el vacío en el sistema, se procedió a la inyección inicial de gas refrigerante R-404A a presión para efectuar la lectura de presiones y detección de posibles fugas. Durante este proceso, se identificó una fuga en la válvula de paso de baja presión, la cual se encontraba ubicada entre el sistema de cañerías y el presostato, afectando tanto la lectura de presión en el manómetro como el funcionamiento del presostato.

Ilustración 28 Válvula de servicio.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

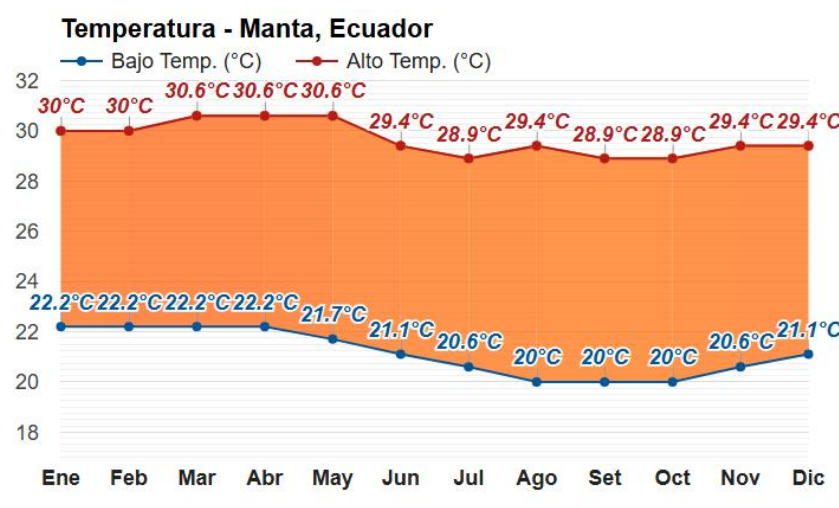
Con el fin de corregir esta anomalía, se procedió al reemplazo de la válvula de paso defectuosa, utilizando una válvula nueva adaptada al sistema. Para ello fue necesario modificar la conexión de las tuberías empleando soldadura con gas propano y varillas de plata al 15%, aplicadas sobre cañerías de 1/4" y 3/16", asegurando una unión hermética y mecánicamente resistente.

4.3.6 Temperaturas de trabajo en el condensador y evaporador

Para la determinación de las temperaturas de trabajo del sistema se consideraron las siguientes condiciones:

- Temperatura de evaporación: se estableció en $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, ya que corresponde a la temperatura de diseño de la cámara de frío.
- Temperatura de condensación: se definió en función de la temperatura ambiente promedio de la ciudad de Manta en el año 2025. De acuerdo con el gráfico de referencia de Weather Atlas, se obtuvo un valor aproximado de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, el cual se adoptó como base para el cálculo de la temperatura de trabajo del condensador.

Ilustración 29 Presiones de trabajo en baja y alta.



Nota: Se muestran las temperaturas de manta. fuente: Weather atlas (2025).

Para que exista un proceso de transferencia de calor efectivo, la temperatura de condensación del refrigerante debe ser siempre superior a la temperatura del aire exterior. Por este motivo, para el sistema se considera un margen adicional de aproximadamente 10 a 15 °C sobre la temperatura ambiente.

En este caso, tomando como referencia la ciudad de Manta con una temperatura ambiente de 30 °C, se establece una temperatura de condensación de cálculo de 45 °C (30 °C + 15 °C). Este diferencial asegura que el condensador pueda ceder el calor al medio ambiente de manera eficiente y evitar pérdidas en el rendimiento del ciclo frigorífico.

4.3.7. Presiones de trabajo en el condensador y evaporador, carga de refrigerante r-404^a

Una vez sustituida la válvula y definidas las temperaturas de operación de la unidad condensadora y el evaporador, se procedió a determinar las presiones de trabajo correspondientes. De acuerdo con la ficha técnica del refrigerante, para una temperatura de evaporación de -25 °C la presión de saturación es de 255,4 kPa, mientras que para una temperatura de condensación de 45 °C la presión de saturación es de 2058,3 kPa.

Ilustración 30 Tabla de propiedades termodinámicas del refrigerante R-404a.

TEMP. (°C)	PRESIÓN ABSOLUTA (kPa)		DENSIDAD (kg/m³)		ENTALPÍA (kJ/kg)		ENTROPÍA (kJ/kg.K)	
	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO
-50	85.2	82.1	1314.1	4.456	133.1	337.3	0.7318	1.6487
-45	108.6	104.9	1298.8	5.605	139.3	340.6	0.7591	1.6430
-40	136.7	132.5	1283.2	6.975	145.6	343.8	0.7862	1.6380
-35	170.1	165.3	1267.5	8.595	152.4	347.0	0.8150	1.6337
-30	209.5	204.1	1251.7	10.492	159.9	350.3	0.8460	1.6301
-25	255.4	249.3	1235.8	12.692	166.3	353.4	0.8718	1.6271
-20	308.7	301.8	1219.6	15.246	172.8	356.5	0.8975	1.6245
-15	370.1	362.5	1203.2	18.196	179.4	359.6	0.9231	1.6222
-10	440.4	432.1	1186.4	21.593	186.1	362.6	0.9487	1.6202
-5	520.5	511.4	1169.2	25.492	193.0	365.5	0.9743	1.6184
0	611.1	601.3	1151.5	29.960	200.0	368.3	1.0000	1.6168
5	713.3	702.7	1133.0	35.072	207.2	371.0	1.0257	1.6153
10	827.8	816.5	1113.7	40.917	214.5	373.6	1.0515	1.6138
15	955.6	943.6	1093.4	47.605	222.1	376.0	1.0776	1.6123
20	1097.7	1085.1	1071.7	55.267	229.9	378.3	1.1038	1.6106
25	1255.0	1241.8	1048.4	64.066	237.9	380.4	1.1304	1.6087
30	1428.7	1415.0	1023.1	74.210	246.2	382.2	1.1574	1.6065
35	1619.7	1605.6	995.4	85.968	254.8	383.8	1.1848	1.6038
40	1829.2	1814.8	964.7	99.704	263.8	385.0	1.2130	1.6005
45	2058.3	2043.9	930.4	115.926	273.2	385.8	1.2421	1.5964
50	2308.2	2294.0	891.5	135.384	283.2	386.1	1.2723	1.5910

Nota: Tabla de propiedades termodinámicas del gas refrigerante R-404a. Fuente:

<https://gas-servei.com/wp-content/uploads/2024/06/Ficha-Tecnica-R-404A-GS.pdf>

Encendido y verificación del funcionamiento

Después de realizar la recarga de líquido refrigerante, se procedió al encendido del equipo con el fin de verificar su comportamiento operativo y comprobar que los parámetros de funcionamiento (presiones, temperaturas y consumo eléctrico) se encontraran dentro de los valores establecidos por el diseño.

Ilustración 31 Panel eléctrico.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.3.8. Limpieza del recinto de frío y equipos

Se realizó una limpieza exhaustiva del interior y el exterior de la cámara de congelación y en los componentes externos. Esta tarea incluyó la remoción de residuos, limpieza de superficies y revisión del desagüe.

Ilustración 32 Limpieza del sistema de Refrigeración.



Antes



Después

Elaborado por: García Pico Edisson Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.3.9. Colocación de aislante térmico

Se procedió a revestir la tubería de baja presión del circuito frigorífico, empleando una tubería de 3/8" de diámetro interno y 1/2" de diámetro exterior, recubierta con espuma elastomérica de caucho sintético de color negro.

Ilustración 33 Cambio de aislante térmico.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.3.10. Tratamiento anticorrosivo y pintura de cañerías

Se procedió a pintar las líneas del circuito frigorífico siguiendo un código de colores para facilitar su identificación: la línea de baja presión se pintó de azul y la línea de alta presión de rojo. Además, en la entrada del recinto, donde se encontraron partes oxidadas, se realizó un lijado previo y posteriormente se aplicó pintura de color blanco para proteger la superficie y prevenir futuras corrosiones.

