



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIA Y
ARQUITECTURA
CARRERA DE ELECTRICIDAD**

Proyecto Técnico previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico.

Título:

Diseño de control para sistema de refrigeración industrial utilizando PLCs Logo y
pantallas HMI

Autor:

AVEIGA GARCIA JHON ADRIAN
CEDENO PONCE STEVEEN JORDANOV

Tutor:

Ing. Cedeño Villaprado Juan Miguel, MsC
Manta - Ecuador

AUTORÍA DEL PROYECTO TÉCNICO

Quien suscribe Aveiga Garcia Jhon Adrian y Cedeño Ponce Steven Jordanov con cedula de identidad N° 2300573934 y N° 1317062410 ,egresado de la Facultad de Ingeniería, industria y Arquitectura en la carrera de Electricidad declaro que nuestro proyecto de titulación “Diseño de control para sistema de refrigeración industrial utilizando PLCs Logo y pantallas HMI” la autoría del contenido, los hallazgos y las conclusiones alcanzadas son responsabilidad exclusiva de los autores. Se han utilizado las referencias bibliográficas imprescindibles para llevar a cabo el proyecto, garantizando el respeto por los derechos de autor de cada uno de los autores mencionados en la presente investigación. El patrimonio intelectual de este proyecto de titulación corresponderá a las Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí



Aveiga Garcia Jhon Adrian



Cedeño Ponce Steven Jordanov



ASESOR ACADEMICO

Ing. Cedeño Villaprado Juan Miguel, MsC

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a Dios y a toda mi familia.

A mi amado hijo Dylan Aveiga por ser parte de este proceso académico y por ser el motor de mi vida.

A mis padres Jonny y Lourdes quienes han sido mi apoyo incondicional en este largo proceso académico.

A mis hermanos por ser parte de todo mi proceso estudiantil por su apoyo incondicional y una mención importante es a mi hermano diego que gracias a él ahora puedo finalizar mi etapa como estudiante.

A mi abuelita Victoria por ser mi guía en todo momento confiar y creer en mí.

Aveiga Garcia Jhon Adrian

Dedico este trabajo a mi familia por enseñarme valores como la perseverancia de nunca rendirme y dejar todo a medias, el amor a hacer las cosas que uno más quiere, la responsabilidad, honestidad, respeto y todos los valores buenos. Dedicar este trabajo a mis dos pilares fundamentales en esta vida mis padres Nexar Cedeño y Alexandra Ponce que estuvieron apoyándome incondicionalmente en mis estudios e hicieron todo lo posible para que no me faltara nada en toda esta etapa de mi vida y por siempre creer en mis capacidades. Debo de agradecer a mis hermanos Nexar y Tiffany que de alguna manera me apoyaron en esta etapa de mi vida, dar las gracias a mi primo Bryan Cedeño que es casi un hermano que siempre ha estado presente. Este logro es tan mío como todas las personas importantes de mi vida.

|Cedeño Ponce Steven Jordanov

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por brindarme salud y sabiduría en esta etapa de mi vida para culminar esta etapa académica.

A mis padres Lourdes y Jonny quiero dedicarle este logro por que por ellos dos pude ser la persona quien soy hoy, este logro es mío como suyos.

A mi hijo Dylan que es mi motor principal en mi vida, gracias a el puede seguir obteniendo logros para seguir adelante juntos.

A mi hermano Diego por ser mi ejemplo a seguir a superarme y gracias a su apoyo desde la nivelación puede decir que este logro nos pertenece a los dos.

A mi hermano Andy y su esposa Andrea que han sido una parte fundamental en mi vida a lo largo de mi carrera dándome fuerza y la vez preocupándose por mí en cada momento, gracias por su comprensión en los mementos de mayor exigencia académica.

A mi hermana Ximena y mi cuñado Frank que han sido mis mejores amigos junto a mi sobrina Danna, por su orientación constante y motivación que han sido un pilar fundamental en este proceso académico.

De igual manera a mis hermanos Ángel y Gema por sus palabras de alimento y por creer en mi incluso en los momentos de duda.

A mis tutores académicos al Ing. Raúl Villavicencio y al Ing. Juan Cedeño por su orientación, acompañamiento constante y dedicación durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

A mis amigos de la Universidad por su motivación en lo largo de nuestra etapa académica especialmente a mi amigo Billy Merchan que fue mi apoyo a lo largo mi carrera.

De igual manera a Juan Saldarriaga que por su apoyo y por ser la única persona que me pudo apoyar para que mi tesis culminara.

De igual manera a mi compañero de Tesis a Steven Cedeño que gracias a su trabajo a lo largo de la tesis lo pudimos lograr conjuntamente.

Aveiga Garcia Jhon Adrian

Agradecer a mis padres Nexar Cedeño y Alexandra Ponce, por enseñarme y inculcarme valores y saber que con esfuerzo y perseverancia se puede lograr cualquier cosa que uno se proponga.

A mis hermanos, Tiffany y Nexar, por las criticas constructivas y el apoyo incondicional que me brindaron en este proceso estudiantil.

Gracias a los amigos que hice a lo largo de la carrera Evelyn, Alexandra, Wendy, Gaby y Iter que me brindaron su amistad y conocimientos para seguir avanzado en mi vida.

Agradecer a mi compañero de tesis Jhon Aveiga por tener el carácter y dedicación para poder realizar este trabajo.

A los docentes, por compartir su conocimiento y orientar mi formación profesional.

Gracias a las personas que ya no se encuentran en este mundo terrenal, pero se hubieran alegrado por este logro que se veía inalcanzable, sé que me están cuidando desde el cielo Esperanza y Miguel. A todas las personas que caminaron junto a mi en esta etapa de mi vida, les extiendo mi más sincera gratitud y agradecer por siempre confiar en mí.

Cedeño Ponce Steven Jordanov

RESUMEN

Este proyecto tiene la finalidad de diseñar un sistema de control automatizado para el control del sistema de refrigeración industrial, el cual está compuesto por componentes como; Evaporador, solen. líquido, recibidor, Condensador Compresor y Filtro de Aceite, para su desarrollo se utilizó PLC LOGO como controlador principal del sistema y su interfaz se la realizó en el TIA portal.

Este estudio es de tipo descriptivo y proyectivo, se considera descriptivo porque permite el análisis, características, funcionamientos técnicos del sistema de refrigeración industrial, para el diseño del sistema de refrigeración, donde se va a poder visualizar mediante una pantalla HMI los parámetros como la temperatura, presión de succión, presión de descarga y temperatura de aceite.

En conclusión, el proyecto resulto ser viable y ofrece a la industria ecuatoriana de los sistemas de refrigeración automática donde se va a poder visualizar fallas en el sistema en tiempo real y de manera segura, este tipo de estudio se lo realizó con la finalidad de que los sistemas de refrigeración industrial puedan ser eficiente y a la vez funcione de manera automática y no manual.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	11
1.1. Antecedentes.....	11
1.2. Justificación.....	12
1.3. Propuesta	13
1.4. Objetivo Generales	14
1.4.1. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2. Marco Teórico.....	15
2.1. Sistema de Refrigeración	15
2.2. Ciclo ideal por compresión a vapor	16
2.3. Componentes de un sistema de refrigeración	16
2.3.1. Compresor.....	17
2.3.2. Tipos de Compresores	17
2.3.2.1. Compresor de Pistón.....	17
2.3.2.2. Compresor de Tornillo.....	18
2.3.3. Condensador	19
2.3.4. Evaporador.....	20

2.3.5. Válvulas de expansión.....	20
2.3.6. Válvula de expansión termostática.....	21
2.4. Tipos de sistema de refrigeración	22
2.4.1. Refrigeración por compresión.....	22
2.4.2. Refrigeración por absorción.....	23
2.5. Automatización industrial 4.0	24
2.6. Automatización industrial mediante industria 4.0	25
2.7. Red de Comunicación Ethernet.....	25
2.8. PLC	25
2.9. HMI.....	26
2.9.1. Entre las funciones básicas de las HMI destacan	27
2.10. LOGO-PLC	27
2.11. TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal).....	28
CAPÍTULO III.....	29
3. METODOLOGÍA	29
3.1. Tipo de Investigación.....	29
3.2. Tipo de Estudio	29
3.3. Programación en PLC	30
CAPÍTULO IV.....	33
4. Presentación, procesamiento y análisis de los resultados.....	33

4.1. Discusión de los resultados	38
4.2. Conclusiones.....	39
4.3. Recomendación.....	40
5. Cronograma de activade: Primera fase	41
6. Cronograma de activade: Segunda Fase	41
BIBLIOGRAFÍA.....	43

INDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1:Ciclo de refrigeración	15
Ilustración 2:Ciclo de compresión ideal.....	16
Ilustración 3:Parte físicas de un motor compresor.....	17
Ilustración 4: Compresor de Pistón.....	18
Ilustración 5:Compresor de Tornillo	19
Ilustración 6:Condesador de un sistema de refrigeración	19
Ilustración 7:Válvula de expansión.....	21
Ilustración 8: Válvula de expansión termostática	22
Ilustración 9: Ciclo de refrigeración por compresión	23
Ilustración 10:Refrigeración por absorción	24
Ilustración 11: Automatización industrial 4.0	24
Ilustración 12: PLC	26
Ilustración 13:Encendido y apagado del compresor, condensador, evaporador y enfriador.....	30
Ilustración 14:Señales analógicas AI1, AI2, AI3 y AI4.....	31
Ilustración 15:Las entradas I1 hasta la I8 se las tomaron para ocasionar alguna falla en el sistema de refrigeración	32
Ilustración 16 Etapa 1: Sistema de refrigeración Industrial	33
Ilustración 17 Etapa 2: Visualización y Operación Automática del Sistema de Refrigeración	34
Ilustración 18 Etapa 3: Operación modo manual del sistema de refrigeración	35
Ilustración 19 Etapa 4: Configuración de los parámetros del sistema de refrigeración.....	36
Ilustración 20 Etapa 5: Registro de Alarmas	37

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Antecedentes.

