



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA:

“REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

AUTORES:

Logroño Sulca Danny Paúl

Yánez Untuña Katia Arasely

TUTOR:

Ing. Arévalo Zabala Andrés German M.Sc.

LATACUNGA - ECUADOR

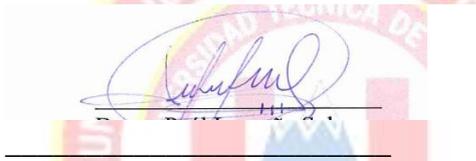
2018



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros, Danny Paúl Logroño Sulca y Katia Arasely Yánez Untuña, declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”**, siendo el Ing. M.Sc. Andrés German Arévalo Zabala Tutor del presente Trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente Trabajo Investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Danny Paúl Logroño Sulca
C.I. 050398401-5



Katia Arasely Yánez Untuña
C.I. 172672481-6

Universidad
Técnica de
Cotopaxi



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título:

“REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”, de Logroño Sulca Danny Paúl y Yánez Untuña Katia Arasely, Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio 2018

Ing. M.Sc.

Andrés German Arévalo Zabala



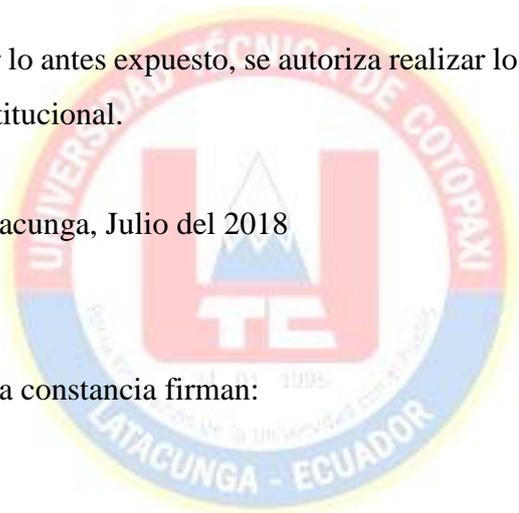
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes: Logroño Sulca Danny Paúl y Yáñez Untuña Katia Arasely, con el Título de Proyecto de Titulación: “**REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio del 2018

Para constancia firman:



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

Lector 1 (Presidente)

PhD. Enrique Torres Tamayo
CC: 175712194-0

Lector 2

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi Ms.C
CC: 050259517-6

Lector 3

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas Ms.C
CC: 050234776-8



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Latacunga, 28 de julio del 2018

Ing. Enrique Torres Tamayo Ph.D.

Director de la línea N° 3

Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera de Ingeniería Electromecánica”

Presente.-

En calidad de director de línea N°3 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS ELECTROMECAÑICOS Y USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA, confirma la realización del proyecto **“REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÑICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** implementado por los señores estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica**; Logroño Danny con CI: 0503984015 y Yánez Katia con CI: 1726724816, bajo la supervisión y coordinación de la carrera.

Aceptamos conocer y estar conformes con los términos y condiciones de las actividades que se van a realizar en la Universidad Técnica de Cotopaxi, laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica para la ejecución del proyecto de los señores estudiantes.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para el interesado pueda hacer uso para los fines que crea conveniente.

Atentamente:

Ing. Enrique Torres Tamayo Ph.D.

Director de la línea N° 3

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, debo agradecer a mis Padres, ya que ellos hicieron todo lo que estaba a su alcance para que yo pueda ser alguien en la vida, si bien es cierto hemos sufrido por muchos problemas económicos, pero nunca perdí las esperanzas de lograr mi objetivo.

Además, debo agradecer a muchas personas que ayudaron en mi proceso de estudio y graduación, por eso mi agradecimiento a mi amigo del alma Alexis Chanatásig!!!, gracias mi hermano por la ayuda y el apoyo brindado durante estos últimos años.

Y por último agradezco a mis amigos y personas cercanas por el apoyo brindado y esas palabras que me fortalecieron durante mi carrera estudiantil.

Danny Paúl Logroño Sulca

DEDICATORIA

Este esfuerzo y dedicación es para mi Padre Manuel, quien fue el que me apoyo todos los años de estudios, y por ayudarme a realizar mi tesis día y noche para poder alcanzar mi objetivo.

¡Gracias Papito bello por todo!!!

También le dedico a mi Madre Zulema, por ser el pilar fundamental en mi formación como ingeniero.

¡Gracias Mamita bella por todo!!!

Danny Paul Logroño Sulca

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Virgen Santísima, por brindarme su infinito amor, fe, fortaleza y sobre todo la salud y constancia, para lograr cada una de las metas que me he trazado en el transcurso de mi vida.

A mi familia por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome y buscando lo mejor para mí. Gracias por su amor y ayuda infinita.

Katia Arasely Yáñez Untuña

DEDICATORIA

Llena de regocijo, amor y esperanza, dedico este trabajo a mis padres Oswaldo y Elvia, porque ellos son la motivación para llegar a ser lo que me he propuesto.

Un especial agradecimiento a mi hermana Mayra, por el apoyo diario que me brinda, pues ella es el principal cimiento y espejo para la construcción de mi vida personal y profesional.

Gracias Dios por darme a la mejor familia!

Katia Arasely Yáñez Untuña

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA.....	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT	xix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. Título de la Propuesta Tecnológica	2
2.2. Tipo de Propuesta/Alcance	2
2.3. Área del Conocimiento	3
2.3.1. Programas generales de la CINE.....	3
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	4
2.5. Objeto de Estudio y Campo de Acción.....	4
2.5.1. Objeto de Estudio	4
2.5.2. Campo de Acción	4
2.6. Situación Problemática y Problema.....	5
2.6.1. Situación Problemática.....	5
2.6.2. Problema.....	5
2.7. Hipótesis o Formulación de Pregunta Científica	5
2.8. Objetivos.....	6
2.8.1. Objetivo General.....	6
2.8.2. Objetivos Específicos	6

2.9.	Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos.	6
3.	MARCO TEÓRICO	7
3.1.	Antecedentes	7
3.2.	Introducción	8
3.3.	Conceptos básicos del Aire Acondicionado	9
3.3.1.	Aire	9
3.3.2.	Humedad absoluta	9
3.3.3.	Humedad específica o relación de humedad (Wv).....	9
3.3.4.	Temperatura de Rocío (tw)	9
3.3.5.	Temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo.....	10
3.3.6.	Zona de confort.....	10
3.3.7.	Calor Latente	10
3.3.8.	Calor sensible	11
3.4.	Ciclos de Refrigeración	11
3.4.1.	Ciclo Ideal de Carnot.....	11
3.4.2.	Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor	11
3.5.	Funcionamiento de un Sistema de Aire Acondicionado.....	12
3.6.	Componentes de un Sistema de Aire Acondicionado.....	12
3.6.1.	Compresor	12
3.6.1.1.	Tipos de compresor.....	13
3.6.2.	Condensador	14
3.6.2.1.	Tipos de condensador	15
3.6.3.	Evaporador.....	16
3.6.3.1.	Tipos de evaporador.....	16
3.6.4.	Válvulas de expansión	17
3.6.4.1.	Tipos válvulas de expansión	17
3.6.5.	Agente Refrigerante.....	18
3.6.6.	Manómetros	19
3.6.7.	Tubería Capilar	20
3.7.	Sistemas de control	20

3.7.1.	Componentes de un sistema de control	21
3.8.	PLC (Controlador Lógico Programable)	21
3.8.1.	Tipos de PLC	22
3.8.2.	Lenguaje de programación de un PLC	23
3.8.3.	Tipos de lenguaje de un PLC.....	23
3.9.	HMI (Interfaz Hombre-Máquina).....	24
4.	METODOLOGÍA.....	24
4.1.	Diseño de la Investigación	24
4.1.1.	Procedimiento Descriptivo	25
4.1.1.1.	Módulo de Aire Acondicionado a Repotenciar	25
4.1.1.2.	Descripción del módulo a repotenciar	25
4.1.2.	Procedimiento con Investigación de Campo	26
4.1.3.	Procedimiento experimental	27
4.1.4.	Variables en el Sistema.....	27
4.1.5.	Operacionalización de las Variables.....	28
4.2.	Diseño y construcción del sistema de Aire Acondicionado	28
4.2.1.	Diseño y construcción de la estructura donde ira soportado el sistema de Aire Acondicionado.....	29
4.2.2.	Aplicación del software SAP 2000 Versión 19.2.....	29
4.3.	Pesos de los elementos que conforman el módulo en (kg).....	29
4.3.1.	Tipo de material de la estructura	30
4.4.	Análisis estructural de la mesa soporte mediante el programa SAP 2000 V.19.....	30
4.4.1.	Construcción del Módulo de Aire Acondicionado	32
4.4.2.	Alternativa 1: Reducción del espacio físico del módulo con los mismos equipos.	33
4.4.2.1.	Descripción	33
4.4.2.2.	Ventajas	33
4.4.2.3.	Desventajas	33
4.4.3.	Alternativa 2: Reubicación de equipos y reducción de espacio físico del módulo.	34

4.4.3.1.	Descripción	34
4.4.3.2.	Ventajas	34
4.4.3.3.	Desventajas	34
4.4.4.	Alternativa 3: Reducción de espacio físico con reconstrucción ergonómica de los elementos de Refrigeración y aumento de equipos para la automatización.....	35
4.4.4.1.	Descripción	35
4.4.4.2.	Ventajas	35
4.4.4.3.	Desventajas	35
4.5.	Discusión de las alternativas según el grado de factibilidad.....	36
4.6.	Justificación de los factores para la Selección de Alternativas del Módulo de Aire Acondicionado.....	36
4.6.1.	Tiempo de operación.	36
4.6.2.	Mantenimiento.....	36
4.6.3.	Fallas en los equipos.....	36
4.7.	Selección de la correcta alternativa del Sistema de Aire Acondicionado a repotenciar.	37
4.8.	Selección de los sensores utilizados para el proceso.	38
4.8.1.	Diseño y construcción del Módulo de control del sistema de Aire Acondicionado	39
4.8.2.	Diseño del Módulo de control del Sistema de Aire Acondicionado	39
4.8.2.1.	Acondicionamiento de la Señal Analógica para el PLC.....	39
4.8.2.2.	Esquema eléctrico de conexión para el control del Sistema de Aire Acondicionado.	41
4.8.3.	Selección del Controlador para el Módulo de Control.....	41
4.8.4.	Determinación de los parámetros necesarios para el PLC S7-1200.....	42
4.8.5.	Criterios para la selección de un PLC.....	43
4.8.6.	Pantalla HMI KTP – 400 (Siemens).....	44
4.9.	Diseño y desarrollo del Software de Soporte del Sistema.....	45
4.9.1.	Datos del programa.....	45
4.9.1.1.	Software TIA-PORTAL V13.....	45
4.9.1.2.	Estudio del Software TIA-PORTAL	45
4.9.2.	Procesamiento de datos del Control de Temperatura	45

4.9.3.	Tipo de control implementado.....	46
4.9.4.	Despliegue en pantalla del programa de control	46
4.9.4.1.	Presentación de la curva de temperatura en la pantalla HMI	46
4.9.4.2.	Presentación de la programación en la pantalla HMI	47
4.9.5.	Desarrollo del programa	48
4.10.	Materiales e Instrumentos	50
4.10.1.	Parte Hidráulica	51
4.10.2.	Parte Eléctrica.....	51
4.10.3.	Instrumentos de medición.....	51
4.10.4.	Instrumentos de diseño	52
4.10.5.	Herramientas utilizadas en la construcción del módulo de Aire Acondicionado.	52
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	52
5.1.	Análisis del módulo repotenciado.....	52
5.1.1.	Estructura del módulo para prácticas de Aire Acondicionado	52
5.2.	Discusión de los Resultados	53
5.2.1.	Selección del Agente Refrigerante.....	53
5.2.1.1.	Datos comparativos de los Agentes Refrigerantes del Sistema de Refrigeración.	53
5.2.2.	Tabla comparativa del módulo repotenciado.....	54
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	55
6.1.	Costo global del presupuesto del proyecto	55
6.1.1.	Costos de los gastos personales	55
6.1.2.	Costo de materiales y suministros	56
6.1.3.	Costo de la compra y utilización de los equipos	57
6.2.	Análisis de Impactos	58
6.2.1.	Impacto Práctico	58
6.2.2.	Impacto Tecnológico	58
6.2.3.	Impacto Ambiental	59
6.2.4.	Impacto Epistemológico	59

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
7.1. Conclusiones	59
7.2. Recomendaciones	60
8. REFERENCIAS	60
9. ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Diagrama P-V del Ciclo de Carnot.....	11
Figura 3.2: Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	12
Figura 3.3: Esquema de un compresor.....	13
Figura 3.4: Compresor Alternativo.....	13
Figura 3.5: Compresor giratorio con movimiento un una dirección y sin retroceso.....	14
Figura 3.6: Funcionamiento del mecanismo de un compresor espiral.....	14
Figura 3.7: Unidad de condensación enfriado por agua.....	15
Figura 3.8: Condensador de tubo dentro de tubo.....	15
Figura 3.9: Condensador de coraza y serpentín.....	16
Figura 3.10: Evaporador de tubo simple.....	16
Figura 3.11: Evaporador de aletas.....	17
Figura 3.12: Manómetros para Refrigeración.....	20
Figura 3.13: Tubería capilar.....	20
Figura 3.14: Proceso a controlar.....	21
Figura 3.15: Diagrama de un PLC.....	22
Figura 3.16: PLC Festo FEC FC660 PLC (a la izquierda), Siemens Logo RC230 (en el medio) y S7-200 PLC (a la derecha).....	22
Figura 3.17: PLC Siemens S7-300 (en la parte izquierda) y Allen-Bradley Compact Logix.....	23
Figura 3.18: Programación del PLC.....	23
Figura 3.19: Pantalla HMI KTP-400 Mono Basic.....	24
Figura 3.20: Tesis de Refrigeración a repotenciar.....	25
Figura 4.21: Investigación de campo.....	26
Figura 4.22: Investigación de campo.....	27
Figura 4.23: Variables del sistema.....	28

