



FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA: INGENIERÍA MARÍTIMA

TRABAJO DE TITULACIÓN

MODALIDAD: PROYECTO TÉCNICO

Título:

Repotenciación de banco de prueba para la simulación de fallas de refrigeración con PLC de la Carrera de Ingeniería Marítima

Autores:


Anchundia Campuzano Félix Calixto

Macias Mero José Andrés

Asesor académico: PhD Mercedes Alemán García

Manta-Manabí-Ecuador

2026

	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 tutora de la Facultad Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante Anchundia Campuzano Félix Calixto legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de tesis, cuyo tema del proyecto es “Repotenciación de banco de prueba para la simulación de fallas de refrigeración con PLC de la Carrera 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, 05 de febrero de 2026.

Lo certifico,



Mercedes Aleman
García
Time Stamping
Security Data

Ing. Mercedes Alemán García PhD.
Docente Tutora

	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 tutora de la Facultad Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría del estudiante Macias Mero José Andrés legalmente matriculados en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2025-2, cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de tesis, cuyo tema del proyecto es “Repotenciación de banco de prueba para la simulación de fallas de refrigeración con PLC de la Carrera 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, 05 de febrero de 2026.

Lo certifico,



Mercedes Aleman
Garcia



Ing. Mercedes Alemán García PhD.
Docente Tutora

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Anchundia Campuzano Félix Calixto** y **Macias Mero José Andrés**, declaramos que este trabajo de titulación es de nuestra propiedad y autoría, siendo elaborado de manera original.

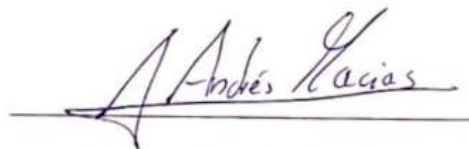
Certificamos que el contenido de este documento no ha sido utilizado en anteriores trabajos y que todas las fuentes de información han sido citados y referenciado conforme a las normas académicas correspondientes. Asumiendo la responsabilidad por la información presentada.



Anchundia Campuzano Félix Calixto

C.C 1350695969

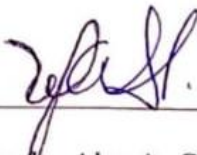
Autor



Macias Mero José Andrés

C.C 1350737837

Autor



Ing. Mercedes Alemán García PhD.

C.C 0959593815

Tutor

DEDICATORIA

En memoria de mi querida abuela **MARIANA PINOARGOTE** que siempre confió en mí y no dudo nunca que lo podía lograr, por las grandes enseñanzas que me dio , el inmenso amor recibido y la lucha constante que hizo por mí .Siendo ésta la manera de decirle: *“estás aquí como en todos los pasos dados y todos los logros que sé que pronto vendrán. TE AMO.”*

A mi querida y adorada madre **VIVIANA CAMPUZANO** que siempre estuvo ahí alentándome y apoyándome con mis estudios. Siendo un pilar fundamental para sostener mi vida académica. Por su inmenso sacrificio, sus valores, enseñanzas y sobre todo su incondicional amor que siempre estuvo presente.

A mis hermanos, tíos, primos y demás familiares que creyeron en mí desde en un principio y son parte de este logro tan importante para mí.

Sobre todo y menos importante a mis mascotas que siempre me recibían de la mejor manera al retorno de la universidad y estuvieron en mis largas horas de desvelo apoyándome con su amor incondicional y su compañía.

FÉLIX CALIXTO ANCHUNDIA CAMPUZANO

AGRADECIMIENTO

Agradecer infinitamente a dios que ha sido el motor principal y siempre ha estado conmigo en todo momento, que me ha brindado salud, sabiduría y resiliencia a las adversidades que se presentan en la vida cotidiana.

Agradecer a mi madre, abuela, hermanos, mascotas y demás familiares que siempre estuvieron presentes en este largo camino.

Agradecer a todos los docentes que sembraron en mí su semilla de conocimientos que serán de gran utilidad al desarrollar mis actividades en el ámbito laboral.

A mis amigos y compañeros que fueron de gran apoyo para culminar la carrera, en especial a Graieb Zambrano, que siempre me brindo su apoyo y su gran amistad. Y Andrés Macias mi compañero de tesis, por su compromiso y apoyo en este proyecto.

Y por último y sin dejar atrás a la compañía “Transpolitana S.A” que siempre estuvieron presentes en el transporte a lo largo de la carrera con sus unidades, brindando un servicio seguro y fiable.

FÉLIX CALIXTO ANCHUNDIA CAMPUZANO

DEDICATORIA

A mis amados padres **MARGARITA MERO Y JOSÉ MACÍAS** por su esfuerzo para que nunca me falte nada y sus enseñanzas de bien.

A mis hermanos que siempre estuvieron para mí todas esas noches de desvelo gracias a su compañía y palabras de aliento.

A mis jefes de distintos empleos que tuve que siempre fueron muy comprensibles con los distintos horarios de clase y me permitieron poder seguir con mis estudios.

A mí, por no darme por vencido a pesar de todas las circunstancias de la vida, seguí adelante.

A todas las personas que creyeron en mí.

MACÍAS MERO JOSÉ ANDRÉS

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme salud, sabiduría y paciencia para realizar de la mejor manera posible este proyecto.

Agradecer a mis padres y hermanos por alentarme día con día para que no decaiga en el camino.

Agradecer a mi amada compañera de vida **ARIANNA CHOMPOL** por ser mi motivo para ser mejor cada día, siendo mi musa de inspiración.

A todas las amistades que formé en el camino universitario que de uno u otra forma siempre estuvieron para mí, en especial a Johannes Vera y Graieb Zambrano, con su apoyo y amistad hicieron del camino universitario un mejor lugar, Félix Anchundia mi compañero de tesis, por su entrega en este proyecto y dedicación para cumplir hasta el final.

MACÍAS MERO JOSÉ ANDRÉS

SÍNTESIS

El siguiente proyecto busca repotenciar y mejorar la utilidad a un banco de pruebas de refrigeración, A sí mismo, aportar tecnologías actualizadas con lenguaje de programación más completo y eficiente que estén a la vanguardia del medio marítimo, evidenciando y solucionando los posibles problemas que se presenten en el ámbito laboral como las cámaras frigoríficas ubicadas en empresas de conservación de productos o las cubas ubicadas en las embarcaciones en las que se almacena y conserva la pesca. Además de contar con sistemas reales, adaptado a una microescala donde se presentan los componentes principales que conforman los sistemas de refrigeración y piezas importantes dentro de la automatización en sistemas frigoríficos compartidos (conservación y congelación) . Basándose de un manual donde se detallan las fallas paso a paso y se fundamentan mediante parámetros calculados del sistema . Finalmente se obtiene que las averías simuladas dentro del sistema de refrigeración pueden causar graves problemas en sus componentes apoyados de cálculos que sustentan su veracidad, mismo que describen de manera técnica la ineficiencia cuando ocurren.

PALABRAS CLAVES

Automatización, ,diagnóstico de fallas, PLC, mantenimiento

ABSTRACT

The following project aims to enhance and improve the functionality of a refrigeration test bench. It also seeks to incorporate updated technologies with a more comprehensive and efficient programming language that is at the forefront of the maritime industry. This will allow for the identification and resolution of potential problems encountered in the workplace, such as those found in cold storage facilities at product preservation companies or in the tanks on vessels where fish are stored and preserved. Furthermore, the project utilizes real-world systems, adapted to a microscale, showcasing the main components of refrigeration systems and key elements within the automation of shared refrigeration systems (preservation and freezing). Based on a manual that details the failures step by step and supports them with calculated system parameters, the simulated failures within the refrigeration system can cause serious problems in its components. This is supported by calculations that validate the findings and technically describe the resulting inefficiencies.

KEYWORDS

Automation, fault diagnosis, PLC, maintenance

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN	2
CERTIFICACIÓN	3
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	4
DEDICATORIA.....	5
AGRADECIMIENTO	6
DEDICATORIA.....	7
AGRADECIMIENTO	8
SÍNTESIS	9
PALABRAS CLAVES.....	9
ABSTRACT.....	10
KEYWORDS.....	10
ÍNDICE GENERAL	11
ÍNDICE DE TABLAS	17
INTRODUCCIÓN	19
Título.....	19
Antecedentes.....	19
Justificación	20
Propuesta.....	20
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos.....	21
MARCO TEÓRICO.....	22
1. Principios De La Refrigeración	22
1.1 Conceptos De Refrigeración.....	22
1.1.1 Definición General.....	22
1.2 Aplicaciones prácticas	23
1.3 Fundamentos termodinámicos	25
1.3.1 Calor.....	25
1.3.2 Trabajo	25
1.3.3 Primera Ley de la Termodinámica.....	26
1.3.4 Segunda Ley de la Termodinámica.....	27

1.3.5	Ciclo de Carnot Inverso (ideal).....	27
1.4	Principios de Transferencia de Calor.....	28
1.5	Banco de prueba.....	29
1.5.1	¿Qué significa repotenciar un banco de prueba?	29
1.6	Componentes principales del sistema de refrigeración por compresión de vapor.30	
1.6.1	Compresor.....	30
1.6.2	Condensador	30
1.6.3	Dispositivo de expansión.....	31
1.6.4	Evaporador.....	32
1.6.5	Refrigerante.....	33
1.7	Componentes eléctricos, de regulación y control del sistema de refrigeración. ...	34
1.7.1	Breaker.....	34
1.7.2	Contactores	34
1.8	Dispositivos de regulación y control.....	35
1.8.1	Presostato	35
1.8.2	Manómetro.....	36
1.8.3	Termostato	36
1.8.4	Válvulas	37
1.8.5	Tanque receptor de líquido refrigerante	38
1.8.6	Tuberías.....	38
1.9	PLC (Controladores Lógicos Programables).....	39
1.9.1.	Automatización.....	39
1.9.2	PLC	39
1.9.3	Relación con la simulación de fallas en sistemas de refrigeración controlados por PLC	40
CAPITULO II.....		41
Diseños y cálculos del circuito de refrigeración.....		41
2.	Introducción.....	41
2.1	Características de las cámaras frigoríficas.....	41
2.2	Dimensiones de las cámaras frigoríficas.....	42
2.3	Material y espesor del aislante a utilizar.....	43

2.4	Cálculo de cargas térmicas de cámara de congelación	44
2.4.1	Pérdidas de carga por transmisión en techo y suelo.	44
2.4.2	Pérdidas de carga por transmisión en paredes laterales	46
2.4.3	Pérdidas de carga por transmisión en pared frontal	47
2.4.4	Carga total de calor por transmisión en suelo, paredes y techo.	48
2.4.5	Pérdida de calor por producto y cantidad a congelar	48
2.4.6	Calor liberado por motores	49
2.4.7	Pérdida de carga por renovación de aire y apertura de puerta.	50
2.4.8	Calor total de refrigeración.	50
2.5	Cálculo de cargas térmicas de cámara de conservación	51
2.5.1	Pérdidas de carga por transmisión en techo y suelo.	51
2.5.2	Pérdidas de carga por transmisión en paredes laterales	52
2.5.3	Pérdidas de carga por transmisión en pared posterior	52
2.5.4	Pérdidas de carga por transmisión en paredes frontal.....	53
2.5.5	Pérdidas de carga por transmisión en techo y suelo	53
2.5.6	Carga total de calor por transmisión en paredes, techo y suelo.	54
2.5.7	Pérdida de calor por producto y cantidad a congelar	54
2.5.8	Calor liberado por motores	54
2.5.9	Pérdida de carga por renovación de aire y apertura de puerta.	54
2.5.10	Carga total de calor por transmisión en suelo, paredes y techo.	55
2.6	Cálculo y selección de refrigerante.....	55
2.6.1	Trazado de curva P-h y cálculos de entalpías en cada punto	55
2.6.2	Cálculo de entalpías en cada punto.	56
2.7	Parámetros para equipos mecánicos	57
2.8	Selección de componentes mecánicos del sistema de refrigeración.....	60
2.8.1	Compresor.....	60
2.8.2	Evaporador.....	60
2.8.3	Evaporador de conservación.	61
2.8.4	Condensador	61
2.8.5	Tanque receptor de líquidos	62
CAPITULO III.....		63

3	Desarrollo del proyecto.....	63
	3.1 Descripción del banco de prueba antes de la intervención.	63
	3.1.1 Limpieza general del banco de prueba.....	64
	3.1.2 Diagnóstico del compresor:	65
	3.1.3 Diagnóstico del evaporador de congelación	66
	3.1.4 Diagnóstico del evaporador de conservación	66
	3.1.5 Diagnóstico del condensador	67
	3.1.6 Diagnóstico de elementos eléctricos.....	67
	3.1.7 Diagnóstico de componentes de regulación y control.	69
	3.1.8 Diseño técnico del sistema con PLC.....	70
	3.2 Montaje y repotenciación del banco de prueba.....	71
	3.3 Reestructuración del sistema eléctrico (Control y Fuerza).....	71
	3.4 Programación del PLC.....	72
	3.5 Desarrollo del tablero.....	75
	3.6 Pruebas y validación del funcionamiento	80
	3.6.1 Introducción	80
	3.6.2 Puesta en marcha del sistema.....	80
	3.7 Desarrollo de simulación de averías en el sistema de refrigeración.....	81
	3.8 Simulación de falla número 1	81
	3.8.1 Desarrollo de la falla número 1 (Limitación de refrigerante a válvulas de expansión).....	81
	3.8.2 Resultado de la simulación de la falla número 1	81
	3.9 Simulación de la falla número 2	82
	3.9.1 Desarrollo de la falla número 2 (Condensación deficiente).....	82
	3.9.2 Resultado de la simulación de la falla número 2	82
	3.10 Simulación de la falla número 3	83
	3.10.1 Desarrollo de la falla número 3 (Evaporización insuficiente del refrigerante).....	83
	3.10.2 Resultado de la simulación de la falla número 3	83
	3.11 Simulación de la falla número 4	83
	3.11.1 Desarrollo de la falla número 4 (Fallo de arranque de compresor) 83	

3.11.2	Resultado de la simulación de la falla número 4	83
3.12	Simulación en caso de emergencia	84
CAPITULO IV.....		84
4	Costos de inversión.....	84
4.1	Componentes mecánicos (Sistema de refrigeración).....	84
4.2	Componentes eléctricos (Sistema eléctrico)	84
4.3	Productos de mantenimiento	85
4.4	Gastos de viáticos	86
4.5	Gastos indirectos	87
4.6	Gastos Totales.....	87
4.7	Prácticas De Laboratorio.....	88
4.7.1	Normas de Seguridad para la realización de practica de laboratorio de refrigeración.....	88
4.7.2	Prueba De Laboratorio 1	89
4.7.2.1	Objetivos de las prácticas.....	89
4.7.2.2	Definiciones básicas.....	89
4.7.2.3	Desarrollo de la práctica	89
4.7.2.4	Análisis de datos obtenidos.....	90
4.7.2.5	Interpretación de Datos	91
4.7.3	Prueba de laboratorio 2	92
4.7.3.1	Objetivos de las prácticas.....	92
4.7.3.2	Definiciones básicas.....	92
4.7.3.3	Desarrollo de la práctica	92
4.7.3.4	Análisis de datos obtenidos.....	93
4.7.3.5	Análisis de Datos	94
4.7.4	Prueba de laboratorio 3	95
4.7.4.1	Objetivos de las prácticas.....	95
4.7.4.2	Definiciones básicas.....	95
4.7.4.3	Desarrollo de la práctica	95
4.7.4.4	Análisis de datos obtenidos.....	96
5	Conclusiones.....	98

6	Recomendaciones	99
7	Bibliografía	100
8	Anexos	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Refrigeración domestica</i>	23
Figura 2	<i>Refrigeración marítima</i>	24
Figura 3	<i>Intercambio térmico de dos cuerpos</i>	25
Figura4	<i>Ciclo de refrigeración por compresión de valor</i>	27
Figura 5	<i>Compresor de uso doméstico</i>	30
Figura 6	<i>Condensador de doble motor</i>	31
Figura 7	<i>Válvula de expansión</i>	32
Figura 8	<i>Evaporador Simple</i>	32
Figura 9	<i>Diagrama de Moller</i>	33
Figura 10	<i>Contactador Siemens</i>	35
Figura 11	<i>Presostato</i>	36
Figura 12	<i>Tanque recibidor de líquidos</i>	38
Figura 13	<i>PLC logo</i>	40
Figura 14	<i>Propiedades de la carne de Res</i>	48
Figura 15	<i>Diagrama de Moller del refrigerante R-134a</i>	56
Figura 16	<i>Características del compresor</i>	60
Figura 17	<i>Características del evaporador congelación</i>	60
Figura 18	<i>Características del evaporador conservación</i>	61
Figura 19	<i>Características del condensador</i>	61

Figura 20	<i>Características tanque recibidor de líquido</i>	62
Figura 21	<i>Desprendimiento de aislante en cámara</i>	63
Figura 22	<i>Reemplazo de ruedas</i>	64
Figura 23	<i>Suciedad y componentes para reutilizar</i>	64
Figura 24	<i>Conexión de capacitor en bornera del compresor</i>	65
Figura 25	<i>Cambio de aislante en cámara de conservación</i>	67
Figura 26	<i>Presostato dual</i>	69
Figura 27	<i>PLC acoplado con módulo de expansión</i>	70
Figura 28	<i>Cables en desorden</i>	71
Figura 29	<i>Tablero principal</i>	72
Figura 30	<i>Programación de PLC</i>	74
Figura 31	<i>Fijación de canaletas en el plafón</i>	75
Figura 32	<i>Ubicación de componente</i>	76
Figura 33	<i>Cableado del tablero</i>	76
Figura 34	<i>Ubicación de selectores y luces pilotos</i>	77
Figura 35	<i>Conexión de Pc a PLC</i>	79
Figura 36	<i>Ciclo básico de refrigeración</i>	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Características de tuberías de cobre</i>	39
Tabla 2	<i>Características de cámara de congelación</i>	41
Tabla 3	<i>Característica de cámara de conservación</i>	42

Tabla 4	<i>Dimensiones de cámara de congelamiento.</i>	42
Tabla 5	<i>Dimensiones de cámara de conservación.</i>	43
Tabla 6	<i>Características de las cámaras de congelación</i>	45
Tabla 7	<i>Características de cámara de conservación</i>	51
Tabla 8	<i>Valores de entalpías y características del refrigerante</i>	56
Tabla 9	<i>Listas de entradas asignadas al PLC</i>	72
Tabla 10	<i>Salida asignadas del PLC</i>	73
Tabla 11	<i>Costos de componentes mecánicos</i>	84
Tabla 12	<i>Costos de componentes eléctricos</i>	85
Tabla 13	<i>Costos de productos de mantenimiento</i>	85
Tabla 14	<i>Gastos de viáticos</i>	86
Tabla 15	<i>Asesoramiento técnico</i>	87
Tabla 16	<i>Gastos totales</i>	87

INTRODUCCIÓN

Título

Repotenciación de banco de prueba para la simulación de fallas de refrigeración controlado mediante PLC en la Carrera de Ingeniería Marítima

Antecedentes

La ciudad de Manta, como uno de los principales productores de atún del Ecuador alberga fabricas dedicadas a este fin, donde uno de los procesos más importantes es la congelación de la materia prima para su conservación hasta que llegue el momento de su uso, este banco de pruebas nos ayudará a simular las fallas más comunes que se puedan presentar en algún caso en particular, sabiendo reaccionar de manera rápida, oportuna y eficiente sin comprometer la integridad del producto.

Este proyecto tiene como finalidad repotenciar un banco de prueba de simulaciones de fallas de refrigeración que debido a la mala gestión y la falta de mantenimiento se ha de dejado perder, el cual es de suma importante para el desarrollo de la enseñanza-aprendizaje encaminado a la práctica de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Marítima.