Ilustración 34 *Identificación y protección de las líneas del circuito frigorífico.*



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

4.4. Partes del mecanismo de refrigeración remplazados en la cámara de refrigeración.

A la cámara frigorífica mencionada se le tuvo que realizar los siguientes cambios de componentes:

- Presostato de alta y baja con reset manual KP-15
 - -Marca: Danfoss
 - Modelo: KP-15
 - Temperatura ambiente de trabajo: -40 A 65°C
 - Presión de prueba máxima permisible: 510psig/35bar
- Filtro secador 3/8 083 TGM
- Termorregulador digital ER-213
 - Marca: DANFOSS
 - Modelo: ER-213
 - Voltaje: 115V/230V AC 50/60 Hz
- Válvula de paso refrigerante

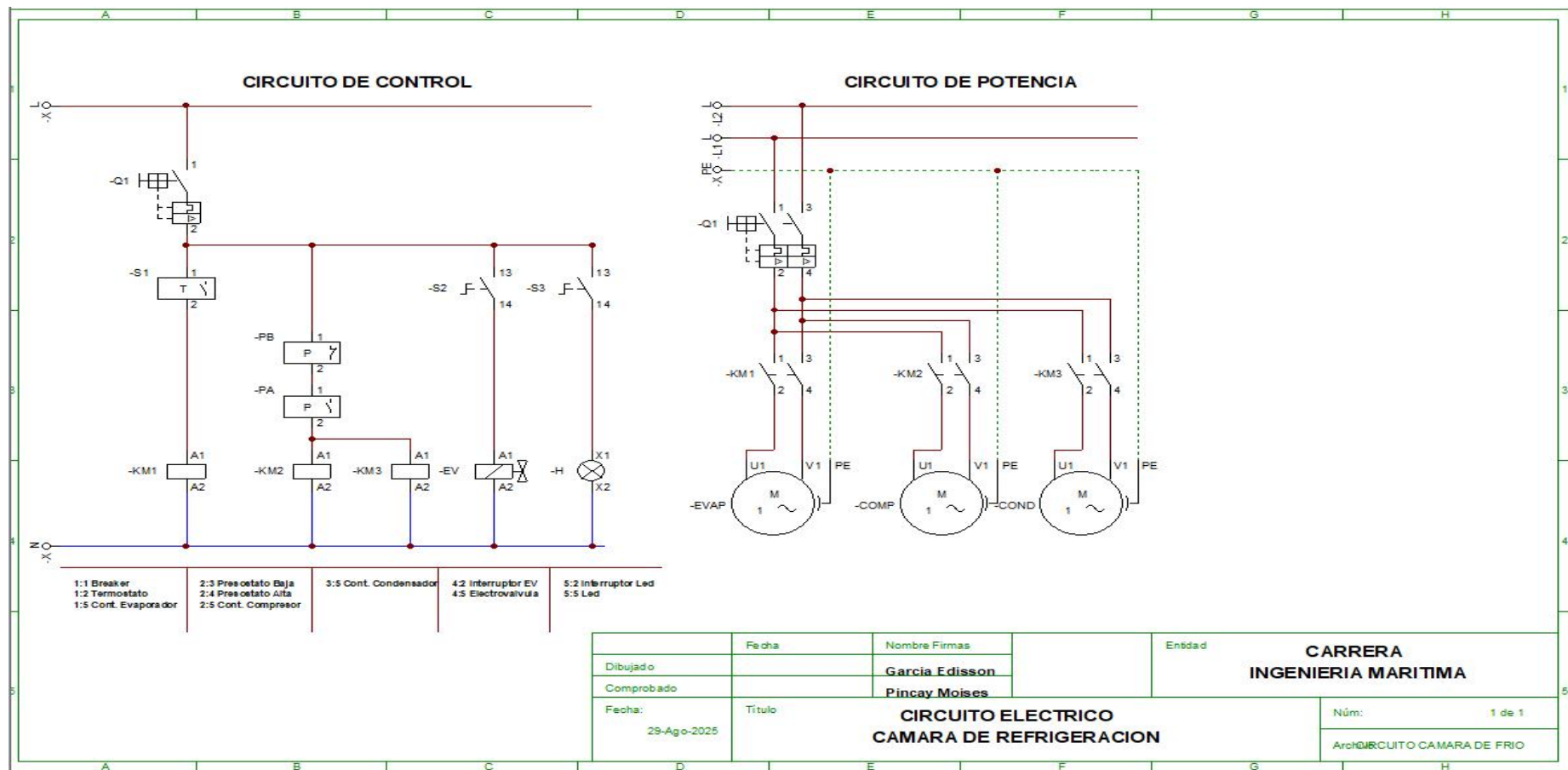


Ilustración 35 Plano circuito de control y potencia.

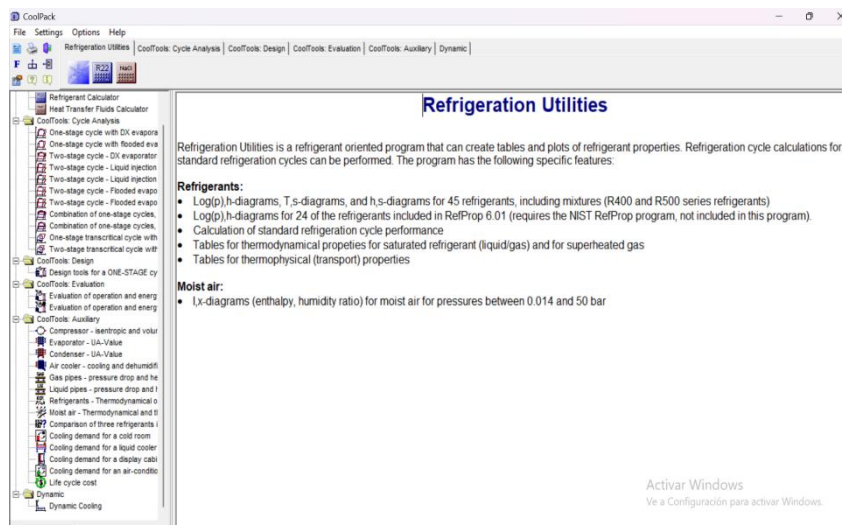
Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

CAPITULO V

5. ANÁLISIS DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN UTILIZANDO LOS SOFTWARES “COOLPACK” Y “GENETRON PROPERTIES”.

Para la elaboración de la gráfica correspondiente al ciclo de refrigeración, se utilizará el software 'CoolPack', una herramienta especializada en el análisis gráfico y numérico de sistemas de refrigeración. El primer paso dentro de la interfaz consiste en acceder al módulo de herramientas de refrigeración.

Ilustración 36 Interfaz software Coolpack



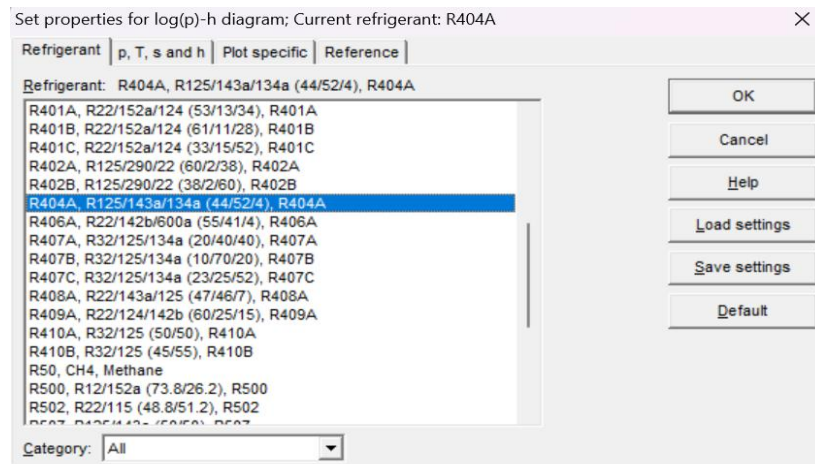
Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

Se indica que esta sección del software está orientada a la generación de tablas y representaciones gráficas relacionadas con las propiedades de los refrigerantes, así como al análisis de ciclos de refrigeración estándar.

En este caso particular, la configuración del ciclo y su comportamiento en el diagrama de Mollier se representa en función de la relación entre las presiones y las

entalpías de operación. Asimismo, se selecciona el refrigerante con el que se desarrollará el ciclo de acuerdo con el siguiente procedimiento.

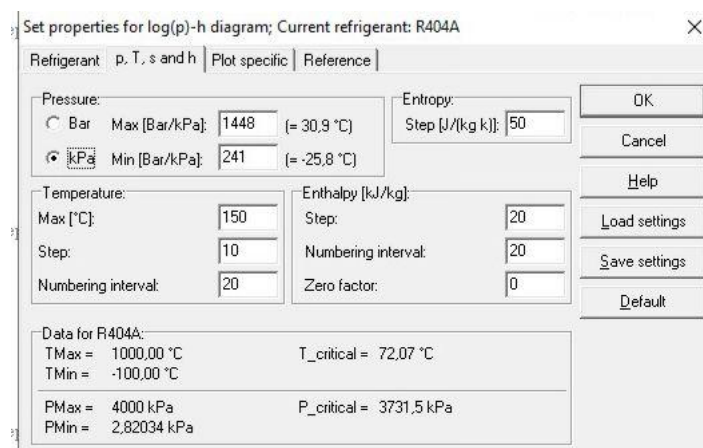
Ilustración 37 Selección de refrigerante.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

Una vez se haya seleccionado el refrigerante R404a con el cual se va a trabajar se establecen las unidades de trabajo pertenecientes a las presiones.