Figura 4.24: Diseño geométrico a) Diseño 2D, b) Diseño 3D	30
Figura 4.25: Fuerzas axiales.....	31
Figura 4.26: a) Diagrama de fuerza cortante b) Fuerza cortante máxima y mínima	31
Figura 4.27: a) Diagrama momento b) Momento máximo y mínimo.....	32
Figura 4.28: Fuerza resultante.....	32
Figura 4.29: Alternativa 1	33
Figura 4.30: Alternativa 2	34
Figura 4.31: Alternativa 3	35
Figura 4.32: Termostato digital MT-512E 2HP	38
Figura 4.33: Termostato digital MT-512E 2HP.....	38
Figura 4.34: Sensor de Temperatura LM35.	39
Figura 4.35 Diseño del esquema electrónico en Proteus V8.0.....	40
Figura 4.36: Diseño de la placa en Proteus V8.0.	40
Figura 4.37: Diseño de la placa en baquelita.	41
Figura 4.38: Diseño del esquema de la conexión eléctrica del módulo.	41
Figura 4.39: PLC S7-1200 marca Siemens.	42
Figura 4.40: Pantalla HMI KTP-400 Mono Basic.	44
Figura 4.41: Registro de datos de escalamiento y normalización para el acondicionamiento de temperatura.	46
Figura 4.42: Curva de temperatura en el TIA PORTAL V13.....	47
Figura 4.43: Pantalla HMI del control de los equipos individualmente.	47
Figura 4.44: Variables del PLC para el control de los equipos.....	48
Figura 4.45: Escalamiento para el acondicionamiento de la temperatura.....	49
Figura 4.46: Variables de escalamiento para el acondicionamiento de la temperatura.	49
Figura 4.47: Variables de escalamiento para el acondicionamiento de la temperatura.	50
Figura 4.48: Programación de las variables para la activación de los elementos del sistema de Aire Acondicionado.....	50
Figura 5.1: Estructura nueva del Módulo de Aire Acondicionado.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Actividades y Sistema de Tareas en relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 3.2: Humedad relativa y temperaturas equivalentes.....	10
Tabla 3.3: Refrigerantes utilizados en equipos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor.....	18
Tabla 4.4: Variables del Sistema de Refrigeración.....	28
Tabla 4.5: Peso de los elemento.....	29
Tabla 4.6: Materiales y dimensiones de la mesa soporte.....	30
Tabla 4.8: Valoración de factores para la selección de alternativas.....	37
Tabla 4.9: Valoración de la correcta alternativa para el sistema de aire acondicionado.....	37
Tabla 4.7: Requerimientos del sistema de Aire Acondicionado mediante el PLC S7-1200...	42
Tabla 5.10: Comparación de refrigerantes.....	54
Tabla 5.11: Comparación del módulo de Aire Acondicionado.....	54
Tabla 6.11: Tabla del presupuesto global del proyecto por tipo de recurso.(\$ Americano) ...	55
Tabla 6.12: Tabla de la Descripción de los gastos de personal.....	55
Tabla 6.13: Tabla de Materiales y Suministros.....	56
Tabla 6.14: Tabla de Compra y uso de equipos.....	57
Tabla 6.15: Tabla de gastos totales del proyecto.....	58

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “REPOTENCIACIÓN DEL EQUIPO PARA PRÁCTICAS DE AIRE ACONDICIONADO EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”

Autor/es: Danny Paúl Logroño Sulca

Katia Arasely Yáñez Untuña

RESUMEN

La presente propuesta tecnológica se basa en la implementación de equipos para la automatización del módulo de Aire Acondicionado en el Laboratorio de Electromecánica, cuyo objetivo es mejorar la calidad del módulo, el control de cada uno de los elementos existentes en el sistema y la oportunidad de que los estudiantes puedan realizar prácticas permitiendo la complementación de la teoría expuestas en el aula.

El módulo consta de dos elementos fundamentales como son: Un PLC S7-1200 y una Pantalla HMI, los cuales permites automatizar la máquina de una manera eficiente, además la incorporación del nuevo refrigerante R-134a que mejora de la conductividad térmica del sistema.

En el módulo de acondicionamiento de aire se desarrolla tres prácticas las cuales son: puesta en marcha y visualización del sistema, determinación de la gráfica del ciclo termodinámico del sistema de refrigeración, obtención del coeficiente de rendimiento en base a las temperaturas y presiones que produce el sistema, para que los estudiantes puedan interactuar y obtener conocimientos referentes a la asignatura de Refrigeración y Aire Acondicionado.

Además, en el presente proyecto se elaborará una guía de prácticas para la facilitación y manipulación de módulo y así aprovechar todas las ventajas que genera el equipo.

Palabras clave: PLC, HMI, Refrigeración, Temperatura, Presión.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TOPIC: "REPOTENCIATION OF THE EQUIPMENT FOR AIR CONDITIONING PRACTICES IN THE LABORATORY OF ELECTROMECHANICAL ENGINEERING OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI."

Authors: Danny Paúl Logroño Sulca

Katia Arasely Yáñez Untuña

ABSTRACT

In the Technical University of Cotopaxi there is a shortage of equipment for the performance of laboratory practices, that's why it was necessary to repower the Air Conditioning module. The present technological proposal was made in the laboratories of the Electromechanical Engineering Career, in this thesis there was a lack of demonstration elements. Therefore, the equipment was set up in order to automate the air conditioning module and their main objectives were to improve the module's quality, control every element that exists in the system but the most important thing is to give the students the opportunity to put in practice the theory learned in class. The Air Conditioning module has to principal elements an S7-I200 PLC and a HMI screen they allow automate the machine in an efficient way and also incorporate a new coolant the R-134a, this improves the thermal conductivity of the system. In conclusion, the results of this project are to improve the coolant system, to build a new structure and automate the HMI interface that will allow to practice and take advantage of the benefits of the equipment.

Keywords: PLC, HMI, Cooling, Temperature, Pressure.

AVAL DE TRADUCCIÓN

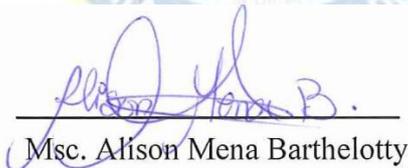
En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de la tesis al Idioma Inglés presentado por los señores estudiantes: LOGROÑO SULCA DANNY PAUL y YÁNEZ UNTUÑA KATIA ARASELY, cuyo título es “Repotenciación del equipo para prácticas de Aire Acondicionado en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2018

Atentamente,




Msc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.I. 050180125-2

Universidad
Técnica de
Cotopaxi

1. INFORMACIÓN GENERAL

Propuesto por:

Danny Paúl Logroño Sulca

Katia Arasely Yáñez Untuña

Tema Aprobado:

“Repotenciación del Equipo para Prácticas de Aire Acondicionado en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi”

Carrera:

Ingeniería Electromecánica

Director de la Propuesta Tecnológica

Ing. Andrés German Arévalo Zabala M.Sc.

Equipo de Trabajo:

Tutor de la propuesta tecnológica, Asesor Técnico (1)

Ing. Andrés German Arévalo Zabala M.Sc.

Tutor de la propuesta tecnológica, Asesor Metodológico (2)

Ing. Luigi Orlando Freire Martínez M.Sc.

Lugar de ejecución:

Región: Zona 3,

Provincia: Cotopaxi,

Cantón: Latacunga,

Parroquia: Juan Montalvo,

Universidad Técnica De Cotopaxi

Tiempo de duración de la propuesta:

1 AÑO CALENDARIO

Fecha de Inicio: Noviembre del 2017

Fecha de Entrega: Agosto del 2018

Línea de Investigación de la Universidad:

Línea 5. ENERGÍAS ALTERNATIVAS Y RENOVABLES, EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROTECCIÓN AMBIENTAL.

Sub líneas de Investigación de la Carrera:

Sub Línea 3. EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS ELECTROMECÁNICOS Y USO DE FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA.

Tipo de Propuesta Tecnológica

La propuesta está enfocada en la parte de Aire Acondicionado, tomando en cuenta que para la operación del equipo se utilizan conocimientos sobre el control y monitoreo de variables aplicadas al sistema tales como la temperatura y presión, lo cual da lugar a la construcción del módulo; y este equipo es una innovación tecnológica porque se incorpora unos elementos para la automatización.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la Propuesta Tecnológica

“Repotenciación del Equipo para prácticas de Aire Acondicionado en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi”

2.2. Tipo de Propuesta/Alcance

a) Multipropósito

Este trabajo está destinado para el aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, el cual tiene por propósito fomentar y proporcionar conocimientos acordes a las necesidades en el ámbito profesional.

b) Desarrollo

El desarrollo de este proyecto se basa en el ámbito Teórico-Práctico, ya que se aplica una serie de modificaciones en la estructura del equipo a repotenciar, desarrollando un equipo acorde a los avances tecnológicos y el mejoramiento de ciertos aspectos técnicos de la máquina para la manipulación y alcance de los estudiantes.

c) Integrador

La realización de esta tesis trata de fomentar en los estudiantes el trabajo en equipo y en dotar un conocimiento adecuado para garantizar la integración de temas relacionados al área de acondicionamiento de aire.

2.3. Área del Conocimiento

La Clasificación Internacional Normalizada de la Educación (CINE) es un sistema polivalente, destinado al análisis de las políticas educativas y la toma de decisiones, sean cuales fueren la estructura del sistema educativo nacional y la fase de desarrollo económico del país. Puede utilizarse para estadísticas de muchos aspectos de la educación (CINE, 1997).

En el párrafo 107 de la CINE hace referencia que “En la actualidad hay 25 sectores de educación en vez de los 21 de la versión original. Otra innovación consiste en que se establecieron grupos amplios, compuestos de sectores de educación que presentan similitudes. Valga como ejemplo el grupo amplio de Salud y servicios sociales, que comprende los sectores de medicina, servicios médicos, servicios sanitarios, odontología y asistencia social” (CINE, 1997).

También el párrafo 108, señala además que “La UNESCO incluirá nuevos sectores cuando sea necesario, a cuyo respecto se informará oportunamente a los Estados Miembros. Se recomienda además que los programas interdisciplinarios o multidisciplinarios se clasifiquen según la regla de “mayoría”, es decir, en el sector de educación al que los estudiantes dedican más tiempo” (CINE, 1997).

Igualmente, en el párrafo 109 nos dice que “En el manual práctico figurará una lista codificada que describe exactamente la forma en que los programas educativos o los grupos de asignaturas se clasifican en los distintos sectores de educación” (CINE, 1997).

2.3.1. Programas generales de la CINE

Nuestra área de conocimiento según la CINE-UNESCO se encuentra:

(5) Ingeniería, industria y construcción

(52) Ingeniería y profesiones afines

Dibujo técnico, mecánica, metalistería, electricidad, electrónica, telecomunicaciones, ingeniería energética y química, mantenimiento de vehículos, topografía.

De todos los párrafos vistos, nuestra área se encuentra en la mecánica y electricidad.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

La razón para desarrollar la repotenciación del equipo para prácticas de laboratorio, referente a la cátedra de Refrigeración y Aire Acondicionado de la Carrera de Ingeniería Electromecánica; es la de construir un modelo que facilite la toma y visualización de las variables inherentes al proceso de acondicionamiento de aire con el objetivo de beneficiar el aprendizaje Teórico-Práctico de los estudiantes.

Actualmente el laboratorio de energías alternativas cuenta con un banco de pruebas de aire acondicionado que carece de elementos tecnológicos y dificulta el registro de datos provenientes del ciclo de Refrigeración, es por ello que en el actual trabajo se propone implementar un PLC S7-1200 y una pantalla HMI táctil, con la finalidad de automatizar el registro de medidas generando una interfaz hombre-máquina más amigable.

Desde el punto de vista social universitario, este proyecto es importante para la Carrera de Ingeniería Electromecánica porque permite el auto equipamiento en los laboratorios.

2.5. Objeto de Estudio y Campo de Acción

2.5.1. Objeto de Estudio

Los Sistemas de Aire Acondicionado corresponden a arreglos mecánicos que utilizan propiedades termodinámicas de la materia para trasladar energía térmica en forma de calor, conforme se requiera.

En el estudio de estos sistemas de Aire Acondicionado se aplican diversas ciencias, tales como:

- La Química, en las propiedades y composición de los refrigerantes
- La Termodinámica, en el estudio de las propiedades de la materia y su energía interna;
- La Transferencia de calor, en el estudio de intercambiadores de calor y;
- La Ingeniería Mecánica, en el estudio de compresores de gas para lograr el trabajo de compresión requerido.

2.5.2. Campo de Acción

El módulo para prácticas de laboratorio de Aire Acondicionado. El equipo se encuentra en el laboratorio y tiene limitaciones en lo que se refiere a elementos automatizados, es esto

precisamente lo que se pretende mejorar con la colocación de un PLC S7-1200 y una pantalla HMI, que brindará un mejor aspecto y visualización de las variables que intervienen en dicho sistema.