Justificación

Este proyecto responde a la necesidad académica de dejar funcional el banco de prueba que ayudará a las estudiantes a demostrar lo aprendido dentro de las aulas de clases, cálculos como, por ejemplo, cargas térmicas, trazados de ciclos termodinámicos y selección de equipos mecánicos. Se espera que este proyecto de tesis satisfice las necesidades prácticas de los estudiantes beneficiarios en este caso.

La integración de un PLC (Controlador Lógico Programable) facilitará la simulación de fallas reales en sistemas de refrigeración, mejorando la formación práctica y el desarrollo de habilidades en diagnóstico y mantenimiento, esenciales para la industria marítima. Además, esta automatización optimiza la comprensión de procesos complejos y promueve la innovación educativa. Institucionalmente, fortalece la infraestructura tecnológica y pedagógica de la carrera, alineándose con las demandas actuales del sector.

Propuesta

El proyecto pretende que los estudiantes que se beneficiarán de este banco de prueba y puedan desarrollar competencias técnicas y tener más conocimientos prácticos que ayuden a desarrollar más destreza dentro del área de refrigeración, logrando cumplir con el perfil que requieren las empresas. Así mismo dejar operativo el proyecto con manuales de uso y mantenimiento que ayuden a perdurar la vida útil y sostenibilidad del equipo.

Objetivo General

Diagnosticar, acondicionar y repotenciar el banco de prueba para la simulación de fallas accionado mediante un PLC.

Objetivos Específicos

- Analizar las falencias mecánicas y eléctricas que presenta el banco de prueba.
- Implementar mejoras en la estructura y componentes del banco de prueba (sustitución o reparación de elementos no funcionales).
- Incorporar nueva tecnología que beneficie el sistema de funcionamiento mediante la actualización del tipo de PIC.
- Diseñar un manual de operación para el uso, manipulación y control del banco de pruebas que ayude en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1. Principios De La Refrigeración

El campo de investigación se centra especialmente en información veraz y coherente que tenga que ver con sistemas de refrigeración y sistemas eléctricos, comprendiendo además componentes de control que se deben utilizar en sistemas que regulen y controlen con estándares correctos de presión y temperatura. Utilización de sistemas eléctricos avanzaron que automaticen y sea visto de manera más viables sin tanta interacción humana que puede provocar fallos.

1.1 Conceptos De Refrigeración

1.1.1 Definición General

La refrigeración es un concepto que ha evolucionado a lo largo de la historia de la humanidad. Actualmente se han asentado las bases para el desarrollo de sistemas de refrigeración más eficientes y ampliamente utilizados en la actualidad. Según Domínguez (2024), “La refrigeración es un proceso que extrae el calor de un ambiente para trasladarlo a otro y conseguir así que el primer punto se enfríe”.

Este proceso permite la extracción de energía térmica de un cuerpo, buscando reducir su temperatura. Los principios termodinámicos fundamentan que dicha energía es transferida hacia otro cuerpo. Cabe destacar que el frío es un término no existente en el ámbito científico, sino que la temperatura es el reflejo de la cantidad de energía manifestada, en pocas palabras se considera el frío como la ausencia de calor en un cuerpo.

1.2 Aplicaciones prácticas

La refrigeración es un proceso que cumple su función en diversos sectores como; industriales, comerciales y domésticos, teniendo como objetivo principal la conservación o acondicionamiento de productos y equipos. Entre las principales aplicaciones tenemos:

- Refrigeración doméstica:

La refrigeración doméstica parte de la necesidad de mantener en conservación los alimentos que consume el ser humano para el uso diario, principalmente trata de refrigeradores y congeladores que son los más utilizados y que representan una parte muy significativa de la industria en la refrigeración.

Figura 1

Refrigeración doméstica



Nota. Tomado de Refrigeración Doméstica García. <https://refrigeracion-domestica-garcia.ueniweb.com/>

- Refrigeración comercial:

Según Domínguez (2024), “En el sector comercial son utilizados para que locales, tiendas, restaurantes, almacenes o supermercados puedan almacenar y exponer los

productos sin que se dañen”. Consiste en el diseño, construcción, instalación y mantenimiento de aparatos de refrigeración.

- Refrigeración industrial:

Esta refrigeración, comprende gran tamaño de sus componentes mecánicos a comparación de los comerciales. Son utilizadas típicamente en plantas de hielo, en alimentos congelados (carne, pollo, chanco, etc.), en cervecerías, en almacenamiento de pescado y otros productos que necesiten de refrigeración .

- Refrigeración marina:

La **refrigeración marina** se refiere a refrigeración a bordo de embarcaciones (barcos): refrigeración para botes de pesca, para embarcaciones de transporte y cargamento, para congelar el pescado o productos marinos con la temperatura adecuada.

Figura 2
Refrigeración marítima



Nota. Tomado de dreamstime (2023) [Compresor De Refrigerante De Amoníaco Como Elemento Interior De La Empresa Química De Amoníaco Compresores Recíprocos Con Imagen de archivo - Imagen de control, sistema: 266815547](#)

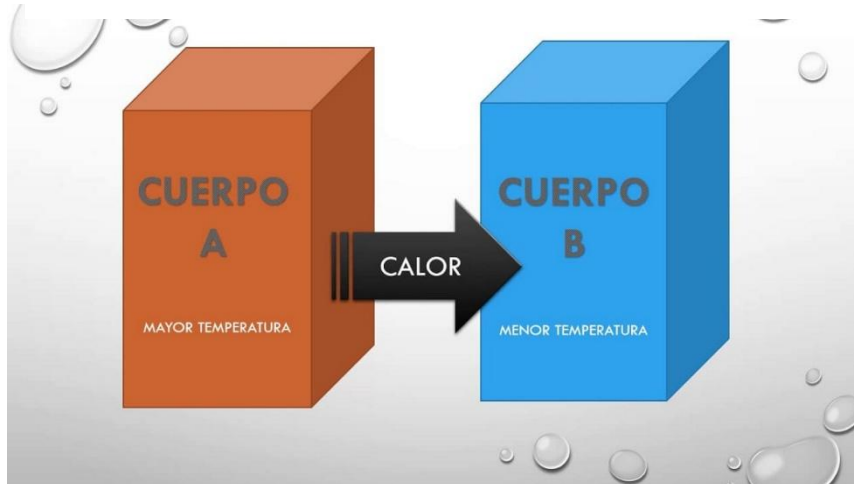
1.3 Fundamentos termodinámicos

Son básicamente conceptos relacionados con el calor y el trabajo. La comprensión de estos conceptos es de suma importancia para comprender los procesos de transferencia de calor y los ciclos de operación. termodinámica es la rama de la física que estudia las transformaciones de la energía.

1.3.1 Calor

El calor es la energía en tránsito a través de un sistema termodinámico debido a la diferencia de temperatura que existe entre un sistema y el medio que lo rodea o sus alrededores; para representarlo se utiliza la letra Q. (Barbosa Saldaña & Gutiérrez Torres, 2016, pág. 42).

Figura 3
Intercambio térmico de dos cuerpos



Nota. Tomado de Meteorología en red (2020) [Termodinámica](#)

1.3.2 Trabajo

En términos termodinámicos, el trabajo representa la **energía transmitida de forma ordenada** desde un sistema a su entorno o viceversa. “El trabajo es la cantidad de energía transmitida a un sistema (en forma macroscópica) que fluye a través de los

límites del sistema, debido a una variación de los parámetros que lo definen ” (Roldán Rojas , 2014, pág. 100).

El trabajo tiene importantes características:

- El trabajo es transitorio porque solo aparece durante un cambio de estado entre el sistema el medioambiente.

El efecto neto del trabajo es cambiar la energía interna del sistema y el medio que lo rodea.

Las unidades son: $W= J$ o Cal

1.3.3 Primera Ley de la Termodinámica

Según (Planas, Energía Solar, 2020) La primera ley de la termodinámica, establece que: “La energía total de un sistema aislado ni se crea ni se destruye, permanece constante”. Es un principio que detalla la conservación de la energía. Esta ley es fundamental en la comprensión de los procesos energéticos en la naturaleza y en la ingeniería, ya que describe cómo se conservan y transforman las distintas formas de energía dentro de un sistema cerrado.

$$\Delta U=Q-W$$

Donde:

ΔU : cambio de energía interna del sistema

Q : calor añadido al sistema

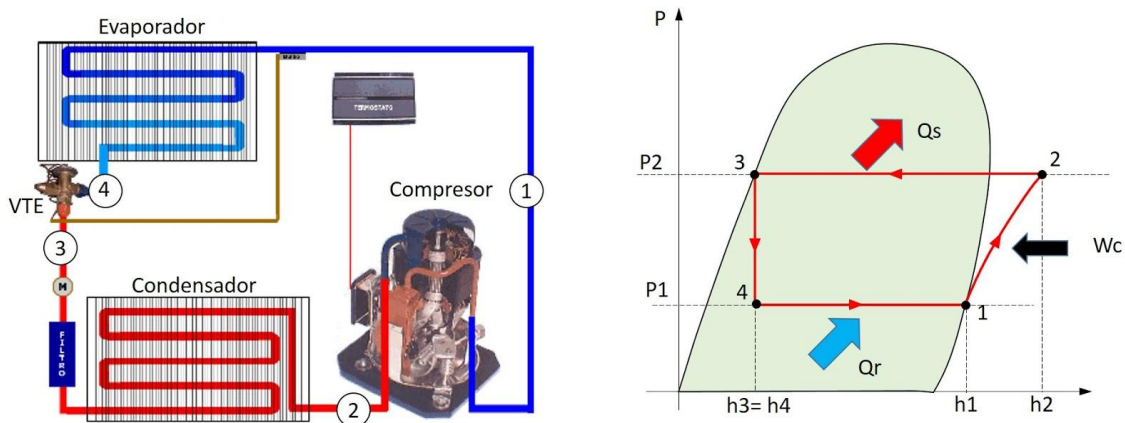
W : trabajo realizado por el sistema

En un sistema de refrigeración, esto significa que el calor absorbido del evaporador es transformado en trabajo por el compresor y luego disipado al ambiente en el condensador.

1.3.4 Segunda Ley de la Termodinámica

La segunda ley de la termodinámica es la ley que establece que, aunque todo el trabajo mecánico se transforma en calor, no todo el calor puede transformarse en trabajo mecánico, y hay una cierta cantidad de energía que se pierde. Se introduce la noción de entropía, o nivel de desorganización y desequilibrio de un sistema. (Zapata, 2024)

Figura4
Ciclo de refrigeración por compresión de valor



Nota. Tomado de *Termodinámica ESIME Azcapotzalco* (2016).

<https://termodinamica-esimeazc.blogspot.com/2016/05/refrigeracion.html>

1.3.5 Ciclo de Carnot Inverso (ideal)

El ciclo de Carnot representa un modelo ideal de refrigeración que opera con máxima eficiencia entre dos temperaturas fijas. Aunque no es aplicable directamente en la práctica, **sirve como referencia teórica para comparar otros ciclos reales**, como el

de compresión de vapor. El **coeficiente de rendimiento (COP)** para refrigeración se expresa como:

$$COP = \frac{T_{fría}}{T_{caliente} - T_{fría}}$$

Donde:

$T_{fría}$: Temperatura fría

$T_{caliente}$: Temperatura Caliente

Donde las temperaturas están en **kelvin (K)**. Cuando mayor es la temperatura del foco frío respecto a la del foco caliente, mayor será la eficiencia del ciclo.

1.4 Principios de Transferencia de Calor

Existen tres mecanismos principales:

- **Conducción:** transferencia de calor a través de sólidos (por ejemplo, en tuberías).
- **Convección:** transferencia por movimiento de fluidos (aire o refrigerante).
- **Radiación:** transferencia mediante ondas electromagnéticas (menos relevante en refrigeración mecánica, pero presente).

En un sistema de refrigeración, estos procesos se combinan para extraer calor de una zona y liberarlo en otra.

Entalpía, Entropía y Estado Termodinámico

Entalpía (h): es la energía total de un fluido. Es útil para calcular el trabajo y el calor intercambiado en compresores y condensadores.

Entropía (s): mide el grado de desorden o irreversibilidad. Cuanto más alto el desorden, más baja la eficiencia del ciclo.

Estado termodinámico: describe las condiciones del fluido (presión, temperatura, volumen, entalpía, etc.) en cada punto del ciclo.

1.5 Banco de prueba

Según Miñan (2024), “un banco de pruebas es un entorno controlado y gestionado que replica el entorno real en el que se va a desplegar el producto o servicio. Su propósito es permitir que los desarrolladores, ingenieros y equipo de pruebas evalúen y prueben el funcionamiento del producto o servicio de manera segura y controlada, antes de su lanzamiento en producción. Esto permite identificar y solucionar problemas críticos, mejorar la calidad y reducir el riesgo de errores.”

1.5.1 ¿Qué significa repotenciar un banco de prueba?

La idea de repotenciar elementos de máquina, por medio de innovación en materiales, alta tecnología, uso de herramientas como la IA o materiales de alta calidad; es aumentar las características funcionales y de resistencia de estos elementos. (Asteco, 2023). Por ejemplo, al incorporar sensores, control digital, actuadores y un PLC, el banco se transforma en una herramienta más eficiente, flexible y segura capaz de simular condiciones reales y desbordes operativos.

1.6 Componentes principales del sistema de refrigeración por compresión de vapor.

1.6.1 Compresor

Un compresor es un dispositivo de flujo mecánico diseñado para aumentar la presión de un gas reduciendo su volumen. El compresor es el componente principal de los sistemas básicos de refrigeración y suele considerarse el corazón del sistema de refrigeración.” Esta compresión permite que el refrigerante circule de forma continua a través del ciclo termodinámico” (Lopez, 2025). Según la configuración y demanda del sistema, se emplean distintos tipos de compresores: alternativos de pistón, de tornillo (rotativos) y scroll, cada uno con características operativas específicas en cuanto a capacidad, eficiencia y mantenimiento.

Figura 5

Compresor de uso doméstico



Nota. Tomado de Made in china (2018) [R134A Lbp compresor de refrigeración 1/5HP 220-240 V/50Hz 195W la capacidad de refrigeración comercial para la nevera, congelador, Contador - China El compresor de refrigeración comercial, el compresor el compresor frigorífico de supermercado](#)

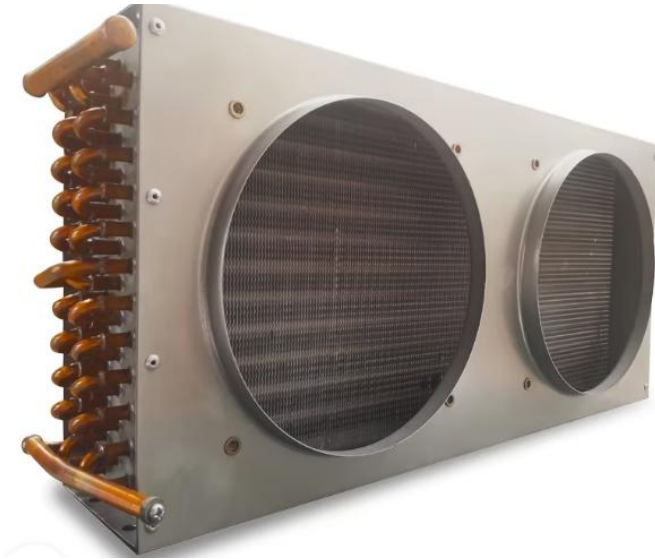
1.6.2 Condensador

Un condensador es un componente esencial de cualquier sistema HVAC. Su función es absorber el gas refrigerante a alta presión emitido por el compresor y convertirlo en estado líquido. El refrigerante se enfría y se condensa a una temperatura y

presión casi constantes. A la salida del condensador, el refrigerante está en estado líquido, a alta presión y a una temperatura ligeramente inferior a la temperatura de condensación.

(Aguirre, area Cooling solutions, 2021)

Figura 6
Condensador de doble motor



Nota. Tomado de IPR (2019) [CONDENSADOR DOBLE MOTOR](#)

1.6.3 Dispositivo de expansión

La válvula de expansión termostática (VET) controla la cantidad de refrigerante líquido que se inyecta en el evaporador de un sistema. Su funcionamiento se basa en la temperatura y la presión de salida del evaporador (recalentamiento). (Aguirre, areacademy, 2023)

Figura 7
Válvula de expansión



Nota. Tomado de Refrigeración Barbosa (2018) [Válvula Expansión R404A TI-SW Emerson - Refrigeración Barbosa](#)

1.6.4 Evaporador

Según Sierra (2019, p. 166), al evaporador llega el fluido frigorífico en forma de una mezcla compuesta principalmente por líquido y, en menor proporción, por vapor. A lo largo de su recorrido por el evaporador, el líquido absorbe calor del ambiente y se vaporiza gradualmente, manteniendo constante tanto la presión como la temperatura durante el cambio de estado. La función principal del evaporador es absorber el calor del espacio refrigerado; además, contribuye a eliminar o mantener la humedad en dicho espacio.

Figura 8
Evaporador Simple



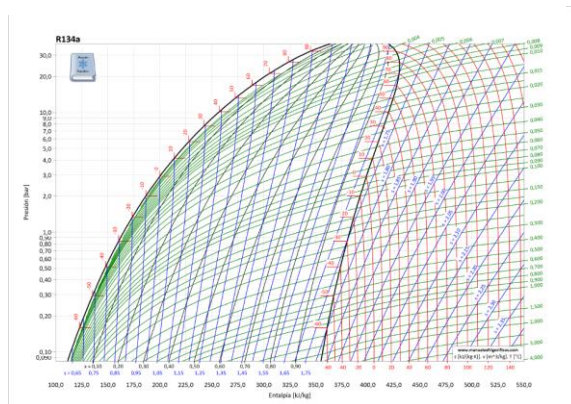
Nota. Tomado de ebay (2021) [590-6065 Ford/New Holland Evaporator - 28 x 5 x 1](#)

[7/8 627257, 271472 | eBay](#)

1.6.5 Refrigerante

En los sistemas de refrigeración y HVAC, un refrigerante es un fluido de trabajo natural o sintético que realiza una serie de transformaciones termodinámicas y participa en la transferencia de calor. Actúa como agente refrigerante en un evaporador absorbiendo el calor de otra sustancia, como el aire calentado por los productos almacenados. Los refrigerantes existen tanto como sustancias puras de un solo componente y como en forma de mezclas de varios componentes. (Giménez, 2023). El refrigerante utilizado en este proyecto es el R134a, químicamente **1,1,1,2-tetrafluoroetano ($\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$)** es un gas no inflamable, es seguro para el manejo normal ya que no es tóxico y no es corrosivo. Ahora se está utilizando como reemplazo del refrigerante R-12 más dañino para el medio ambiente.

Figura 9
Diagrama de Mollier



Nota. Tomado de Manuales frigoríficos (2021) [Descarga de Manuales - Diagrama](#)

[de Mollier R-134a - Manuales Frigoríficos y de aire acondicionado](#)

1.7 Componentes eléctricos, de regulación y control del sistema de refrigeración.

1.7.1 Breaker

También conocido como disyuntor, es un interruptor automático que interrumpe el flujo de electricidad si se satisfacen ciertas condiciones, como los altibajos de tensión. A diferencia de los fusibles, que son de uso único, un disyuntor o breaker eléctrico puede ser reconectado siempre que se hayan eliminado las razones que lo activaron. Cabe mencionar que se debe considerar ciertos aspectos, tales como: la tensión laboral, la intensidad nominal, el poder de corte, el poder de cierre y la cantidad de polos.

1.7.2 Contactores

Según Ingeniería Mecafenix (2017), Los contactores son una parte importante para los circuitos de control de cualquier sistema eléctrico automatizado. Ya que nos sirven para activar o desactivar cualquier tipo de carga, ya sean motores, iluminación, partes de circuitos eléctricos ,etc. Un contactor es un componente eléctrico utilizado para controlar la corriente eléctrica en circuitos de alta potencia y es uno de los elementos más importantes de los tableros eléctricos .Se utiliza el magnetismo que genera la corriente eléctrica para atraer unas barras metálicas que cierran o abren el circuito. Un contactor este compuesto por una bobina (A1 y A2) que al recibir una corriente eléctrica genera un magnetismo que atrae unas placas metálicas en su interior. Normalmente estas placas son NC (Normalmente cerradas) y NA (Normalmente abiertas) , cuando se activa la bobina está cambian de estado.