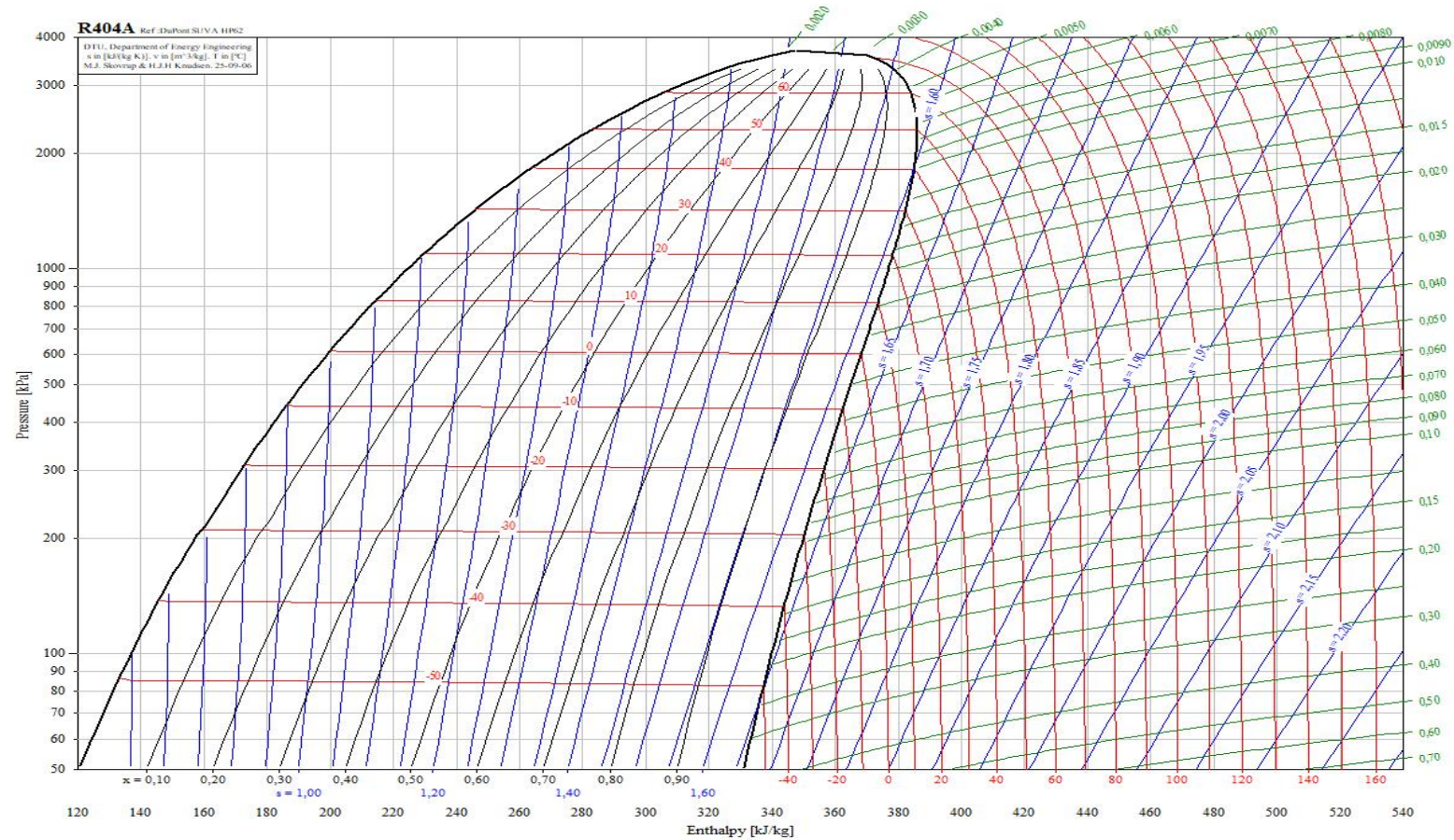
Ilustración 38 Propiedades de diagrama refrigeración coolpack.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

Como dato adicional que brinda el software es la temperatura y la presión crítica perteneciente al refrigerante, esto ofrece a los autores la capacidad de comprender y conocer la eficiencia del sistema, debido a que si el ciclo opera a temperaturas más bajas con respecto a lo crítico ofrece una mayor eficiencia.

Ilustración 39 Diagrama mollier r-404a



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

En las condiciones de operación del sistema se consideran las temperaturas de condensación y evaporación. En cuanto al subenfriamiento y al sobrecalentamiento, al trabajar en grados Celsius dentro del software, es necesario definir los valores diferenciales en puntos clave del ciclo de refrigeración, quedando denotado de la siguiente forma.

$$Se = T_c - S_{be}$$

- Se = Temperatura de subenfriamiento de entrada a dosificador capilar °C
- T_c = Temperatura de condensación °C
- S_{be} = Subenfriamiento °C

Y,

$$S_{he} = T_e - S_{he}$$

- S_{he} = Temperatura de supercalentamiento de salida evaporador °C
- T_e = Temperatura de evaporación °C
- S_{he} = Supercalentamiento °C

Aplicando los siguientes valores, nos queda:

- Temperatura del condensador 45°C
- Temperatura del evaporador -25
- Temperatura de sobrecalentamiento 9 °C
- Temperatura de subenfriamiento 15°C

Temperatura diferencial entre temperatura del condensador y el subenfriamiento.

$$Se = T_c - S_{be}$$

$$Se = 45^{\circ}C - 15^{\circ}C$$

$$Se = 30^{\circ}C$$

Temperatura diferencial entre temperatura de evaporación y el sobrecalentamiento

$$Sh = Te + she$$

$$Sh = -25 + 9$$

$$Sh = -16$$

Ilustración 40 Establecimiento parámetros de trabajo.

Cycle input

Select cycle type:

☒ One stage ☐ Two stage, closed intercooler
☐ Two stage, open intercooler ☐ Two stage, open intercooler, load at intermediate pressure

Cycle name: ☒ Draw cycle

Values:

Evaporating temperature: -25,00 °C Condensing temperature: 45,00 °C
Superheat: -16,00 °C Subcooling: 30 °C
Dp evaporator: 0,00 Bar Dp condenser: 0,00 Bar
Dp suction line: 0,00 Bar Dp liquid line: 0,00 Bar
Dp discharge line: 0,00 Bar
Isentropic efficiency [0-1]: 1,00 Q loss...

Cycle creation:

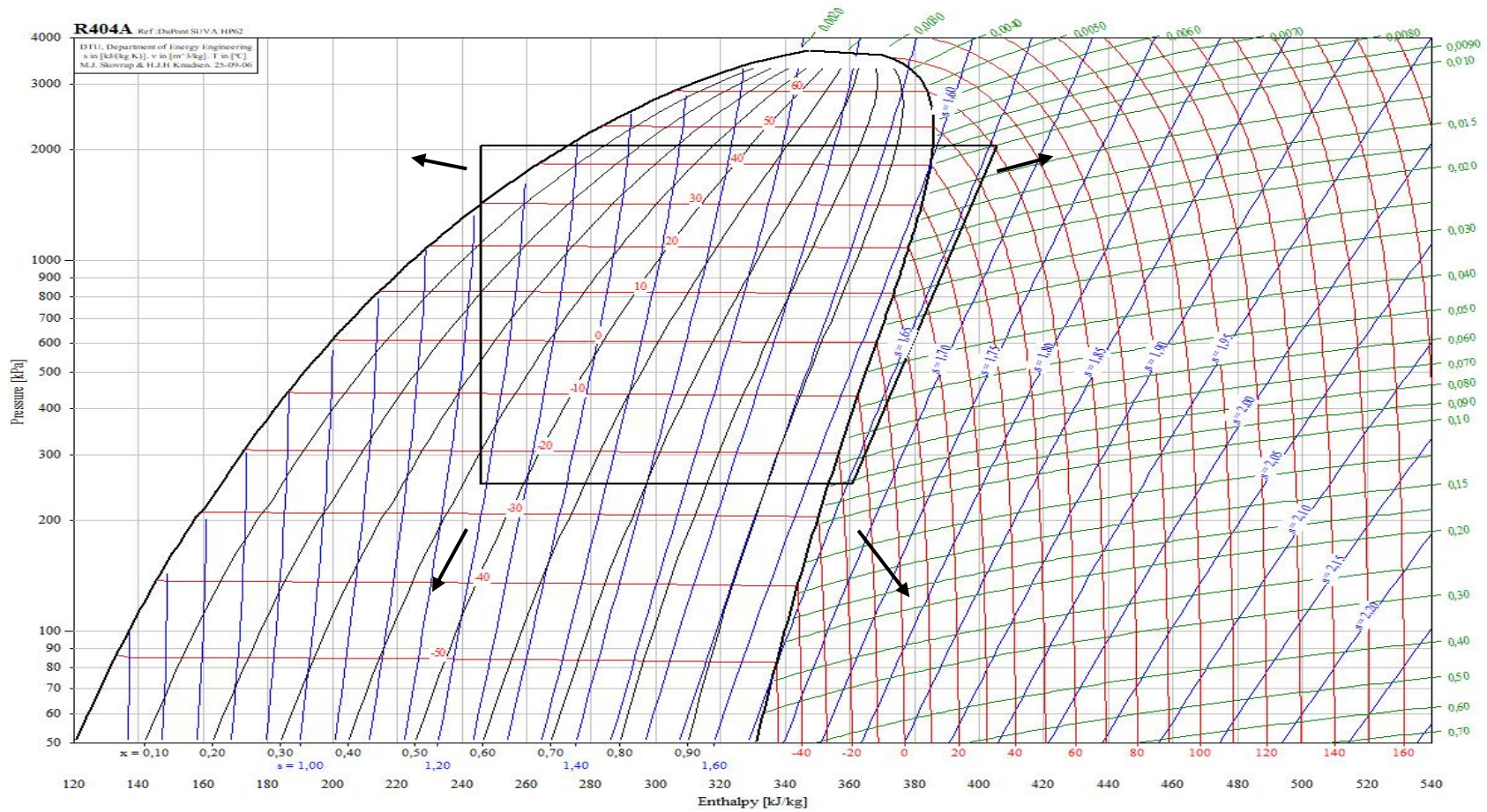
☒ Create new

Calculated:

Qe [kJ/kg]: 10000.000
Qc [kJ/kg]: 10000.00
COP: 2.34
W [kJ/kg]: 10000.00
W high [kW]: 10000.00
(m high)/(m low): 0.00000000
m low [kg/s]: 0.00000000
m high [kg/s]: 0.00000000

Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

Ilustración 41 Diagrama mollier con el ciclo de refrigeración.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

Mediante la utilización del diagrama de Mollier es posible determinar las entalpías y presiones correspondientes en los diferentes puntos característicos del ciclo de refrigeración. Estos puntos incluyen:

Tabla 2 Temperatura a presión y entalpías.

nomenclatura	Descripción	Temperatura °C	Presión Kpa	Entalpia kJ/kg
h1	Succión del compresor	-16	250,065	360,88
h2	Descarga del compresor	60	2043,322	405,25
h3	Succión del condensador	60	2043,322	405,25
h4	Descarga del condensador	30	2043,322	246,24
h5	Entrada válvula alivio	30	2043,322	246,24
h6	Salida válvula alivio	-25	250,25	246,24
h7	Succión evaporadora	-25	250,25	246,24
h8	Descarga evaporadora	-16	250,065	360,88

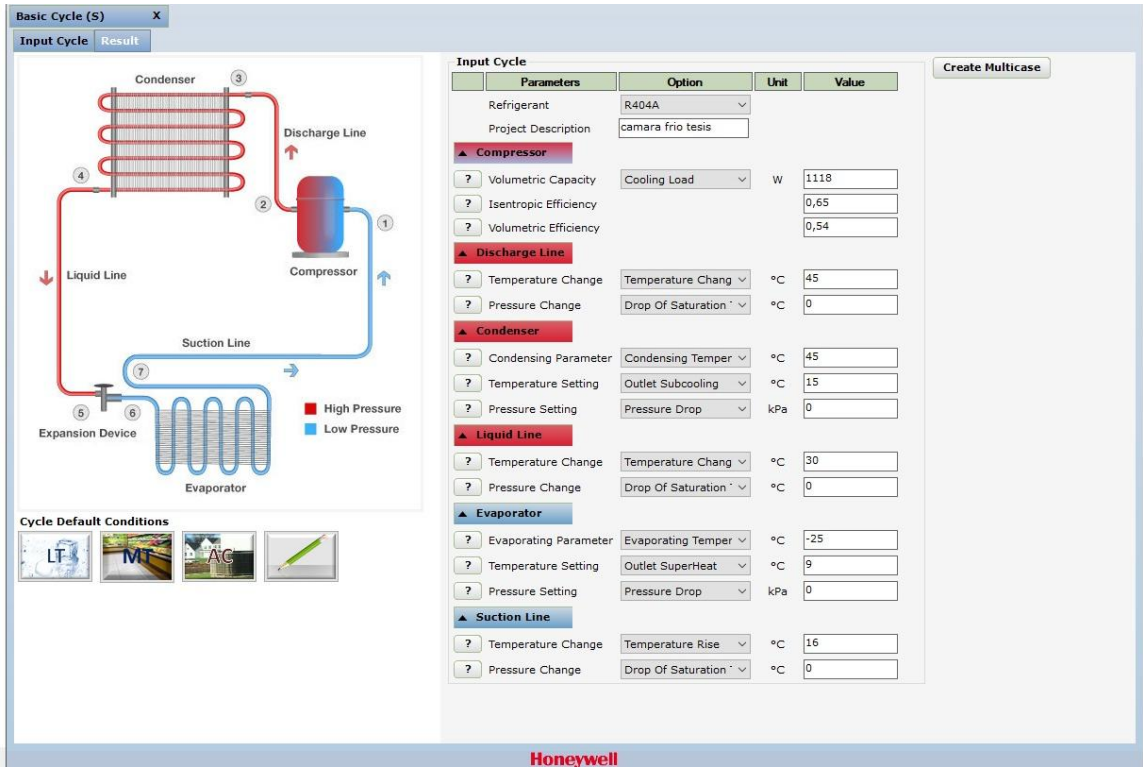
Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

5.1. Análisis de condiciones de trabajo

Con los datos del sistema relacionados con temperaturas, presiones y entalpías de operación, se procede a evaluar las condiciones en las que funciona el equipo. Este análisis se realiza utilizando el software “Genetron Properties”, el cual permite estudiar el

comportamiento del sistema en función de los parámetros ingresados y la configuración específica del ciclo.

Ilustración 42 Software de simulación de ciclos de refrigeración.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

se considera que no va a existir caídas de presiones en estos tramos, por lo tanto, este valor va a ser igual a cero.

Ilustración 43 No se qu es

Refrigerant	R404A	EER	Btu/W.h	7,337
GWP	3922	Heating COP	-	2,016
Mass Flow	kg/s 0,00697	Subcooling Exp. Dev. In	°C	45
Cooling Capacity	W 1118	Superheat Evap. Out	°C	9
Heating Capacity	W 1048,46	Condensation Temp.	°C	45
Power	kW 0,52	Evaporation Temp.	°C	-25
Cooling COP	- 2,15			

Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

5.2. Cálculo Análisis del ciclo de refrigeración

Utilizando los datos obtenidos a partir del software “CoolPack” y “Genetron Properties”, se procede a efectuar los cálculos necesarios para analizar los procesos termodinámicos de un sistema de refrigeración. Este análisis considera las cuatro etapas fundamentales del ciclo: compresión, condensación, expansión y evaporación, permitiendo determinar el comportamiento del refrigerante y la eficiencia del equipo en cada fase del proceso.

5.2.1. Trabajo realizado por el compresor.

Calcule el trabajo realizado por el compresor usando los datos de entalpía en la succión y descarga del compresor.

$$WC = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1)$$

Datos

- Flujo másico ($\dot{m}$) = 0.00697 kg/s
- Entalpía en descarga del compresor (h_2) = 405,25 kJ/kg
- Entalpía en succión del compresor (h_1) = 360,88 kJ/kg

$$WC = 0,00697 \text{ kg/s} \cdot (405,25 \text{ kJ/kg} - 360,88 \text{ kJ/kg})$$

$$WC = 0.00697 \text{ kg/s} \cdot (44,37 \text{ kJ/kg})$$

$$WC = 0,309 \text{ Kw} = 309 \text{ W}$$

5.2.2. Calor rechazado por el condensador.

Calcula el calor rechazado por el condensador usando los datos de entalpía en la entrada y salida del condensador.

$$Q_C = \dot{m} \cdot (h_3 - h_4)$$

Datos

- Flujo másico ($\dot{m}$) 0.00697 kg/s
- Entalpía en entrada del condensador (h_3) = 405,25 kJ/kg
- Entalpía en salida del condensador (h_4) = 246,24 kJ/kg

$$Q_C = 0.00697 \text{ kg/s} \cdot (405,25 \text{ kJ/kg} - 246,24 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_C = 0.00697 \text{ kg/s} \cdot (159,01 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_C = 1.10 \text{ kW} = 1100 \text{ W}$$

5.2.3. Cálculo de la capacidad de calor extraído.

Verifica la capacidad de enfriamiento del sistema usando los datos de entalpía en la entrada y salida del evaporador.