En la actualidad, la eficiencia energética y la optimización de procesos constituyen variables críticas en el diseño y ejecución de cualquier proyecto de refrigeración industrial.

El presente estudio aborda el “Diseño de control para sistema de refrigeración industrial utilizando PLCs Logo y pantallas HMI”, el cual se enmarca en criterio técnicos y de operación ideales para que el sistema entregue la máxima eficiencia posible, ya que permite al operador supervisar en tiempo real las diferentes variables relevantes como son temperatura y presión, diagnosticar y corregir fallas operáticas, disminuyendo la intervención Manual y mejorando la eficiencia y confiabilidad de los procesos industriales.(Antonio et al., 2023)

Las industrias buscan mejorar la eficiencia, aumentar la autonomía y garantizar la confiabilidad de sus procesos y equipos mediante la implementación de sistemas automáticos, como los PLC (Controladores Lógicos Programables), pantallas HMI (Interfaz hombre-Maquina) y diferentes redes de comunicación. La automatización es esencial para que las empresas mantengan su competitividad en el mercado y logren optimizar sus costos operativos.(Condor Chuqui, 2020).

Los equipos de refrigeración adquiridos por las industrias en años anteriores están equipados con sistema de control mecánicos, los cuales presentan diversas desventajas. Entre ellas, su alta propensión a fallos y la necesidad constante de la presencia física del operados para identificar errores en el proceso y ajustar manualmente los parámetros de control(Condor Chuqui, 2020)

Al incorporar un sistema de control automático, el PLCs actúa como un regulador dentro del ciclo de refrigeración. Este equipo identifica de forma automática cuando la temperatura

sobrepasa los límites definidos con anterioridad y procede a encender o apagar el sistema de refrigeración según sea necesario(Moya Torre, 2022)

1.2.Justificación.

Hoy en día, los sistemas de refrigeración industrial cumplen con la función clave en diversos sectores productivos, incluyendo las industrias alimentarias, farmacéutica, química y almacenamiento de frío. La eficiencia, confiabilidad y control de preciso de estos sistemas son factores críticos para garantizar la calidad del producto, la continuidad operativa y la optimización energética.

Por lo tanto, tradicionalmente el control de estos sistemas se ha llevado a cabo a través del mecanismo analógico o semiautomático, lo cual limita el control en tiempo real. En este caso, el uso de las PLC y las pantallas HMI constituye un enfoque contemporáneo y eficiente para el control.

El uso de PLCs representa un alternativa accesible y eficiente para la implementación de automatización en sistemas pequeños, mediana y gran escala, sin sacrificar la confiabilidad ni capacidad de los sistemas de refrigeración. Además, al incorporar pantallas HMI permite una interacción directa como la supervisión por parte del personal técnico (Encargado).

En el contexto ecuatoriano, la necesidad de optimizar procesos industriales, comerciales y residenciales relacionados con la refrigeración se ha vuelto cada vez mas importante, especialmente debido al crecimiento de sectores como la agroindustria, la conservación de alimentos, la cadena de frío y la climatización. Esto sectores requieren sistemas de refrigeración eficientes, confiables y de fácil supervisión para garantizar la calidad de los productos y la seguridad de los procesos.

Este proyecto de Investigación se fundamenta en su capacidad para ofrecer una solución de control inteligente, flexible y económicamente accesible para las industrias que tienen sistemas

de refrigeración industrial, fomentando así la implementación de tecnologías de automatización en entornos donde tradicionalmente no se implementan.

1.3.Propuesta

El proyecto consiste en el diseño e implementación de un sistema automático de control y monitoreo de procesos industriales mediante el uso de PLCs (Controlador lógico Programable), y pantalla HMI (Interfaz Hombre-Maquina) y redes de comunicación industrial, la finalidad es lograr supervisar en tiempo real y tomar decisiones rápidas y precisas, lo que permitirá a las empresas mejorar su productividad, reducir fallos de operación y anticiparse a situaciones críticas.

En el Ecuador, sectores con la agroindustria, la pesca y la industria alimentaria dependen en gran medida del sistema de refrigeración para preservar sus productos. Sin embargo, muchos de estos sistemas funcionan aun de manera manual, presentando deficiencias en control, consumo energético y conservación adecuado de productos perecibles.

La presente propuesta tiene como finalidad automatizar mediante un controlador lógico programable (PLC), y una interfaz hombre-maquina (HMI), con el objetivo de lograr un control mas preciso de la temperatura, monitoreo en tiempo real y mayor eficiencia energética. Este proyecto se enfoca en ofrecer una solución tecnológica de bajo costo, fácil implementación y adaptable a diversas condiciones locales, especialmente para pequeñas y medianas empresas.

1.4.Objetivo Generales

- Diseñar un sistema de refrigeración automático controlado y monitoreado en tiempo real. utilizando PLCs.

1.4.1. Objetivos Específicos

- Realizar un sistema de refrigeración en el Tia Portal donde se pueda ver varias variables como Temperatura, Alarmas y fallas
- Configurar la interfaz HMI para el monitoreo de los parámetros del sistema de refrigeración como las presiones de trabajo y la temperatura tanto en el sistema como dentro de la cámara
- Desarrollar una simulación en el laboratorio de automatización para verificar el funcionamiento del sistema de refrigeración entre el PLCs y la interfaz HMI.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2. Marco Teórico

2.1.Sistema de Refrigeración

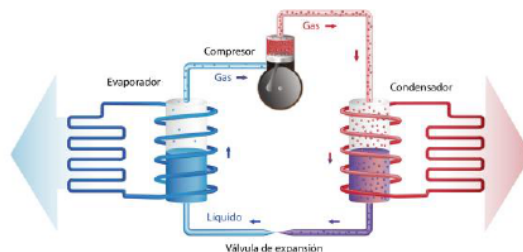
(Togra & Roman, 2023) define que un sistema de refrigeración como “una conjugación de elementos y equipos conectados en un orden secuencial para para producir el efecto de refrigeración”.

Un sistema de refrigeración permite mantener temperaturas conforme lo vaya requiriendo el usuario tales como, conservación de alimentos, confort ambiental y avances tecnológicos. Para el control de temperatura en equipos en la ilustración 1 se muestra el funcionamiento del ciclo de refrigeración industrial.

Un sistema de refrigeración permite conservar temperaturas conforme lo requieran los usuarios como: conservación de alimentos, confort ambiental y avances tecnológicos para control de temperatura en equipos en la ilustración 1 se muestra el ciclo de refrigeración industrial (Guachi Darwin, 2022).

Durante la refrigeración, se transfiere calor desde un nivel de baja temperatura en el disipador de calor a través de un refrigerante de baja ebullición. Los sistemas de refrigeración de mayor uso son los de compresión a vapor (Togra & Roman, 2023)

Ilustración 1:Ciclo de refrigeración

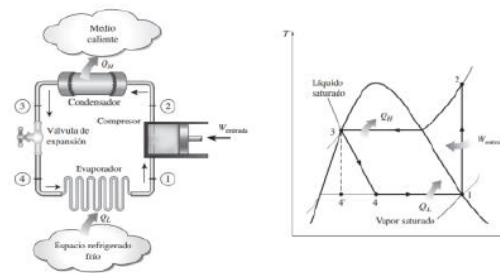


Nota: Obtenido de FreeO Industry 2021

2.2.Ciclo ideal por compresión a vapor

Un ciclo por compresión de vapor hace referencia al ciclo invertido de Carnot ya teniendo en cuenta sus consideraciones: en la etapa de compresión, expansión del refrigerante y la temperatura de condensación. Se suprime el evaporador, el refrigerante completamente antes de que se comprima y se sustituye la turbina por un dispositivo de estrangulamiento, las que pueden ser válvula de expansión o tubo capilar (Aramburu Andres, 2021).