Figura 10
Contactor Siemens



Nota. Tomado de Contactor Siemens SIRIUS 3RT2017-1BB4, por Automation24, 2018, [Contactor principal Siemens SIRIUS 3RT2017-1BB41 | Automatización24](#)

1.8 Dispositivos de regulación y control.

1.8.1 Presostato

Según Planas (2023), “Un presostato es un interruptor de presión que se utiliza para supervisar y controlar la presión de un fluido en un sistema. Su función principal es activar o desactivar un circuito eléctrico o realizar una acción específica cuando la presión alcanza un valor predeterminado”. Esta precisión es de suma importancia para el funcionamiento efectivo y para garantizar la seguridad en muchas aplicaciones de ingeniería. La calibración regular y el mantenimiento son críticos para asegurarse de que estos dispositivos funcionen dentro de las especificaciones y tolerancias requeridas.

Figura 11
Presostato



Nota. Tomado de veto (2021) [Presostatos, ¿Qué son y para qué sirven?](#)

1.8.2 Manómetro

El manómetro es el instrumento encargado de medir la presión de fluidos o gases que están en recipientes cerrados y determinan la diferencia de la presión entre el fluido o gas y la presión atmosférica.

Según Geo (2022), el manómetro utiliza el principio de **equilibrio hidrostático** (líquido estacionario) en el que la presión se mide por la altura del líquido que soportará. Su unidad más común es la psi (**libras por pulgada cuadrada**), **bar** o **pascal (Pa)**. En un sistema de refrigeración este mantiene el refrigerante circulando a la presión adecuada para evitar obstrucciones o fugas.

1.8.3 Termostato

Un termostato es un dispositivo que hace seguimiento y controlar la temperatura de forma automatizada. El objetivo principal de este dispositivo es mantener la temperatura estable.

Gracias a su funcionamiento, permite activar o apagar un sistema en función de la temperatura ambiente. “El termostato es un dispositivo que abre o cierra un circuito

eléctrico en función de la temperatura, para mantener una temperatura constante en un sistema” (Morales, 2017, pág. 84).

1.8.4 Válvulas

Una válvula es un dispositivo que permite la regulación o el control de un flujo de gases, líquidos u otras sustancias. Las válvulas que se utilizan en este proyecto son:

- Válvula solenoide: “Es una válvula controlada eléctricamente utilizada para permitir o evitar el flujo de medios a través de ella. Una válvula solenoide funciona al hacer que un émbolo se mueva hacia arriba y hacia abajo basado en el campo magnético generado por el solenoide eléctrico” (Pustiens, 2024).
- Válvula de paso: Como su nombre lo indica es aquella que permite controlar y administrar el paso de refrigerante en el sistema cerrado. De gran ayuda al momento de realizar mantenimientos.
- Válvula antirretorno: “Una válvula de retención, también conocida como válvula antirretorno o válvula unidireccionales un dispositivo mecánico diseñado para permitir que el fluido (líquido o gas) fluya en una sola dirección y evitar el flujo inverso (reflujo) en un sistema” (Válvula ZECO, 2025).
- Válvula reguladora de presión de evaporador: Es una válvula automática que se instala en la línea de succión, a la salida del evaporador, y que se encarga de regular la presión mínima del evaporador para asegurar un funcionamiento estable y eficiente del sistema frigorífico.

1.8.5 *Tanque recibidor de líquido refrigerante*

El tanque recibidor es un cilindro que almacena líquido refrigerante en la salida del condensador. Trabaja en conjunto con otros elementos como el condensador lo que provee a todo el sistema de enfriamiento la cantidad precisa y necesaria de líquido refrigerante para llegar a las temperaturas deseadas o realizar los intercambios de calor sin forzar a los equipos.

Figura 12
Tanque recibidor de líquidos



Nota. Tomado de Omega (s.f.) [Recibidores de Líquidos | Recipientes | Repuestos](#)

[Omega](#)

1.8.6 *Tuberías*

Las tuberías son elementos de cobre que permiten transportar el refrigerante en estado de gas o líquido, además es la encargada de conectar los componentes mecánicos entre sí y crear el sistema cerrado. Existen diferentes tramos que se explican a continuación:

Tabla 1*Características de las tuberías de cobre*

Tipo de tubería	Estado del refrigerante	Función principal	Diámetro	Aislamiento
Succión	Vapor a baja presión	Lleva vapor del evaporador al compresor	Grande	Sí
Descarga	Vapor a alta presión	Sale del compresor hacia el condensador	Mediano	Opcional
Líquido	Líquido a alta presión	Desde el condensador hasta el dispositivo de expansión	Pequeño	No
Capilar / Expansión	Líquido → mezcla	Disminuye presión antes del evaporador	Muy pequeño	No

1.9 PLC (Controladores Lógicos Programables)

1.9.1. Automatización

La automatización es un método o grupo de métodos orientados a disminuir o tornar innecesaria la participación de operadores humanos en un proceso en el que esta participación era común. Se refiere a la utilización de maquinaria para realizar labores que anteriormente eran efectuadas por personas. Según Rouse (2024) “la aplicación de tecnologías, técnicas y procesos de automatización mejora la eficacia, fiabilidad y/o rapidez de muchas tareas que antes realizaban los seres humanos”.

1.9.2 PLC

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un equipo electrónico utilizado para automatizar el control de máquinas y procesos industriales. A diferencia de una computadora común, está especialmente construido para resistir ambientes hostiles, como los que presentan altas temperaturas, humedad, polvo o vibraciones frecuentes.

Como se muestra en la figura 13, el PLC tiene entradas denotadas por I1, I2, I3, etc. Cuenta con 4 salidas que se ubican en la parte inferior con la letra Q, y por último tiene los bornes de alimentación ubicados en la parte superior izquierda (L1 y L2).

Figura 13
PLC logo



Nota. PLC de la marca Siemens tomado de Help Net Security (2019) [Siemens LOGO!, un PLC para pequeños proyectos de automatización, abierto a ataques - Help Net Security](#)

1.9.3 Relación con la simulación de fallas en sistemas de refrigeración controlados por PLC

La simulación de fallas permite provocar y controlar condiciones anómalas como falta de refrigerante, obstrucciones, exceso de presión o fallos de sensores para estudiar la respuesta del sistema y evaluar estrategias de control, mantenimiento y contingencia. Cuando se integra un PLC (Controlador Lógico Programable), se puede automatizar la activación de alarmas, la aplicación de lógicas de seguridad y la generación de protocolos de actuación frente a cada falla simulada.

CAPITULO II

Diseños y cálculos del circuito de refrigeración

2. Introducción

Si bien es cierto el proyecto ya cuenta con equipos mecánicos prescritos por cálculos, nuestro proyecto va a partir de la mejora de este, sin embargo: este capítulo va a servir de noción para ver de donde parten los cálculos y los datos que se utilizaron en la construcción de este proyecto. Se consideran cargas térmicas aplicadas, el trazado del ciclo de la refrigeración, selección de equipos mecánicos y temperatura que se desea extraer del sistema.

2.1 Características de las cámaras frigoríficas

Las cámaras de congelamiento y conservación estarán basadas y parten de estas temperaturas de diseño:

Tabla 2
Características de cámara de congelación

Descripción	Valores
Temperatura Exterior (°C)	25
Temperatura Interior (°C)	-10
Volumen Interno m ³	0.08
Producto para congelar	Carne
Material Aislante	Poliuretano

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 37.

Tabla 3
Característica de cámara de conservación

Descripción	Valores
Temperatura Exterior (°C)	25
Temperatura Interior (°C)	0
Volumen Interno m ³	0.12
Producto para enfriar	Carne
Material Aislante	Poliuretano

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 37.

2.2 Dimensiones de las cámaras frigoríficas

Las dimensiones de las cámaras partieron en base a comodidades al momento de su uso.

Tabla 4
Dimensiones de cámara de congelamiento.

Descripción	Dimensión		
Dimensiones Externas (m)	Largo: 0.7	Ancho: 0.6	Alto: 0.6
Dimensiones Internas (m)	Largo: 0.5	Ancho: 0.4	Alto: 0.4

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 37.

Tabla 5
Dimensiones de cámara de conservación.

Descripción	Dimensión		
Dimensiones Externas (m)	Largo: 0.7	Ancho: 0.6	Alto: 0.5
Dimensiones Internas (m)	Largo: 0.6	Ancho: 0.5	Alto: 0.4

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 37.

2.3 Material y espesor del aislante a utilizar

Como se mencionó anteriormente se utilizó poliuretano como aislante térmico gracias a su baja conductividad térmica y que es económicamente viable. Para determinar el espesor se considera en primera instancia la siguiente fórmula para hallar la cantidad de calor en el aislante:

$$q = \frac{\lambda(T_e - T_1)}{e} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

e= Espesor de aislante (m)

q= Transmisión de Calor (W/m²)

λ = Coeficiente de conductividad térmica del poliuretano (W/m²)

T_e= Temperatura ambiente (°C)

T_i= Temperatura del interior (°C)

Despejando la ecuación y calculando obtenemos:

$$e = \frac{\lambda(T_e - T_i)}{q}$$

Ecuación 2

Reemplazando los datos de la ecuación 1 con los valores de las tablas obtenemos:
9 W/m² para la cámara de conservación y 7 W/m² para la cámara de congelación.

Reemplazando los valores en la ecuación 2 obtenemos:

$e_1 = 0.10$ m Cámara de congelación.

$e_1 = 0.05$ m Cámara de conservación.

2.4 Cálculo de cargas térmicas de cámara de congelación

2.4.1 Pérdidas de carga por transmisión en techo y suelo.

Para determinar las pérdidas de calor por transmisión techo, suelo y paredes se aplica la fórmula:

$$Q = k \cdot A(T_e - T_i)$$

Ecuación 3

Donde:

Q= Cantidad de calor transferido (W).

k= Coeficiente global de transferencia de calor (W/m²°C).

A= Superficie Total de transferencia de calor (m²).

T_e= Temperatura exterior de la cámara (°C).

T_i= Temperatura del interior de la cámara (°C).

Para obtener el coeficiente global de transferencia de calor K, se utiliza la siguiente ecuación:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \dots + \frac{1}{h_i}}$$

Ecuación 4

Donde:

U= coeficiente global de transmisión de calor

e₁= espesor del material 1 (m)

e₂= espesor del material 2 (m)

λ₁= Conductividad térmica del material 1 (W/m^ok)

λ₂= Conductividad térmica del material 2 (W/m^ok)

h_i=Coeficiente de convección interior (W/m^{2o}k)

h_e=Coeficiente de convección exterior (W/m^{2o}k)

Para hacer los cálculos de las pérdidas de carga se debe tener en cuenta los valores que se muestran en la tabla 6:

Tabla 6
Características de las cámaras de congelación

DESCRIPCIÓN	VALORES
Temperatura exterior de cámara de congelación °C	25
Temperatura interior de cámara de congelación °C	-10
Área de paredes laterales (m ²)	0.16
Área de pared posterior, suelo y techo (m ²)	0.20
Área de pared frontal (m ²)	0.2
Coeficiente de convección exterior (W/m ^{2o} k)	22.91
Espesor del material 1 -Aluminio (m)	0.001

Conductividad térmica de material 1 (W/m°C)	238
Espesor del material 2 Poliuretano (m)	0.10
Conductividad térmica del material 2 (W/m°C)	0.02
Coefficiente de convección interior (W/m ² °k)	10.35
Espesor del material 3 Vidrio (m)	0.006
Conductividad térmica del material 3 (W/m°C)	1.05

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 40.

Con los valores de la tabla 6 se procede a reemplazar en la ecuación 4 para calcular el valor de U, obteniendo como resultado:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22.91 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.10 m}{0.02 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{10.35 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}}$$

$$U = 0.19454 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

En la ecuación 3 se sustituyen los valores obtenidos, este valor lo multiplicamos por 3 ya que sería el área de la pared frontal, el techo y el suelo de la cámara que son iguales, obteniendo:

$$Q_{\text{pared-techo-suelo}} = 0.19454 \text{ W/m}^2\text{°C} * 0.2 * (25^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}))$$

$$Q_{\text{pared-techo-suelo}} = 1.36178 \text{ W} * 3 \text{ paredes} = 4.08534 \text{ W}.$$

2.4.2 Pérdidas de carga por transmisión en paredes laterales

Ahora calculamos las paredes laterales, y se obtiene:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22.92 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{0.10 m}{0.02 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{1}{10.35 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}}}$$

Se sustituye en la ecuación 3 y luego se multiplica por 2 ya que las dos paredes son del mismo tamaño, obtenemos:

$$Q_{\text{paredes laterales}} = 0.19454 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C * 0.16 \text{ m}^2 * (25 \text{ } ^\circ C - (-10))$$

$$Q_{\text{paredes laterales}} = 1.089424 \text{ W} * 2 \text{ paredes} = 2.18 \text{ W}.$$

2.4.3 Pérdidas de carga por transmisión en pared frontal

La puerta es hecha de vidrio con marco de aluminio cuyas propiedades son:

Coefficiente de conductividad térmica $1.05 \text{ W / (m } ^\circ C)$.

Espesor de 6 mm.

Resistencia térmica $1.2 \text{ m } ^\circ K/W$.

Se utiliza la ecuación 4 y se obtiene el valor de la U de la puerta delantera de la cámara de congelación.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22.92 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}} + \frac{0.006 m}{1.05 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{0.10 m}{0.02 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C}} + \frac{1}{10.35 \frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}}}$$

$$U = 6.85 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C$$

Reemplazamos en la ecuación 3 para obtener el valor de Q.

$$Q_{\text{puerta frontal}} = 6.85 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ C * 0.2 \text{ m}^2 * (25 \text{ } ^\circ C - (-10))$$

$$Q_{\text{puerta frontal}} = 47.95 \text{ W}.$$

2.4.4 Carga total de calor por transmisión en suelo, paredes y techo.

Para obtener las cargas totales que se generan dentro de la cámara de congelación se deben sumar todos los valores que calculamos anteriormente. Obteniendo:

$$Q_c = Q_{pts} + Q_{pl} + Q_{pfr} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

Q_c = Pérdidas de carga por transmisión

Q_{pts} = Pérdidas de carga por pared posterior, techo y suelo.

Q_{pl} = Pérdidas de carga por paredes laterales

Q_{pfr} = Pérdidas de carga por pared frontal

Se sustituye los valores de la ecuación 5 y se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_c = 54.22 \text{ W}$$

2.4.5 Pérdida de calor por producto y cantidad a congelar

Este cálculo nace a partir de una carga térmica provocada por carne de res, la cual ingresa a la cámara a 25 °C de temperatura, la misma que tiene estas propiedades:

Figura 14

Propiedades de la carne de Res

PROPIEDADES	VALORES
Densidad (kg/m ³)	500
Cp debajo del punto de congelación kJ/(kg.°C)	1.46
Cp arriba del punto de congelación kJ/(kg.°C)	2.48
Temperatura de congelación de la carne °C	-1.7

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 43.

El calor se obtiene de la siguiente formula:

$$Q = Cp * m * (Te - Ti) \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

Q= Cantidad de calor transferido (W).

Cp= Calor especifico del producto antes de entrar en congelación (KJ/Kg*K).

m= Masa del producto (Kg).

Te= Temperatura del producto a entrar en la cámara (°C).

Ti= Temperatura final del producto (°C).

Sustituyendo de la ecuación 5, encontramos el valor de la tasa de calor del producto a congelar:

$$Q = 1.46 \text{ KJ/Kg} * 20 * (25^{\circ}\text{C} - (-10^{\circ}\text{C}))$$

$$Q = 11.83 \text{ W}$$

2.4.6 Calor liberado por motores

Para el cálculo del calor liberado por los motores utilizamos la siguiente expresión:

$$Qm = 0.2 * \Sigma * \frac{P * t}{24} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

P= Potencia de cada motor (W)

t=Tiempo de funcionamiento del motor en horas

0-2= Factor de conversión de la energía en calorías

Para efectos de cálculos se considera ventiladores de 10 W cada uno y un tiempo de trabajo de 12 horas en funcionamiento. Y se obtiene:

$$Q_m = 0.2 * \Sigma * \frac{20w * 12h}{24h}$$

$$Q_m = 2W$$

2.4.7 Pérdida de carga por renovación de aire y apertura de puerta.

Los datos de las diferentes entalpías entre el aire de la cámara y el exterior serán descritos en el anexo 2. Para el valor de pérdida de carga por renovación de aire consideramos que se lo realizaría de forma diaria con la siguiente formula:

$$Q_a = V(\Delta h) * n / 86.4 \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

V= volumen de la cámara (m³)

Δh =diferencias de entalpías entre el aire de cámara y exterior (kJ/m³)

n =tasa diaria de renovación del aire

Obtenemos:

$$Q_a = 0.08 \text{ m}^3(77\text{kJ}/\text{m}^3) * 52/86.4$$

$$Q_a = 3,707 \text{ w}$$

2.4.8 Calor total de refrigeración.

Se realiza la suma de toda la cantidad de calor calculado anteriormente:

$$Q_t = Q_c + Q_p + Q_m + Q_a \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

Q_t= Tasa de calor aportado.

Q_c = Pérdidas de calor por transmisión en paredes, techo y suelo.

Q_p =Pérdidas por carga de producto a congelar.

Q_m = Calor liberado por motores.

Q_a = Calor por renovación de aire y apertura de puerta.

Reemplazamos en la ecuación 9 y agregamos un margen de error de 10 % de seguridad, tal como lo menciona (Ramírez, 2000).

$$Q_t = 54.22 W + 11.83 W + 2 W + 3.707 w$$

$$Q_t = 70.76 W * 10\% = 77-83 W$$

2.5 Cálculo de cargas térmicas de cámara de conservación

2.5.1 Pérdidas de carga por transmisión en techo y suelo.

Tabla 7
Características de cámara de conservación

DESCRIPCIÓN	VALORES
Temperatura exterior de cámara de conservación °C	25
Temperatura interior de cámara de conservación °C	0
Área de paredes laterales (m ²)	0.2
Área de , suelo y techo (m ²)	0.3
Área de pared posterior (m ²)	0.24
Área de pared frontal (m ²)	0.24
Coefficiente de convección exterior (W/m ² °k)	22.91
Espesor del material 1 -Aluminio (m)	0.001
Conductividad térmica de material 1 (W/m°C)	238
Espesor del material 2 Poliuretano (m)	0.05
Conductividad térmica del material 2 (W/m°C)	0.02
Coefficiente de convección interior (W/m ² °k)	10.35

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 48.