$$Q_e = \dot{m} \cdot (h_8 - h_7)$$

Datos

- Flujo másico ($\dot{m}$) = 0.00697 kg/s
- Entalpía en entrada del evaporador (h_7) = 246,24 kJ/kg
- Entalpía en salida del evaporador (h_8) = 360,88 kJ/kg

$$Q_e = 0,00697 \text{ kg/s} \cdot (360,88 \text{ kJ/kg} - 246,24 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_e = 0,00697 \text{ kg/s} \cdot (114,64 \text{ kJ/kg})$$

$$Q_e = 0.799 \text{ kW} = 799 \text{ W}$$

5.2.4. Cálculo del Coeficiente de Rendimiento de Enfriamiento (COP).

Verifica el coeficiente de rendimiento de enfriamiento usando la capacidad de enfriamiento y el trabajo del compresor.

$$COP = Q_e / W_c$$

Datos:

- Capacidad de enfriamiento del compresor (Q_e) = 0,799 kW
- Trabajo del compresor (W_c) = 0,309 kW

$$COP = 0,799 \text{ kw} / 0,309 \text{ kw}$$

$$COP = 2,58$$

5.2.5. Cálculo del Ratio de Eficiencia Energética (EER).

Calcula el EER usando la capacidad de enfriamiento y el poder del sistema.

$$COP = Q_e / P \times 3.412$$

Datos:

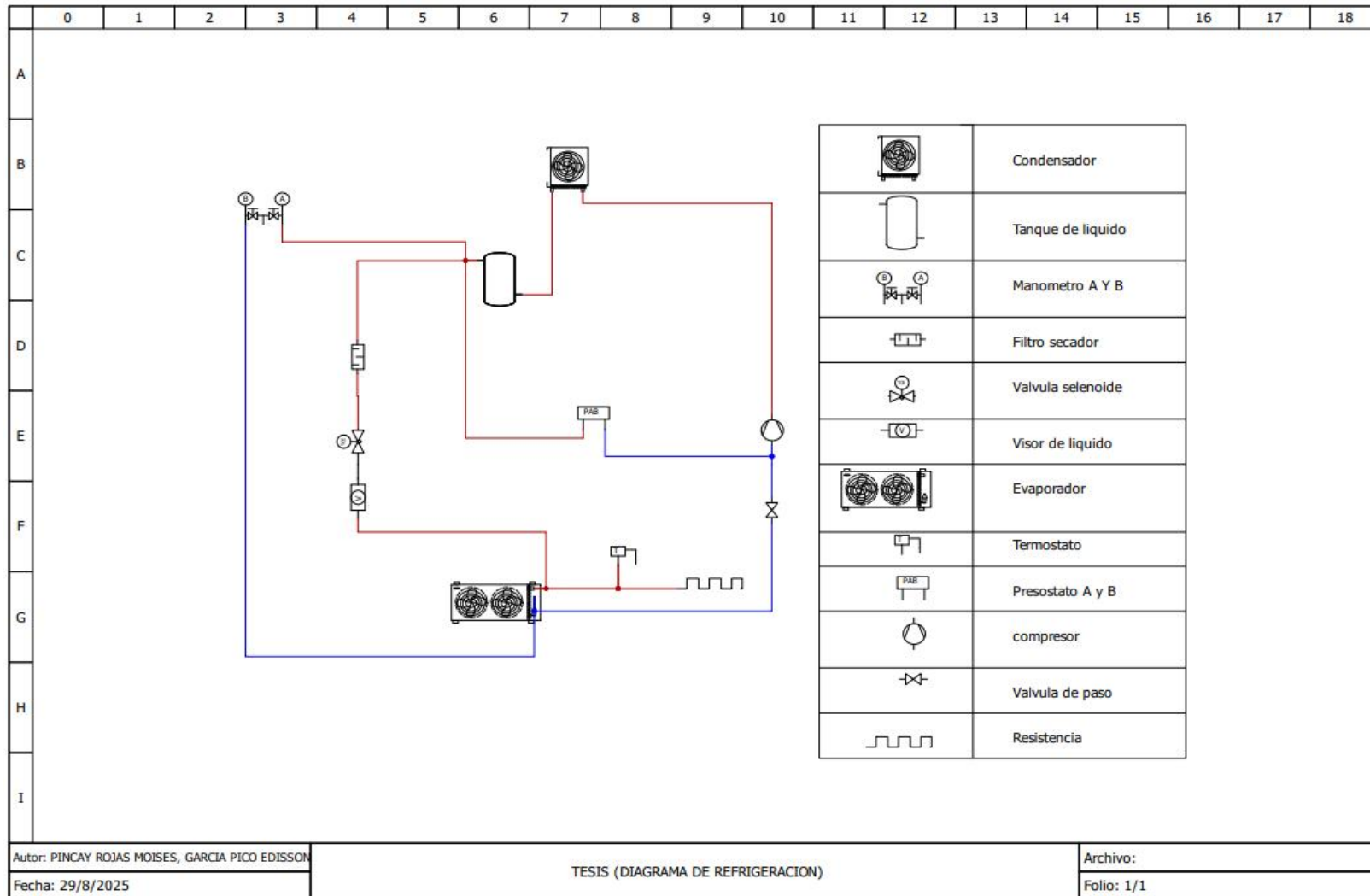
- Capacidad de enfriamiento (Q_e) = 0,799 kW
- Poder (P) = 0,52 kW

$$COP = 799 / 520 \text{ W} \times 3.412$$

$$COP = 1536 \text{ W} \times 3.412$$

$$COP = 5.24 \text{ BTU} / \text{W} \cdot \text{h}$$

Ilustración 44 Diagrama del ciclo de refrigeración.



Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

CAPÍTULO VI

6. GUÍA DE USO Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA CÁMARA DE FRÍO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA.

6.1 Guía de encendido

El proceso de encendido de la cámara de conservación debe realizarse de manera ordenada y cuidadosa para evitar daños en los componentes del sistema, cuenta con un tablero de control principal donde se integran diversos dispositivos encargados de regular el funcionamiento de los equipos de refrigeración, entre ellos tenemos.

Interruptor 1: Está destinado al encendido y apagado del **termostato**

Interruptor 2: Está destinado al encendido y apagado de la **válvula solenoide**.

Interruptor 3: control de luz en el recinto frigorífico

6.1.1. Contactores

- Marca: GENERAL ELECTRIC
- Modelo: HCCY2XU011AA
- AMP: 35 - Voltaje: 2 POLOS 208/240 VAC

6.1.2. Válvula solenoide

- Marca: DANFOSS
- Modelo: 018F6264
- Voltaje: 220v 60hz
- Potencia: 10w

6.1.3. Termostato

- Marca: DANFOSS
- Modelo: ER-213

- Voltaje: 115V/230V AC 50/60 Hz

6.1.4. Presostato de alta y baja con reset manual KP-15

- -Marca: Danfoss
- Modelo: KP-15
- Temperatura ambiente de trabajo: -40 A 65°C
- Presión de prueba máxima permisible: 510psig/35bar

6.1.5. Secuencia recomendada para el encendido

Es fundamental seguir una secuencia específica al momento de operar la cámara:

1. **Desactivar la válvula solenoide** mediante el segundo interruptor
2. **Encender el termostato** a través del primer interruptor.
3. **Activar nuevamente la válvula solenoide**, permitiendo el paso controlado del refrigerante hacia el evaporador para dar inicio al proceso de enfriamiento.

6.2 Guía de apagado del sistema

El procedimiento de apagado de la cámara de conservación es tan importante como el de encendido, ya que una secuencia incorrecta puede generar sobre presión en el sistema.

5.2.1 Secuencia recomendada para el apagado del sistema

1. **Desactivar la válvula solenoide** mediante el segundo interruptor.
2. **Esperar de 1 a 2 minutos**
3. **Apagar el termostato** utilizando el primer interruptor.

6.2.3. Recomendaciones adicionales durante el apagado:

- Verificar que no existan productos perecibles en el interior que requieran refrigeración continua.
- Comprobar que el sistema de drenaje esté limpio y libre de obstrucciones.

- Asegurarse de que la temperatura interna no supere los límites críticos antes del apagado total si se espera un reinicio posterior.
- Registrar la hora de apagado y el motivo en la bitácora técnica.

6.2.4. Importancia del apagado adecuado

Un apagado correcto no solo prolonga la vida útil del equipo, sino que también contribuye a mantener la eficiencia energética del sistema y previene fallos en el siguiente arranque. Además, protege al personal operativo de posibles riesgos eléctricos o mecánicos derivados de prácticas inadecuadas.

Tabla 3 Guía de operación para el encendido y apagado del sistema de la cámara de conservación.