Ilustración 2: Ciclo de compresión ideal



Nota: Tomado de (Aramburu Andres, 2021). Refrigeración por compresión ideal 2021.

1-2: Compresión isentrópica. Ingresa el vapor saturado y sale vapor sobrecalentado

2-3: Rechazo de calor a presión constante en el condensador.

3-4: Obstrucción en un dispositivo de expansión.

4-1: Fijación de calor a presión constante en un evaporador (Aramburu Andres, 2021).

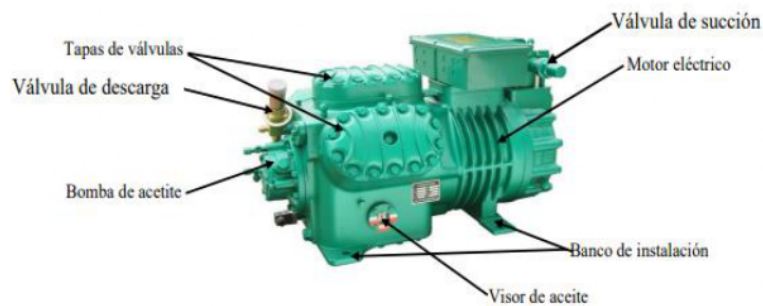
2.3.Componentes de un sistema de refrigeración

Los componentes que conectados entre sí hacen un sistema de refrigeración por compresión de vapor funcional son: evaporador, compresor, válvula de expansión y condensador, sin embargo, en temas de refrigeración industrial (equipos grandes, no domestico), aparecen mas componentes como sistema de control, instrumento de medición (manómetros), tanques recibidores, tanques separadores de líquido, etc (Aramburu Andres, 2021).

2.3.1. Compresor

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores, el intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujos, aumenta su presión y energía cinética impulsándolo a fluir, estos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y generalmente, también de temperatura (Beatriz Barcia-Medrandá & Eugenia Llosas-Albuérne, 2022).

Ilustración 3: Parte físicas de un motor compresor



Nota: Partes del compresor con motor de inducción para un sistema de refrigeración industrial 2022.

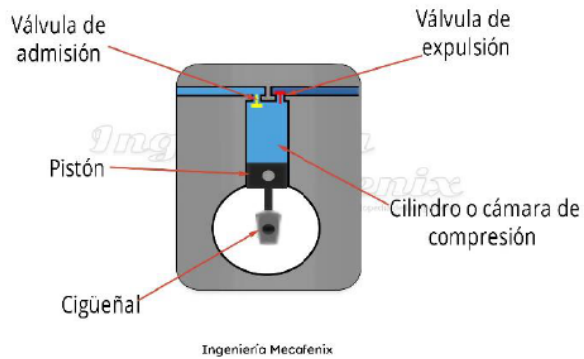
2.3.2. Tipos de Compresores

2.3.2.1. Compresor de Pistón

El compresor de Pistón es una máquina en la que una cierta cantidad de aire que ocupa un espacio determinado, se reduce mecánicamente y se almacena dentro de un depósito dando lugar a un aumento de la presión interna (Chicago Pneumatic, 2022).

La energía eléctrica suministrada al motor eléctrico se transforma en energía mecánica y se transmite al grupo compresor a través de las correas. Esta energía impulsa las bielas que mueven los pistones comprimiendo el aire contenido en los cilindros. El aire comprimido se dirige entonces a través de la bobina y se almacena en el receptor de aire (Chicago Pneumatic, 2022).

Ilustración 4: Compresor de Pistón



Nota: Obtenido de Ingeniería megafenix 2022

2.3.2.2. Compresor de Tornillo

El compresor de Tornillo es una poderosa herramienta utilizada para generar aire comprimido en una amplia gama de aplicaciones industriales. El funcionamiento del compresor esta controlado por una unidad de control electrónica que utiliza un transductor de presión para medir la presión, cuando esta presión alcanza el valor máximo (presión de vacío), la maquina se detiene, y cuando la presión vuelve a bajar al valor mínimo de calibración (presión de carga), la maquina se enciende nuevamente (Jonathan Aguilar, 2022).

La detención de la maquina tiene un retardo, lo que significa que no ocurre inmediatamente al alcanzar la presión máxima, sino que hay un intervalo de tiempo definido durante el cual no se extrae aire (Jonathan Aguilar, 2022).

Ilustración 5: Compresor de Tornillo



Nota: Obtenido Forza Iazer 2022

2.3.3. Condensador

Es el elemento se encarga de transferir el calor hacia el exterior de la temperatura absorbida en las etapas de evaporación y compresión, al momento de ejecutar este proceso el vapor refrigerante se condensa (Regalado Jorge, 2023).

En el condensador, la operación es justamente contraria a la del evaporador. El vapor de refrigerante entra al condensador después de ser comprimido por el compresor a una alta presión y elevada temperatura, permitiendo el intercambio de calor con el aire, agua de procesos o cualquier fluido (Beatriz Barcia-Medranda & Eugenia Llosas-Albuerne, 2022).

Ilustración 6: Condesador de un sistema de refrigeración



Nota: Obtenido de Engineering 2024

2.3.4. Evaporador

Este elemento tiene como funcionalidad absorber la energía del cuarto frío y conducirla al refrigerante, la absorción de energía promueve que el refrigerante se evapore dentro del sistema. Este proceso genera que la temperatura del cuarto o habitación disminuya gradualmente mientras el refrigerante se está evaporando (Beatriz Barcia-Medranda & Eugenia Llosas-Albuerne, 2022).

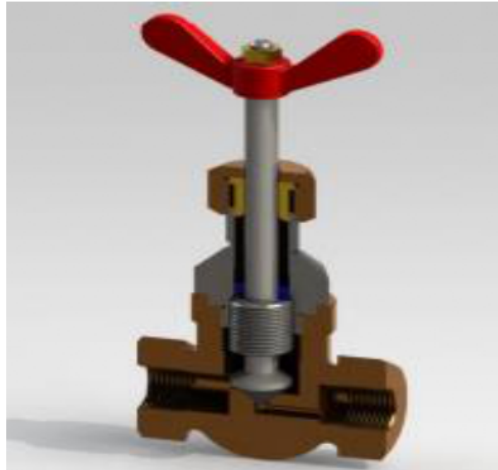
2.3.5. Válvulas de expansión

Las válvulas son los elementos de control manual o automático de líquido de un sistema de tuberías, se construyen para soportar un rango específico de temperatura, presión, corrosión y tensión mecánica. El diseñador elige y determina la válvula adecuada para la aplicación para dar el mejor servicio frente las necesidades económicas (Aramburu Andrés 2021).

Las válvulas tienen algunas de las siguientes funciones:

- Iniciar, detener y dirigir el fluido.
- Regular, controlar o reducir el caudal.
- Prevenir el fluido.
- Regular la presión.

Ilustración 7: Válvula de expansión

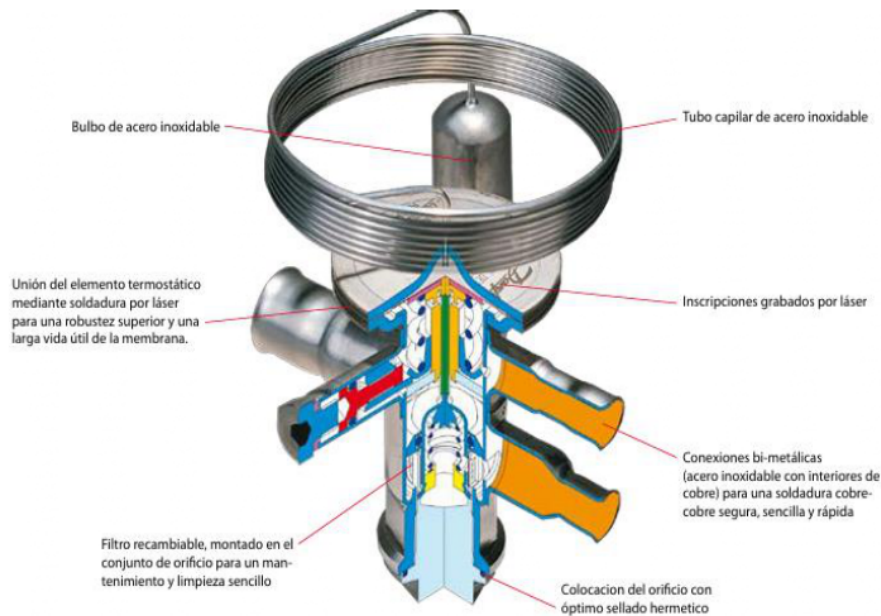


Nota: ESTUDIO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN 2023

2.3.6. Válvula de expansión termostática

La función de una válvula de expansión termostática se determina por tres presiones fundamentales; la presión del bulbo, la presión de evaporación y la presión del muelle. Cuando la válvula de expansión regula, se crea un equilibrio entre la presión de bulbo en un lado del diafragma y la presión de evaporación junto con la fuerza del muelle en el otro lado, El muelle se utiliza para ajustar el recalentamiento en la Ilustración 8 se muestra las características de la válvula de expansión termostática (Danfoss RA, 2023).