2.6. Situación Problémica y Problema

2.6.1. Situación Problémica

En el País existen empresas que se dedican a la fabricación de Sistemas de Aire Acondicionado Convencionales y accesibles al mercado nacional, por otro lado, la falta de conocimiento en automatización hace que muchas industrias tengan la necesidad del control y monitoreo de variables como son la temperatura y presión, en procesos industriales y comerciales.

En el Cantón Latacunga existen fábricas y productores con un bajo grado de conocimiento referente a Aire Acondicionado, de tal manera que desaprovechan los productores e incluso cierta población estudiantil el avance tecnológico

En los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los estudiantes realizan con gran dificultad prácticas en el módulo de Acondicionamiento de Aire sin poder comprobar la visualización de magnitudes en el sistema; por ello el avance tecnológico y la implementación de nuevos equipos en el Sistema de Aire Acondicionado; permite que los estudiantes obtengan un conocimiento óptimo para su formación profesional.

2.6.2. Problema

La falta de equipos modernos, acordes a la enseñanza Universitaria para la realización de prácticas de laboratorio en la asignatura de Refrigeración y Aire Acondicionado de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.7. Hipótesis o Formulación de Pregunta Científica

Con la repotenciación del módulo de Acondicionamiento de Aire, se logrará mejorar sustantivamente la realización de prácticas en la asignatura de Refrigeración y Aire Acondicionado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.8. Objetivos

2.8.1. Objetivo General

Repotenciar el equipo para prácticas de Aire Acondicionado en el Laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.8.2. Objetivos Específicos

- Implementar un sistema de control automático con la utilización de una pantalla HMI que permita controlar las magnitudes necesarias en el equipo mediante la utilización de un PLC para la generación de una curva demostrativa de temperatura.
- Diseñar una nueva estructura para la reubicación de todos los elementos del Sistema de Aire Acondicionado.
- Desarrollar un manual para la realización de prácticas de laboratorio.

2.9. Descripción de las Actividades y Tareas Propuestas con los Objetivos Establecidos

Tabla 2.1: Actividades y Sistema de Tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos	Tareas/Actividades	Descripción de la metodología por actividad
Implementar un sistema de control automatizado con la utilización de una pantalla HMI que nos permita controlar las magnitudes necesarias en el equipo mediante la utilización de un PLC para la generación de curvas demostrativas.	<ul style="list-style-type: none">- Recopilar información acerca de las especificaciones de la pantalla HMI y el modelo del PLC S7-1200.- Conocer los distintos tipos de PLC's para el control del sistema.- Realizar el lenguaje de programación en el Software TIA PORTAL V13 - Siemens.	Investigación de Campo

<p>Diseñar una nueva estructura para la reubicación de todos los elementos del Sistema de Aire Acondicionado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Diseñar mediante el programa SOLIDWORKS la estructura para el sistema de Aire Acondicionado. - Especificar cada uno de los elementos para la reubicación sobre el espacio físico del módulo. - Reconstruir la estructura para la ubicación de los diferentes elementos en el módulo. 	<p>Investigación Experimental</p>
<p>Desarrollar un manual para la realización de prácticas de laboratorio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar los distintos pasos para la iniciación del equipo. - Verificar la condición de trabajo en cada uno de los elementos instalados en el equipo. - Especificar cada uno de los parámetros al momento de la operación del módulo. 	<p>Investigación de Campo</p> <p>Investigación Descriptiva</p>

Fuente: Los Autores.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

En la siguiente información se detalla trabajos con características semejantes realizados a nivel nacional y local los cuales permiten tener una breve referencia sobre el tema que se trata en el presente estudio.

Según [1], autores del siguiente proyecto:” Diseño y construcción de un sistema de refrigeración de conservación para laboratorios” donde se concluye que:

La investigación se ha realizado para aportar a los estudiantes un equipo basado en los sistemas de refrigeración, para la mejora de la automatización de los bancos de congelación como el de conservación que tiene como fin de graficar el ciclo real de refrigeración permitiendo así que los estudiantes realicen prácticas.

En la Escuela Politécnica del Ecuador, los tesisistas [2] presentaron el tema “Diseño y construcción de un módulo didáctico de refrigeración”, donde se explica que:

La tesis se basa en el control de la temperatura desde 10°C hasta los 0.4°C y la presión del refrigerante tanto en el lado de alta como el de baja, dependiendo de las condiciones ambientales. Este sistema permite visualizar distintos estados donde permite simular las fallas de presión y temperatura. El objetivo primordial de esta investigación realizada pretende que los estudiantes de las materias relacionadas puedan observar los estados que interactúan en el sistema.

La Universidad Técnica de Cotopaxi presenta el trabajo de graduación de los investigadores [3] con el tema “Diseño y construcción de un módulo didáctico de refrigeración, para prácticas de laboratorio en la unidad académica de ciencias de ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi.”, donde se presentan las conclusiones más relevantes.

El módulo didáctico de refrigeración es una máquina de producción de frío a compresión está compuesta con los siguientes elementos: compresor, condensador, evaporador, un capilar para la expansión o válvula de expansión termostática.

El investigador [4] autor del tema “Diseño e implementación de un módulo didáctico con HMI para controlar el sistema de refrigeración en el laboratorio de aire acondicionado en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, año 2015”.

Este trabajo tiene como objetivo principal que el alumno conozca las tecnologías modernas de automatización estimulando su creatividad y trabajo en el laboratorio operando los equipos de alta tecnología como el HMI que permite la variación de los parámetros de funcionamiento, control, monitoreo en tiempo real del sistema, así como obtener un registro del proceso para su respectivo análisis en cada ciclo.

3.2. Introducción

El aire acondicionado se basa en los principios de la termodinámica para alcanzar un cambio de temperatura empleando procesos de refrigeración, uno de sus propósitos es de proporcionar y conseguir un ambiente agradable y sano para la persona. El científico Lord Kelvin creó un circuito frigorífico hermético basado en la absorción del calor a través de un gas refrigerante, para ello se basó en tres principios [5]:

- El calor se transmite de la temperatura más alta a las más bajas.
- El cambio de estado del líquido a gas la cual absorbe calor.
- La presión y la temperatura están directamente relacionadas.

Los avances que se han generado en relación al Aire Acondicionado en los últimos años son el resultado de adelantos tecnológicos, científicos, que permiten automatizar los equipos, lo cual ocasiona una serie de confort para el bienestar del hombre, siendo así el Aire Acondicionado un conocimiento fundamental del futuro Ingeniero Electromecánico.

A continuación, se hace un breve estudio sobre el Aire Accionado.

3.3. Conceptos básicos del Aire Acondicionado

Los conceptos básicos tienen como propósito identificar los distintos procesos que se involucran en el aire acondicionado tales como.

3.3.1. Aire

El aire es un gas incoloro, insípido que está comprendida especialmente por oxígeno y nitrógeno, normalmente contiene diversas impurezas tales, como gases, sólidos, polvos, etc, en proporciones que dependen de distintos factores [6].

3.3.2. Humedad absoluta

Es el peso de vapor de agua expresado en libras o granos, está contenida en el aire seco a una temperatura y presión determinadas, cuando el aire no está saturado [6].

3.3.3. Humedad específica o relación de humedad (W_v)

Es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire expresado en metro cubico, se puede decir que es la relación entre el vapor de agua contenido en el aire y la máxima cantidad de vapor que podría contener [6].

3.3.4. Temperatura de Rocío (t_w)

Indica la cantidad de humedad que se encuentra en el aire, quiere decir que es la temperatura a la cual el aire se carga cuando se enfría, suponiendo que no hay aumento ni disminución de humedad [6].

3.3.5. Temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo

- Bulbo Seco

La temperatura del bulbo seco se mide con un termómetro ordinario, y es la medida del calor sensible del aire expresado en grados Fahrenheit o centígrados [6].

- Bulbo Húmedo

La temperatura del bulbo húmedo indica la cantidad de calor total contenido en el aire y esta expresado en grados Fahrenheit o centígrados [6].

3.3.6. Zona de confort

Permite estar bajo una variedad de combinaciones de temperatura y humedad. La mayor parte de las personas está confortable en una atmósfera con una humedad relativa de entre 30% y 70%, y una temperatura entre 21° C y 29° C [7].

Estos puntos están representados en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Humedad relativa y temperaturas equivalentes.

TEM °C	38	39	37	36	35	33	32	30	29	28	27
		36	35	33	32	31	29	28	27	26	25
	32	33	32	31	29	28	28	27	26	24	24
		31	29	28	27	27	26	25	24	23	22
	27	28	27	26	26	24	24	23	22	22	21
		24	24	23	23	22	22	21	21	20	19
	16	22	22	21	21	20	20	19	19	19	18
		20	19	19	19	18	18	18	18	17	17
	10	17	17	17	17	16	16	16	16	15	15
		14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
	90	70			50	30			10		

Fuente: [7].

3.3.7. Calor Latente

Es la energía interna asociada con la fase de un sistema, para fundir un sólido o vaporizar un líquido se requiere una gran cantidad de energía y es la cantidad de ésta que es absorbida o liberada durante el proceso [8].

3.3.8. Calor sensible

Es la parte de energía interna de un sistema que está asociada con la energía cinética de las moléculas, la velocidad promedio y el grado de actividad de las moléculas son proporcionales a la temperatura [8].

3.4. Ciclos de Refrigeración

Los ciclos de refrigeración buscan transferir calor de una fuente de menor temperatura a una de mayor temperatura.

A continuación se describen dos ciclos de refrigeración que intervienen en el tema propuesto.

3.4.1. Ciclo Ideal de Carnot

Es uno de los ciclos más eficientes que operan entre dos límites de temperatura, en un sistema térmico no puede operar intercambiando calor con un solo dispositivo, y un refrigerador no puede funcionar sin una entrada neta de energía de una fuente externa [8].

En la siguiente figura 3.1 se muestra el diagrama P-V.

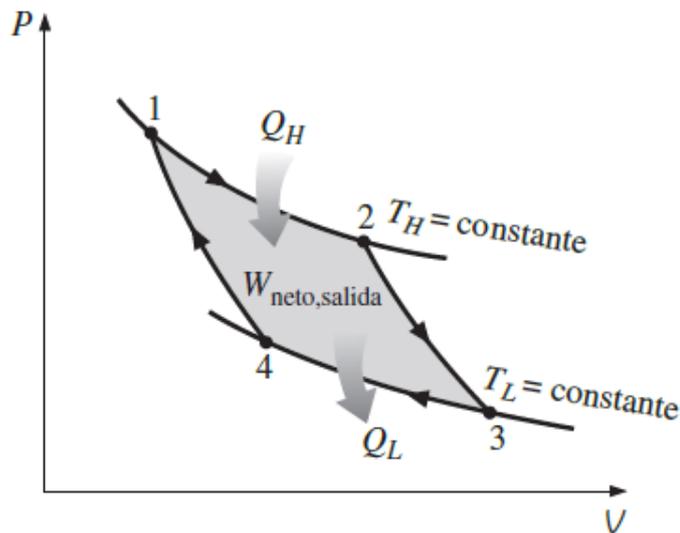


Figura 3.1: Diagrama P-V del Ciclo de Carnot.
Fuente: [8].

3.4.2. Ciclo Ideal de Refrigeración por Compresión de Vapor

Es el más utilizado en refrigeradores, sistemas acondicionamientos de aire y bombas de calor, ver figura 3.2.

Su funcionamiento se basa en la mayor parte de los sistemas que operan con el ciclo de compresión de vapor tales como son aire acondicionado y refrigeración, su refrigerante entra al compresor en el estado I como vapor saturado y se comprime isentrópicamente hasta la presión del condensador [8].

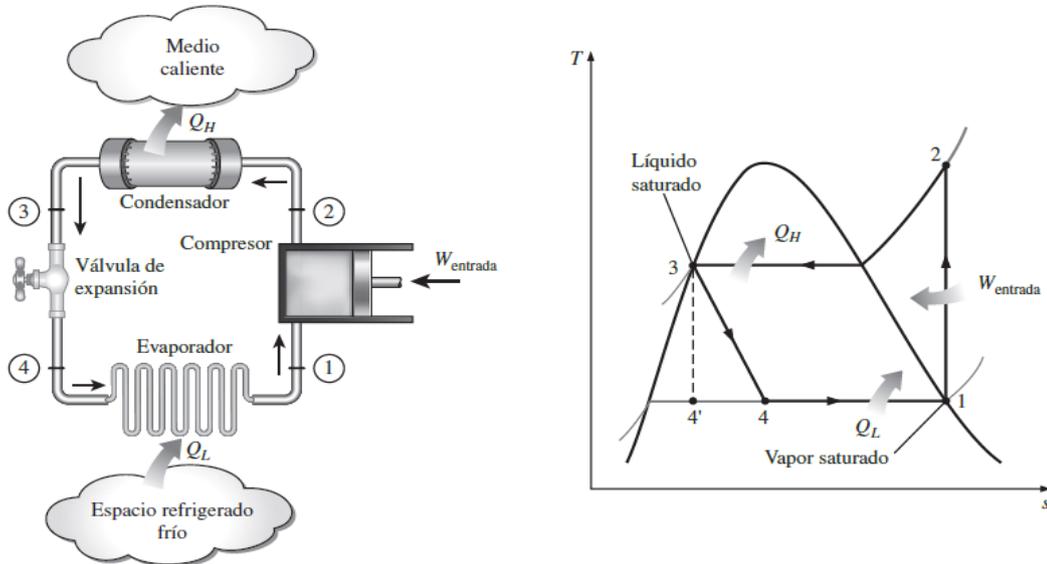


Figura 3.2: Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.
Fuente: [8].