Fase		Acción recomendada	Observaciones
Encendido	1	Verificar que todos los componentes estén conectados correctamente.	Asegura condiciones adecuadas antes de operar.
	2	Apagar la válvula solenoide desde su interruptor.	Impide el paso inmediato del refrigerante.
	3	Encender el termostato digital y configurar la temperatura deseada.	El sistema inicia el monitoreo de temperatura.
		Activar la válvula solenoide.	Permite el paso de refrigerante al evaporador.
		Advertencia: No encender primero la válvula solenoide.	Evita encendidos bruscos de la unidad evaporadora.
Apagado		Desactivar la válvula solenoide.	Corta el paso del refrigerante antes del apagado total.
		Esperar entre 1 a 2 minutos para equilibrar presiones internas.	Permite la estabilización del sistema.
		Apagar el termostato digital desde su interruptor.	Finaliza completamente el control de temperatura.
		Advertencia: No apagar el	Puede provocar acumulación de

		termostato antes de cerrar la válvula solenoide.	presión o daño al evaporador.
		Registrar la operación en la bitácora técnica.	Mantiene el control histórico del equipo.

Nota. Fuente: Elaboración propia con base en García et al. (2021) y Manual de buenas prácticas en refrigeración (ASHRAE, 2020).

6.3. Metodología del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se estructura en función de la frecuencia con la que deben ejecutarse las actividades, las herramientas necesarias y los criterios de control. La metodología empleada sigue los lineamientos establecidos por la normativa técnica vigente y las buenas prácticas en refrigeración industrial.

6.3.1. Frecuencia y actividades de mantenimiento

La siguiente tabla resume las actividades de mantenimiento preventivo clasificadas según su frecuencia:

Tabla 4 Actividades del mantenimiento preventivo de la cámara de conservación.

Frecuencia	Actividades
Diario	-Verificar la temperatura interna y compararla con el valor de consigna indicado en el sistema de control. -Inspeccionar visualmente el estado del condensador y el evaporador. - Confirmar el cierre hermético de puertas y el estado de los burletes.
Semanal	-Limpieza de superficies internas con desinfectantes.

	-Verificación del drenaje del evaporador. -Inspección del ventilador del evaporador.
Mensual	-Revisión de conexiones eléctricas. -Comprobación de presión de refrigerante con manómetros. -Detección de ruidos o vibraciones anómalas.
Trimestral	-Limpieza profunda del condensador (aletas y bobinas). -Revisión de la fijación de componentes. -Medición de corriente del compresor. -Revisión de presostatos y termostatos.
Anual	-Inspección visual de posibles fugas de refrigerante (escarcha, aceite y corrosión) en uniones y válvulas. -Prueba completa del sistema bajo carga. -Reemplazo de filtros deshidratadores. -Informe técnico general.

Nota. Fuente: Elaboración propia con base en García et al. (2021) y Manual de buenas prácticas en refrigeración (ASHRAE, 2020).

6.4. Herramientas necesarias

Las herramientas y equipos recomendados para la ejecución del plan son:

- Manómetros para refrigeración
- Juego de llaves
- Destornilladores
- Corta tubo para cobre
- Abordadores (para hacer flares)
- Multímetro
- Bomba de vacío

- Equipo de protección personal (EPP)

Fecha de ejecución	Actividad a realizar	Observaciones técnicas	Firma de responsable

- Gas propano

6.5. Registro y control del mantenimiento

Se implementará una bitácora técnica de mantenimiento en formato físico o digital donde se registren:

- Fecha de ejecución
- Actividad realizada
- Observaciones técnicas
- Firma del responsable

Tabla 5 Control del equipo.

Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

Este registro permitirá llevar un control histórico del estado del equipo y facilitará la toma de decisiones en caso de fallas o deterioros.

6.6 ELABORACIÓN DE GUÍA METODOLÓGICA BASADO EN PRUEBA DE LABORATORIO

6.1. Introducción

La refrigeración por compresión es una técnica fundamental en ingeniería térmica y climatización. La aplicación de mantenimiento preventivo y correctivo, garantiza la eficiencia energética, prolonga la vida útil del sistema y asegura la calidad de la cadena de frío. La presente guía tiene como finalidad proporcionar un procedimiento estructurado para la ejecución de actividades de mantenimiento y repotenciación, integrando aspectos técnicos, de seguridad y de monitoreo de desempeño.

6.2. Objetivos

1. Comprender principios básicos:

- Explicar los fundamentos del ciclo de compresión de vapor y sus componentes principales.
- Describir los procesos termodinámicos involucrados en cada etapa del ciclo de refrigeración.
- Explicar la diferencia de los tipos de mantenimiento.

2. Aplicar un plan de mantenimiento estructurado:

- Establecer un cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Describir actividades específicas: limpieza, calibración de sensores, revisión de fugas.

3. Configurar y operar cámara frigorífica:

- Instruir los pasos necesarios para la correcta configuración de la cámara frigorífica.
- Enseñar el orden de encendido y de apagado de la cámara frigorífica.

- Asegurar el uso adecuado de los instrumentos de medición y control.

4. Medir y evaluar rendimiento:

- Monitorear variables críticas (temperatura, presión, consumo energético).
- Calcular el coeficiente de rendimiento (COP) y compararlo antes y después de la repotenciación.

5. seguridad y confiabilidad

- Aplicar normas de seguridad en refrigeración (uso de EPP, manipulación de refrigerantes, desconexión eléctrica).
- Verificar la integridad estructural y operativa del sistema.

6. Facilitar aprendizaje colaborativo:

- Realizar actividades prácticas que promueven el trabajo en equipo.
- Sugerir más prácticas en el taller de refrigeración.

7. Evaluar conocimientos adquiridos:

- Proponer métodos de evaluación e interacción con equipos físicos para que tengan un mejor reconocimiento de los equipos.
- Incluir cuestionario, ejercicios prácticos y proyectos de mantenimiento para evaluar el conocimiento teórico como practico.

6.3. Conceptos básicos a tener en cuenta para darle mantenimiento a la cámara frigorífica

Para optimizar el proceso de adquisición de conocimientos y la comprensión es fundamental tener bien definidos ciertos conceptos esenciales. Estos fundamentos no solo contribuyen a una ejecución eficiente de las actividades de mantenimiento, sino que también garantizan una base técnica sólida para la formación integral de los estudiantes.

6.3.1. Compresor

- **Función:** Aumenta la presión del refrigerante, lo que incrementa su temperatura.
- **Importancia:** Es el corazón del sistema de refrigeración, impulsando el ciclo de refrigeración.

6.3.2. Condensador

- **Función:** Libera el calor del refrigerante al ambiente, convirtiendo el gas caliente en líquido.
- **Importancia:** Permite que el refrigerante se enfríe y se condense para continuar el ciclo.

6.3.3. Evaporador

- **Función:** Absorbe el calor del espacio a enfriar, evaporando el refrigerante.
- **Importancia:** Es el componente donde se produce el enfriamiento del área o del objeto deseado.

6.3.4. Válvula de Expansión

- **Función:** Reduce la presión del refrigerante líquido, disminuyendo su temperatura.
- **Importancia:** Prepara el refrigerante para absorber calor en el evaporador.

6.3.5. Ciclo de Refrigeración

- **Descripción:** Proceso cíclico que incluye compresión, condensación, expansión y evaporación.
- **Importancia:** Comprender este ciclo es fundamental para diagnosticar y solucionar problemas en el sistema.

6.3.6. Refrigerante

- **Función:** Fluido que circula por el sistema de refrigeración, absorbiendo y liberando calor.
- **Importancia:** Seleccionar el refrigerante adecuado es crucial para la eficiencia y la seguridad del sistema.

6.3.7. Presión y Temperatura

- **Descripción:** Variables críticas que determinan el estado del refrigerante en cada etapa del ciclo.
- **Importancia:** Monitorizar y controlar estos parámetros asegura el correcto funcionamiento del sistema.

6.3.8. Coeficiente de Rendimiento (COP)

- **Descripción:** Relación entre la cantidad de calor removido y la energía consumida.
- **Importancia:** Indicador clave de la eficiencia del sistema de refrigeración.

Conceptos básicos de seguridad

6.3.9. Bomba de vacío

- **Descripción:** La bomba de vacío elimina aire y humedad del sistema de refrigeración antes de cargar el refrigerante.
- **Importancia:** Su uso es crucial para evitar daños, mejorar el rendimiento y garantizar la eficiencia del sistema.

6.3.10. Manifold

- **Descripción:** El Manifold permite medir presiones y controlar el flujo de refrigerante en sistemas de refrigeración.
- **Importancia:** Es esencial para realizar diagnósticos, cargas y mantenimiento de manera precisa y segura.

4. Equipo de Protección Personal (EPP) en el mantenimiento de cámaras frigoríficas

- **Protección ocular:** Uso de gafas de seguridad para evitar lesiones por proyección de refrigerante o partículas durante la intervención del sistema.
- **Guantes térmicos/químicos:** Previenen quemaduras por contacto con superficies a baja temperatura y exposición a refrigerantes o aceites.
- **Vestimenta técnica:** Ropa de trabajo resistente y calzado de seguridad protegen frente a riesgos mecánicos y condiciones térmicas adversas dentro del área de trabajo.