Ilustración 8: Válvula de expansión termostática



Nota: Obtenida del Manual de Usuario de Danfoss RA 2023

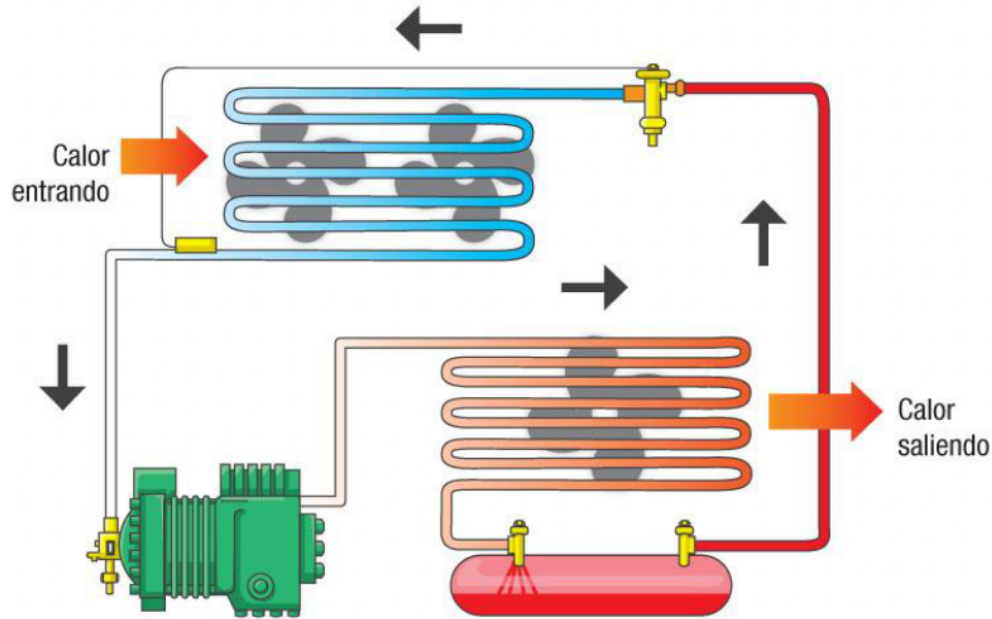
2.4. Tipos de sistema de refrigeración

2.4.1. Refrigeración por compresión

La refrigeración por compresión es muy utilizada en la actualidad en las refrigeradoras de uso doméstico. Este principio de funcionamiento de refrigeración es en forma simple puede dividirse en cuatro procesos que son evaporación, compresión, condensación y expansión (Bonilla et al., 2018).

El funcionamiento se basa en comprimir un gas hasta licuarlo, eliminando el calor que se produce al ambiente por medio de un radiador, luego de esto, el líquido obtenido se evapora en una cámara técnicamente asilada del ambiente, con lo que se obtiene el frío de dicha cámara (Bonilla et al., 2018).

Ilustración 9: Ciclo de refrigeración por compresión



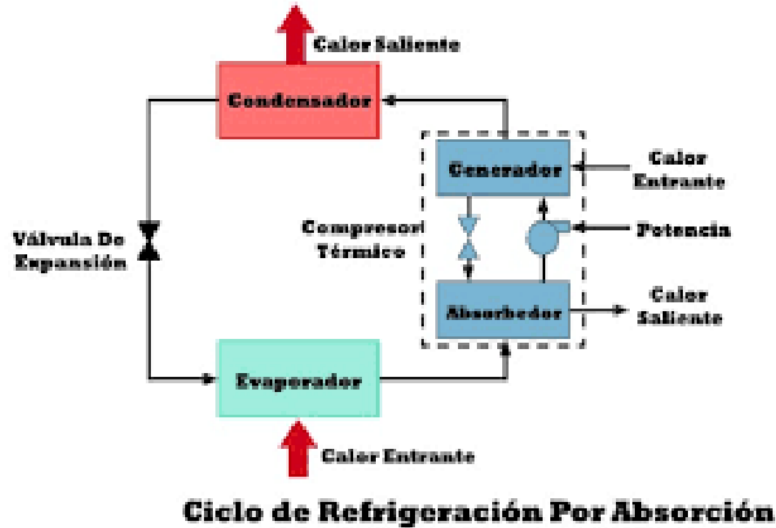
Nota: Obtenido de ciclos refrigerantes 2022

2.4.2. Refrigeración por absorción

La refrigeración por absorción es un sistema, implica la absorción de una sustancia refrigerante por medio de un transporte donde el sistema de refrigeración más utilizado es el sistema amoníaco-agua (Bonilla et al., 2018).

Tiene similitud de los ciclos de refrigeración por compresión mecánica de vapor, en el evaporador se produce un efecto frigorífico mediante la evaporación del refrigerante, agua en este caso, a baja temperatura (TE), y baja presión (PO) gracias al calor trasferido desde el medio a enfriar (Bonilla et al., 2018).

Ilustración 10: Refrigeración por absorción



Nota: Obtenido página web frío climas 2022

2.5. Automatización industrial 4.0

La industria 4.0 es la cuarta revolución industrial que logra la interconexión de los sistemas productivos industriales con la sociedad digital para satisfacer las demandas de consumo de las personas, a un nivel acelerado de extracción y procesamiento de las materias primas de la tierra, utilizando tecnologías como big data, comunicación de la nube, robótica avanzada, inteligencia artificial, blockchain, internet de las cosas entre otras (Barona López & Velasteguí, 2021).

Ilustración 11: Automatización industrial 4.0



Nota: Obtenido Multiprocesos 2023

2.6. Automatización industrial mediante industria 4.0

Toda empresa industrial busca la eficiencia económica y productiva para ser sostenible en el mundo actual, lo que ha originado que los procesos de manufactura evolucionen a la denominada cuarta revolución industrial, llamada Industria 4.0. Esta Industria 4.0 requiere la conexión de la instrumentación industrial con las áreas de la empresa median niveles jerárquicos que permiten su automatización (Barona López & Velasteguí, 2021).

2.7. Red de Comunicación Ethernet

Los sistemas de control modernos instauran el manejo de todos los datos de la industria a través de sistemas computarizado que entreguen valores reales de como avanzan los procesos industriales. Todas estas innovaciones señaladas trajeron como resultado de controladores híbridos, estos elementos permiten manejar señales digitales y analógicas las cuales permiten a través de sistemas de visualización el monitoreo de todas estas señales. Teniendo una interface humano máquina, tener servidores los cuales almacenan datos para su posterior monitoreo (González-Quíñonez et al., 2022).

Se las conoce como redes de comunicación industrial a las redes encargadas de la medición y control de los diferentes procesos industriales en estos sistemas, todas las redes están interconectadas entre sí para establecer un solo sistema de información en una sola plataforma (González-Quíñonez et al., 2022).

2.8. PLC

Un PLC Siemens es una computadora industrial que supervisa, controla y automatiza maquinaria o procesos productivos establecidos. Su arquitectura modular permite integrar entradas y salidas digitales, comunicación con sensores, actuadores y sistemas escada o HMI (GSI Industrias, 2021).

Tener en cuenta la compatibilidad con el software TIA portal, los plc siemens facilitan la programación, diagnóstico y mantenimiento de planta industriales de manera segura y eficiente (Gsl Industrias, 2021).

El ciclo de funcionamiento del PLC siemens se basa en cuatro etapas:

- **Lectura de entradas:** Adquiere señales de sensores y dispositivos de campo.
- **Ejecución del programa:** Procesa la lógica programada por el usuario en TIA Portal.
- **Actualización de salida:** Envía señales a actuadores, válvulas, motores o contactores.
- **Comunicación:** Intercambia datos con sistemas SCADA, HMI o redes industriales (PROFINET, PROFIBUS, Modbus TCP/IP).

Ilustración 12: PLC



Nota: Obtenido de Automaq 2022

2.9.HMI

El interfaz humano maquina (HMI) ejecutados en una computadora personal, en la actualidad se utilizan para representar de igual forma los procesos, permitiendo a los operadores de la red una comunicación de los equipos físicos que existen dentro de la planta con los equipos virtuales de la interfaz HMI (Jose Quezada, 2012).

De igual manera los HMI permiten visualizar eventos para realizar un correcto control y protección de los equipos de los sistemas que existen con fallas en esos momentos, permite leer toda información que existen dentro de las variables de los PLC (mediante el acceso a las memorias donde se encuentra el estado de las viables del proceso) (Jose Quezada, 2012).

2.9.1. Entre las funciones básicas de las HMI destacan

- Visualizar los datos
- Seguimiento de tiempo de producción
- Supervisar los KPI
- Supervisar las entradas y salidas de las maquinas.