3.5. Funcionamiento de un Sistema de Aire Acondicionado

El sistema de aire acondicionado tiene como función transmitir aire caliente sobre el frío, mediante las bobinas del evaporador reduciendo la presión, mientras tanto el agente refrigerante se encuentra en su interior absorbiendo el calor a medida que cambia del estado líquido a gaseoso, para mantener el sistema frío de una manera eficaz, el aire acondicionado tiene que devolver el gas refrigerante a líquido, una y otra vez.

3.6. Componentes de un Sistema de Aire Acondicionado

Continuando con el estudio se detalla los principales componentes de un sistema de Aire Acondicionado.

3.6.1. Compresor

Tiene la función de extraer el calor a través del sistema en forma de vapor refrigerante recalentado, el compresor reduce la presión en el lado de baja presión del sistema que incluye el evaporador e incrementa la presión en el lado de alta presión, realizan esta función comprimiendo el vapor refrigerante [9].

En la Figura 3.3, se muestra el esquema del principio de funcionamiento de un compresor.

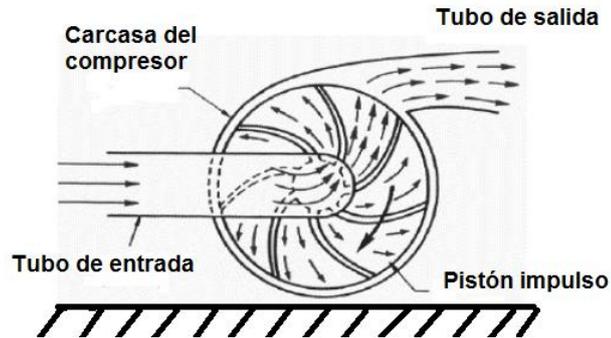


Figura 3.3: Esquema de un compresor.
Fuente: [9].

3.6.1.1. Tipos de compresor

Existe una variedad muy extensa de compresores, a continuación, se detallan los tipos de compresores más utilizados en el ámbito del aire acondicionado.

- **Compresores Alternativos:**

También conocido como compresor de desplazamiento positivo de tal manera que utiliza un pistón en un cilindro para comprimir el refrigerante, ver figura 3.4, asegurando que el refrigerante fluya en la dirección adecuada [9].

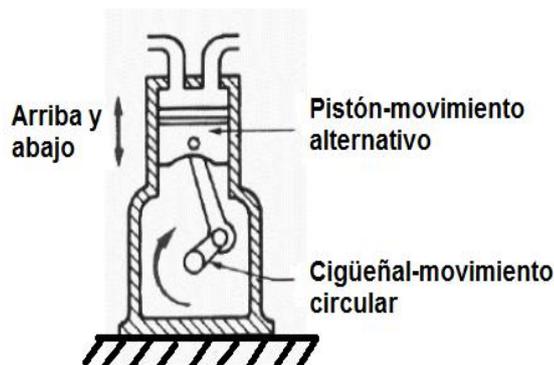


Figura 3.4: Compresor Alternativo.
Fuente: [9].

- **Compresor Giratorio:**

Su función es utilizar un pistón giratorio de tipo tambor, ver figura 3.5, que comprime el vapor refrigerante hacia el orificio de descarga estos compresores son comúnmente pequeños comparados con los compresores alternativos de la misma capacidad [9].

- Compresor Espiral:

Tiene un mecanismo de funcionamiento muy distinto ya que permite que la parte móvil orbita dentro de la parte fija y comprima el vapor desde el lado de baja presión al lado de alta presión del sistema [9], ver figura 3.6.

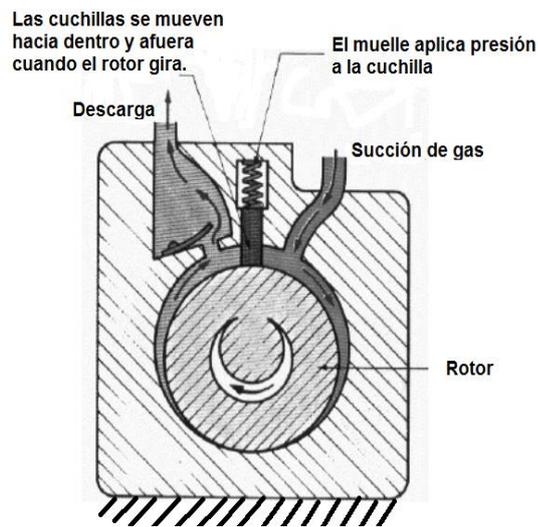


Figura 3.5: Compresor giratorio con movimiento unidireccional y sin retroceso.

Fuente: [9].

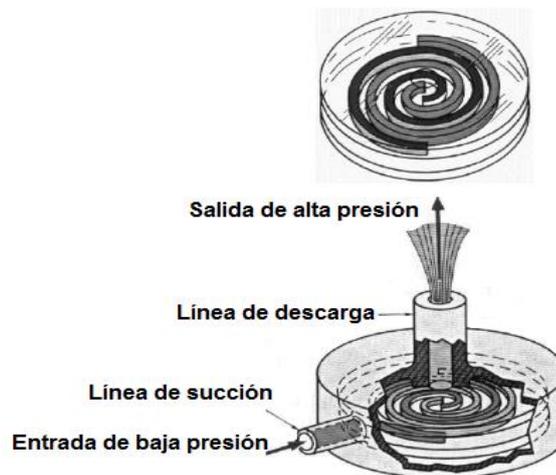


Figura 3.6: Funcionamiento del mecanismo de un compresor espiral.

Fuente: [9].

3.6.2. Condensador

Es un dispositivo de intercambio de calor muy parecido al evaporador, que se encarga de expulsar el calor del sistema que ha sido absorbido por el evaporador, este calor se encuentra en forma de gas caliente lo cual hay que enfriar hasta que se condense [10].

El condensador trabaja a temperaturas y presiones más altas que el evaporador

3.6.2.1. Tipos de condensador

A continuación, se describirá los tipos de compresores más relevantes en un sistema de aire acondicionado.

- Condensadores enfriados por agua:

Los condensadores enfriados por agua fueron los primeros en surgir en el ámbito de la refrigeración comercial, como se muestra en la figura 3.7. Estos condensadores funcionan a temperaturas de condensación mucho más bajas, lo cual permite tener muy buen rendimiento comparado con los condensadores enfriados por aire [10].

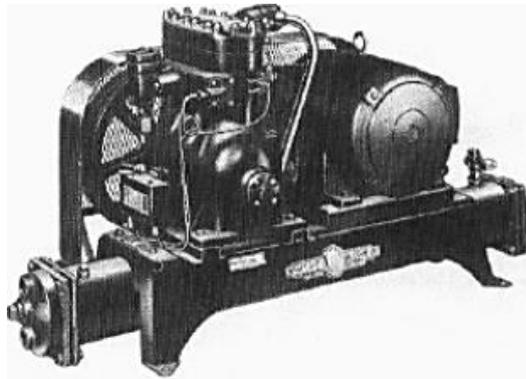


Figura 3.7: Unidad de condensación enfriado por agua.

Fuente: [10].

- Condensadores de tubo dentro de tubo:

Su principal función es el intercambio de calor, ver figura 3.8, y tiene lugar entre el flujo que hay en el interior del tubo externo y el flujo que se encuentra en el interior del tubo interno [10].

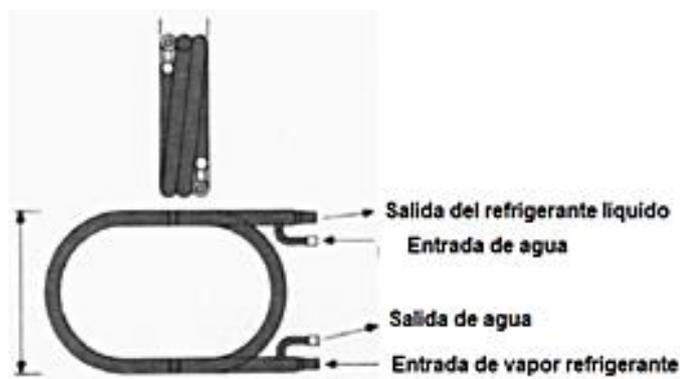


Figura 3.8: Condensador de tubo dentro de tubo.

Fuente: [10].

- **Condensadores de coraza y serpentín:**

Este condensador es muy parecido al tipo de tubo dentro del tubo, como se muestra en la figura 3.9, normalmente el gas refrigerante de este condensador se descarga en la coraza de la misma y el agua circula por el tubo que hay en ella [10].

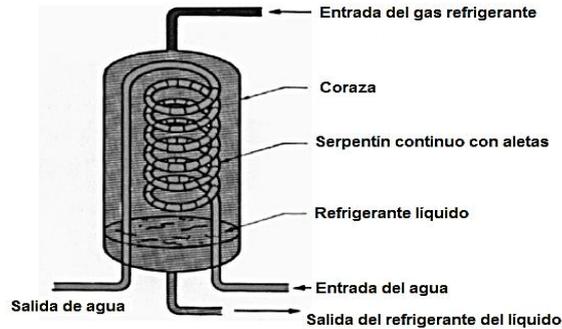


Figura 3.9: Condensador de coraza y serpentín.
Fuente: [10].

3.6.3. Evaporador

El evaporador se encarga de absorber el calor hacia el sistema desde cualquier entorno que se vaya a enfriar, este proceso de absorción de calor se consigue manteniendo el serpentín del evaporador a una temperatura inferior a la del entorno que se va a enfriar [10].

3.6.3.1. Tipos de evaporador

Los evaporadores tienen una gran variedad de tipos los cuales se detallarán a continuación:

- **Evaporadores de tubo simple:**

Estos evaporadores se utilizaba en las primeras cámaras frigoríficas, ver figura 3.10, su función es forzar o inducir aire sobre el serpentín para el mejor rendimiento del proceso de intercambio de calor [10].

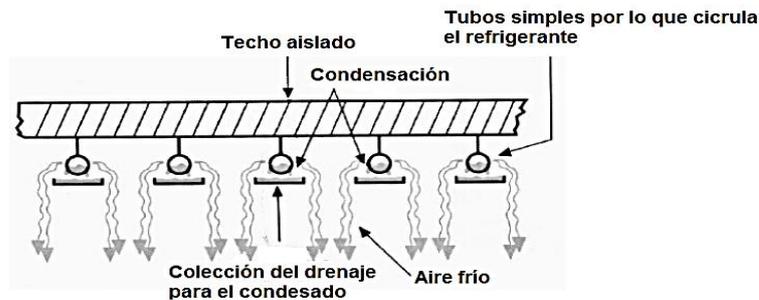


Figura 3.10: Evaporador de tubo simple.
Fuente: [10].

- **Evaporador con relieve:**

Es el resultado de los primeros intentos de crear una superficie de tubo más grande. Éste está compuesto por dos piezas de metal conformado, con la forma de una serie de tuberías [10].

- **Evaporador de tubos con aletas:**

Este evaporador es comúnmente utilizado en los sistemas de aire acondicionado, ver figura 3.13, (debido a la eficiencia de las aletas que tiene un buen contacto con el tubo que transporta el refrigerante, para aun buen intercambio de calor) [10].

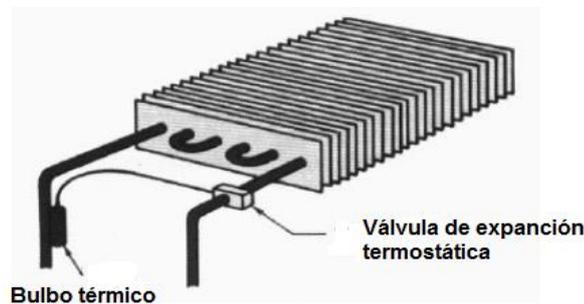


Figura 3.11: Evaporador de aletas.
Fuente: [10].

3.6.4. Válvulas de expansión

También conocido como dosificadores, encargado de graduar la cantidad correcta de refrigerante para el evaporador. Estos dispositivos son componentes necesario para que funcione el ciclo de aire acondicionado, generalmente estos dispositivos están ocultos en el interior del equipo, por lo tanto el dispositivo de expansión es una de las líneas divisorias entre el lado de alta presión y el lado de baja presión del sistema, suele estar ubicado en el conducto del líquido que hay en el condensador y evaporador [10].

3.6.4.1. Tipos válvulas de expansión

- **Válvula de expansión termostática:**

Se encarga de dosificar el refrigerante que va al evaporador utilizando para ese fin un sensor térmico que controla el sobre calor [10].

- **Válvula de expansión automática:**

Es un dispositivo de expansión que dosifica el refrigerante del evaporador utilizando un dispositivo de sensor de presión [10].

3.6.5. Agente Refrigerante

El refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actué como agente de enfriamiento, absorbiendo calor a otro cuerpo o sustancias. Los refrigerantes son fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica.

Existe un gran número de agentes refrigerantes, sin embargo, solo unos cuantos son utilizados en la actualidad como son el (R-123, el R-134a). Cabe recalcar que en el año 2000 se descontinuaron algunos refrigerantes tales como (R-11, R-12, R-113, R-115, etc.) debido al deterioro que causan a la capa de ozono en la atmosfera [7].