5. Conocimiento del Equipo

- **Familiarización con la cámara frigorífica:** Antes de comenzar, es fundamental entender el funcionamiento de todos los componentes del sistema de la cámara frigorífica. Una comprensión clara del equipo garantiza una operación segura y eficiente.

6. Inspección previa

- **Revisión de conexiones:** Verificar que todas las conexiones y juntas estén bien ajustadas y no haya fugas.
- **Comprobación de componentes:** Asegurarse de que todos los componentes estén en buen estado y funcionando correctamente. Revisar el estado y la funcionalidad de cada parte del sistema evita fallos inesperados y mantiene la seguridad operativa.

Preguntas de comprobación

1. ¿Qué es la refrigeración por compresión de vapor?

El proceso de refrigeración por compresión consiste en extraer calor de un espacio con una temperatura baja y liberarlo en otro espacio con una temperatura más alta. Esto se logra mediante el uso de varios componentes clave: un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador. Este método, que funciona en un ciclo cerrado, se basa en los principios fundamentales de la termodinámica.

2. Explica el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

El refrigerante es comprimido por el compresor, aumentando su presión y temperatura. Luego, pasa al condensador, donde libera calor y se condensa en un líquido de alta presión. Este líquido pasa a través de la válvula de expansión, donde su presión disminuye drásticamente, lo que provoca una caída en su temperatura. Finalmente, el refrigerante entra en el evaporador, donde absorbe calor del espacio a enfriar, completando el ciclo.

3. ¿Qué es un mantenimiento preventivo?

El mantenimiento preventivo es el conjunto de acciones programadas que se realizan antes de que ocurra una falla, con el objetivo de mantener el buen funcionamiento de los equipos y evitar averías futuras.

4. ¿Qué es un mantenimiento correctivo?

El mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento que se realiza después de que ocurre una falla o avería en un equipo o sistema, con el objetivo de restaurar su funcionamiento normal.

Recursos

Tabla 6 Detalle de los recursos humanos y su aporte en el desarrollo del proyecto.

Nombre	Función o cargo	Aporte al proyecto
García Pico Edison Alexander	Autor	Autor
Pincay Rojas Moisés Leandro	Autor	Autor
Ing. Anderson David Buitrón Flores	Tutor	Tutor
Tec. Javier Chalen	Técnico del taller de refrigeración	Supervisión del mantenimiento

Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

1.1. Recursos institucionales

Tabla 7 Detalle de los recursos institucionales y lugar de origen.

Equipo/laboratorio/software (otros)	Área	Facultad
Taller	Refrigeración	Ingeniería Marítima
Cámara Frigorífica ½ tonelada	Refrigeración	Ingeniería Marítima

Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro

1.2. Recursos materiales y económicos

Los recursos materiales y los rubros económicos para invertir en el presente proyecto se detallan en la Tabla .

Tabla 8 Detalle de los recursos materiales y económicos necesarios para la elaboración del proyecto.

N.º	Descripción	Cantidad U	Valor unitario \$	Valor total \$
1	Refrigerante 404a 12Kg	2	75\$	150\$
2	Válvula solenoide	1	60\$	60\$
3	Filtro	1	20\$	20\$
4	Cable calibre #18	20m	0.60\$	12\$
5	Cable calibre #14	20m	0.80\$	16\$
6	Cable calibre #12	20m	1.50\$	30\$
7	Termorregulador digital ERC-213	1	70\$	70\$
8	Manómetro Manifold	2	100\$	200\$
9	Silicona Neutra	6	40\$	240\$
10	Pistola de silicona	1	20\$	20\$
11	Tuerca de bronce 3/8"	2	3\$	6\$
12	Filtro secador de aire 3/8" 083 TGM	1	10\$	10\$
13	Presostato de alta y baja KP-15 Danfoss	1	95\$	95\$
14	Soldadura de plata al 15%	6	10\$	60\$
15	Cilindro gas propano 14.1 oz	2	10\$	20\$
16	Mechero de gas propano	1	30\$	30\$
17	Codo de cobre 90° 1/2"	3	1\$	3\$
18	Codo de cobre 90° 3/8"	2	0.75\$	1.50\$
19	T de cobre de 3/8"	1	1\$	1\$
20	Válvula de paso refrigerante	1	20\$	20\$

TOTAL:

Mil ciento treinta dólares

1064.5

Elaborado por: García Pico Edison Alexander; Pincay Rojas Moisés Leandro.

Bibliografías

- Adriana Aguirre. (2021). *Areaacademy*. Obtenido de <https://areacooling.com/areacademy/es/ciclo-basico-de-refrigeracion/>
- Alfa refreshop*. (2023). Obtenido de <https://www.alfarefreshop.com.br/tanque-de-liquido-6-lt-elgin?srsId=AfmBOorrSdTO9muxTiqZAfG9CAoWJP0AbU0XwBhOP25PrC4c8yOLo9NL>
- Becerril, A. V. (2014). *Preelaboración y conservación de pescados crustaceos y moluscos*. Madrid: Ideaspropias Editorial.
- Colmac Coil*. (2021). Obtenido de <http://colmaccoil.com/es/productos/evaporadores-de-refrigeraci%C3%B3n/evaporadores-exclusivos/evaporadores-de-flujo-de-aire-reversible.aspx>
- Ebay*. (1995). Obtenido de https://hn.ebay.com/b/Semi-Hermetic-R-22-Refrigerant-Industrial-Compressors/183960/bn_7117035827eBay
- Ebay*. (2023). Obtenido de https://hn.ebay.com/b/Semi-Hermetic-R-22-Refrigerant-Industrial-Compressors/183960/bn_7117035827eBay.
- Evapco*. (2020). Obtenido de <https://www.evapco.com/es/products/evaporators/evaporadores-serie-ssthbEVAPCO>.
- Focus Technology Co. (2023). *Made in china*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_tianjinfirst/product_China-First-Cold-Chain-Tunnel-Freezing-for-Fish-Shrimp-etc-Seafood-

Processing_euygiirhy.html?pv_id=1j4miq5tq62&faw_id=1j4miqfkp1a1&bv_id=1j4miqfkt6&pbv_id=1j4miq4av7f0

Frigopack. (2021). Obtenido de <https://www.frigopack.com/la-refrigeracion-industrial-y-sus-principales-componentes-y-accesorios/>.

Grupo panel sandwich. (2025). Obtenido de <https://panelsandwich.ec/panel-techo/panel-sandwich-tres-grecas>

Michael Kauffeld, M. K. (2005). *handbook on ice slurries fundamentals and engineering*. Paris: International institute of refrigeration.

Nasirin, B. H. (s.f.). The Advantage of Slurry Ice as Cooling Media for Fish in Tropical AreaE. *International Journal of Sciences:Basic and Applied Research (IJSBAR)*.

Refrimed. (2021). *Refrimed*. Obtenido de <https://refrimed.com/productos/camara-de-congelacion/>.

Sandesa. (2023). *sandesa*. Obtenido de <https://camarasfrigorificas.com/camaras-frigorificas-a-medida/camaras-frigorificas-modulares-todo-lo-que-necesita-saber/>

Sr Frío. (2017). Obtenido de <https://www.srfrio.com.mx/ciclo-basico-de-refrigeracion-por-compresion/>.

Top Hostelería. (2020). Obtenido de <https://www.tophosteleria.com/es/paneles-conservacion/679-5538-camara-refrigeracion-ancho-2000-mm-alto-2000-mm-temperatura-positiva.html>

Vera Loor, A. I., Fuentes Falcone, B. A., & Navia Mendoza , F. A. (2013). *CÁLCULO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CAMARA FRIGORÍFICA DE ½ TONELADA DE CAPACIDAD PARA LA CONSERVACIÓN DE ALBACORA EN LA FACULTAD DE MECÁNICA NAVAL*. Manta.

Weather atlas. (2025). Obtenido de Fuente: <https://www.weather-atlas.com/es/ecuador/manta-clima>

Weston. (2021). Obtenido de <https://weston.com.co/producto/condensadores/>.