2.10. LOGO-PLC

Logo se puede utilizar para realizar tareas de automatización simples como complejas en cualesquiera aplicaciones independientes como podría ser control de bombas y dispone de bloques de funciones listos para utilizarla en diversas aplicaciones de uso profesional como pueden ser un invernaderos, sistemas de refrigeración, un autolavado de coches y un sinnúmero de usos inacabables(Siemens, 2022).

Además, se puede utilizar con mucha frecuencia para controlar los hogares, empresas y edificios (Siemens, 2022).

En cuanto a las industria el uso más común son:

- Medidor de Energía
- Control de Bombas
- Control de Temperatura
- Arranques de estrella y triangulo

- Alternancia de compresores

2.11. TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal)

Es conocida como una herramienta de trabajo que une diferentes softwares de SIEMENS que son reconocidos en la industria de automatización: el SIMATIC STEP 7, el WinCC y componentes y módulos para soluciones de automatización basadas en PC con SIMATIC. (Álvarez Salazar & Mejía Arango, 2017)

Con TIA Portal, tanto el control como la visualización se configuración en un único sistema de ingeniería, cuyos datos se almacenan en los proyectos, todos los datos que se almacenan en un archivo de proyecto, para todas las tareas se utiliza una interfaz de usuario común, a través la cual se puede acceder en cualquier momento a todas las funciones de programación y visualización (Siemens, 2009).

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROYECTO, MATERIALES Y METODOS

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

Este estudio es de tipo descriptivo y proyectivo, se considera descriptivo porque permite el análisis, características, funcionamientos técnicos del sistema de refrigeración industrial.

Se utilizo herramientas de programación y simulación de Siemens en el Software Tia Portal y Logo V8.4, para utilizar un modelo del ciclo de refrigeración diseñado por los autores (Jhon Aveiga y Steven Cedeño).

Se hace referencia que este estudio es proyectiva, debido a que, a este tipo de análisis técnico y teórico, se diseño un sistema de control automático para un sistema de refrigeración industrial.

El mismo tiene un enfoque cuantitativo, por que se muestra datos medibles como temperaturas, alarmas y tiempo de operación (Tiempo real).

3.2. Tipo de Estudio

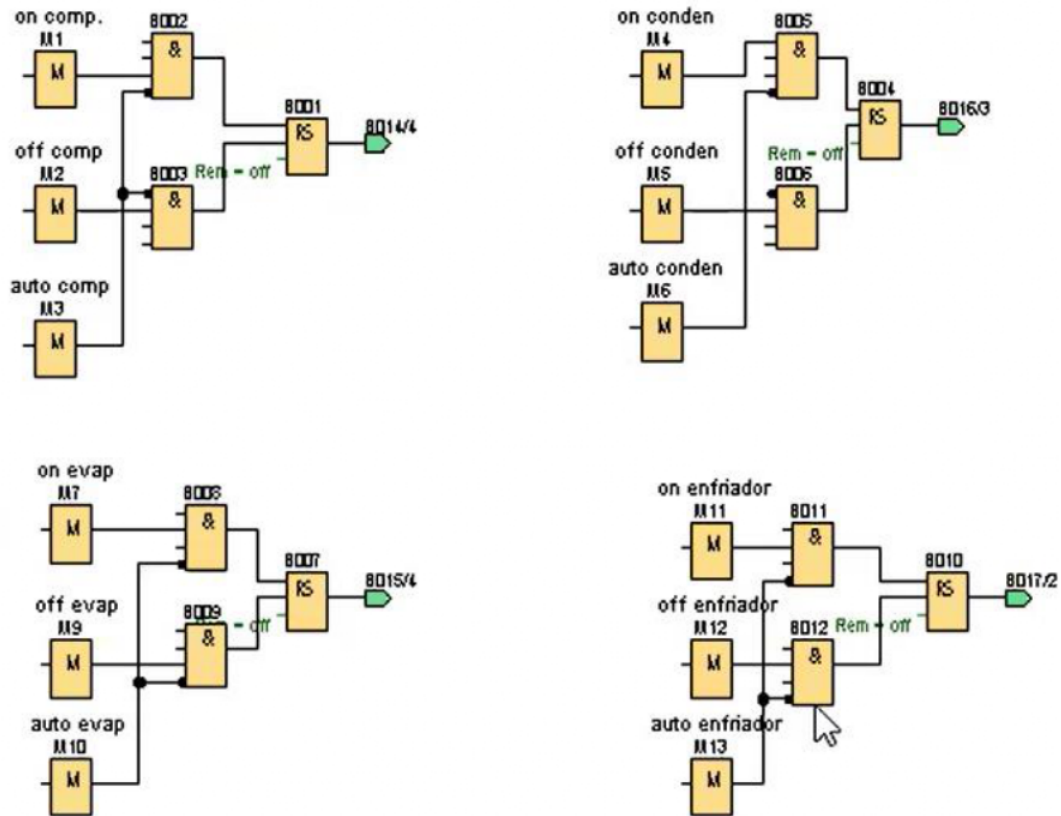
Esta investigación es proyectiva, ya que hace referencia y se orientado a un enfoque técnico en el diseño de un sistema de control automático en un sistema de refrigeración industrial.

El estudio tiene como finalidad simularlo en software (Tia portal, Logo V8.4) e implementar los simulado en los tableros de Automatización en la facultad de Ingeniería Industria y Arquitectura de la Carrera de Electricidad.

3.3. Programación en PLC

En la programación en el PLC se muestra la lógica de control que se realizó en el software para el diseño del sistema de refrigeración, donde se va a poder observar mediante una pantalla HMI los parámetros como la temperatura, presión de succión, presión de descarga y temperatura de aceite. Esta simulación trabaja de forma automático y manual, incorporando señales de sensores que mide el nivel de la temperatura y controladores de manera manual, así como elementos que deben operar de manera segura y enclavamiento que funcionen de manera seguro y eficiente.

Ilustración 13: Encendido y apagado del compresor, condensador, evaporador y enfriador

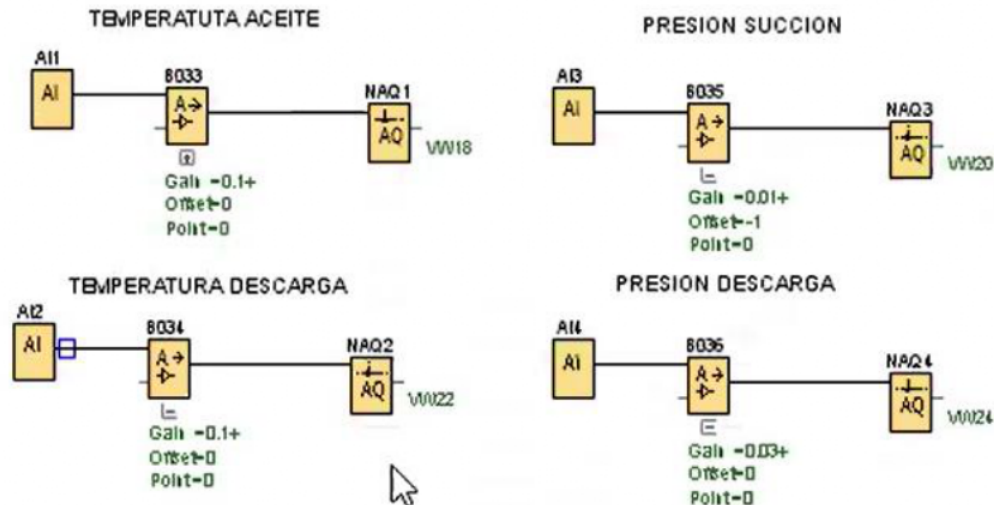


Nota: Elaborado por Autores

Este programa fue realizado con marcas ya que estas tienen memorias y se hace más fácil la manipulación del programa. Cada marca tiene un elemento para hacer funcionar el sistema de

refrigeración los cuales son el compresor, el condensador, el evaporador y el enfriador. Estos bloques que se ven en la (poner fig) son las marchas y paros de cada elemento correspondiente.