2.5.2 Pérdidas de carga por transmisión en paredes laterales

Utilizamos la ecuación 4 para conocer el valor de U:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22.91 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.5 m}{0.02 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{10.35 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}}$$

$$U=0.3787 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Con este valor, reemplazo en la ecuación 3 y multiplicamos por 2 ya que las paredes laterales son iguales.

$$Q_{\text{paredes laterales}} = 0.3787 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C} * 0.2 \text{ m}^2 * (25 \text{ }^\circ\text{C} - 0)$$

$$Q_{\text{paredes laterales}} = 1.8937 \text{ W} * 2 \text{ paredes} = 3.787 \text{ W.}$$

2.5.3 Pérdidas de carga por transmisión en pared posterior

Con ayuda de la ecuación 4 obtenemos la transmisión en la pared posterior:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22.91 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.5 m}{0.02 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 m}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{10.35 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}}$$

$$U=0.3787 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Y sustituimos en la ecuación 3 para obtener el valor de Q:

$$Q_{pp} = 0.3787 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} * 0.24 \text{ m}^2 * (25 - 0)$$

$$Q_{pp} = 2.2722 \text{ W}$$

2.5.4 Pérdidas de carga por transmisión en paredes frontal

Al igual que En la cámara de congelación, se utilizó vidrio transparente para ofrecer una mayor visualización. Sustituyendo en la ecuación 4, obtenemos el coeficiente de conductividad térmica del vidrio.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22.91 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0.006 \text{ m}}{0.78 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{10.35 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}}$$

$$U = 6.76 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C$$

Así mismo sustituimos en la ecuación 3 y obtenemos:

$$Q_{\text{puerta frontal}} = 6.67 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C * 0.24 \text{ m}^2 * (25 \text{ } ^\circ C - 0)$$

$$Q_{\text{puerta frontal}} = 40.56 \text{ W.}$$

2.5.5 Pérdidas de carga por transmisión en techo y suelo

Se procede a reemplazar en la ecuación 4 para calcular el valor de U, obteniendo como resultado:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22.91 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 \text{ m}}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.05 \text{ m}}{0.02 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{0.001 \text{ m}}{238 \frac{W}{m \cdot ^\circ C}} + \frac{1}{10.35 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}}}$$

$$U = 0.3787 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C$$

En la ecuación 3 se sustituyen los valores obtenidos, este valor lo multiplicamos por 2 ya que sería el techo y el suelo de la cámara que son iguales, obteniendo:

$$Q_{\text{pared-techo-suelo}} = 0.3787 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C * 0.3 \text{ m}^2 * (25 \text{ } ^\circ C - 0 \text{ } ^\circ C)$$

$$Q_{\text{pared-techo-suelo}} = 2.8403 \text{ W} * 2 = 5.6805 \text{ W}$$

2.5.6 Carga total de calor por transmisión en paredes, techo y suelo.

Retemplamos los valores de la ecuación 6 y se obtiene el siguiente resultado:

$$Q_c = 3.787 \text{ W} + 5.6805 \text{ W} + 2.2722 \text{ W} + 40.55 \text{ W}$$

$$Q_c = 52.30 \text{ W}$$

2.5.7 Pérdida de calor por producto y cantidad a congelar

Se reemplaza los valores mostrados en la tabla 15 con los valores de la ecuación 6, obteniendo el siguiente resultado:

$$Q = 2.48 \text{ KJ/Kg} * 20 * (25^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C})$$

$$Q = 21.53 \text{ W}$$

2.5.8 Calor liberado por motores

Para efectos de cálculos se considera una potencia de 10 w y un tiempo de 12 horas de funcionamiento. Y se obtiene:

$$Q_m = 0.2 * \Sigma * \frac{10\text{w} * 12\text{h}}{24\text{h}}$$

$$Q_m = 1 \text{ W}$$

2.5.9 Pérdida de carga por renovación de aire y apertura de puerta.

En base a la ecuación 8, obtenemos:

$$Q_a = 0.12 \text{ m}^3(62.9\text{kJ/m}^3) * 52/86.4$$

$$Q_a = 4.548 \text{ W}$$

2.5.10 Carga total de calor por transmisión en suelo, paredes y techo.

De la ecuación 9 se obtiene la carga total por transmisiones en la cámara de conservación y aplicamos el factor de seguridad que también se aplicó en la cámara de congelación:

$$Q_t = 52.30 \text{ W} + 21.53 \text{ W} + 1 \text{ W} + 4.5428 \text{ W}$$

$$Q_t = 78.34 * 10\% = 86.21 \text{ W}$$

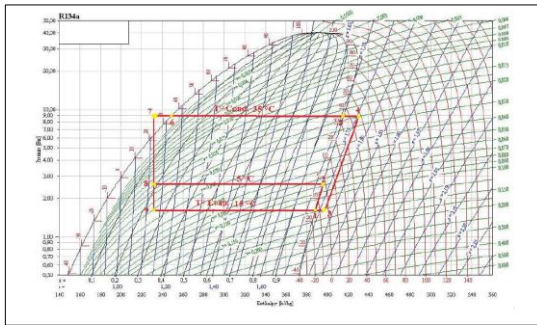
2.6 Cálculo y selección de refrigerante

El refrigerante seleccionado es el R-134 A, considerando que la carga térmica de la cámara de congelación es de 77.83 W y el de la cámara de conservación es de 86.21 W.

2.6.1 Trazado de curva P-h y cálculos de entalpías en cada punto

Para determinar las entalpías se deben conocer las temperaturas del condensador y evaporador, partiendo de aquello tomaremos las temperaturas con las hemos ido trabajando. Temperatura de condensación 35°C y la temperatura de evaporación de -15°C, tal y como se muestra en la figura 15.

Figura 15
Diagrama de Moller del refrigerante R-134a



Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 113

2.6.2 Cálculo de entalpías en cada punto.

Las entalpías serán de gran ayuda para calcular los equipos mecánicos que se necesitarán para el sistema de refrigeración. Se traza con ayuda de Coolpack los valores de las temperaturas a los que se desean trabajar para el refrigerante 134a y se obtiene los siguientes valores:

Tabla 8
Valores de entalpías y características del refrigerante

Puntos	Temperaturas °C	Entalpías kJ/Kg	Volumen m ³ /Kg
1	-5	395.65	0.0828
2	-15	389.5	0.121
3	-15	393,8	0,1235
4	35	429.97	-
5	35	417.15	-

6	35	249	-
7	35	237.44	-
8	35	237.44	-

2.7 Parámetros para equipos mecánicos

- Calor absorbido en ambos evaporadores:

$$q_1 = h_1 - h_8$$

Ecuación 10

$$q_1 = 395.65 \frac{kJ}{kg} - 237.44 \frac{kJ}{kg} = 158.21 \frac{kJ}{kg}$$

$$q_1 = h_2 - h_9$$

$$q_1 = 389.5 \frac{kJ}{kg} - 237.44 \frac{kJ}{kg} = 152.06 \frac{kJ}{kg}$$

- Caudal másico del fluido en cada evaporador:

$$\dot{m}_1 = \frac{Nr_1}{q_1}$$

Ecuación 11

\dot{m}_1 = Caudal másico (kg/s)

Nr_1 = Potencia térmica requerida (kW)

q_1 = Calor específico(kJ/kg)

$$\dot{m}_1 = \frac{0.155 \text{ kW}}{58.21 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0.000979 \text{ Kg/seg}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{Nr_2}{q_2}$$

$$\dot{m}_2 = \frac{0.17242 \text{ kW}}{152.06 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0.001134 \text{ Kg/seg}$$

$$\dot{m}_t = 0.000979 \text{ Kg/seg} + 0.001134 \text{ Kg/seg} = 0.002113 \text{ Kg/seg}$$

- Potencia absorbida por el compresor:

$$W_c = \dot{m}_t(h_4 - h_3) \quad \text{Ecuación 12}$$

$$W_c = 0.002113 \text{ Kg/seg} (429.97 \text{ kJ/Kg} - 393.8 \text{ kJ/Kg}) = 0.076 \text{ KW}$$

- Potencia calórica desprendida del condensador:

$$Q_c = \dot{m}_t(h_4 - h_6) \quad \text{Ecuación 13}$$

$$Q_c = .002113 \text{ Kg/seg} (429.97 \text{ kJ/Kg} - 249 \text{ kJ/Kg}) = 0.384 \text{ kW}$$

- Coeficiente de rendimiento:

$$COP1 = \frac{h_1 - h_8}{h_4 - h_3} \quad \text{Ecuación 14}$$

$$COP1 = \frac{395.65 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} - 237.44 \text{ kJ/Kg}}{429.97 \text{ kJ/Kg} - 393.8 \text{ kJ/Kg}} = 4.3$$

$$COP2 = \frac{h_2 - h_9}{h_4 - h_3}$$

Ecuación 15

$$COP1 = \frac{389.5 \frac{kJ}{Kg} - 237.44 kJ/Kg}{429.97 kJ/Kg - 393.8 kJ/Kg} = 4.2$$

- Potencia indicada:

$$Nir = \frac{Qt}{COP1}$$

Ecuación 16

$$Nir = \frac{0.32742 kW}{4.3} = 0.076 kW$$

- Rendimiento volumétrico:

$$\eta v = 1 - 0.02 \frac{P_{cond}}{P_{evap}}$$

Ecuación 17

$$\eta v = 1 - 0.02 \frac{887.75 kPa}{164.15 kPa} = 0.89$$

- Rendimiento Isentrópico:

$$\eta_{iso} = \eta v * \eta m$$

Ecuación 18

$$\eta_{iso} = 0.89 * 0.90 = 0.80$$

- Potencia del motor:

$$Pc = \frac{Qt}{\eta_{iso}}$$

Ecuación 19

$$P_c = \frac{0.32742 \text{ kW}}{0.80} = 0.41 \text{ kW} * \frac{1 \text{ HP}}{0.745 \text{ kW}} = 0.55 \text{ Hp}$$

2.8 Selección de componentes mecánicos del sistema de refrigeración

2.8.1 Compresor

A continuación, se detalla características del compresor:

Figura 16

Características del compresor

Características Técnicas de Compresor	
Marca	TECUMSEH
Modelo	CAJ4661Y - 214ES-F
Refrigerante	R 134 ^a
Aplicación	Media/Baja Temp.
Desplazamiento	18.3 cm ³
Peso Neto	18.9 Kg
Carga de Aceite	887 cm ³
Tipo de Aceite	P.O.E
Tensión nominal	110V – 60 Hz – 9.20 ^a
Capacitor de Arranque	64 μF / 250 V

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 60.

2.8.2 Evaporador

A continuación, se detalla características de los evaporadores:

Evaporador de congelación

Figura 17

Características del evaporador congelación

Modelo	Medidas (mm)			Ventilador Nº x Pulgadas	Caudal	Rendimiento DT= 10°F	
	Largo	Ancho	Alto			Te= 20°F	Te= -20°F
EB-SRD1B	343	132	102	1 x 8"	250	1500	1300

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 62.

2.8.3 Evaporador de conservación.

Figura 18

Características del evaporador conservación

Modelo	Medidas (mm)			Ventilador N° x Pulgadas	Caudal	Rendimiento DT= 10°F	
	Largo	Ancho	Alto			Te= 20°F	Te= -20°F
EM-SRD1	343	132	102	1 x 8"	235	1850	1600

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica*

móvil... por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 62.

2.8.4 Condensador

A continuación, se detalla características del condensador:

Figura 19

Características del condensador

Características de condensador	
Marca	LUVATA
Modelo	D85944
Capacidad	1790 w
Caudal de Aire	980 m ³ /h
N° Filas	3
Paso de aletas	3,0 mm

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica*

móvil... por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 60.

2.8.5 Tanque recibidor de líquidos

Figura 20

Características tanque recibidor de líquido

Características del tanque recibidor de líquido	
Marca	TECUMSEH
Modelo	380182 – C
Volumen	1.5 L
T° Min/Max	-35°C/+63°C
N° Filas	3
Presión máxima	32 bar

Nota. Tomado de *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil...* por F. R. Delgado Mero & H. H. Loor Palma, 2015, tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, p. 61.

CAPITULO III

3 Desarrollo del proyecto

3.1 Descripción del banco de prueba antes de la intervención.

El banco de prueba fue de gran utilidad para el desarrollo de aprendizaje dentro de la carrera de Ingeniería Marítima, pero actualmente se encuentra en desuso, se pudo percatar que le faltaban componentes básicos como por ejemplo: cable de conexión eléctrica, capacitor de arranque del compresor, válvulas manuales defectuosas, aislante de tuberías en mal estado y otras sin aislante, ventilador del condensador desconectado, filtro antiguo, banco de prueba con oxidación y deteriorado. Se encontraron problemas en los elementos mecánicos del sistema, por ejemplo, el compresor que no arranca de manera natural, falta de refrigerante por fuga en las tuberías, sensores de temperatura en las cámaras deficientes.

Figura 21

Desprendimiento de aislante en cámara



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

Figura 22
Reemplazo de ruedas



Nota. Elaborado por: Andrés Macias Y Félix Anchundia

3.1.1 Limpieza general del banco de prueba

Como este proyecto se encontraba en desuso, tenía polvo, desgaste en la pintura, problemas en las ruedas para ser transportada e incluso se presenciaron restos animales. Se procedió a la limpieza con ayuda de cepillos, escobillones y solución de agua y detergente para así poder trabajar mejor, eliminando lo que no era necesario y verificando las componentes que serán reutilizados.

Figura 23
Suciedad y componentes para reutilizar



Nota. Elaborado por: Andrés Macias Y Félix Anchundia

Con ayuda de una amoladora y un cepillo de copa de alambre se procedió a pulir la superficie metálica que se encontraba con oxidación, de igual manera a remover los

restos de pintura que se desprendían por si sola para luego ser pintada con pintura sintética. Para una mayor movilización del banco de prueba se determinó necesario cambiar las ruedas que permiten el desplazamiento de este, fueron reemplazadas las 4 ruedas teniendo en cuenta el peso y la dimensión de la plástica donde estaban colocadas

3.1.2 Diagnóstico del compresor:

Durante la evaluación del sistema de refrigeración, se identificó que el compresor no arrancaba de manera natural, luego de inspección visual se observó que no contenía un capacitor de arranque y por ende no se presentaba problemas al encender.

Figura 24

Conexión de capacitor en bornera del compresor



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

Entre las posibles causas del mal funcionamiento se consideraron las siguientes:

El cable de la conexión 120V está en desconexión con la bornera de alimentación del equipo, además de la falta de capacitor de arranque.

Luego de conectar el capacitor directamente con el compresor el equipo opero de manera natural con la única novedad que no tenía refrigerante, esto indica que el sistema

no cuenta con refrigerante haciendo relación con la existencia de alguna fuga dentro del sistema.

3.1.3 Diagnóstico del evaporador de congelación

En la evaluación al evaporador se pudo observar que este presentaba oxidación en sus aletas de aluminio, que se pudo solucionar con limpieza superficial del lugar donde se presentó la oxidación. Otro problema es la puerta de la cámara de congelación que no cierra herméticamente, es decir, lo que puede provocar fallas en el compresor por sobreesfuerzos ya sea por temperatura incorrecta, como solución se colocó nuevamente aislante que permita el correcto cierre hermético. Los cables de los ventiladores se encontraban cortados por ende no encendían. Como solución a este problema se procedió a empalmar ambos ventiladores con una sola acometida lo que permitiera desarrollar la falla de forma paralela en esta cámara.

3.1.4 Diagnóstico del evaporador de conservación

Durante la evaluación al evaporador de conservación se pudo observar que este presentaba oxidación en sus aletas de aluminio, que se pudo solucionar con limpieza superficial. Otro problema en esta cámara fue el aislante, este se cambió para evitar fugas y cerrar herméticamente la cámara. Además esta cámara presentaba una perforación en su interior, la cual fue sellada con espuma de poliuretano.

Figura 25
Cambio de aislante en cámara de conservación



Nota. Elaborado por: Andrés Macías y Félix Anchundia

El sensor del Full Gauge está cortado por lo que la temperatura censaba de manera incorrecta, se procedió a empalmar el sensor y comprobar que la temperatura fuera sea la correcta.

3.1.5 Diagnóstico del condensador

Se observó que el ventilador del condensador no encendía por lo que se determinó que la conexión del sistema no tenía voltaje, luego de la comprobación con ayuda de un multímetro se confirmó que no tenía alimentación, por ende se realizó una acometida de alimentación individual la cual será controlada la bobina de un contactor.

3.1.6 Diagnóstico de elementos eléctricos

El PIC también presenta inconvenientes al no encender por completo, tiene lapsos de encendido y se apaga de inmediato. Verificamos la alimentación de este y no presentaba problemas por lo que se determinó que el dispositivo tenía fallas. Las conexiones eléctricas no se encuentran de la mejor manera y son un riesgo inminente para

los estudiantes. Además, que el PLC no está actualizado y tiene limitantes al momento programar (al momento de encender no se puede intervenir ya que se apaga por completo). Los botones de control manual con los que cuenta el PLC están deteriorados y próximo a caerse esto puede provocar un mal desempeño en prácticas por lo que serán reemplazados.

El termostato de control del evaporador de congelamiento y enfriamiento presentan temperaturas erróneas, lo que puede provocar datos equivocados. Este presenta una configuración que fue modificada según las necesidades deseadas.

Las válvulas solenoides se encontraban en buen estado, solamente que tenía desgastes externos a causa del tiempo de desuso.

Los contactores presentan problemas en sus contactos y bobina que dejan su activación remanente, dos de los cuales van a ser reemplazados y los otros serán reutilizados. Los dos contactores antiguos presentaban suciedad al estar expuesto y no tener un mantenimiento adecuado por lo que fueron limpiados por “limpiador de contactos” solución utilizada para estos equipos en electricidad y electrónica.

Los termostatos digitales se encuentran en buen estado, por lo que su cambio es innecesario y se los aprovechará para poner en funcionamiento este nuevo sistema.

El breaker se encuentra en buen estado al ser un equipo que es adaptable a ambientes radicales y sin necesidad de mantenimientos se utiliza en la repotenciación del sistema.

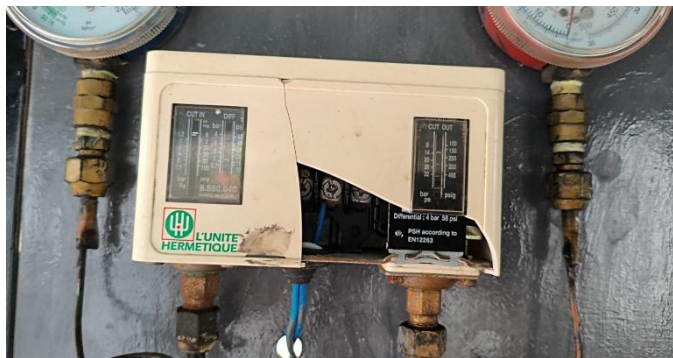
Los selectores que provocaban las fallas fueron cambiados por selectores de dos posiciones ya que estos eran antiguos y estaban en mal estado presentando irregularidades.

Las luces pilotos de las fallas estaban en buen estado por lo que se procedió a utilizarlas. Una de ellas y otra luz piloto de encendido fue reemplazadas.

3.1.7 Diagnóstico de componentes de regulación y control.

El presostato se encontró desconectado, presentaba golpes y estaba en malas condiciones, pero servía y estaba en un buen funcionamiento por lo que se optó en mantenerlo y reutilizarlo en el sistema.

Figura 26
Presostato dual



Nota. Elaborado por: Andrés Macías y Félix Anchundia

Las válvulas al ser la mayoría de plásticos se encuentran dañadas y al contacto se destruyen más por lo que se optó por el cambio.

Las tuberías presentan fugas y socavones muy notorios que no hacen que el refrigerante se mantenga en el ciclo cerrado del proceso de refrigeración, los aislantes de poliuretano están totalmente dañados y no cumplen su función de aislar el sistema. Situación que se puede ver en los manómetros de baja y alta.

El filtro de línea de líquido debe ser cambiado ya que ha tenido tiempo sin el uso de este y también debido a que este debe ser reemplazado como cualquier otro filtro para un mejor desempeño.

El problema radica que luego de 10 años del proyecto que se entregó por parte de estudiantes de la carrera como tema de titulación, no ha existido ningún mantenimiento debidamente oportuno. Se estima que el proyecto se dejó de utilizar hace ya 8 a 9 años lo que ha provocado abandono y por ende deterioro al pasar el tiempo.

3.1.8 Diseño técnico del sistema con PLC

El PLC que se procederá a cambiar será de la marca Siemens Logo 8.4, el cual es un instrumento actualizado y con más funciones para una mejor interpretación. Esto permitirá una programación sutil que ayude a simular averías que pueden suceder en la vida cotidiana en el área de refrigeración dentro de industrias y dentro de embarcaciones.

Para la ejecución de la programación se recurrirá al programa LOGO! Soft Conform V8.4, programa que es ofrecido por Siemens y es uno de los más utilizados en el medio, el cual utiliza diagrama de bloques como lenguaje principal.