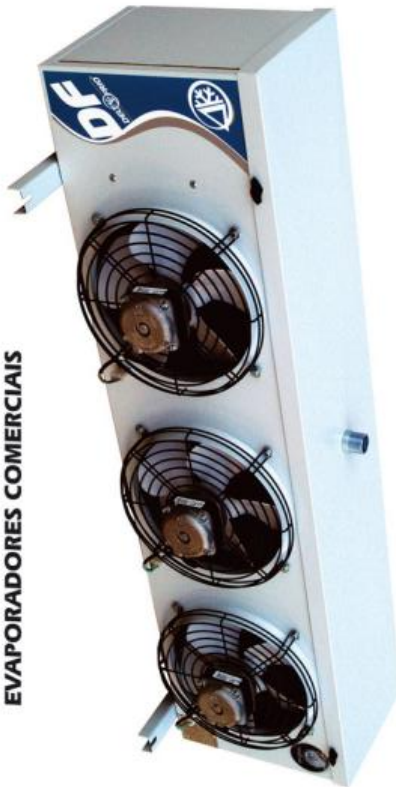
ANEXO A características del compresor NJ2212GK

Sistema Montaje	Código		
	Conexión		
	1/4 in / 6 mm ro- scar	1/4 in sol- dadura ODF	6 mm sol- dadura ODF
DT	060-110166 (1)(4)	060-111266 (4)	060-111066 (4)
DT	060-114166 (2)(4)	-	-
DT	060-110366 (1)	060-111166	060-110966
DT	060-112066 (1)(4)	-	060-112366 (4)
DT	060-117166 (1)(4)	060-117966 (4)	060-117766 (4)
DT	060-117366 (1)	060-118066	-
ISPD LP	060-124166 (4)	060-125466 (4)	-
ISPD LP	060-124366 (1)	-	-
ISPD LP	060-114866 (2)	-	-
ISPD LP	060-124566 (1)	-	-
ISPD LP	060-126166	-	-
ISPD y HP	060-126566 (1)(4)	060-129966 (4)	-
ISPD y HP	060-126466 (1)	060-128466 (1)	-
ISPD y HP	060-115466 (4)	060-001066 (4)	-
ISPD y HP	060-122066	-	-

ANEXO B tabla de temperatura y presión del refrigerante R-404a

TEMP. (°C)	PRESIÓN ABSOLUTA (kPa)		DENSIDAD (kg/m³)		ENTALPÍA (kJ/kg)		ENTROPÍA (kJ/kg.K)	
	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO	BURBUJA	ROCÍO
-50	85.2	82.1	1314.1	4.456	133.1	337.3	0.7318	1.6487
-45	108.6	104.9	1298.8	5.605	139.3	340.6	0.7591	1.6430
-40	136.7	132.5	1283.2	6.975	145.6	343.8	0.7862	1.6380
-35	170.1	165.3	1267.5	8.595	152.4	347.0	0.8150	1.6337
-30	209.5	204.1	1251.7	10.492	159.9	350.3	0.8460	1.6301
-25	255.4	249.3	1235.8	12.692	166.3	353.4	0.8718	1.6271
-20	308.7	301.8	1219.6	15.246	172.8	356.5	0.8975	1.6245
-15	370.1	362.5	1203.2	18.196	179.4	359.6	0.9231	1.6222
-10	440.4	432.1	1186.4	21.593	186.1	362.6	0.9487	1.6202
-5	520.5	511.4	1169.2	25.492	193.0	365.5	0.9743	1.6184
0	611.1	601.3	1151.5	29.960	200.0	368.3	1.0000	1.6168
5	713.3	702.7	1133.0	35.072	207.2	371.0	1.0257	1.6153
10	827.8	816.5	1113.7	40.917	214.5	373.6	1.0515	1.6138
15	955.6	943.6	1093.4	47.605	222.1	376.0	1.0776	1.6123
20	1097.7	1085.1	1071.7	55.267	229.9	378.3	1.1038	1.6106
25	1255.0	1241.8	1048.4	64.066	237.9	380.4	1.1304	1.6087
30	1428.7	1415.0	1023.1	74.210	246.2	382.2	1.1574	1.6065
35	1619.7	1605.6	995.4	85.968	254.8	383.8	1.1848	1.6038
40	1829.2	1814.8	964.7	99.704	263.8	385.0	1.2130	1.6005
45	2058.3	2043.9	930.4	115.926	273.2	385.8	1.2421	1.5964
50	2308.2	2294.0	891.5	135.384	283.2	386.1	1.2723	1.5910

EVAPORADORES COMERCIAIS



Modelo	Capacidade (Kcal/h)								Ventiladores				Degelo			Conexões			Dimensões equipamento			Peso	
	Temperatura de evaporação								Qtd.	Cor.	Hélice	Flecha	Vazão	Qtd.	Modelo	Cor.	Entr.	Saída	Dreno	Comp.	Altura		Prof.
	0°C	-5°C	-10°C	-15°C	-20°C	-25°C	-30°C	-35°C															
DF 15.15	502	465	449	424	404	385	370	364	1	0,5	254	10	997	1	A1-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	14
DF 15.17	866	793	759	708	672	640	618	609	1	0,5	254	10	956	1	A1-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	16
DF 15.19	1298	1176	1109	1024	966	917	883	871	1	0,5	254	9	914	1	A2-v2	4,5	1/2	5/8	1	580	360	435	17
DF 15.25	1523	1375	1298	1199	1131	1075	1036	1022	2	0,9	254	10	1993	2	A1-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	24
DF 15.27	2583	2418	2299	2134	1989	1875	1790	1744	2	0,9	254	10	1911	2	A1-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	26
DF 15.29	3372	3142	2960	2761	2628	2508	2387	2296	2	0,9	254	9	1829	2	A2-v2	9	1/2	5/8	1	940	360	435	28
DF 15.37	4149	3871	3643	3400	3214	3039	2892	2784	3	1,4	254	10	2867	3	A1-v2	13,5	1/2	5/8	1	1300	360	435	36
DF 15.39	5152	4777	4454	4159	3918	3633	3388	3189	3	1,4	254	9	2743	3	A2-v2	13,5	1/2	5/8	1	1300	360	435	38
DF 15.47	5549	5156	4813	4459	4174	3891	3637	3434	4	1,8	254	10	3822	4	A1-v2	18	1/2	5/8	1	1660	360	435	43
DF 15.49	6779	6317	5953	5556	5297	5060	4832	4659	4	1,8	254	9	3658	4	A2-v2	18	1/2	1	1	1660	360	435	48
DF 15.59	8673	8062	7556	7045	6743	6314	5969	5719	5	2,3	254	9	4572	5	A2-v2	22,5	1/2	1	1	2020	360	435	59
DF 15.69	10410	9643	9003	8538	7928	7376	6901	6523	6	2,7	254	9	5487	6	A2-v2	27	1/2	1	1	2380	360	435	70
DF 15.79	12111	11269	10582	9824	9460	8912	8457	8149	7	3,2	254	9	6401	7	A2-v2	31,5	1/2	1 1/4	1	2740	360	435	78
DF 15.89	13949	12964	12127	11407	10783	10080	9507	9078	8	3,6	254	9	7316	8	A2-v2	36	1/2	1 1/4	1	3100	360	435	88

Espacamento de 6mm entre as aletas

- Para o tamanho da embalagem acrescentar as seguintes medidas nas dimensões do equipamento: X + 20mm, Y + 90mm e Z + 20mm
- DF = sem degelo elétrico DFI = com instalação elétrica para degelo elétrico DFD = com degelo elétrico
- As vazões acima estão informadas para 60Hz, porém os motoventiladores também funcionam em 50 Hz, sendo que neste caso a vazão cai aproximadamente 13% e a capacidade cai aproximadamente 7%.



ANEXO D características técnicas termostato Kp-15

Technical specifications		
Voltage	115V AC, 50/60 Hz	230V AC, 50/60 Hz
DO1/2/3	16(16)/2(2)/2(2)A	
Inputs	4 (2 AI + 1 AI/DI + 1 DI))	
Sensor type	NTC 5K, NTC 10K, PTC, Pt 1000	
Protection	Front: IP65, Rear: IP00	

ANEXO E Propiedades del refrigerante R-404a

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDADES	R-404A
Peso molecular	(g/mol)	97.6
Temperatura ebullición a (1,013 bar)	(°C)	-46.5
Deslizamiento temperatura de ebullición (a 1,013 bar)	(K)	0.7
Temperatura crítica	(°C)	72.1
Presión crítica	(bar abs)	37.32
Densidad crítica	(kg/m³)	484.5
Densidad del líquido (25°C)	(kg/m³)	1048
Densidad del líquido (-25°C)	(kg/m³)	1236
Densidad del vapor saturado (a -15°C)	(kg/m³)	18.20
Presión del vapor (25°C)	(kPa)	1255
Presión del vapor (-25°C)	(kPa)	255
Calor latente de vaporización (a 1,013 bar)	(kJ/kg)	200
Calor específico del líquido (25°C) (1,013 bar)	(kJ/kg.K)	1.64
Calor específico del vapor (25°C) (1,013 bar)	(kJ/kg.K)	0.88
Conductibilidad térmica del líquido (25°C)	(W/mK)	0.064
Conductibilidad térmica del vapor (1,013 bar)	(W/mK)	0.0143
Solubilidad con el agua (25°C)	(ppm)	Despreciable
Límite de inflamabilidad (25°C)	(% vol)	Ninguno
Toxicidad (AEL)	(ppm)	1000
ODP	-	0
PCA (GWP)	-	3922 *