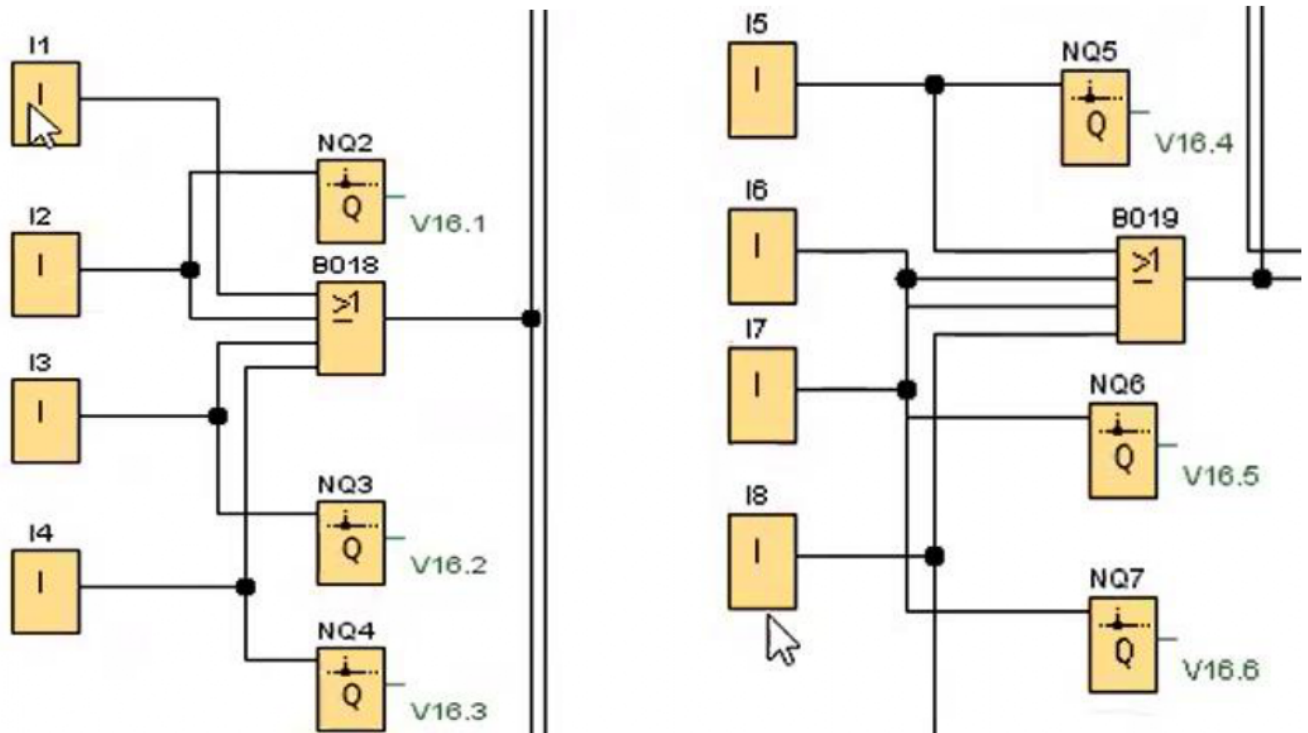
Ilustración 14: Señales analógicas AI1, AI2, AI3 y AI4



Nota: Elaborado por autores

Los bloques AI1, AI2, AI3 Y AI4 son señales analógicas que permite usar logo soft comfort, estas señales analógicas son ondas continuas que representan magnitudes físicas como la temperatura y la presión. Los bloques B033, B034, B035 Y B036 son bloques amplificadores analógicos.

Ilustración 15: Las entradas I1 hasta la I8 se las tomaron para ocasionar alguna falla en el sistema de refrigeración



Nota: Elaborada por Autores

Las entradas I1 hasta la I8 se las tomaron para ocasionar alguna falla en el sistema de refrigeracion y los bloques salidas de red NQ2 Al NQ7 van a emitir un bit el cual va a mostrar un mensaje en el historial de eventos donde especifique que alarma se ha activado.

CAPÍTULO IV

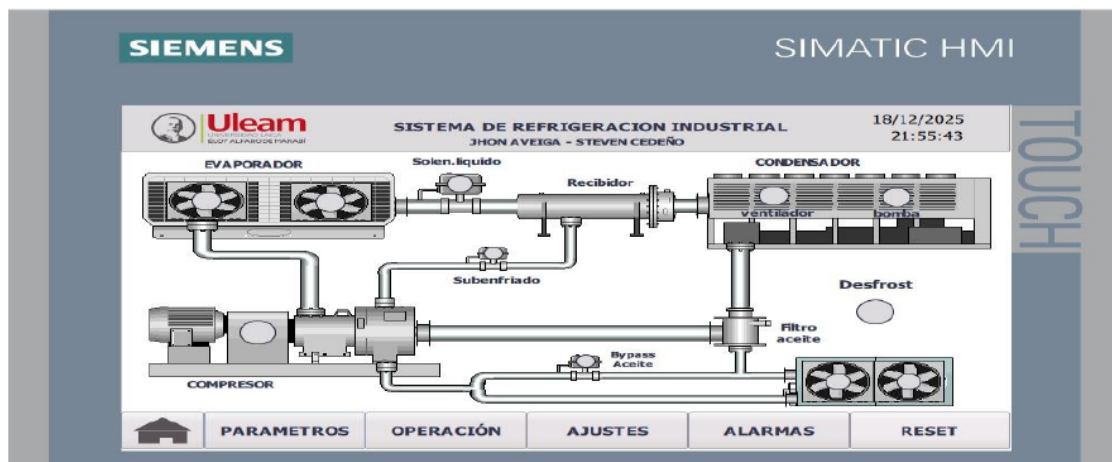
4. Presentación, procesamiento y análisis de los resultados

Los resultados de la presente investigación mediante la programación y simulación funcional del sistema de refrigeración, utilizando LOGO Soft Comfort para el desarrollo del software, y TIA Portal para la interfaz gráfica en la HMI Siemens KTP700 Basic.

En esta simulación se muestra todos los elementos principales del sistema real: evaporador, compresor, condensador, enfriador y las válvulas de sub enfriamiento, filtro de aceite, botones para operar de modo manual o automático, indicadores de encendido y apagado. Todos estos elementos del sistema de refrigeración están conectado a las entradas y salidas virtuales del PLC LOGO, lo que permitió reproducir sus estados y modos de operación.

La HMI nos muestra todos los elementos del sistema de refrigeración. En sus pantallas se muestran diferentes valores como es la presión, temperatura y además se puede visualizar las fallas en alarmas. Para verificar el diseño realizado, se hicieron pruebas lógicas en la simulación, verificando que la simulación del programas respondieran de manera eficiente a las variaciones de los sensores de nivel y que las acciones realizadas por el PLC se reflejaran en la interfaz.

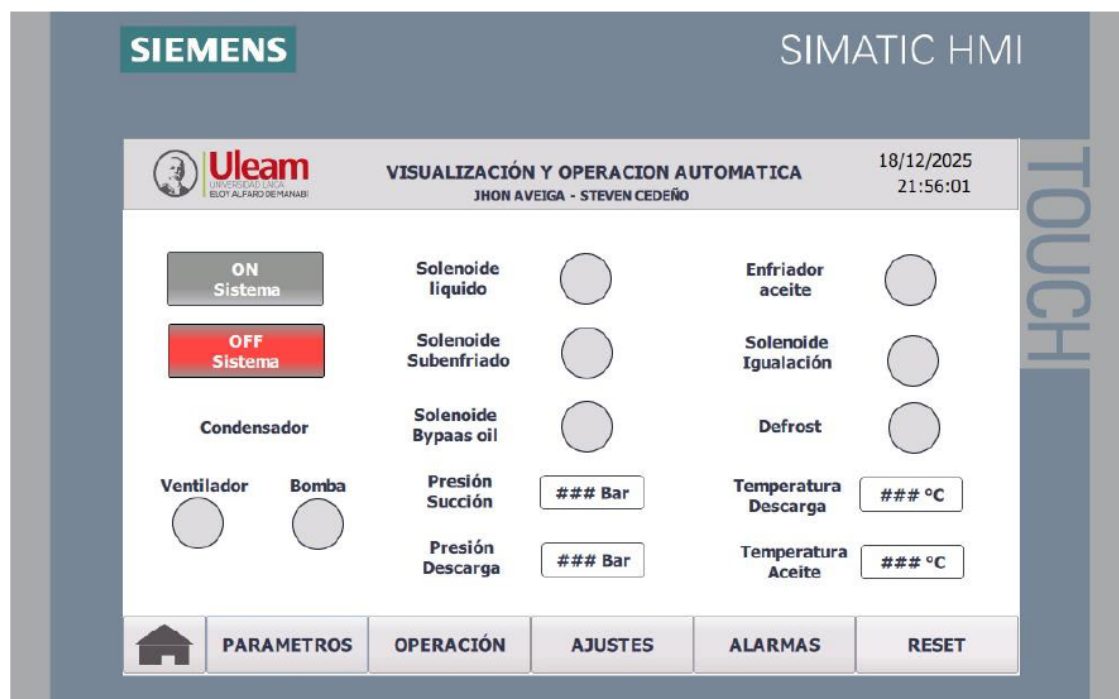
Ilustración 16 Etapa 1: Sistema de refrigeración Industrial



Nota: Elaborado por autores

En esta etapa esta realizado el sistema de refrigeración con cada componente y las válvulas que las conforman. El compresor es el que va a aumentar la presión y temperatura del vapor refrigerante. El condensador va a liberar calor al ambiente, enfriando el refrigerante hasta que se condensa en líquido. Las válvulas que reducen las presiones o temperaturas del líquido refrigerante. El evaporador que adsorbe el calor del medio a enfriar, haciendo que el refrigerante se evapore y por último el enfriador de aceite del compresor.