El PLC cuenta con 8 entradas, más 4 entradas del módulo de denotadas normalmente por I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8 y I9, I2, I3, I4 (Módulo de expansión) Y 4 salidas denotadas por Q1, Q2, Q3, Q4 y Q1, Q2, Q3, Q4 (Módulo de expansión).

Figura 27
PLC acoplado con módulo de expansión



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

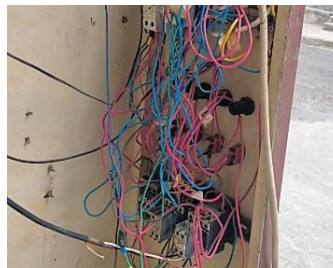
3.2 Montaje y repotenciación del banco de prueba

Se procede a desmontar todos los elementos que no están funcionando como por ejemplo, PLC, contactores, selectores y demás componentes. Soldar las fugas que existen en las tuberías . Así mismo desacoplar el filtro de paso de líquido para su posterior reemplazo. Retirar los pocos excedentes de aislantes de poliuretano que quedan y que cubren las cañerías o tuberías de cobre dejándolas con amarras de 20 cm para evitar se deslicen. Cambio de pernos y tuercas del sistema que presentan oxidación. Mantenimiento del sistema de refrigeración, el condensador en su intercambiador de calor presenta suciedad por lo cual este debe realizarse un mantenimiento preventivo para que su operatividad sea 100% eficiente. Cambio de cinta blanca aislante del calor la cual está en mal estado y presenta desprendimiento y evita que el equipo aisle el calor del exterior.

3.3 Reestructuración del sistema eléctrico (Control y Fuerza)

Al diagnosticar el sistema se evidenció que las conexiones eléctricas presentaban desorden por completo: cables por doquier, empalme sin aislante (lo que puede provocar descargas), sistemas sin un orden y planos absolutos y difícil de entender. Tal como se presenta en la figura 28.

Figura 28
Cables en desorden



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

Por lo que fue necesario ordenar todos los componentes y hacerlo más presentable mediante un tablero eléctrico que denote más profesionalismo y orden

Este tablero tiene medidas de 40x 30 cm y estará ubicado en la parte lateral izquierda del banco de pruebas, lugar de donde se pueden realizar las fallas de manera cómoda y a la vez permite observar lo que sucederá en el sistema de refrigeración.

Figura 29

Tablero principal



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

3.4 Programación del PLC

Ya antes mencionadas las salidas con las que cuenta el PLC, se nota que son necesarias para provocar más falla que simulen problemas reales. Por ende, fue necesario la compra de un módulo de expansión el cual cuenta con 4 entradas y 4 salidas adicionales que serán utilizadas para aprovechar los componentes eléctricos al máximo.

Las averías por provocar son las siguientes:

Tabla 9

Listas de entradas asignadas al PLC

Entradas	Asignación
----------	------------

I1	Avería 1- Señal de válvulas solenoides.
I2	Avería 2- Señal de ventilador de condensador.
I3	Avería 3- Señal de ventiladores de evaporador.
I4	Avería 4- Señal de capacitor de arranque de compresor.
I5	Señal de paro de emergencia.
I6	Encendido del sistema
I7	Señal del guardamotor
I8	Run del compresor
I9	Señal de presostato dual
I10	Señal presostato reset
I11	Señal de FULL GAUGE congelación
I12	Señal de FULL GAUGE conservación

Y las salidas con sus respectivas asignaciones:

Tabla 10
Salida asignadas del PLC

Salida	Asignación
Q1	Contactador del compresor.
Q2	Bobina de ventilador de condensador.
Q3	Bobina del solenoide congelación.
Q4	Bobina de ventilador de evaporador congelación.
Q5	Bobina del solenoide conservación.
Q6	Bobina de ventilador de evaporador conservación

Q7

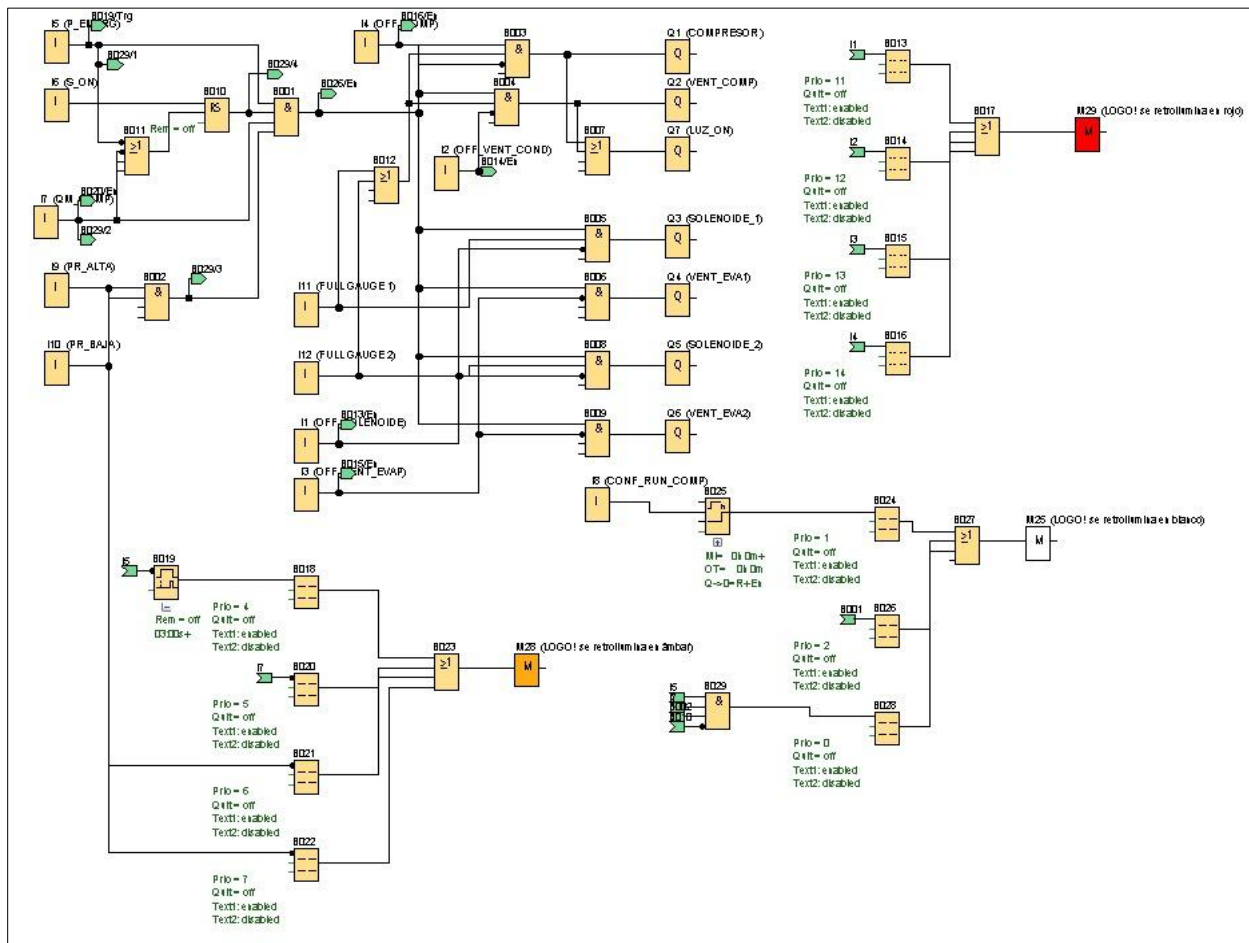
Luz piloto.

Q8

Libre

La programación esta denotada por entradas y salidas, una gran ventaja que presenta el PLC es que tiene funciones de cuando se presenta fallas para poder avisar con un texto en la pantalla lo que sucede o falla presente.

Figura 30
Programación de PLC



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

3.5 Desarrollo del tablero

Una vez obtenido el tablero se procedió a fijar las canaletas donde irán los cables y este tiene el fin de dar una mejor presentación, se fijó el riel din donde irán los componentes eléctricos con ayuda de tornillos de cabeza de lenteja, todo esto se lo fijo en el plafón que tiene el tablero tal y como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Fijación de canaletas en el plafón



Nota. Elaborado por: Andrés Macías y Félix Anchundia

Posteriormente se colocaron algunos de los componentes eléctricos como PLC, Expansor, Guardamotor, Contactor y demás. Componentes que serán utilizados en el sistema de una manera ordenada.

Figura 32

Ubicación de componente



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

Luego de colocar los componentes se comenzó con el cableado del sistema eléctrico para esto fue necesario guiarse por planos que sirven para el cableado entre componentes. Se utilizó cable 18 para el sistema de control y cable 12 para el circuito de potencia. Planos que estarán a la mano del tablero (Anexo 1). Se utilizó terminales de punteras para asegurar que la conexión sea segura y eficiente, así mismo se utilizó borneras para alimentar varios circuitos, mismos que pueden ser a 220 V y 120V.

Figura 33

Cableado del tablero



Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

Luego de que tener listo el cableado interno se procedió a realizar las perforaciones en la cara principal del tablero con una ayuda de una broca cónica y un taladro, orificios donde irán los selectores de 2 posiciones , las luces pilotos, hongo de emergencia, marca y paro. Es de suma importancia tener precaución con las perforaciones para que al ser un tablero de hierro este desprenderá una viruta que puede ser peligrosa para el ser humano provocando quemaduras y lesiones. Luego de realizar las perforaciones se colocan las luces pilotos en el sitio designado, quedando de la siguiente manera visto desde la parte superior hacia abajo:

- Parte superior hongo de emergencia
- Luz piloto verde de encendido y marcha y paro
- Luces piloto de las fallas
- Selectores de 2 posiciones para realizar las fallas

Figura 34

Ubicación de selectores y luces pilotos



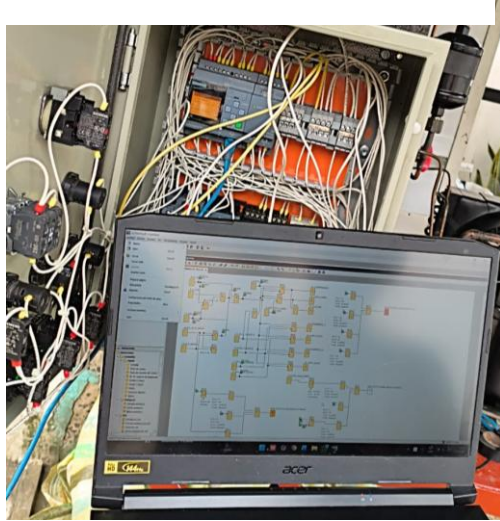
Nota. Elaborado por: Andrés Macias y Félix Anchundia

Una vez listo los componentes en el plafón y realizados los huecos en el tablero se fijó la caja al banco de pruebas en el sistema, con ayuda de un taladro y broca para metal se procedió a marcar la ubicación de los orificios del tablero y perforarlos para pasar los pernos se sujetan al mismo. Además de perforaciones extras para ubicar las presostopas por donde pasan los cables para darle una mejor presentación al mismo. Se comunicaron las luces pilotos y los selectores con el sistema de control.

Posterior se realizó la conexión del breaker principal en la parte exterior del sistema mismo que alimenta todo el sistema 220V, y para el sistema 120V se utilizó una bornera ya antes mencionada que lleve el neutro para alimentar los sistemas 120V como los solenoides y ventiladores del evaporador. Luego de esta conexión se procedió a subir el Breaker de protección del PLC para probar si llegaba la energía como se deseaba, obtenido resultados positivos.

Una vez demostrado que el sistema estaba energizado se procedió a cargar el programa del computador al PLC, comunicamos el sistema mediante un cable Ethernet desde el puerto del PLC y el puerto de la computadora, como se muestra en la figura 36. Se configuró la red Ethernet con los datos del PLC para que se pueda realizar la sincronización del sistema y posteriormente cargar el programa dentro del PLC, la carga del programa tomo un tiempo de 1 minuto.

Figura 35
Conexión de Pc a PLC



Nota. Elaborado por: Andrés Macías y Félix Anchundia

Una vez ya asegurado que el sistema estuviera cargado se procedió a verificar si activando los selectores y las luces pilotos del sistema se provocaran las fallas que se deseaban transmitir logrando que estas fueran exitosas. Una vez culminada la parte eléctrica se procede a peinar los cables con ayudas de amarras plásticas para que tenga una buena presentación, además de cubrirse las canaletas con su respectiva tapa. Se recubrieron los cables expuestos del tablero con las presostopas con ayuda de espirales para evitar estos sean alterados o puedan ser cortados o a su vez provoquen alguna descarga si están picados. Se ajustaron las presostopas y se dejaron los cables que recorren el sistema fuera del tablero en orden y protegidos con canaletas para evitar que animales o personas puedan manipularlos.

3.6 Pruebas y validación del funcionamiento

3.6.1 Introducción

Una vez realizada todos los correctivos necesarios procedemos a reestablecer todos los componentes que se existían en un principio, soldamos las tuberías con varilla de plata al 5% que deben conectarse con sus diferentes diámetros. Colocamos los aislantes dejando todo operativos para el encendido y posterior funcionamiento. Para hacer funcionar los sistemas de refrigeración procedemos a cargar dentro del sistema el refrigerante 134^a comprobando que la presión sea estable y demás condiciones normales.

3.6.2 Puesta en marcha del sistema

Se debe conectar el sistema a una red de 220V y un neutro ya que el sistema funciona también a 110V, una vez energizado el sistema se prosigue a subir el breaker del sistema principal demostrando que este no salte, ni presente inconvenientes. Una vez activado el sistema de principal, se abre el tablero y se sube el breaker de 4 Amperios que es la alimentación del sistema, una vez encendido debe activarse el PLC mostrando que el sistema este encendido correctamente. Se verifica que todos los selectores estén apagados y se prosigue a darle marcha al sistema con ayuda del pulsador ubicado en la parte frontal del tablero, el mismo que debe encender el sistema de refrigeración que conta de: Compresor, ventilador del condensador y ventiladores de los evaporadores. Se espera unos minutos para que el sistema se comience a regular y notamos que las presiones se mantengan en un rango 140 psi con alteraciones de ± 15 psi e la presión de alta y 10 psi con alteraciones de ± 10 psi en la presión de baja.

3.7 Desarrollo de simulación de averías en el sistema de refrigeración.

Como se ha menciona este proyecto comprende fallas provocadas que revelen el mal funcionamiento del sistema y equipos, mismas que serán activadas por contactores que luego provoquen el apagado del compresor y evitar problemas mayores en el sistema. Se debe considerar que para realizar las fallas número 1, 2, 3 se debe esperar 5 minutos para que las temperaturas y presiones se estabilicen y el sistema frigorífico se encuentre en los rangos normales de trabajo.

3.8 Simulación de falla número 1

3.8.1 Desarrollo de la falla número 1 (Limitación de refrigerante a válvulas de expansión)

Se acciona el selector de la falla número 1, lo cual provoca que la bobina del solenoide mande un corte de energía y como resultado se cierre obstruyendo el paso de refrigerante líquido al dispositivo de expansión.

3.8.2 Resultado de la simulación de la falla número 1

Como resultado de esta simulación tenemos:

- No ingresa el refrigerante a los dispositivos de expansión, por ende, el refrigerante no llega a los evaporadores (ya sea el de conservación o congelación), dando como resultado una mala o deficiente transferencia de calor entre los evaporadores y las cámaras.
- Una vez dejado de ingresar refrigerante a los evaporadores, el vapor de succión no cumple con la cantidad que necesita el compresor, haciendo que este disminuya considerablemente. Ocasionando que haya un equilibrio entre la presión de descargar y de succión.

- La presión de succión del compresor disminuye a 0.5 psi debido al vacío creado en la aspiración del compresor, haciendo que presostato corte la energía del compresor.

3.9 Simulación de la falla número 2

3.9.1 Desarrollo de la falla número 2 (Condensación deficiente)

Activar el selector de la falla número 2 en posición de ON, se activa el corte de energía del ventilador en el condensador, simulando una condensación eficiente en el sistema de refrigeración.

3.9.2 Resultado de la simulación de la falla número 2

Al desconectar el ventilador del condensador, se corta el flujo de aire que circula a través del serpentín del condensador, lo que provoca el cambio de estado del refrigerante de gas a líquido.

Al ocurrir esto el refrigerante pierde su capacidad de enfriamiento, y por ende no realiza su correcta transferencia de calor para rechazar el calor absorbido de la cámara.

El tanque receptor aumenta su temperatura debido a que solo recibe vapor refrigerante.

El compresor aumenta su trabajo para suplir la necesidad de elevar la presión del refrigerante. Presión que aumenta hasta los 200 psi activando el presostato de alta y desenergizando el compresor.

3.10 Simulación de la falla número 3

3.10.1 Desarrollo de la falla número 3 (Evaporización insuficiente del refrigerante)

Se coloca el selector en ON provocando que el ventilador o los ventiladores del evaporador se desenergize, simulando la falta de vaporización de refrigerante.

3.10.2 Resultado de la simulación de la falla número 3

- Al ordenar la desenergización del ventilador del evaporador, se corta el flujo de aire que circula por el serpentín
- Provocando que se comience a cubrir de escarcha la parte frontal y por ende disminuye la transferencia de calor
- La presión de succión del sistema comienza a descender de 15 psi a 5 y la presión de descarga disminuye de 140 psi a 110 psi.
- Como resultado final el compresor aumenta su consumo y se apaga.

3.11 Simulación de la falla número 4

3.11.1 Desarrollo de la falla número 4 (Fallo de arranque de compresor)

Para esta falla se debe primero realizar la activación del selector en ON y posteriormente poner en marcha la unidad frigorífica ya que sería innecesario simular la falla del compresor encendido.

3.11.2 Resultado de la simulación de la falla número 4

- Al realizar esto se abren los contactos del capacitor de arranque del compresor haciendo que no pueda arrancar.
- Se observará que todos los sistemas del equipo funcionan correctamente, solo el compresor dejará de funcionar. Esto provoca que el corazón del

sistema frigorífico el compresor no cumpla con su trabajo y por ende no consiga las temperaturas deseadas en las cámaras.

3.12 Simulación en caso de emergencia

Esta no es una falla como tal, simplemente se lo colocó para eliminar la alimentación y cierre de contactores en caso de que exista un problema eléctrico o mecánico. Como se conoce el paro de emergencia es un contacto NC, cuando se activa en caso de emergencia este se abre desenergizando el sistema.

CAPITULO IV

4 Costos de inversión

En este capítulo se detallarán los costos directos e indirectos del proyecto que se obtuvieron en la repotenciación del sistema, datos detallados de los componentes mecánicos, eléctricos, viáticos y asesorías recibidas.