- Agentes refrigerantes fluorados

Agentes o gases fluorados son empleados como refrigerantes, extintores de incendios y disolventes.

Los agentes fluorados tales como el R-134a y el R-404, se utilizan mucho en equipos de refrigeración y aire acondicionado. Por otra parte, existen otro tipo de refrigerantes alternativos no fluorados, entre los que se encuentran R-744, R-600a (isobutano), R-290 (propano), R-1270 (propileno) y R-717 (Amoniac), también conocido como refrigerantes naturales tienen la ventaja de no tener fecha límite de aplicación [11].

A continuación, se representa la tabla 3.3, en la cual se detalla los tipos de refrigerantes comunes y menos comunes

Tabla 3.3: Refrigerantes utilizados en equipos de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor.

TIPOS	REFRIGERANTES COMUNES	REFRIGERANTES NO COMUNES
Objeto del reglamento sobre gases fluorados		
HFC Puros	R-134a	R-23, R-32, R-125, R-143a
HFC Mezcla	R-403, (A,B), R-404A, R-407C, R-408A R-410A, R-417A, R-419A, R507A	R-401 (A,B,C), R-402 (A,B), R-405A, R-407 (A,B,D), R-411B, R-416A, R-422 (A,D), R-423A,
Otros refrigerantes-fuera del objeto del Reglamento sobre gases fluorados pero si por el reglamento sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.		
HFC puros	R22	R-124, R-123
HCFC en mezcla		R-406A, R-409 (A,B)
CFC- puros y en mezcla	R-11, R-12, R-502	R-13
Otros refrigerantes fuera del objeto del Reglamento sobre gases o del reglamento sobre las sustancias que agotan la capa de ozono		
Alternativos	R-717 (amoniaco), R-290 (propano) R-600a (isobutano), R-1270 (propileno) mezcla de hidrocarburos (HC)	R-744(CO2) R-744(CO2)

Fuente: [11].

A continuación, se detallan los agentes refrigerantes más relevantes en los sistemas de aire acondicionado.

- **R-410A:**

PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico) 1975. Es un refrigerante fluorado libre de cloro y por lo tanto no produce ningún daño a la capa de ozono, tiene un elevado rendimiento energético [11].

- **R-407A**

PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico) 2017. El R-407A es una mezcla de gases refrigerantes no azeotrópica esto quiere decir que es una mezcla líquida de dos o más compuestos, por lo tanto, no produce ningún daño a la capa de ozono bajo potencial de calentamiento atmosférico. Este gas es usado comúnmente en equipos nuevos que trabajen a temperaturas medias y bajas [11].

- **R-407F**

PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico) 1825, ofrece un mayor coeficiente de rendimiento para el equipo [11].

- **R-134A:**

PCA (Potencial de Calentamiento Atmosférico) 1430. Es un refrigerante libre de cloro, es ampliamente usado en otras industrias tales como aire acondicionado, automóviles, frigoríficos. En los sistemas de aire acondicionado se utilizan desde unidades transportables o deshumidificadores, hasta unidades enfriadoras de agua con compresores de tornillo o centrífugos de gran capacidad [11].

Algunos de los elementos secundarios que deben estar presentes en los sistemas de aire acondicionado son los siguientes.

3.6.6. Manómetros

Los manómetros son instrumentos para medir la presión de los fluidos que se encuentra en un recipiente, ver figura 3.12, por lo general determinan la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local [12].

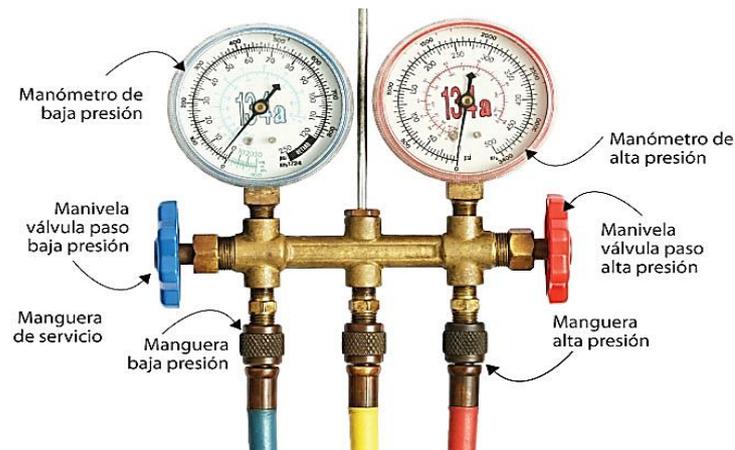


Figura 3.12: Manómetros para Refrigeración.
Fuente: [12].

3.6.7. Tubería Capilar

El tubo capilar es uno el caso más sencillo de un dispositivo de expansión, por lo que consiste simplemente en un tubo de cobre de pequeño diámetro, como se muestra en la figura 3.13, lo cual actúa restringiendo a su salida el flujo de líquido refrigerante hacia el evaporador [13].



Figura 3.13: Tubería capilar.
Fuente: [13].

3.7. Sistemas de control

Los sistemas de control es un interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporciona una respuesta deseada y tienen como finalidad de controlar las salidas de los procesos y subsistemas, ver figura 3.14, además la base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales. [14].



Figura 3.14: Proceso a controlar.
Fuente: [15].

3.7.1. Componentes de un sistema de control

Los componentes del sistema de control más importantes son los siguientes:

- **Regulador:** Constituye el elemento fundamental en un sistema de control, pues determina el comportamiento del bucle y condiciona la acción del elemento actuador en función del error obtenido [15].
- **Transductores:** Tiene la misión de traducir o adaptar un tipo de energía a otro más adecuado para el controlador [15].
- **Captador:** Tiene la misión de captar una determinada información en el sistema, para la realimentación [15].
- **Comparadores:** Este elemento aparece en los sistemas de control en bucle cerrado, donde existe un bloque de realimentación de la señal de salida, está integrado normalmente dentro del bloque del regulador [15].
- **Actuadores:** Es el elemento final de control, se encuentra en interruptores y relés capaces de obedecer a una señal eléctrica o neumática procedente del regulador [15].

3.8. PLC (Controlador Lógico Programable)

Un PLC es un computador especialmente diseñado para automatización industrial, que permite controlar o proteger un proceso industrial, posibilitando además las opciones de monitoreo y diagnóstico de condiciones presentándolas en una pantalla HMI (Interfaz-hombre-máquina) [16].

En figura 3.15, se puede ver un diagrama de flujo donde muestra los componentes y la estructura de un PLC.

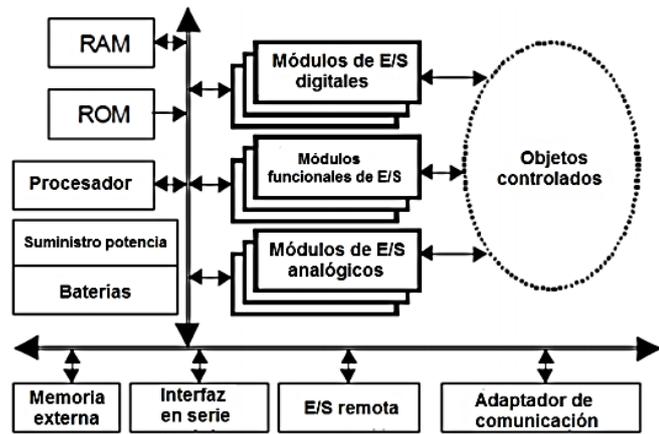


Figura 3.15: Diagrama de un PLC.
Fuente: [17].

3.8.1. Tipos de PLC

Debido a la gran variedad de distintos PLC se mencionan los más relevantes para este caso.

- PLC compactos:

Son aquellos que incorporan CPU (unidad central de proceso), SM (módulo de señal) módulos de entrada y salida en un único paquete, como se muestra en la figura 3.16, a menudo existe un número fijo de entrada/Salida digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI [17].



Figura 3.16: PLC Festo FEC FC660 PLC (a la izquierda), Siemens Logo RC230 (en el medio) y S7-200 PLC (a la derecha).

Fuente: [17].

- PLC modular:

Este tipo de PLC es más potente y tiene más funciones que los PLC compactos, como se muestra la figura, 3.17, también pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea [17].



Figura 3.17: PLC Siemens S7-300 (en la parte izquierda) y Allen-Bradley Compact Logix (en la parte derecha).

Fuente: [17].

3.8.2. Lenguaje de programación de un PLC

El lenguaje de programación es un conjunto de símbolos, expresiones literales o combinaciones de ambas, a partir del cual se desarrolla un programa comprensible por el PLC.

Son series de instrucciones que permite la ejecución del dispositivo con una lógica programada para controlar un proceso [18], como se muestra en la figura 3.18.

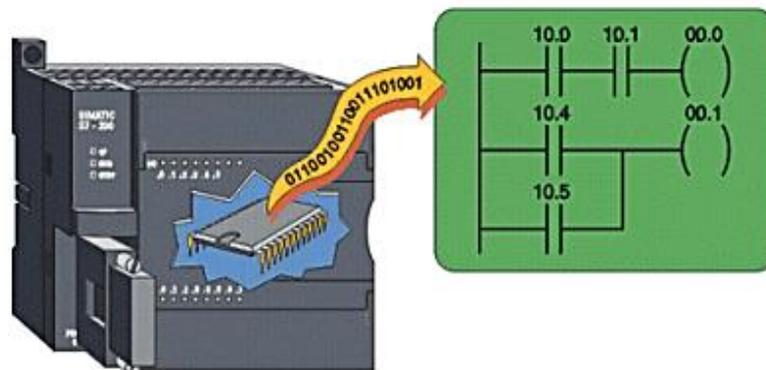


Figura 3.18: Programación del PLC

Fuente: [18].

3.8.3. Tipos de lenguaje de un PLC

Se presentan dos de los lenguajes más relevantes para la programación del PLC

- Lenguajes de contactos

- Siemens – KOP, LAD
- Omron – ladder.

- Lenguaje FBD

- Siemens – FBD, SCL.

3.9. HMI (Interfaz Hombre-Máquina)

Es un dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina, como se muestra la figura, 3.19, tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso actualmente las máquinas y procesos en general están implementadas con controladores y otros dispositivos electrónicos que dejan disponibles puertas de comunicación por lo que es posible contar con sistemas de HMI mucho más eficaces, además permite una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas [19].



Figura 3.19: Pantalla HMI KTP-400 Mono Basic.
Fuente: [19].

4. METODOLOGÍA

4.1. Diseño de la Investigación

La presente Propuesta Tecnológica se basa en una investigación de tipo descriptivo, investigación de campo y experimental para la sustentación y posterior desarrollo de la misma; a continuación, se detallan cada una de estas opciones.

4.1.1. Procedimiento Descriptivo

Además, el proyecto se va a utilizar una investigación descriptiva la cual permite conocer en forma detallada las características del Aire Acondicionado y los Procesos de Instalación, y también datos Administrativos, Financieros y Comerciales, los cuales facilita para la evaluación de estudios técnicos, las características técnicas del agente refrigerante, los precios de equipos, la infraestructura y recursos humanos.

4.1.1.1. Módulo de Aire Acondicionado a Repotenciar

El módulo que se encuentra en los Laboratorios de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, estaba en malas condiciones y sin utilizar por parte de profesores y estudiantes concernientes a la asignatura de Refrigeración y Aire Acondicionado.

En la figura 3.20, se puede observar al módulo a repotenciar que se venía utilizando para las prácticas en la Asignatura de Refrigeración y Aire Acondicionado de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.



Figura 3.20: Tesis de Refrigeración a repotenciar.
Fuente: Los Autores.

4.1.1.2. Descripción del módulo a repotenciar

El módulo consta con varios elementos referentes a un aire acondicionado de un vehículo, entre las cuales podemos resaltar un motor monofásico de 1 HP, un compresor TM16 a 12V – Sanden, un evaporador genérico y un condensador con ventilador a 12V.

Los manómetros que existen son para la medición de presiones de alta y baja presión del sistema, una caja con relay's a 12V y una caja con un contactor de inicio para el arranque del motor.

La estructura está hecha de tubo cuadrado y ángulo de 25,4 mm (1") en acero dulce con dimensiones no acordes a un módulo con esas condiciones.

El módulo solo permite ver las temperaturas de entrada y salida del evaporador y condensador, así como también de las presiones de alta y de baja medidas a la entrada y salida del compresor.

El módulo de Aire Acondicionado no está en óptimas condiciones para su funcionamiento y necesariamente necesita de una actualización en sus elementos y colocación de aparatos para una automatización de la misma y así generar un equipo acorde a los avances tecnológicos.

4.1.2. Procedimiento con Investigación de Campo

Para la elaboración de la propuesta tecnológica se utiliza la investigación de campo, para conocer los antecedentes nacionales de máquinas relacionadas con el Aire Acondicionado, características y procesos de investigación necesarios para la repotenciación del módulo existente en el laboratorio y además ciertas estadísticas de algunos proyectos de otras instituciones en el área del proyecto.

La investigación de campo se realiza con la ayuda y supervisión del Dr. Herbas especialista en el Área de la Refrigeración y Aire Acondicionado, el cual impartió sus conocimientos para la elaboración y reubicación de las tuberías en todo el sistema, como se muestra en las siguientes figuras 4.21 y 4.22.



Figura 4.21: Investigación de campo.

Fuente: Los Autores.