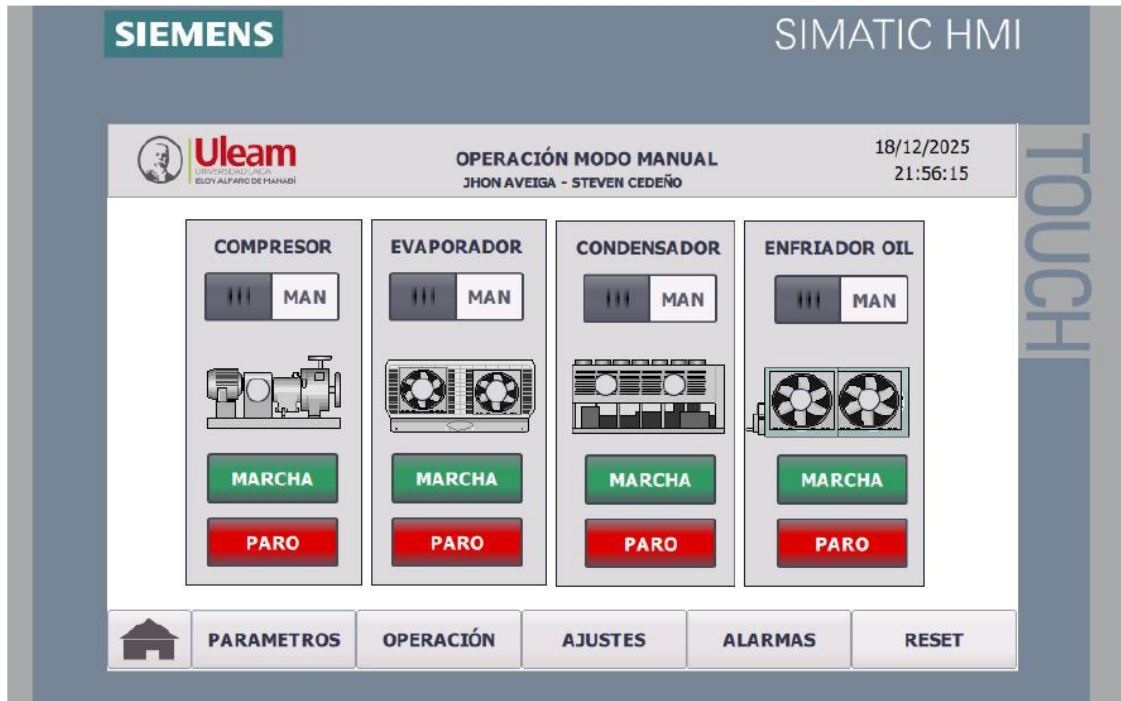
Ilustración 17 Etapa 2: Visualización y Operación Automática del Sistema de Refrigeración



Nota: Elaborado por autores

En la siguiente ilustración se muestran los botones donde va a iniciar el sistema de modo automático, una vez activado el sistema se va a mostrar el estado de las señales de solenoide, enfriador, defrost , las presiones y temperaturas en el que el sistema de refrigeración va a trabajar. Los estados se van a mostrar siempre y cuando se esté usando ese proceso.

Ilustración 18 Etapa 3: Operación modo manual del sistema de refrigeración



Nota: Elaborado por Autores

En la ilustración 18 se muestra el panel de operación manual con el selector de modo (manual/automático) y botones de marcha y paro para cada uno de los elementos del sistema de refrigeración. El operador puede escoger si trabajar de manera manual (MAN) y activar los cada uno de los elementos usando los pulsadores “Marcha” o “Paro”, esto es útil para un futuro realizar mantenimiento o cuando se requiera operar el sistema sin lógica automática. Esta pantalla es vinculada directamente con el PLC a través de sus entradas digitales virtuales.

Ilustración 19 Etapa 4: Configuración de los parámetros del sistema de refrigeración

SIEMENS SIMATIC HMI

Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
BLOY ALVARO DE MONTEBLO

CONFIGURACIÓN DE PARAMETROS
JHON AVEIGA - STEVEN CEDEÑO

18/12/2025
21:56:31

Retardo on evaporador	##### ms	Retardo off evaporador	##### ms
Retardo on condensador	##### ms	Retardo off condensador	##### ms
Retardo on compresor	##### ms	Retardo off compresor	##### ms
Retardo on enfriador oil	##### ms	Retardo off ventilador oil	##### ms

PARAMETROS OPERACIÓN AJUSTES ALARMAS RESET

Nota: Elaborado por Autores

Esta ilustración es de los tiempos de retardo de cada elemento tanto de encendido y de apagado, esto se hace para proteger a los equipos del sistema.

El retardo del evaporador nos permite que el serpentín se enfríe lo suficiente (baje de cierta temperatura) para que no se sople aire caliente sobre el producto y para que el refrigerante se estabilice, evitando el retorno de refrigerante líquido al compresor.

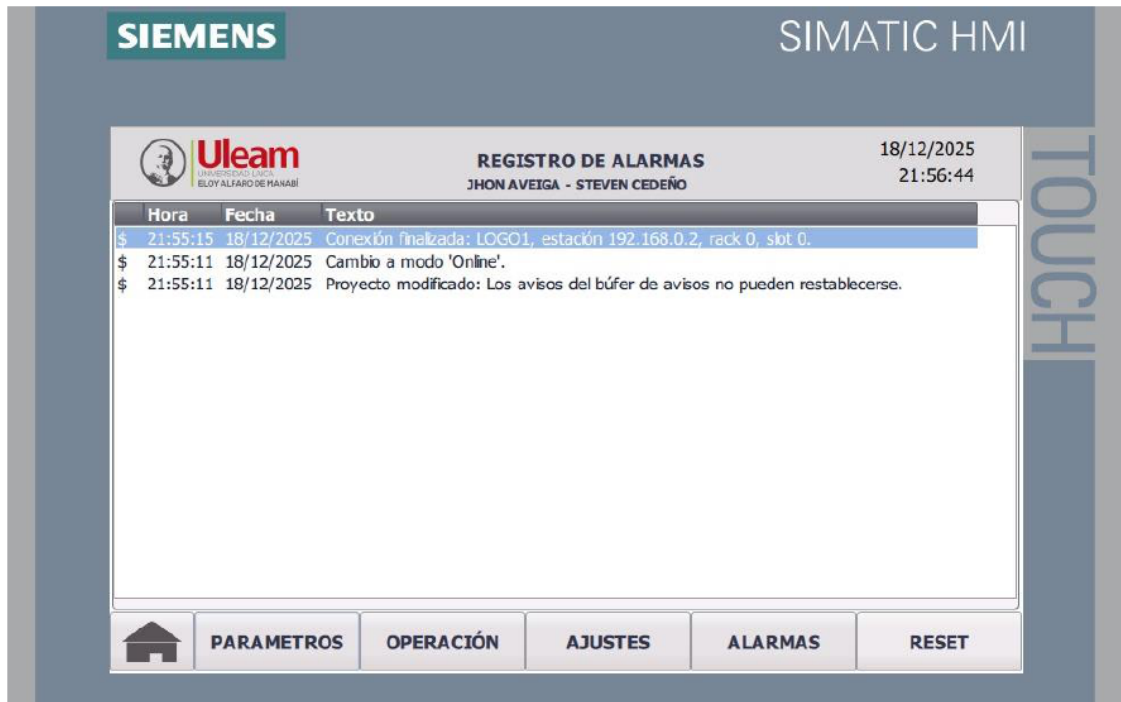
El retardo del condensador nos permite que todas las presiones se equilibren y el motor se enfríe antes de realizar un nuevo arranque, protegiéndolo de daños eléctricos y mecánicos.

El retardo del compresor lo protege de cualquier arranque frecuente, nos permite que la presión del refrigerante se equilibre y evitando sobrecargas eléctricas y mecánicas, lo cual alarga su vida útil.

El retardo en un enfriador industrial sirve para proteger el compresor y el sistema de refrigeración de arranques y paradas bruscas, permitiendo la estabilización de presiones y gases

tras un corte eléctrico o ciclo de apagado, evitando daños costosos, sobrecalentamientos y mejorando la eficiencia energética al alargar la vida útil del equipo.

Ilustración 20 Etapa 5: Registro de Alarmas



Nota: Elaborado por Autores

Esta pantalla nos indica el registro de cada uno de los eventos y alarmas que van ocurrir dentro del sistema, en tiempo real. Permite observar la hora, fecha exacta y características de cada evento importante, como la conexión del PLC, cambio de modo manual o automática, o modificaciones que se van a realizar a lo largo del tiempo. Su propósito guardar en la memoria del PLC un historial todos los eventos que han ocurrido en el sistema, facilitando el diagnóstico de fallas (avería del compresor, alarmas) o seguimientos.