4.1 Componentes mecánicos (Sistema de refrigeración)

Tabla 11
Costos de componentes mecánicos

Cantidad	Descripción	Valor
1	Refrigerante R134a	\$16.50
1	Filtro 3/8" TR DML-083	\$15.3
1	Válvula De cierre 3/8" Rosca	\$30.5
2	Propano Gas para soldar	\$18.50
4	Varilla de plata 5%	\$12

Nota. Elaborado por Andrés Macias y Felix Anchundia

3.2 Componentes eléctricos (Sistema eléctrico)

Tabla 12*Costos de componentes eléctricos*

Cantidad	Descripción	Valor
20	Bases adhesivas 20X200 mm	\$2.00
1	Broca cónica	\$8.00
1	Riel Din	\$5.00
1	Canaleta	\$7.00
1	Broca 1/8" y 1/2" y cinta aislante	\$8.00
1	Cable de control 60m cable 18	\$19.2
1	Cable de fuerza 50 metros cable 12	\$35.0
60	Terminales de punteras cable 18	\$5.00
40	Terminales de punteras doble	\$3.00
20	Borneras	\$7.00
2	Luz piloto	\$8.00
4	Selectores	\$40.00
1	Pulsador marcha y paro	\$14.00
6	Presostopas	\$3.00
1	PLC	\$150.0
1	Módulo de expansión Siemens DM8 230 RC	\$115.0
1	Guardamotor 10 Amperios	\$50.00
1	Contactador Siemens 220V 3Hp	\$35.00
1	Breaker 2 polos 4 Amperios	\$7.30
2	Mini Relay 14 Pines 220 V	\$20.00
1	Tablero	\$50.00
2	Luz piloto	\$8.00

3.3 Productos de mantenimiento**Tabla 13***Costos de productos de mantenimiento*

Cantidad	Descripción	Valor
1	Rubatex 3/4"	\$3.00
4	Rubatex 1/2"	\$6.00
1	Cinta de espuma	\$5.00
1	Aceite WD40	\$8.20
2	Aerosol plata y blanco	\$4.50
3	Enchufe de 3 patas 15 Amp	\$16.2
2	Amarras negra 20 cm	\$3.00
4	Pernos 5/16" x1"	\$0.40
4	Ruedas	\$7.00
1	Disco de cepillo para amoladora	\$3.00
2lt	Diluyente	\$4.00
2	Pintura negra, roja, ploma	\$10.0
3	Brochas y pincel	\$2.00
16	Pernos negros 1/4"	\$1.50
16	Anillos planos	\$0.70
1	Plancha de hierro fundido 1.5x1.5	\$20.0

3.4 Gastos de viáticos

Tabla 14
Gastos de viáticos

Descripción	Valor
Transporte de banco de prueba	\$30
Alimentación	\$80
Transporte para comprar componentes	\$70

3.5 Gastos indirectos

Tabla 15

Asesoramiento técnico

Descripción	Valor
Ing. Tony Quijije	\$150
Maestro José Macías	\$50
Tgnl. Carlos García	\$40

4.6 Gastos Totales

Tabla 16

Gastos totales

Gastos	Valor
Gastos directos	\$794.8
Gastos indirectos	\$400
	\$1.214,8

4.7 Prácticas De Laboratorio

4.7.1 Normas de Seguridad para la realización de practica de laboratorio de refrigeración

Todos los estudiantes deben acatar estrictamente las instrucciones descritas en este manual, normas que velan por la seguridad en de las personas y los equipos del banco de prueba.

- Todo estudiante que tenga que trabajar con energía debe estar consciente de que no puede contener elementos que puedan provocar un riesgo, tales como: anillos, cadenas pulseras, reloj, herramientas.
- Examinar cualquier conexión insegura que pueda provocar una descarga.
- En caso de accidentes eléctricos mantener la calma y cortar la fuente de energía principal (Breaker Principal del banco de pruebas)
- Una vez meditada y conocidas las normas de seguridad, deben conocer estrictamente cómo funciona el banco de prueba y los esquemas de conexiones.
- Saber cómo procede en caso de emergencia debidamente del uso del hongo de emergencia y del breaker como protecciones.
- Evitar golpear o someter los instrumentos de medición a situaciones que puedan alterar su información
- Evite encender el banco de prueba luego de haberla desconectada, es necesario esperar pacientemente.

- Una vez terminada la práctica, desenergize el breaker del tablero, posterior el breaker principal y por último desconectar el cable de alimentación.

4.7.2 Prueba De Laboratorio 1

Reconocimiento de elementos mecánicos de refrigeración (Conservación y Congelación)

4.7.2.1 Objetivos de las prácticas

- Analizar el funcionamiento real de cada componente mecánico del ciclo de refrigeración.
- Analizar el comportamiento de las presiones y temperaturas en el sistema
- Analizar el ciclo termodinámico del refrigerante utilizado en el equipo en condiciones normales

4.7.2.2 Definiciones básicas

Tener conocimiento de los sistemas de presión y temperatura, conversiones y unidades de medida.

Elementos básicos del ciclo de refrigeración

Propiedades del refrigerante.

Transferencia por convección.

4.7.2.3 Desarrollo de la práctica

Con el equipo apagado identifique los componentes del sistema de refrigeración

Identifique los puntos de: vapor saturado abaja presión, el punto de líquido comprimido a alta presión, punto de sobrecalentamiento a lata presión y punto de mezcla saturada a baja presión.

En una tabla escribir valores de los manómetros de alta y baja presión, además de **las temperaturas indicadas por los termómetros en las líneas de succión y descarga.**

La siguiente prueba realizada es correspondiente al funcionamiento normal del banco de refrigeración, se realiza con un intervalo de tiempo de 2 minutos, los datos obtenidos se muestran en la tabla 17:

Tabla 17
Datos obtenidos de prueba #1

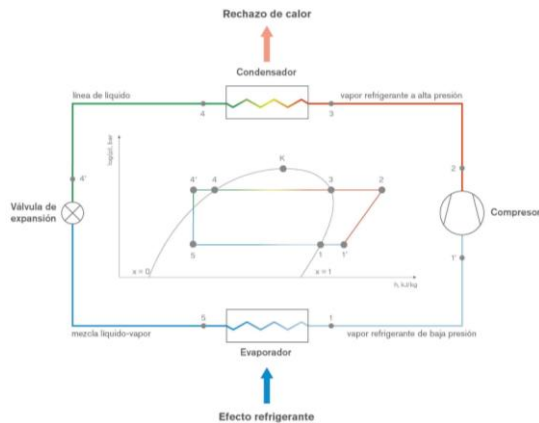
Carga Térmica: Carne de Res Cantidad de carga Térmica: 1 Kilogramo				
Hora	Sin encender	Funcionando	Falla 1	Apagado
	13:40	13:42	13:44	13:46
Presión de succión	50 psi	15 psi	12 psi	10 psi
Temperatura de aspiración	25.1°C	18°C	5°C	-8°C
Presión de descarga	150 psi	160 psi	160 psi	140 psi
Temperatura de descarga	26°C	38°C	35°C	38°C
Presión a la entrada de dispositivo de expansión 1	150 psi	160 psi	155 psi	140 psi
Presión a la entrada de evaporador 1	40psi	28 psi	15 psi	20 psi
Amperaje	4,7 Amp	4,6 Amp	5,1 Amp	5 Amp
Temperatura de Cámara de congelación	22°C	5.8°C	1.4°C	-2.7°C
Temperatura de producto en cámara de congelación	25.4 °C	20.2 °C	15.8 °C	12.1 °C

4.7.2.4 Análisis de datos obtenidos

Con estos datos se traza un diagrama de Moller, que ayude a analizar técnicamente las propiedades termodinámicas del refrigerante en cada parte del sistema.

- Identificar los cambios de fase del refrigerante en el condensador, evaporador, válvula de expansión y compresor.

Figura 36
Ciclo básico de refrigeración



Nota. Ciclo básico de refrigeración (2023) [Ciclo de refrigeración: Diagrama y conceptos básicos - Area Academy](#)

4.7.2.5 Interpretación de Datos

Como primer punto encontramos la presión de succión que en funcionamiento normal esta baja de forma progresiva de 50 psi a 20 psi indicando que el evaporador está en función de la absorción de calor y en el caso del compresor es estable la aspiración en condiciones de baja presión.

Por otro lado, la temperatura de aspiración decae de 25.1°C a -8°C evidenciando el paso de vapor sobrecalentado a condiciones de evaporización más intensas. El compresor mantiene la presión de condensación en la descarga ya que esta está estable entre valores de 150-140 psi. La temperatura de descarga sube por consecuencia del trabajo mecánico realizado, el vapor comprimido se calienta subiendo la temperatura de 26°C a 38°C.

4.7.3 Prueba de laboratorio 2

Prohibición de falta de refrigerante a las válvulas de expansión

4.7.3.1 Objetivos de las prácticas

- Determinar los problemas que puede causar al compresor el corte de refrigerante en un sistema de refrigeración
- Analizar las presiones de alta y de baja en el dispositivo de expansión y presiones del compresor.
- Comprender termodinámicamente lo que sucede luego de que los evaporadores dejen de funcionar en el ciclo.

4.7.3.2 Definiciones básicas

Conocer en primera instancia el funcionamiento de la válvula solenoide y su importancia en sistemas de refrigeración

Reconocer la ubicación de las válvulas de expansión en ambas cámaras. Una utiliza una válvula de expansión termostática para la cámara de congelación y la otra utiliza tubo capilar para la conservación

4.7.3.3 Desarrollo de la práctica

Encender el banco de prueba y esperar 2 minutos a que las temperaturas y presiones se estabilicen, posterior se observan los manómetros del compresor y de la válvula de expansión ubicada antes del evaporador. Se activa la falla 1 en el tablero de

control ubicado a un costado del banco de prueba, observar y analizar las presiones de alta y de baja en el sistema como comienzan a decaer.

Carga Térmica: Carne de Res Cantidad de carga Térmica: 1 Kilogramo				
Hora	Sin encender	Funcionando	Falla 1	Apagado
	14:50	14:52	14:54	14:56
Presión de succión	25 psi	15 psi	5 psi	0.5 psi
Temperatura de aspiración	20.1°C	-2.2°C	-1.5°C	5.4°C
Presión de descarga	150 psi	160 psi	180 psi	140psi
Temperatura de descarga	35°C	40°C	38°C	38°C
Presión a la entrada de dispositivo de expansión 1	140 psi	150 psi	155 psi	150 psi
Presión a la entrada de evaporador 1	10 psi	15 psi	12 psi	12 psi
Amperaje	4,7 Amp	4,8 Amp	5,8 Amp	0 Amp
Temperatura de Cámara de congelación	22°C	5.8°C	8 °C	15°C
Temperatura de producto en cámara de congelación	24.4 °C	21.2 °C	19.8 °C	20.1 °C

Tabla 18
Datos obtenidos Prueba #2

4.7.3.4 Análisis de datos obtenidos

Las válvulas solenoides son dispositivos electromecánicos que cortan o cierran el paso de un fluido en un sistema. Al activarse la falla, la bobina que se encuentra en estado de Normalmente Abierta NC pasa a su estado normalmente cerrada NC lo que obliga por medio de la válvula a cortar el flujo de refrigerante.

Las presiones de los manómetros de alta y de baja de la válvula de expansión comienzan a descender paulatinamente hasta producir una igualación en la temperatura del evaporador con el ambiente, situación que provoca que no haya absorción de calor, falla causada por la activación de los solenoides en la falla 1.

Desde el punto termodinámico en el diagrama P-h desaparece el tramo de evaporación, el compresor sigue aspirando, pero no encuentra masa suficiente del refrigerante por ende disminuye el flujo masico e incrementa el sobrecalentamiento.

Según la primera ley de la termodinámica

$$Q_{\text{evaporador}} = \dot{m} (h_{\text{salida}} - h_{\text{entrada}})$$

Al disminuir el flujo masico, el calor absorbido por el evaporador es 0, es decir no hay absorción de calor así el equipo este encendido y la presión de succión del compresor disminuye.

4.7.3.5 Análisis de Datos

Al encender el equipo en el intervalo de 2 minutos la presión de succión baja de 25 psi a 15 psi, lo que nos indica la absorción del calor en el evaporador, en el caso de la presión de descarga esta sube a valores de 180 psi mostrando así el aumento del trabajo del compresor, en esta prueba se toma en cuenta solo la cámara de congelación la cual su temperatura desciende de 22°C a 5.8 °C en solo 4 minutos, demostrando la alta eficiencia del sistema al inicio, a partir de la hora 14:54 cuando ocurre el cierre las solenoides y por lo consiguiente el apagado del compresor estos valores varían, como por ejemplo la presión de succión se recupera hasta los 0.5 psi y la temperatura de aspiración sube a 5.4°C lo que nos indica que ya no existe una evaporación activa, la cámara empieza a igualar la temperatura con el ambiente.

4.7.4 Prueba de laboratorio 3

Condensación deficiente

4.7.4.1 Objetivos de las prácticas

- Determinar los problemas que puede causar al compresor la falta de caudal de aire por parte del ventilador del condensador.
- Analizar las presiones de succión y de descarga del compresor una vez ocurrida la falla.
- Comprender termodinámicamente lo que sucede luego de que el ventilador deje de disipar el calor

4.7.4.2 Definiciones básicas

Conocer en primera instancia la importancia y el funcionamiento de los ventiladores de los intercambiadores de calor (Condensadores y evaporadores).

Conocer la disipación de calor que debe eliminar el condensador y sus posibles problemas al volverse deficiente.

Conocer la transición de fase de vapor a líquido, condición que realiza el condensador.

4.7.4.3 Desarrollo de la práctica

Encender el banco de prueba y esperar a que las temperaturas y presiones se estabilicen en el sistema, activar la falla 2 que desenergize el ventilador del condensador, cortando el flujo de aire al serpentín de este, falla que interrumpe el cambio de refrigerante en el sistema de gas a líquido.

4.7.4.4 Análisis de datos obtenidos

Falla muy recurrente en los sistemas de refrigeración, misma que provoca que no haya disipación de calor en el condensador y no permitiendo que el refrigerante no enfríe lo suficiente y permanezca en estado de vapor, es decir no se licue completamente a líquido.

Aumentando la presión de alta por el calor atrapado en el sistema, termodinámicamente hablando, el trabajo del compresor aumenta ya que debe comprimir. Las temperaturas de entrada y salida del compresor aumentan debido al sobreesfuerzo del compresor que se refleja básicamente en el trabajo (Aumenta el amperaje). La válvula de expansión y el evaporador reciben refrigerante caliente y por ende disminuyen el efecto refrigerante del sistema.

Tabla 19

Datos obtenidos Prueba #3

Carga Térmica: Carne de Res Cantidad de carga Térmica: 1 Kilogramo				
Hora	Sin encender	Funcionando	Falla 1	Apagado
	15:02	15:04	15:06	15:08
Presión de succión	30 psi	20 psi	15 psi	10 psi
Temperatura de aspiración	20.1°C	-2.2°C	-1.5C	10.4°C
Presión de descarga	150 psi	160 psi	180 psi	200 psi
Temperatura de descarga	35°C	40°C	39°C	50°C
Presión a la entrada de dispositivo de expansión 1	150 psi	160 psi	155 psi	190 psi
Presión a la entrada de evaporador 1	15 psi	10 psi	12 psi	14 psi
Amperaje	4,9 Amp	4,6 Amp	8 Amp	0 Amp
Temperatura de Cámara de conservación	25.8 °C	12.3°C	14.6°C	16.8°C
Temperatura de producto en cámara de conservación	25.9°C	23.2°C	24.6°C	24.9°C

Como en las anteriores pruebas el sistema mostró un funcionamiento normal antes de ser sometido a la falla, con el descenso paulatino de la presión de succión y la temperatura de aspiración que nos dice el buen funcionamiento de la evaporización por otro lado era notoria la subida de la presión y temperatura de descarga de una manera controlada, no obstante en el preciso momento en el que fue deshabilitado el ventilador del condensador, la presión e descarga aumentó hasta 200 psi, lo que activo la protección del compresor y provocó su apagado reflejado en su consumo en Amp (0), después de este acontecimiento las presiones de succión y de descarga comenzaron a recuperarse la temperatura de la cámara de conservación, estos valores que habían descendido de una manera eficiente comenzaron a igualarse con el valor de la temperatura ambiente y el producto que se había comenzado a conservar , esto nos da como resultado que la falta de ventilación del condensador impide la disipación de calor, provoca sobrepresión deteniendo el ciclo de refrigeración

5 Conclusiones

- Se identificó los componentes mecánicos y eléctricos que se encuentran en mal estado, los cuales fueron sustituidos por componentes nuevos.
- Se elaboró y construyó un sistema eléctrico nuevo con el fin de garantizar el orden y seguridad al sistema.
- Se mejoró la configuración del banco de prueba y optimizó el sistema de programación de sistema eléctrico.
- Se evidenció los cambios de temperatura y presión en los sistemas de refrigeración cuando ocurre una falla y su afectación en el sistema termodinámico.
- Se reconoció la importancia de los elementos mecánicos de refrigeración y sus principales variables (presión y temperatura) según su trabajo.
- Se comprendió termodinámicamente los problemas que existen luego de ocurridas las fallas.
- Se determinó la importancia de un buen mantenimiento a los sistemas de refrigeración y sistemas eléctricos para un correcto funcionamiento.

6 Recomendaciones

- Se recomienda no manipular, ni modificar los sistemas eléctricos sin tener el conocimiento de cómo es su correcto funcionamiento, ni su colocación evitando crear problemas para los sistemas.
- Se recomienda seguir estrictamente el mantenimiento de los componentes mecánicos y eléctricos descritos en los anexos.
- Se recomienda seguir estrictamente las fallas presentadas en el manual, habilitando solo 1 falla por simulaciones y no de forma simultánea.
- Se recomienda tener en cuenta que la presión de alta es de 140 psi y la de baja de 10 psi, si existe alteraciones cabe la necesidad de verificar el problema y solucionar antes de seguir manipulando.

7 Bibliografía

- Aguirre, A. (27 de Julio de 2021). *area Cooling solutions*. Obtenido de <https://areacooling.com/es/glosario-de-terminos-hvac/condensador/>
- Aguirre, A. (4 de Diciembre de 2023). *areacademy*. Obtenido de <https://areacooling.com/areacademy/es/dispositivo-de-expansion/>
- Aguirre, A. (10 de Enero de 2023). *areacademy*. Obtenido de <https://areacooling.com/areacademy/es/ciclo-basico-de-refrigeracion/>
- Aliaksei Shaviakou. (09 de Abril de 2023). *dreamstime*. Obtenido de <https://es.dreamstime.com/compresor-de-refrigerante-amon%C3%ADaco-como-elemento-interior-la-empresa-qu%C3%ADmica-compresores-rec%C3%ADprocos-concilindros-y-motor-image266815547>
- Asteco, I. (1 de Junio de 2023). *Instito Asteco*. Obtenido de <https://institutoasteco.com/asteco/repotenciar-en-la-gestion-del-mantenimiento/>
- Automation 24. (06 de Noviembre de 2018). *Automation 24*. Obtenido de <https://www.automation24.com/main-contactor-siemens-sirius-3rt2017-1bb41>
- Barbosa Saldaña, J. G., & Guitiérrez Torres, C. D. (2016). *Termodinámica para ingenieros*. México: Patria. doi:978-607-744-270-7
- Becerril, A. V. (2014). *Preelaboración y conservación de pescados crustaceos y moluscos*. Madrid: Ideaspropias Editorial.
- Delgado Mero , F. R., & Loo Palma, H. H. (2015). *Diseño, cálculo y construcción de una instalación frigorífica móvil con simulación de fallos ejecutados a través de un controlador lógico programable para realizar análisis de índices de averías*. Universidad Laica Eloy Alfaro De Manabí, Manta .

ebay. (04 de Junio de 2021). *ebay*. Obtenido de <https://www.ebay.com/itm/133333238563>

Frigoríficos, M. (4 de Enero de 2021). *Manuales Frigoríficos* . Obtenido de <https://manualesfrigorificos.com/index.php/manuales/4-fluidos-frigorificos-y-aceites/69-diagramas-de-mollier/277-diagrama-de-mollier-r-134a>

Germán Portillo. (05 de Octubre de 2020). *Meteorología en red*. Obtenido de <https://www.meteorologiaenred.com/termodinamica.html>

Giménez, A. (10 de Enero de 2023). *areacademy*. Obtenido de <https://areacooling.com/areacademy/es/refrigerantes-informacion-general/>

Ingeniería Mecafenix. (29 de Marzo de 2017). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/control/contactor-electrico/>

IPR. (20 de Marzo de 2019). *IPR*. Obtenido de <https://iprpartesyrepuestos.com/producto/condensador-doble-motor/>

Lopez, J. (14 de Junio de 2025). *Inspenet*. Obtenido de <https://inspenet.com/articulo/sistema-de-refrigeracion-industrial/#:~:text=1,la%20configuraci%C3%B3n%20y%20demanda%20del>

Made in china. (08 de Abril de 2018). *Made in china*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_hzme88681899/product_R134A-Lbp-Refrigeration-Compressor-1-5HP-220-240V-50Hz-195W-Cooling-Capacity-for-Commercial-Refrigerator-Freezer-Display-Counter_ennyuihog.html

ManoMano. (2022). *ManoMano*. Obtenido de Termostato regolabile Iron industriale 50/250 gradi Capillare 840mm 16amp

Martinez, A. O. (14 de Enero de 2024). *Blogspot*. Obtenido de <https://antonioospino.blogspot.com/2024/01/modulo-fundamentos-de-refrigeracion.html>

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

Miralles, J. A. (2007). *Refrigeración . Dummies*. doi:9788432965432

Morales, J. A. (2017). *Fundamentos de control automático* . Alfaomega Grupo Editor. doi:978-607-707-341-2

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)*.