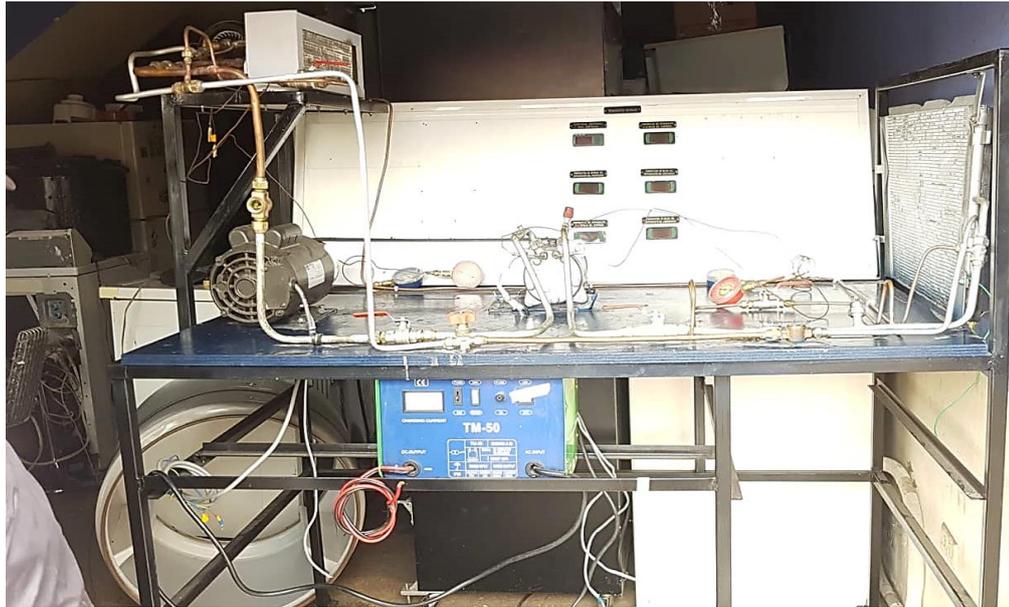


Figura 4.22: Investigación de campo.
Fuente: Los Autores.

4.1.3. Procedimiento experimental

Adicionalmente, el trabajo de investigación que se va a realizar, utiliza estudios relacionados al ámbito financiero y experimental, por cuanto se ha establecido varias relaciones de variables de manera simple, tales como:

- Relación existente entre el diseño de guías prácticas y los instrumentos que van a ser incorporados en el módulo.
- Relación existente entre precio, tamaño, localización y la evaluación financiera.

Así mismo, la investigación realizada utilizó estudios explicativos, que sirvieron para conocer a detalle el fenómeno de estudio, causas y efectos.

4.1.4. Variables en el Sistema

La temperatura y presión son aquellas variables que intervienen en el módulo de Aire Acondicionado, puesto que generar un sistema confiable y un óptimo funcionamiento del módulo, a continuación, en la figura 4.23, se visualiza cada una de ellas.

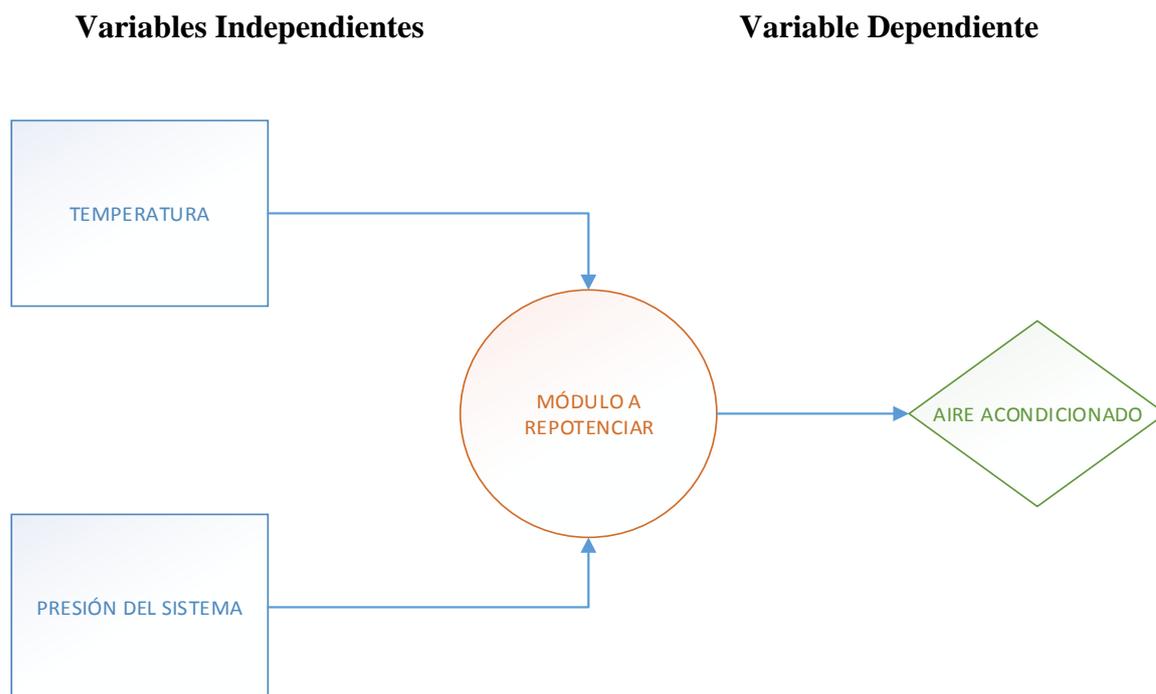


Figura 4.23: Variables del sistema.
Fuente: Los Autores.

4.1.5. Operacionalización de las Variables

Esta parte hace referencia a las variables que se utiliza en el módulo de Aire Acondicionado como se muestra en la tabla 4.4, para determinar la unidad de medida, instrumento de medición y técnicas a utilizar durante la ejecución del proyecto.

Tabla 4.4: Variables del Sistema de Refrigeración.

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica
Temperatura	Grados Celsius	Termómetros	Experimental
	Grados Kelvin	Sensores	
Presión del sistema	Pascal	Manómetros	Experimental
	Psi		

Fuente: Los Autores.

4.2. Diseño y construcción del sistema de Aire Acondicionado

A continuación, se presenta el diseño y las fuerzas que van a interactuar en la estructura soporte del módulo de Aire Acondicionado.

4.2.1. Diseño y construcción de la estructura donde ira soportado el Sistema de Aire Acondicionado.

El objetivo de la construcción es presentar las especificaciones técnicas para la repotenciación del módulo de Aire Acondicionado, seguido de las alternativas propuestas en la reubicación y automatización de dicho módulo.

En cada alternativa se presenta una breve descripción general de las características de funcionamiento ventajas, desventajas y por ultimo determinar la alternativa adecuada.

4.2.2. Aplicación del software SAP 2000 Versión 19.2

Este programa nos facilita para el cálculo de fuerzas y momentos que se aplica a la estructura soporte; el SAP 2000 es un software de cálculo estructural con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar de forma totalmente integrada la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

Este programa es la solución más fácil y productiva para las necesidades de análisis y diseño estructural e puede realizar desde un simple análisis de estática de elementos pequeños en 2D, así como el análisis dinámico no lineal de elementos complejos en 3D [20].

4.3. Pesos de los elementos que conforman el módulo en (kg)

En la tabla 4.5, se visualiza el peso de los elementos con más relevancia del sistema del aire acondicionado para el análisis del soporte de la mesa.

Tabla 4.5: Peso de los elemento

Elementos	Peso (Kg)
Evaporador	5
Condensador	8
Motor	25
Compresor	10
Mesa soporte	15

Fuente: Los Autores.

4.3.1. Tipo de material de la estructura

En la tabla 4.6, se muestra el tipo de material de la estructura que se utilizó.

Tabla 4.6: Materiales y dimensiones de la mesa soporte

Material	Dimensiones
Tubo cuadrado	ASTM A36 , 250 mm x 2 mm
Angulo	ASTM A36, 250 mm x 250 mm x 2 mm
Plancha de madera	1400 mm x 820 mm x 20 mm

Fuente: Los Autores.

4.4. Análisis estructural de la mesa soporte mediante el programa SAP 2000 V.19

En este caso se toma en cuenta el tipo de materia que se utiliza para el módulo e igualmente todas las cargas de los elementos que conforman en el mismo las cuales ya se ha me mencionado anteriormente.

Una vez determinado todas las características para el diseño de la estructura se procede a realizar el análisis con la ayuda del software SAP 2000.

En la figura 4.24 se visualiza el diseño geométrico de la estructura de la mesa soporte.

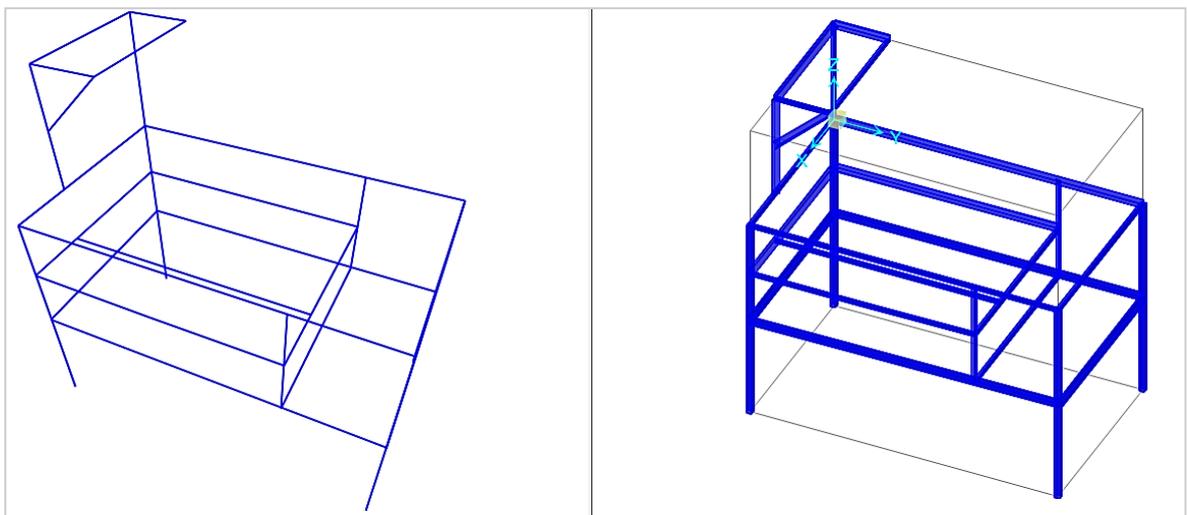


Figura 4.24: Diseño geométrico a) Diseño 2D, b) Diseño 3D

Fuente: SAP 2000 V19.

En la figura 4.25 se observa el diagrama de las fuerzas axiales que actúan sobre la estructura.

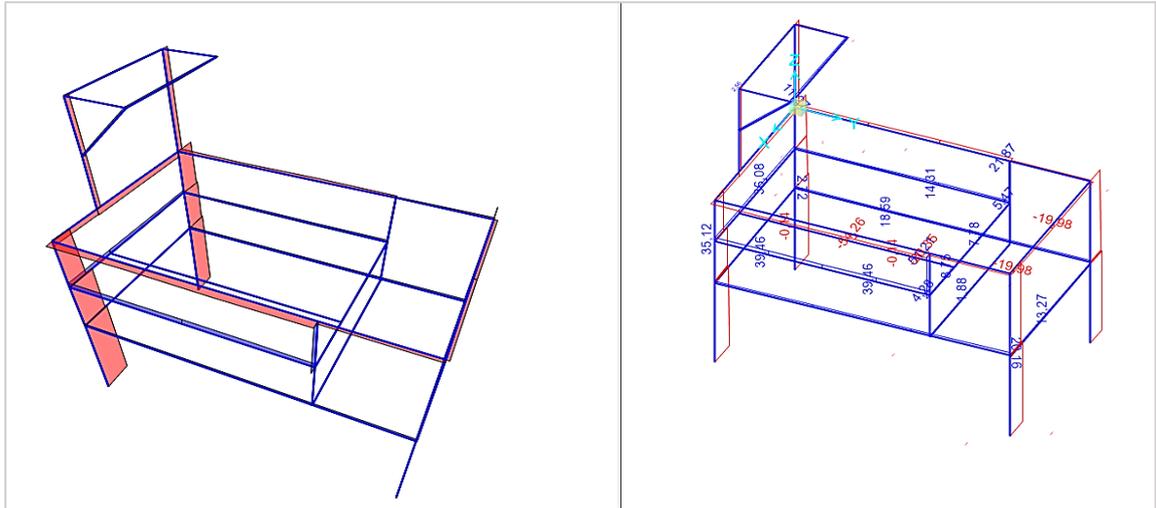


Figura 4.25: Fuerzas axiales.
Fuente: SAP 2000 V19.

La figura 4.26, se muestra el diagrama de fuerza cortante la cual se genera en el material de la estructura.