4.1. Discusión de los resultados

Uno de los resultados que se puede ver a simple vista es que se reduce la intervención manual en el proceso. Las tareas de supervisión y ajuste dependían del operador lo que aumentaba el potencial de error humano y tiempos de respuesta lentos a cambios de temperatura o presión. Con el sistema automatizado, la regulación del compresor y la activación de los componentes se realizaron automáticamente en función de los valores configurados, lo que se puede notar una mejora significativa en la confiabilidad operativa y la estabilidad térmica de la cámara frigorífica.

El uso de la interfaz HMI tuvo un efecto positivo en el monitoreo del sistema, permitiendo la visualización en tiempo real de variables como temperatura, presión y estado del actuador. Esto facilitó la detección de condiciones inusuales y así una respuesta más rápida por parte del personal técnico. Además, la interfaz resultó intuitiva para el usuario final, lo que confirma que la solución es accesible incluso para operadores sin experiencia en programación de PLC.

Otro aspecto importante fue la integración entre el PLC y el HMI a través de una red de comunicación, lo que demostró la interoperabilidad de los dispositivos y su potencial para extenderse a sistemas más complejos. La estabilidad de la comunicación evitó la pérdida de datos y permitió la actualización continua de la visualización del proceso. Esto refuerza la idea de que la automatización basada en tecnologías de la Industria 4.0 es un medio eficaz para optimizar los procedimientos industriales tradicionales.

Finalmente, el sistema resultó ser una solución que se puede adaptar a diferentes escalas y condiciones, lo cual es especialmente importante en el contexto de la industria y agroalimentario del Ecuador donde existen empresas operando con sistemas antiguos o manuales.

4.2. Conclusiones

Se puede concluir que nuestra investigación cumplió con todos los objetivos establecidos, a lograr una investigación de manera bibliográfica y lograr el diseño en los softwares como en el Tia Portal y Logo se diseño un sistema de refrigeración industrial para la industria ecuatoriana y la vez para que puede ser utilizado como ejemplo para los futuros ingenieros que se interesen por este tema.

En la interfaz grafica creada por nosotros en TIA Portal para la Hmi resulta sencilla de analizar y a la vez de usar, su funcionamiento es básico, se puede visualizar las etapas de un sistema de refrigeración industrial.

Se puede también observar en la interfaz grafica cuando ocurra una falla como lo es el cambio de temperatura o se registre un evento va a ver un apartado para poder visualizar las alarmas donde, estas alarmas van a darnos una notificación cuando ocurra algo en tiempo real y se podrá implementar en un futuro vincularlo con el teléfono para que nos llegue la notificación del registro de alarmas.

En el logo se pudo programar todas las entradas y salidas analógicas de nuestro sistema de refrigeración, se puedo vincular nuestro software con los tableros de instrumentación dando resultados exitosos.

En conclusión, los resultados demuestran que esta instigación es viable de manera operativa y de manera técnica, es una interfaz fácil de manejar, fácil de utilizar y a la vez se puede realizar profundizar mas en el tema y se puede vincular mas de dos sistemas de refrigeración industrial.

4.3. Recomendación

Se recomienda que esta investigación, sea implementada en las industrias ecuatoriana para que se realicen pruebas para validar el sistema que hemos realizados automatizado en condiciones de operación reales, así mismo poder analizar y ver el registro de alarmas en la industria pesquera.

Se recomienda también a un futuro mejorar en el software de nuestra investigación donde se pueda visualizar varios sistemas de refrigeración interconectados en un mismo servidor donde se pueda visualizar todos los elementos.

También se puede implementar otro compresor de acoplamiento, ya que cuando ocurra una falla en nuestro compresor principal registre la alarma de falla y automáticamente ingrese a trabajar nuestro compresor de acoplamiento.

Finalmente este prototipo de ciclo de refrigeracion nos permite analizar muchas variables tales cuales es el sistema electrico, un poco sistema de mecanico y de control, asi mismo se pudo vizualisar los diferente sistema de refrigeracion, se recomienda que se estudie sobre los sistema de refrigueracion y sus componentes internos como son compresores, valvulas , evaporadores y filtros.

5. Cronograma de activade: Primera fase

Actividad	M	Año 2025																											
		ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIMBRE							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Socialización taller de Anteproyecto.																													
Aprobación del tema en general y designación de tutor.																													
Determinación de tema y horarios por parte del tutor																													
Elaboración de tema tentativo y variables dependiente e independiente de Anteproyecto.																													
Elaboración de tema Anteproyecto.																													
Elaboración de matriz																													
Elaboración de Resumen y revisión por parte del tutor																													
Elaboración de Introducción																													
Elaboración de Antecedentes, Justificación, Marco teórico y revisión por parte del tutor																													
Revisión y corrección del Anteproyecto por parte del tutor																													
Entrega del anteproyecto a la comisión académica																													
Entrega del proyecto final, petición de tribunal y fecha de sustentación																													

6. Cronograma de activade: Segunda Fase

Mes Actividad	Año 2025																							
	Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Declaración de modalidad de la modalidad de titulación																								
Notificación de designación a los docentes tutores																								
Elaboración del anteproyecto																								
Revisión y coerción de anteproyecto con el tutor																								
Entrega de anteproyecto a la comisión académica																								
Revisión del par académico y correcciones																								
Aprobación de notificación del anteproyecto de titulación																								

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Salazar, J., & Mejía Arango, J. G. (2017). *TIA PORTAL. Aplicaciones de PLC*.
<https://doi.org/10.22430/9789585414112>
- Antonio, L., Bustamante, J., & Jose. (2023). *Universidad Politecnica Salesiana Ecuador universidad politecnica salesiana sede guayaquil carrera de mecatrónica*.
- Aramburu Andres. (2021). *Sistemas de recreación en industrias agroalimentaria*.
<https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/1ff15f85-d09f-492a-84fd-7c35aae9548e/content>
- Barona López, G., & Velasteguí, L. E. (2021). Industria 4.0 mediante Plc de procesos industriales. *AlfaPublicaciones*, 3(3.1), 84–101. <https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.80>
- Beatriz Barcia-Medranda, M. I., & Eugenia Llosas-Albuérne, Y. I. (2022). *Investacion sobre compresores con motores de inducción. industrial Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Investigación*. 77, 372–390. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i1>
- Bonilla, S., Castelo, J., Orozco, L., & Jácome, E. (2018). Implementacion de los sistemas de refrigeracion en industrias pesqueras y alimentarias. *marzo*.
<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/sistemas-refrigeracion.html/hdl.handle.net/sistemas-refrigeracion.zip>
- Chicago Pneumatic. (2022). *Manual de Instrucciones Compresores de Pistón*.
- Condor Chuqui, D. A. (2020). *Sistema de refrigeración en industrias utilizando plc logo y pantallas hmi*. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2089>
- Danfoss RA. (2023). *Válvulas de expansión termostáticas Tipo TUA / TUAE y TCAE*.

- González-Quiróñez, L. A., Cevallos-Mina, M. G., Gresely-Santi, F. A., Quiróñez-Guagua, E. F., & Reyes-Vera, C. H. (2024), Estudios de sistemas de refrigeración , 3(1), 1022–1029.
<https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.281>
- Gsl Industrias. (2021, June 1). *¿Qué es un PLC y cómo funciona? – Industrias GSL*.
https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona?srltid=AfmBOooCcLABbllFkU8Jh_kvSJQy36PnWNFLpglakLkYEQY9q7fc4_vo
- Guachi Darwin. (2022). *Automatización y Monitoreo del Sistema de refrigeración de los Cuartos Fríos de Fabrilacteos Cía. Ltda.*
- Jonathan Aguilar. (2022). *COMPRESOR DE TORNILLO MANUAL DE USUARIO*.
- Jose Quezada. (2012). *Diseño e implementación de un sistema de control en HMI-PLC para un pozo de agua potable*. <https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v15n1/v15n1a5.pdf>
- Moya Torre. (2022). *Control de los sistemas de refrigeración con pantalla HMI*
- Regalado Jorge. (2023). *módulo de entrenamiento técnico profesional de refrigeración industrial*. 1–12. <http://nexoscientificos.vidanueva.edu.ec/index.php/ojs/index>
- Salas Fernande. (2024). *Diseño de refrigeración industrial en la industria, observando temperaturas dentro de la cámara de frío*.
https://repositori.tecnocampus.cat/bitstream/handle/20.500.12367/3095/TFG_FernandezSalas_Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Siemens. (2009). *simatic s7-1500 - siemens mx*.
<https://www.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/simatic-s7-1500.html>
- Siemens. (2022, February 19). *Funcionamiento de logo siemen,*.

<https://www.cursosaula21.com/logo-de-siemens-que-es-y-como-funciona/>

Togra, A., & Roman, ; Carlos. (2023). *creando ingenios Módulo de entrenamiento técnico profesional de refrigeración industrial Industrial Refrigeration Professional Technical Training Module*. https://ismaconline.net/investigacion/index.php/CreaIngenio_2021/index