Omega Repuestos . (s.f.). *Omega*. Obtenido de <https://repuestos.refrigeracion-omega.com/product-category/repuestos-para-refrigeracion/recipientes/recibidor-de-liquidos/>

Planas, O. (29 de Octubre de 2020). *Energia Solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/termodinamica/leyes-de-la-termodinamica/primer-ley-termodinamica>

Planas, O. (23 de Agosto de 2023). *Energía Nuclear*. Obtenido de <https://energia-nuclear.net/blog/presostatos>

Pustiens, J. W. (24 de Mayo de 2024). *Tameson*. Obtenido de <https://tameson.es/pages/electrovalvulas-como-funcionan#:~:text=Una%20v%C3%A1lvula%20solenoides%20es%20una%20v%C3%A1lvula%20controlada%20el%C3%A9ctricamente,e%20campo%20magn%C3%A9tico%20generado%20por%20el%20solenoides%20el%C3%A9ctrico.>

Refrigeración Doméstica García . (s.f.). *Refrigeración Doméstica García*. Obtenido de <https://refrigeracion-domestica-garcia.ueniweb.com/>

Roldán Rojas , J. H. (2014). *Termodinámica*. México: Patria. doi:978-607-438-941-8

Rouse, M. (Agosto de 27 de 2024). *Techopedia*. Obtenido de <https://www.techopedia.com/es/definicion/automatizacion>

Sierra, C. G. (2019). *Refrigeración Industrial* (Vol. 2ed). Carlo Pina. doi:978-84-18430-07-7

Termodinámica ESIME Azcapotzalco. (18 de Mayo de 2016). *Termodinámica ESIME Azcapotzalco*. Obtenido de <https://termodinamica-esimeazc.blogspot.com/2016/05/refrigeracion.html>

Válvula ZECO. (22 de Febrero de 2025). *ZECO*. Obtenido de <https://zecovalve.com/es/what-is-a-check-valve-complete-explanation.html>

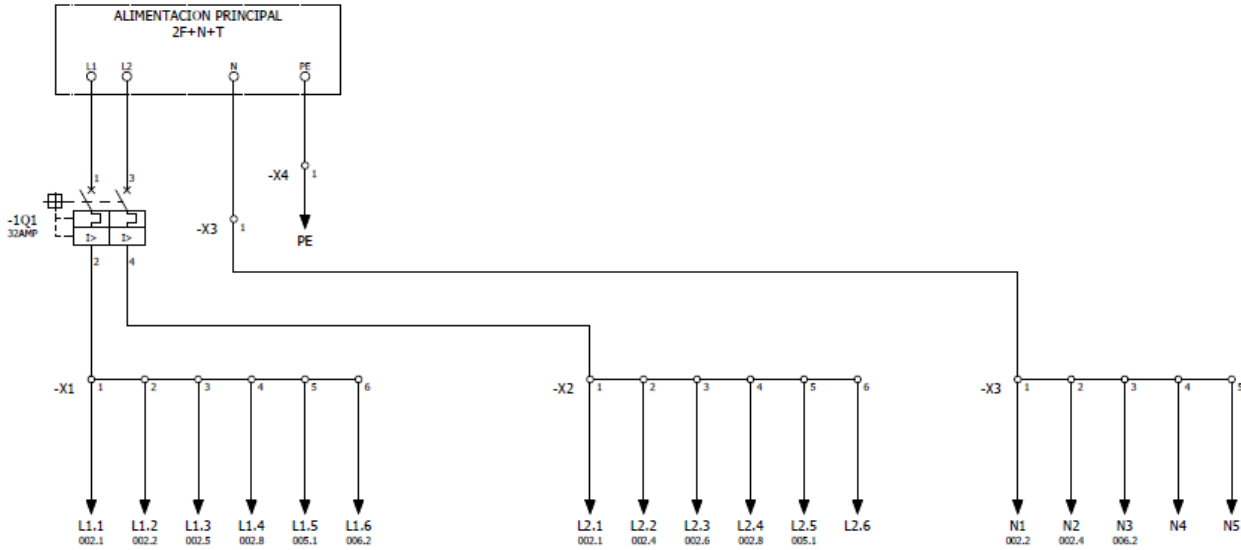
veto. (05 de Marzo de 2021). Obtenido de <https://blog.veto.cl/2020/11/03/presostatos-que-son-y-para-que-sirven/>

Zapata, F. (30 de Abril de 2024). *Lifeder*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/segunda-ley-termodinamica/>

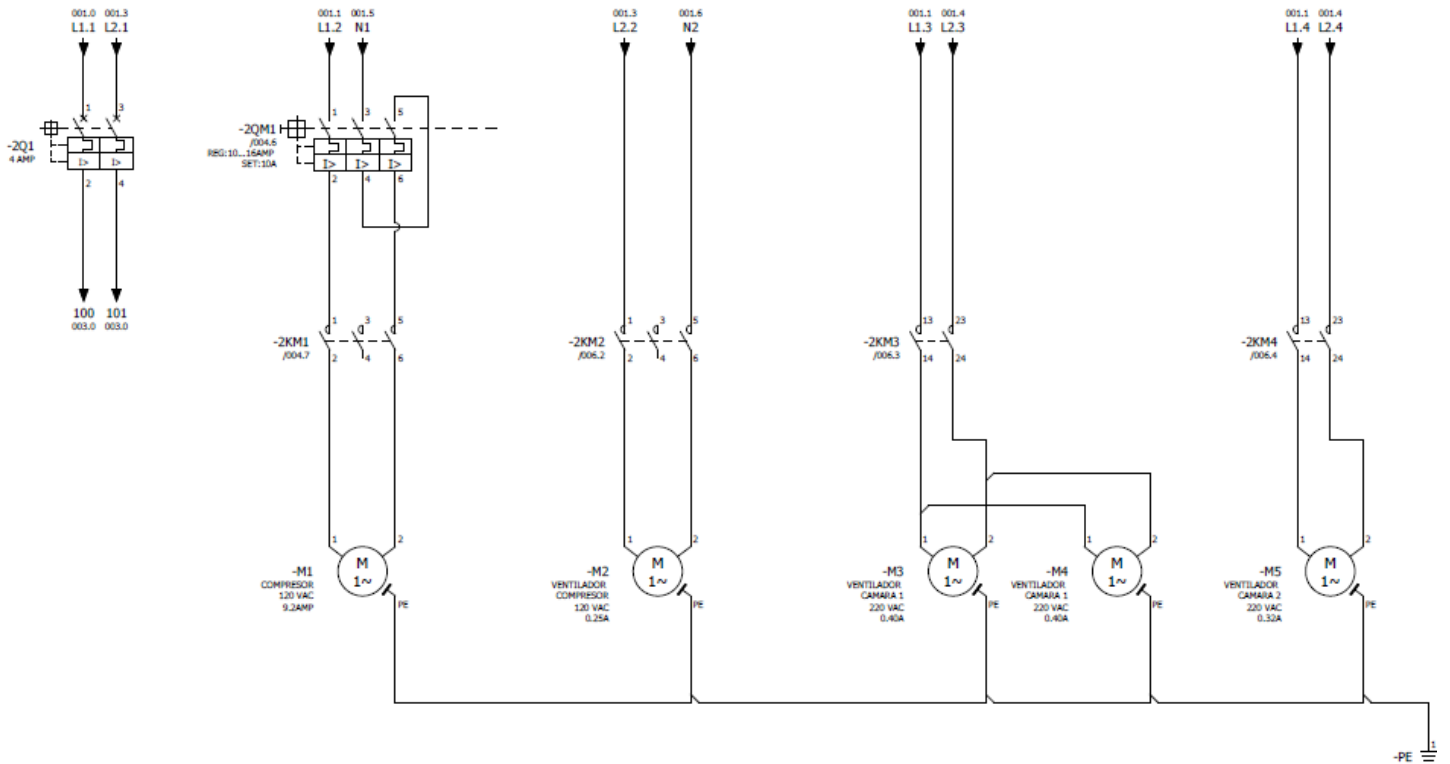
8 Anexos

Anexo 1: Planos eléctricos

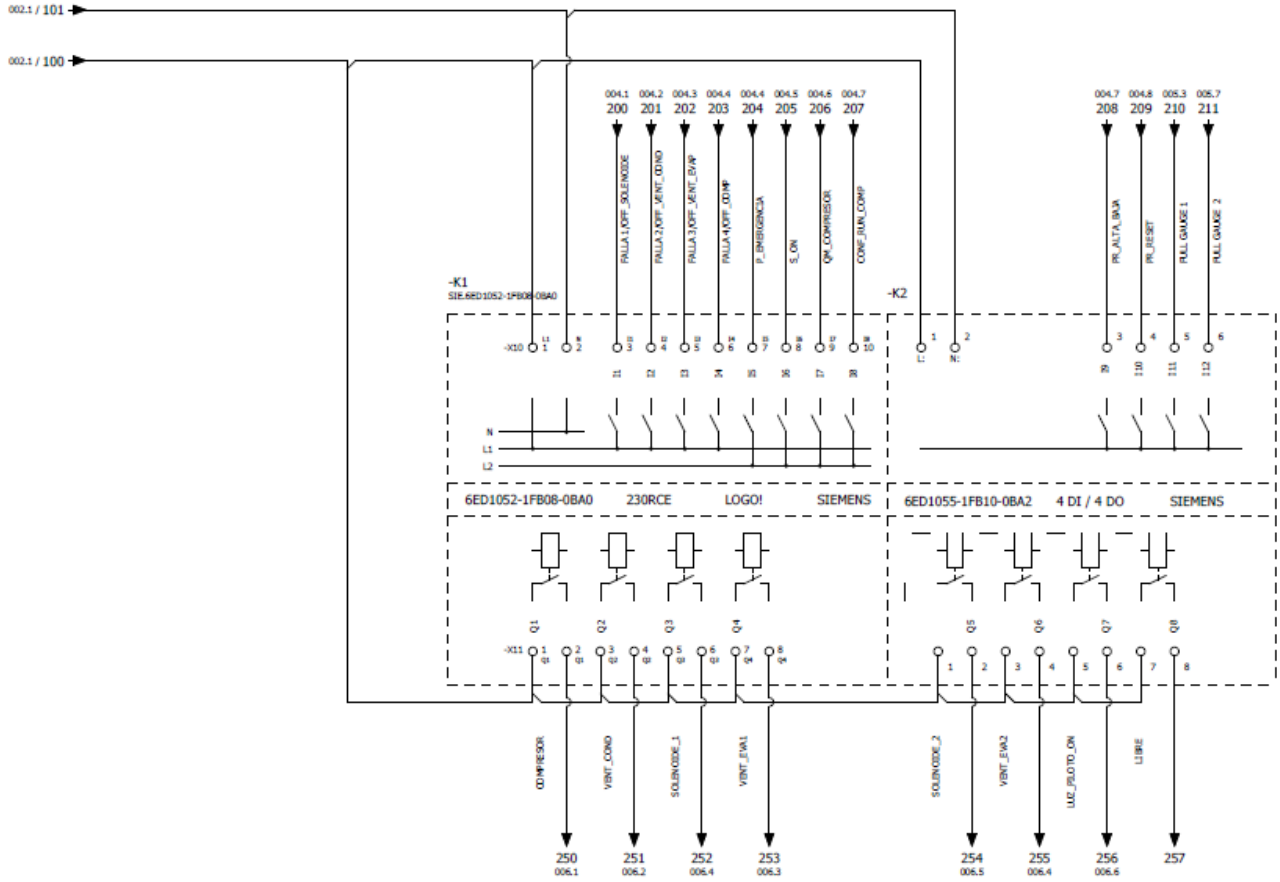
Anexo 1.1: Alimentación Principal



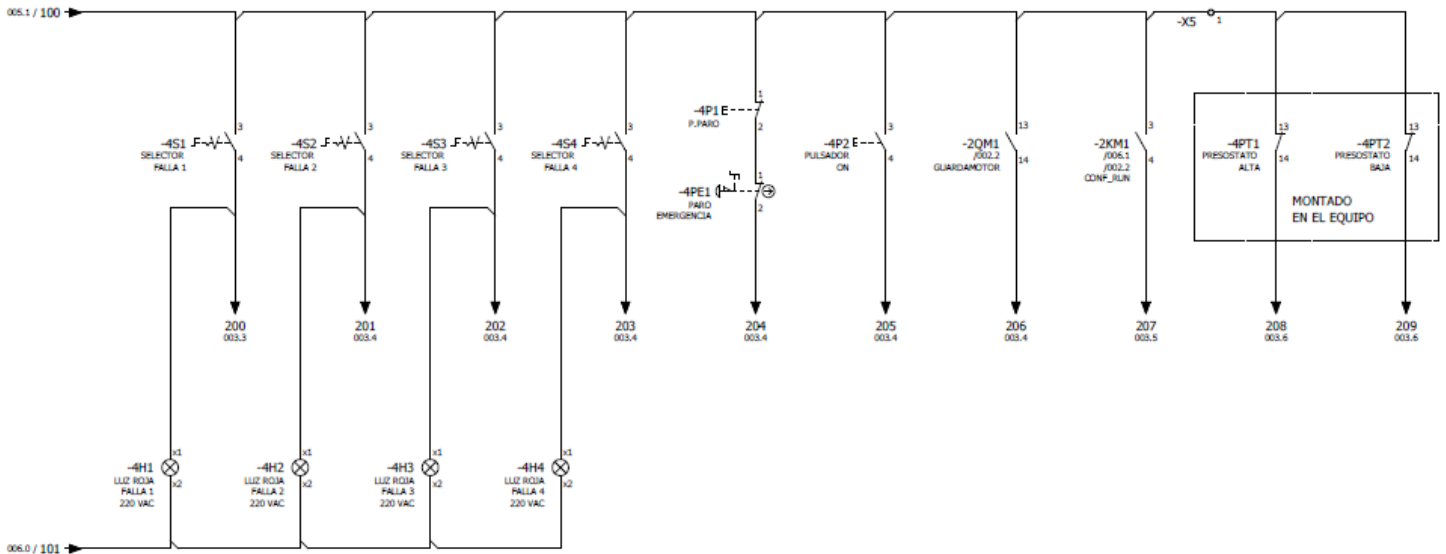
Anexo 1.2: Distribución 220/110 VAC



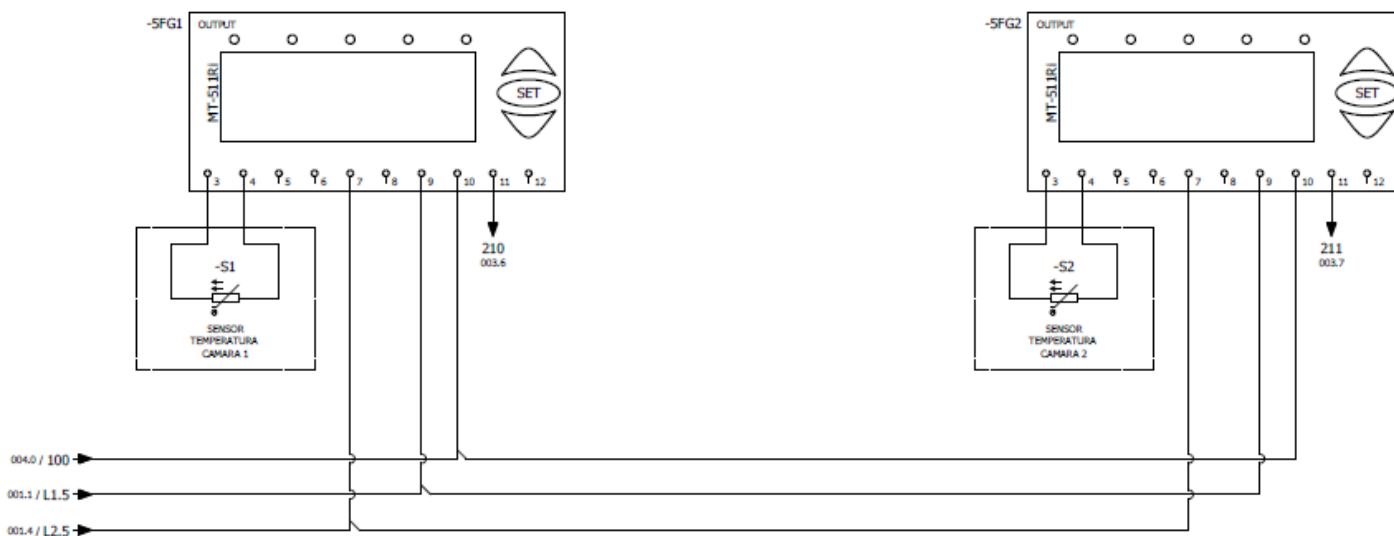
Anexo 1.3: Conexión LOGO 8 / Modulo de expansión