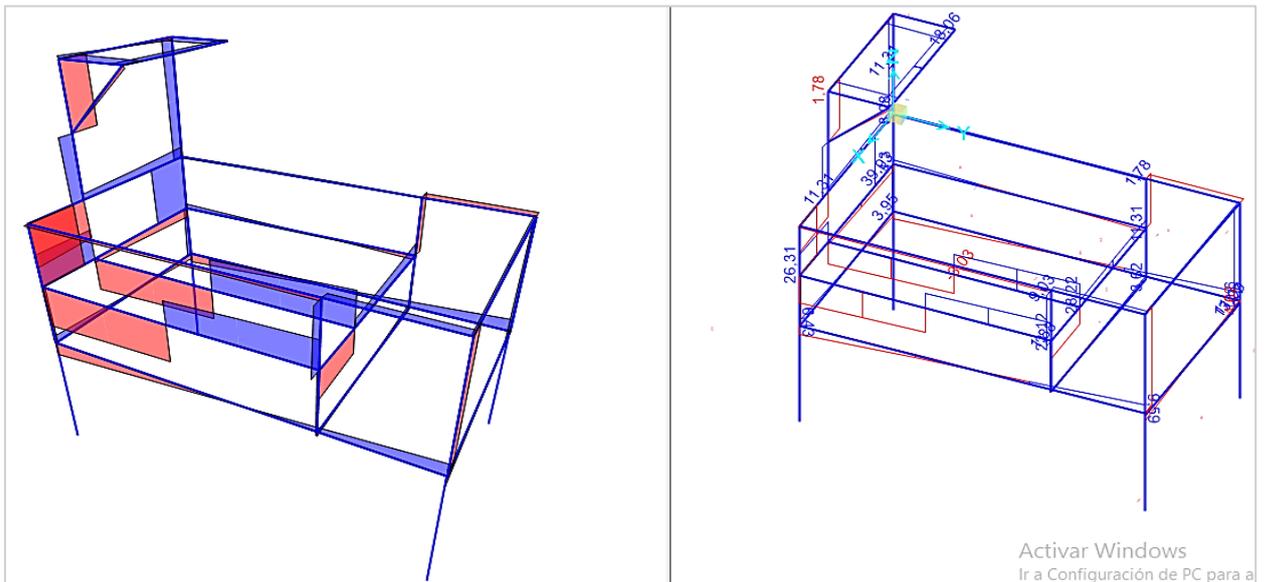


Figura 4.26: a) Diagrama de fuerza cortante b) Fuerza cortante máxima y mínima
Fuente: SAP 2000 V19.

En la figura 4.27, se representa el momento máximo y mínimo que ejerce en la mesa soporte

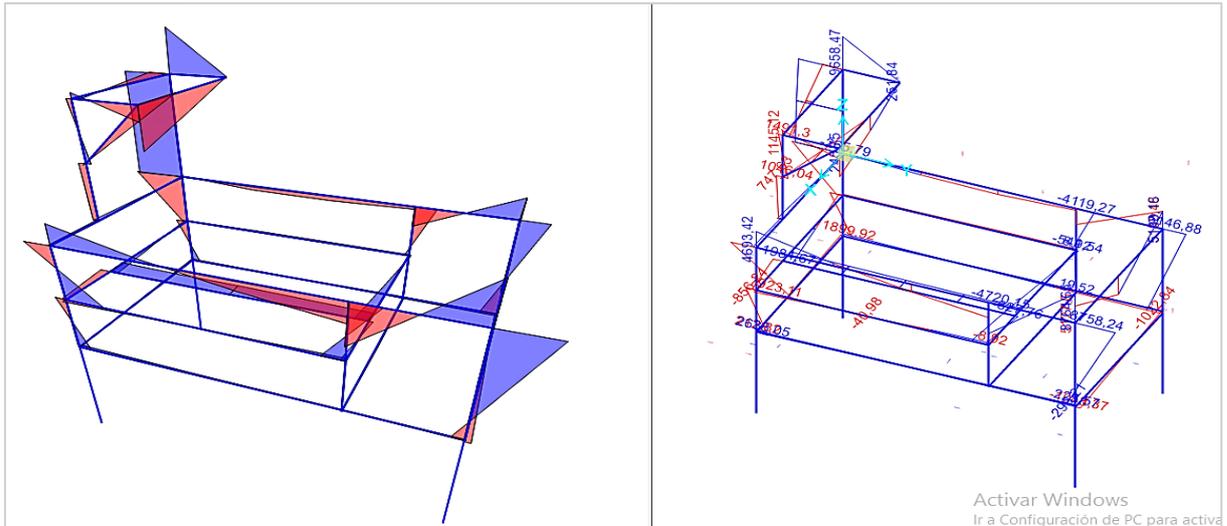


Figura 4.27: a) Diagrama momento b) Momento máximo y mínimo.
Fuente: SAP 2000 V 19.

La figura 4.28, indica las fuerzas resultantes de la estructura:

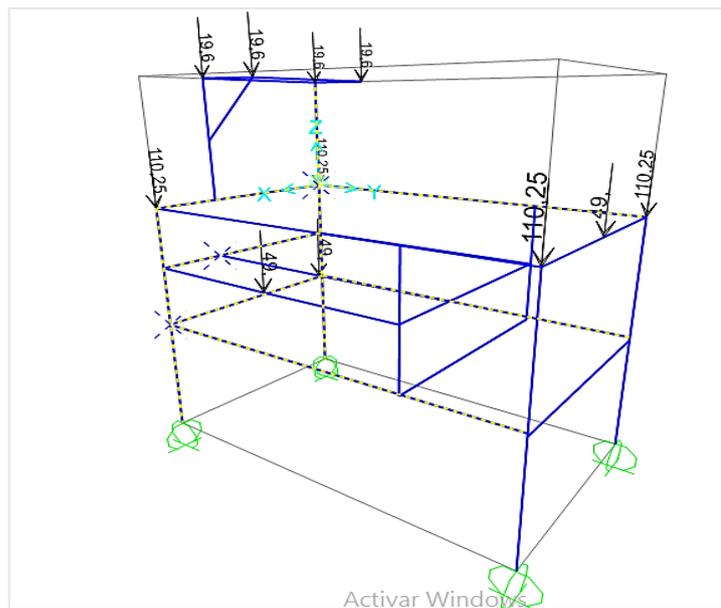


Figura 4.28: Fuerza resultante
Fuente: SAP 2000 V 19.

Con los datos que se puede observar anteriormente se puede concluir que el material seleccionado para el módulo cumple con las características para soportar las fuerzas que ejercen sobre el mismo.

4.4.1. Construcción del Módulo de Aire Acondicionado

En la construcción del módulo se usó el programa SolidWorks 2015, para el diseño de la estructura donde irán situados todos los elementos del sistema y control de aire acondicionado.

A continuación, se detallan algunas alternativas propuestas en base al módulo que ya se tenía para la repotenciación.

4.4.2. Alternativa 1: Reducción de espacio físico del módulo con los mismos equipos.

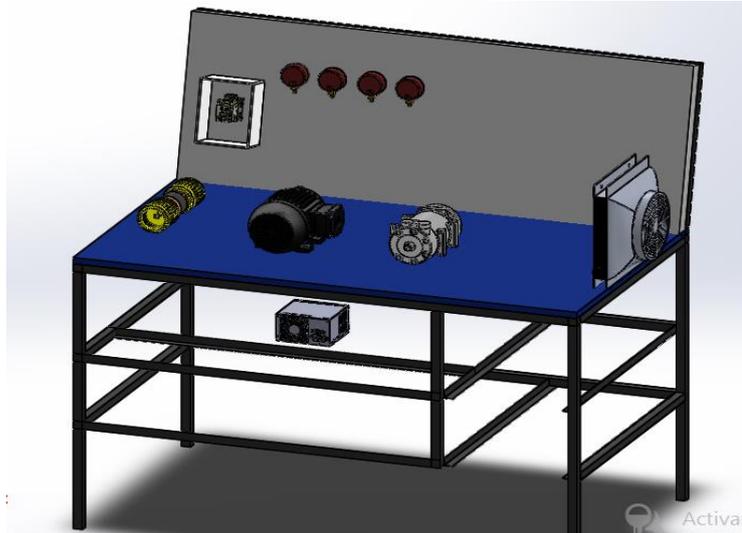


Figura 4.29: Alternativa 1
Fuente: Los Autores.

4.4.2.1. Descripción

En esta alternativa, se presenta realizar la reducción del módulo sin implementar ningún equipo electrónico solamente realizando el corte de la base donde se encuentran todos los equipos y ubicando correctamente en su lugar.

4.4.2.2. Ventajas

- Fácil reconstrucción
- Menor costo.
- Se puede utilizar la misma ubicación de los equipos sin la necesidad de moverlos.

4.4.2.3. Desventajas

- Al momento de realizar alguna operación del módulo conlleva más tiempo en ejecutarla.
- El aire del evaporador causa daños en los equipos, ya que se encuentran al mismo nivel y espacio físico.

4.4.3. Alternativa 2: Reubicación de equipos y reducción de espacio físico del módulo.

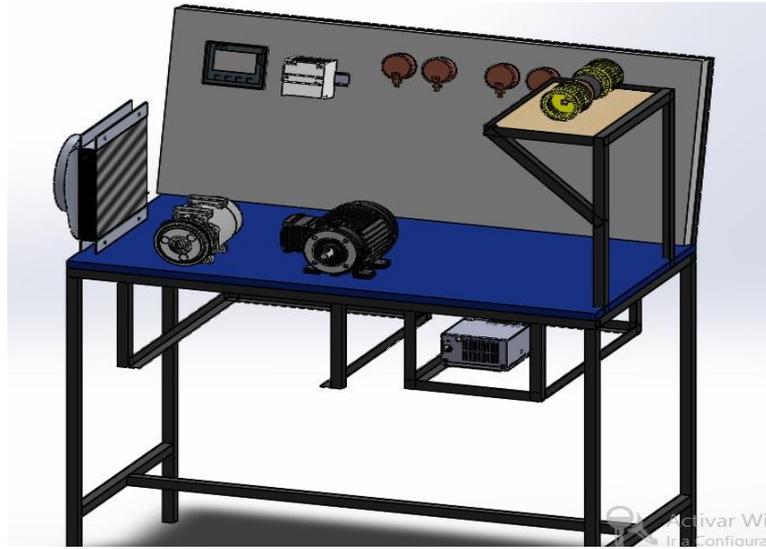


Figura 4.30: Alternativa 2

Fuente: Los Autores.

4.4.3.1. Descripción

En este caso se realiza la reubicación de los equipos, de igual manera se procederá a la reducción del espacio físico donde los elementos se instalarán en un lugar diferente para un mejor funcionamiento.

4.4.3.2. Ventajas

- Su mantenimiento no es complicado
- Con la reducción del espacio físico se puede tener
- Más valor no es elevado

4.4.3.3. Desventajas

- La fiabilidad de los equipos disminuye al momento de ser reubicados.
- Dificultad al momento de reubicar los elementos ya que se podría dañar algún equipo.
- El tiempo de operatividad es elevado.

4.4.4. Alternativa 3: Reducción de espacio físico con reconstrucción ergonómica de los elementos de Refrigeración y aumento de equipos para la automatización.

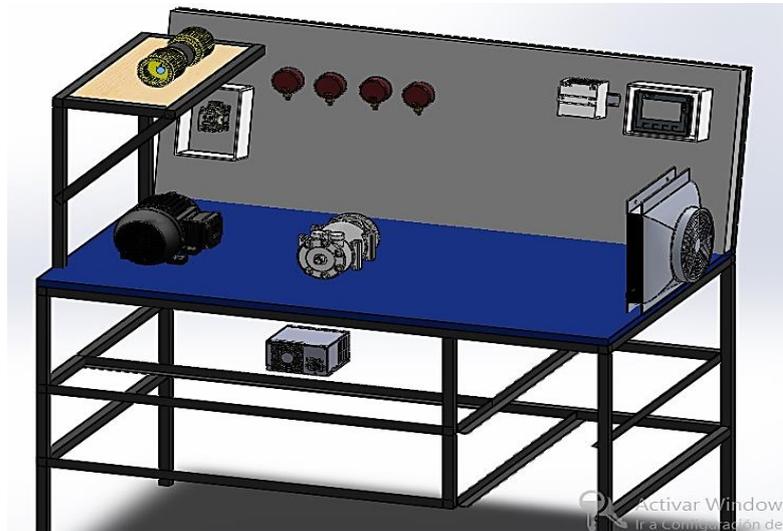


Figura 4.31: Alternativa 3
Fuente: Los Autores.

4.4.4.1. Descripción

En esta alternativa se presenta la reconstrucción del módulo, donde se adapta a una ergonomía adecuada para los estudiantes con lo cual se va a realizar una medición según la norma (Decreto Ejecutivo 2393-IESS), y la principal característica del módulo es la implementación de equipos automatizados como son el PLC S7-1200 y la pantalla HMI KTP-400 Mono Basic, donde se pretende reducir la intervención directa del estudiante frente al módulo.

4.4.4.2. Ventajas

- El módulo está adecuado a las características ergonómicas para la facilidad y manipulación de los estudiantes.
- Incremento de la fiabilidad y tiempo de vida del módulo.
- Reducción de riesgos operarios.
- Menor tiempo de operación.

4.4.4.3. Desventajas

- Mayor costo de mantenimiento.
- Costos elevados en la producción del módulo.

4.5. Discusión de las alternativas según el grado de factibilidad

En este punto se analiza una breve justificación de los factores con más relevancias que se consideran a continuación, para así obtener la mejor alternativa que cumpla con los parámetros requeridos en el tema propuesto.

Los factores tomados en cuenta son:

- Tiempo de operación
- Mantenimiento
- Falla en los equipos.

Estos factores son posteriormente cuantificados.

4.6. Justificación de los factores para la Selección de Alternativas del Módulo de Aire Acondicionado.

A continuación, se detalla los factores para la selección de alternativas ya mencionadas.

4.6.1. Tiempo de operación.

El tiempo de operación se basa en la eficiencia productiva de la máquina, este factor es de gran importancia ya que permite que el módulo ahorre el tiempo de consumo.