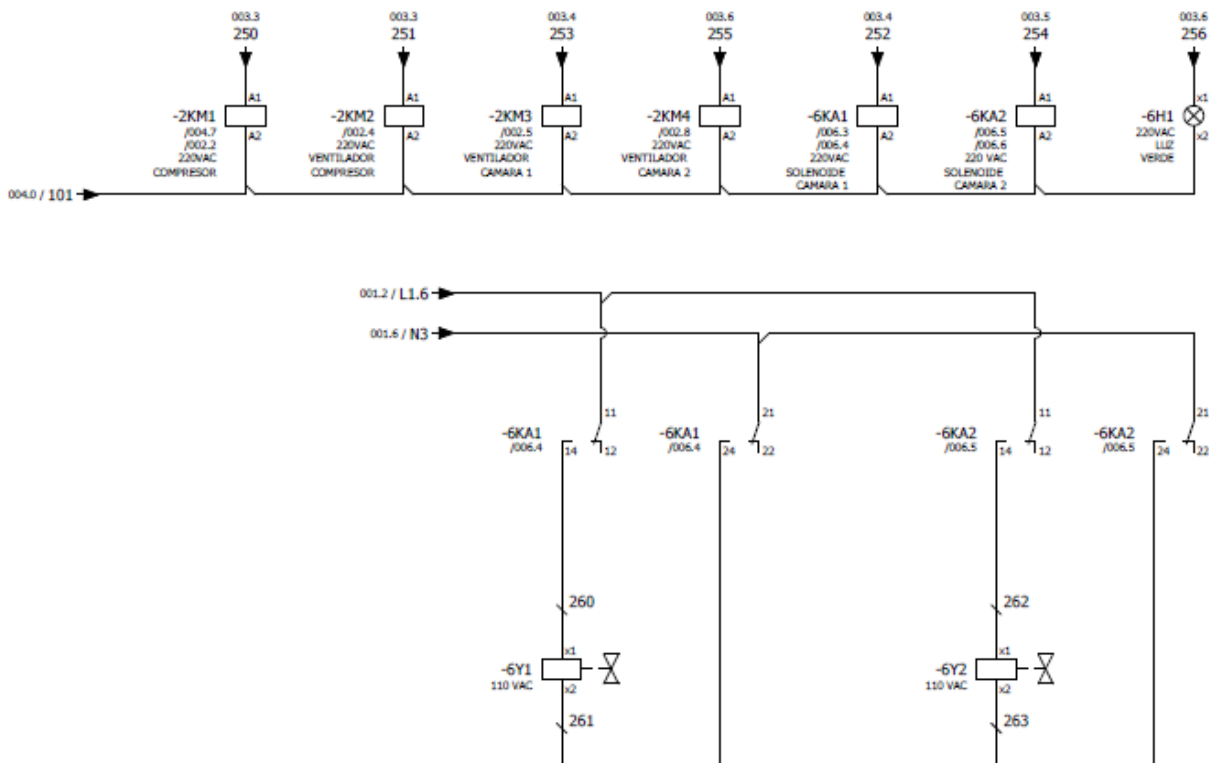
Anexo 1.4: Entradas Digitales



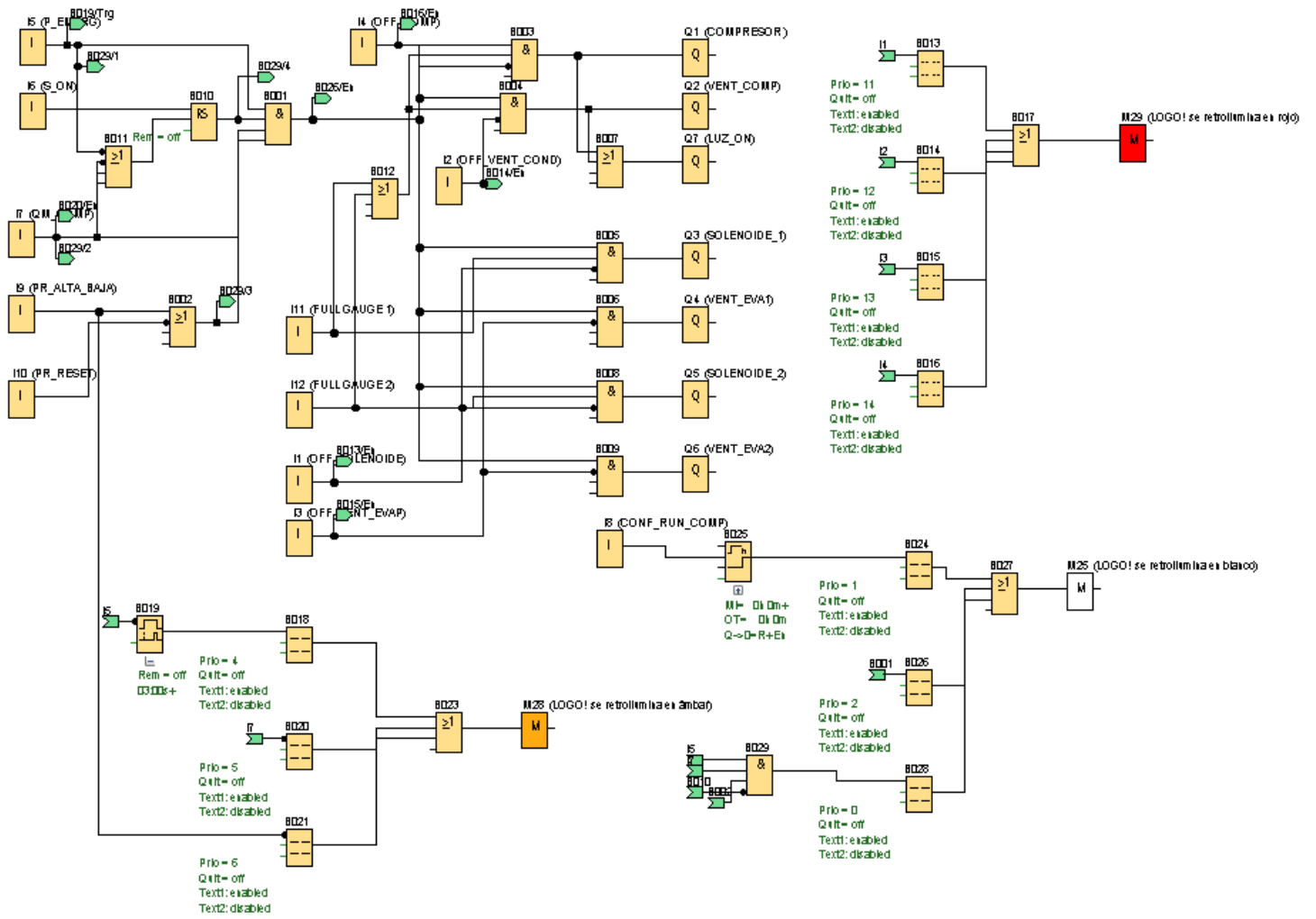
Anexo 1.5: Conexión FULL GAUGE MT-511Ri/14



Anexo 1.6: Conexión FULL GAUGE MT-511Ri/14



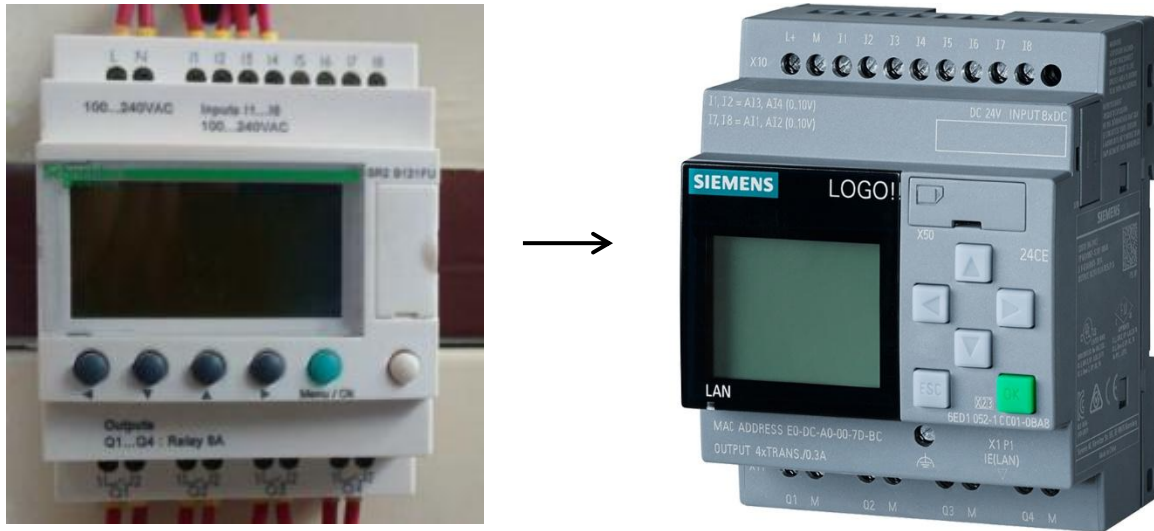
Anexo 1.7: Programación del PLC (Diagrama de bloques)



Anexo 2 Componentes reemplazados

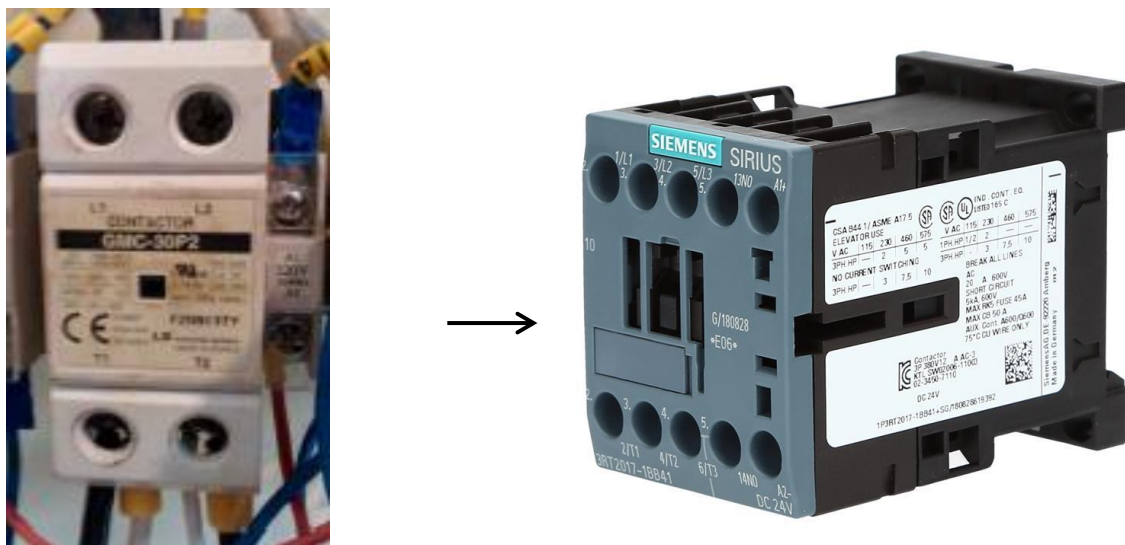
Anexo 2.1: Se reemplazó el PLC Schneider Electric SR2B121FU por un LOGO

8.4 PLC 230 RCE 115V/230V/RELE 8ED/4SD- SIEMENS-6ED 1052-1FB08-0BA2



Anexo 2.2: Se reemplazó el Contactor GMC-30P2 por un Contactor Trifásico

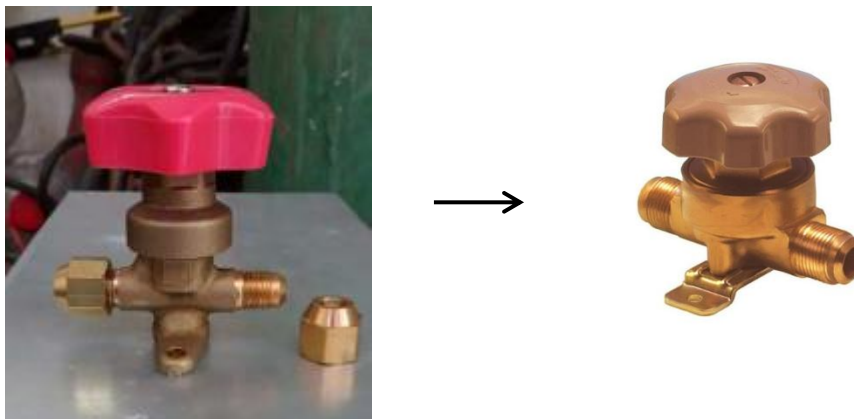
SIEMENS SIRIUS 3RT20



Anexo 2.3: Se reemplazó el FILTRO EVERWELL SEK-082 por un FILTRO SEC. ROSCA 3/8" 5.0 TR DML-083 SANHUA



Anexo 2.4: Se reemplazó una VALVULA EVERWELL HV-14 por una VALVULA DE/CIERRE 3/8" ROSCA DANFOSS



Anexo 2.5: Se reemplazaron los Interruptores Tipo Ojo de Cangrejo de 2 posiciones por Selectores XA2ED25 2 POSICIONES 1NA 1NC SCHNEIDER



Anexo 3: Calor del aire en kJ/m³ para el aire exterior que penetra

en la cámara fría. Extraído de Juan Ramírez, M (2007) Nueva enciclopedia de la climatización; Refrigeración, editorial Dummies

	+ 5 °C		+ 10 °C		+ 15 °C		+ 20 °C		+ 25 °C		+ 30 °C		+ 35 °C		+ 40 °C	
	70%	80%	70%	80%	70%	80%	50%	60%	50%	60%	50%	60%	50%	60%	50%	60%
	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R	H.R
15 °C	—	—	—	—	—	—	2,77	7,0	16,8	23,3	34,5	42,7	56,4	66,4	81,4	96,5
10 °C	—	—	—	—	105,5	13,8	16,6	20,9	30,9	37,5	48,8	57,2	70,1	81,3	96,5	112
5 °C	—	—	9,6	12,0	22,8	26,2	29,0	33,5	43,7	50,5	62,1	70,6	83,9	95,4	111	127
0 °C	9,1	10,9	20,8	23,3	34,4	37,9	40,8	45,4	55,9	62,9	74,9	83,7	97,4	109	125	141
-5 °C	19,2	20,9	31,0	33,5	44,6	48,2	51,2	55,8	66,4	73,5	85,5	94,4	108	120	136	153
-10 °C	28,7	30,5	40,8	43,4	54,8	58,4	61,4	66,1	77,0	84,2	96,6	106	120	132	148	165
-15 °C	37,8	39,7	50,2	52,8	64,5	68,2	71,3	76,1	87,2	94,6	107	116	131	143	160	177
-20 °C	46,1	48,0	58,8	61,5	73,4	77,1	80,4	85,3	96,6	104	117	127	141	154	171	189
-25 °C	55,1	57,1	68,0	70,8	82,9	86,8	90,1	95,1	107	114	127	137	152	165	183	201
-30 °C	64,2	66,2	77,5	80,1	92,6	96,5	99,8	105	117	125	138	148	163	177	195	215
-35 °C	73,3	75,3	86,7	89,6	102	106	110	115	127	135	149	159	174	188	207	225
-40 °C	83,3	85,4	97,1	100	113	117	121	126	138	147	161	171	187	201	220	231



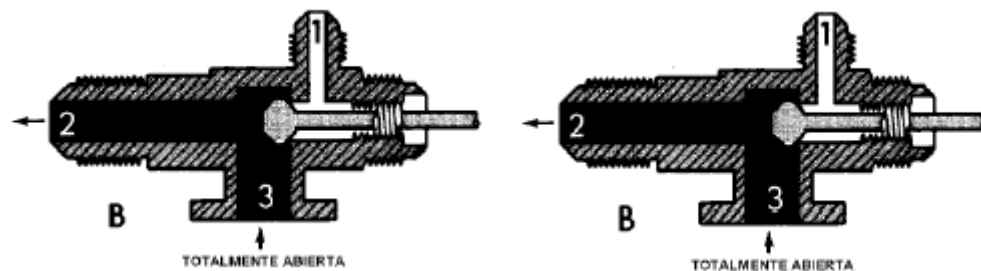
Anexo 4: Manual de encendido del sistema

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA
CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA

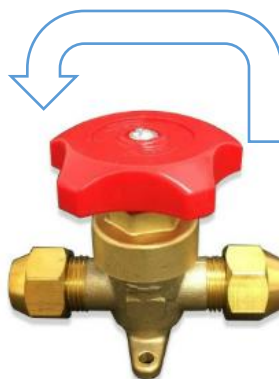


MANUAL DE PUESTA EN MARCHA BANCO DE PRUEBAS DE REFRIGERACIÓN

1.- Girar totalmente el vástago en sentido antihorario la válvula de servicio de compresor y el vástago de servicio del tanque receptor hasta que esté completamente abierta.



2.- Abrir de forma Manual todas las válvulas de paso de refrigerante del sistema para que las fallas se realicen de forma simultánea en cada cámara.



3.-Alimentación eléctrica de la Máquina con la siguiente configuración L1+L2+N+T, esto se realiza mediante el bleaker principal, la bornera de neutro y la bornera de tierra, una vez realizado colocar en modo ON en bleaker principal (verificando en todos los selectores de las fallas estén en modo OFF])

4.-Colocar en Modo ON el bleaker de control 220V De 4 Amp situado en la parte interna del tablero, con esto el plc pasará a modo RUM.

5.- Dar Marcha a la Máquina de refrigeración mediante la Botonera (Verificar que el hongo de emergencia no esté accionado)

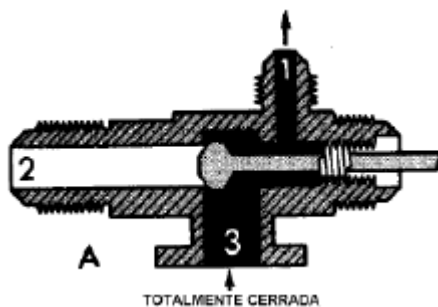
6.- Verificar de manera visual el paso del refrigerante mediante el visor instalado en sistema.

7. Verificar Temperatura y Presión Mediante los instrumentos de medición con el fin de llegar a valores deseados para accionar las fallas

8.- Accionar de Manera Individual cada falla, en el caso de la falla 4 esta se debe accionar antes de darle marcha al sistema en general.

10.- Una vez terminado de simular colocar en modo off mediante sus selectores cada una de las fallas.

9.- Para parar la máquina en general como primer punto se debe girar en sentido horario el vástago de servicio del tanque receptor hasta que esté totalmente cerrada



10.- Esperar que todo el refrigerante que está en el sistema se deposite en el tanque receptor, y que el compresor realice el vacío en el sistema.

11.- Esperar que el presostato de baja mande la señal al compresor para que pase a modo OFF.

12.- Por último, desenergizar el sistema mediante la botonera de paro y el breaker principal.



Anexo 4 Mantenimientos periódicos del sistema

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA

PLAN DE MANTENIMIENTO EQUIPO DE REFRIGERACIÓN



Equipo/Componente	Frecuencia	Principales tareas
Compresor	Mensual/Trimestral	Inspección, fugas, aceite, vibraciones
Condensador	Mensual	Limpieza serpentín, presión alta, ventiladores
Tanque receptor	Trimestral	Limpieza, válvulas, aislamiento
Cámara de congelación	Semanal/Mensual	Limpieza, evaporador, ventiladores, termostatos, puertas
Cámara de conservación	Semanal/Mensual	Limpieza, evaporador, ventiladores, humedad, puertas
Filtro deshidratador	6 meses/condición	Cambio, caída de presión
Tablero eléctrico	Mensual	Protecciones, relés, limpieza, termografía
Tuberías y válvulas	Trimestral	Fugas, corrosión, aislamiento
Sistema de seguridad	Trimestral	Prueba de presostatos y válvulas

Anexo 5 Imágenes del mantenimiento realizado.

Anexo 5.1: Limpieza superficial de todo el equipo y detección de fugas.



Anexo 5.2: Pulido superficial de toda la estructura metálica.



Anexo 5.3: Capa de pintura para mejora visual de la máquina.



Anexo 5.4: Cambio de aislante en puerta de cámaras.



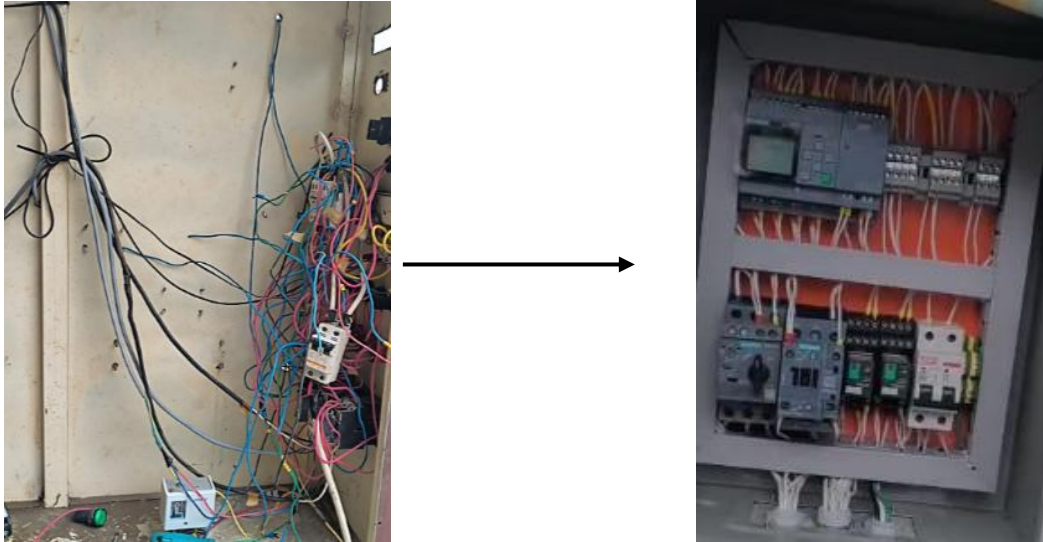
Anexo 5.5: Soldadura a fugas presentadas



Anexo 5.6: Cambio de manijas de puertas de cámaras.



Anexo 5.7: Mantenimiento al sistema eléctrico.



Anexo 5.8: Cambio de llanta para mejor desplazamiento.



Anexo 5.9: Cambio de capacitor continuo



Anexo 5.10: Recarga de refrigerante al sistema