4.6.2. Mantenimiento

En este punto se hace referencia a la facilidad del acoplamiento de cada uno de los elementos que componen el módulo, con el propósito de garantizar su correcto funcionamiento y de esta manera evitar alguna dificultad que se presente en el mismo.

4.6.3. Fallas en los equipos

En el módulo se involucra las posibles fallas que pueda ocurrir en el sistema de aire acondicionado, en la programación y en cada uno de sus componentes implementados.

Después de haber detallado y justificado cada uno de los factores para la correcta selección de alternativas se procede a dar una valoración apropiada de cada ítem. Dicha valoración numérica se muestra en la tabla 4.8.

Se va aplicar el método de Brown y Gibson, lo cual trata sobre una evaluación ponderada donde se obtendrá la alternativa adecuada que cumpla los parámetros propuestos para el módulo a repotenciar.

Tabla 4.7: Valoración de factores para la selección de alternativas.

Tiempo de operación	Mantenimiento	Falla de quipos	Valoración
Bajo	Fácil	Bajo	4
Medio	Medio	Medio	3
Alto	Difícil	Alto	2

Fuente: Los Autores.

4.7. Selección de la correcta alternativa del Sistema de Aire Acondicionado a repotenciar.

La alternativa que obtenga el mayor porcentaje en cada factor será la que se repotenciará, en la tabla 4,9 se muestra el desarrollo de la ponderación para cada factor.

Tabla 4.8: Valoración de la correcta alternativa para el sistema de aire acondicionado.

Criterios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Diseño ideal
Tiempo de operación	2	2	4	4
Mantenimiento	2	2	3	4
Falla del equipo	2	2	4	4
Total	6	6	11	12
Porcentaje	50%	50%	91.66%	100%

Fuente: Los Autores.

En la tabla 4.9, se muestra que, de las opciones ya propuestas la alternativa 3 es la que alcanza el mayor ya que permite menor tiempo de operación reduce los riesgos operarios teniendo en

cuenta que esta adecuado a las características ergonómicas para una correcta posición del estudiante al momento de la manipulación porcentaje cumpliendo así con un 91.66% de los factores antes mencionados, por lo tanto, esta alternativa es la correcta para el desarrollo del presente tema.

4.8. Selección de los sensores utilizados para el proceso

Para el módulo de aire acondicionado se utilizó el Termostato Digital MT-512E 2HP, el cual viene incorporado un sensor de temperatura y además este sensor estaba incorporado en el módulo previamente antes de su repotenciación.

Este termostato opera solamente como indicador de temperatura. También presenta filtro digital configurable, el cual tiene la finalidad de simular un aumento de masa en el sensor del ambiente, aumentando así su tiempo de respuesta, es decir, tornando la respuesta del sensor más lenta [21].



Figura 4.32: Termostato digital MT-512E 2HP
Fuente: [21].



Figura 4.33: Termostato digital MT-512E 2HP
Fuente: [21].

Otro sensor utilizado fue el LM35, el cual es un sensor de temperatura que mide en rangos de milivoltios y nos sirve para el acondicionamiento del controlador programable.

En nuestro proceso de medición de temperatura, el rango a medir a ser desde los 0°C hasta los 30°C como máximo permitido, ya que el sensor y el Autómata Programable no está dimensionado para medir temperaturas superiores al rango antes descrito.

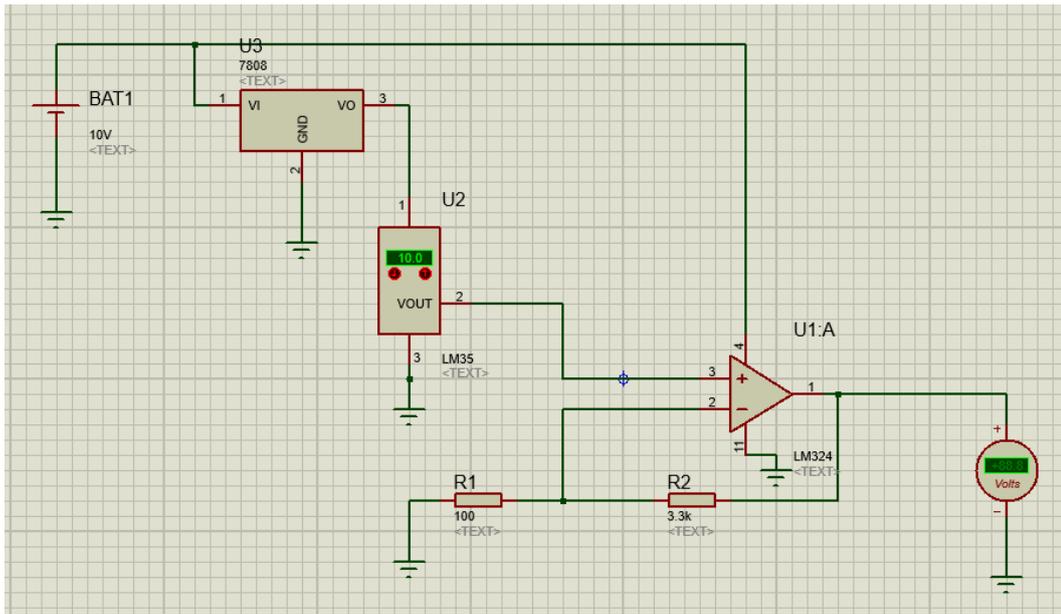


Figura 4.35 Diseño del esquema electrónico en Proteus V8.0.

A continuación, en la figura 4.36, se indica el diseño de la placa electrónica en Proteus y en la figura 4.37, se muestra la baquelita terminada para el acondicionamiento de la señal analógica de nuestro PLC.

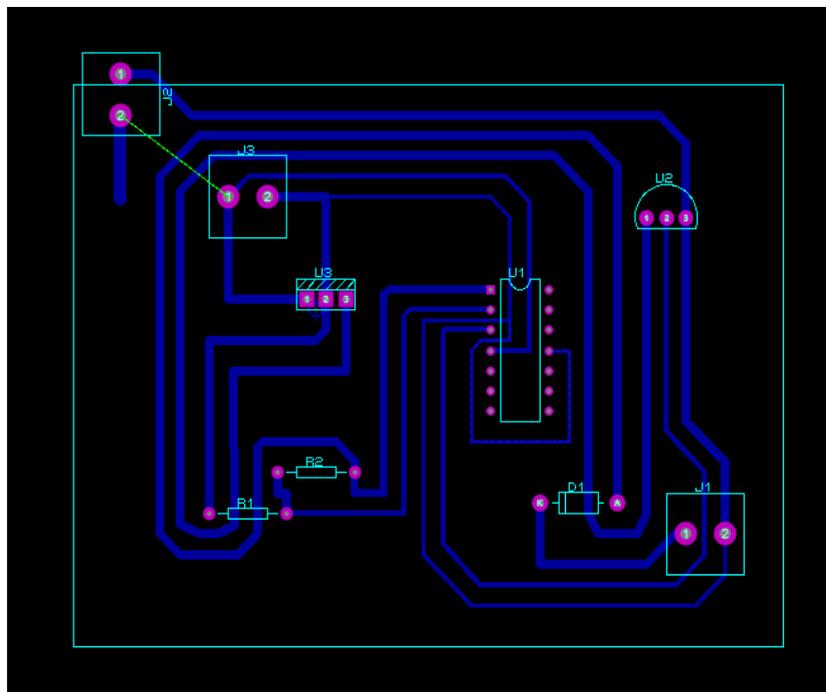


Figura 4.36: Diseño de la placa en Proteus V8.0.

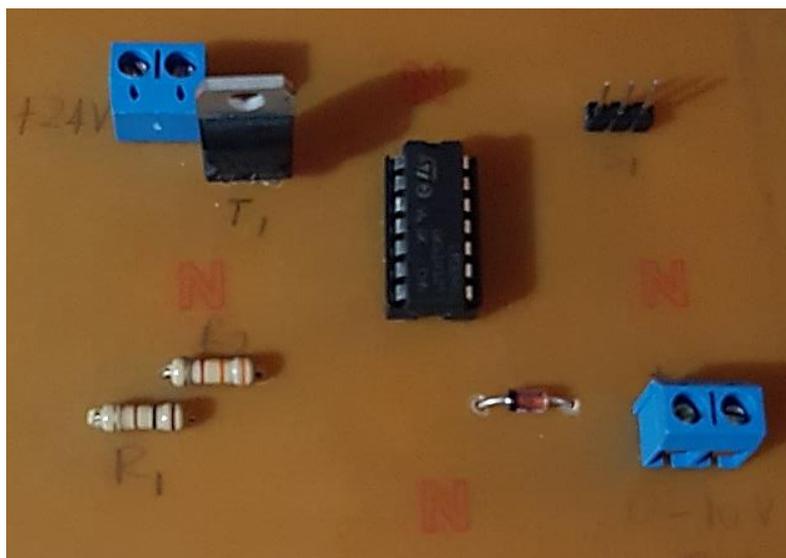


Figura 4.37: Diseño de la placa en baquelita.

4.8.2.2. Esquema eléctrico de conexión para el control del Sistema de Aire Acondicionado.

El sistema eléctrico del módulo fue diseñado en el programa CADe_SIMU V3.0, el cual nos proporciona un sin número de comandos y simbología eléctrica para la realización del esquema, ver Anexo E.

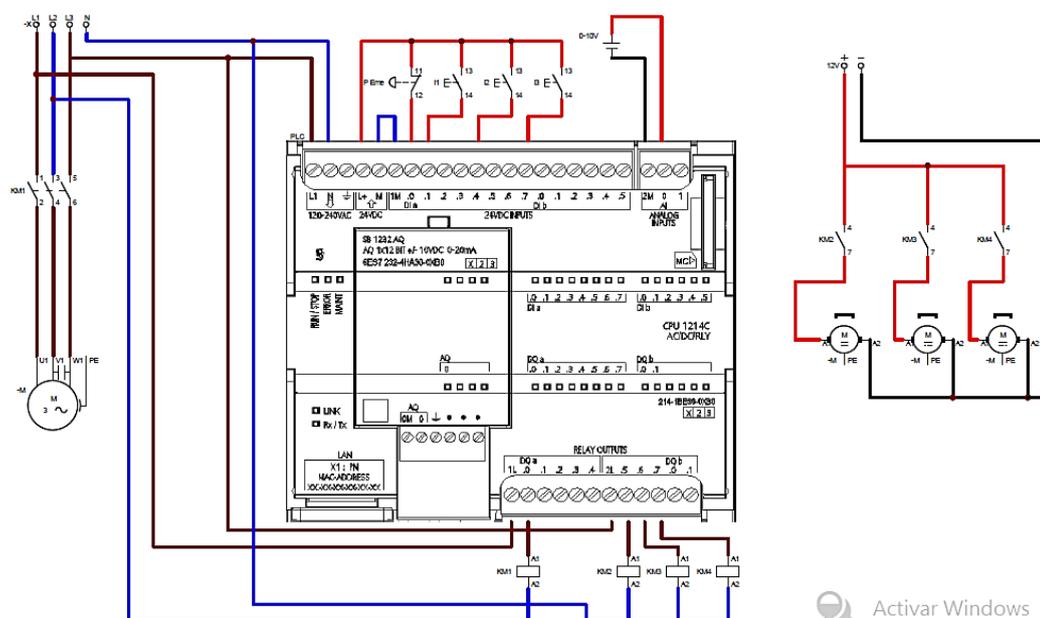


Figura 4.38: Diseño del esquema de la conexión eléctrica del módulo.

4.8.3. Selección del Controlador para el Módulo de Control

En la figura 4.39, se puede observar el equipo a implementar en el proyecto.



Figura 4.39: PLC S7-1200 marca Siemens.
Fuente: [19].

4.8.4. Determinación de los parámetros necesarios para el PLC S7-1200

Para generar esta propuesta tecnológica, necesitamos un análisis de los elementos nuevos a implementar; y para ello se describe en la tabla 4.7 los requerimientos del PLC S7-1200 y Pantalla HMI KTP-400 marca Siemens.

Tabla 4.9: Requerimientos del sistema de Aire Acondicionado mediante el PLC S7-1200.

ELEMENTO	NOMBRE	ENTRADA/SALIDA	FUNCIÓN
1 Pulsador NC	P0	Entrada Digital	Paro del Sistema
1 Sensor de Temperatura	A0	Entrada Analógica	Medición de la temperatura general del sistema
1 Luz Piloto (Verde)	H1	Salida Digital	Indicador de encendido del sistema
1 Bobina del Contactor 220V	KM1	Salida Digital	Arranque del motor
1 Bobina del Contactor 110V	KM2	Salida Digital	Arranque del Evaporador
1 Bobina del Contactor 110V	KM3	Salida Digital	Arranque del Ventilador
1 Bobina del Contactor 110V	KM4	Salida Digital	Arranque del Compresor

Fuente: Los Autores.

El PLC S7-1200 al ser el dispositivo principal dentro de la automatización y del módulo, se encarga del control y la determinación para iniciar o parar el sistema y de todos los elementos que lo conforman.

Este elemento fue diseñado para ser utilizado en el entorno industrial, y utiliza una memoria programable para orientar instrucciones y secuencias con el fin de controlar mediante entradas y salidas diversos tipos de máquinas y procesos.

4.8.5. Criterios para la selección de un PLC

Para una correcta selección se debe tomar en cuenta ciertos criterios como se describe a continuación:

- Tipo de energía (Alimentación de un PLC)

El PLC funciona con un tipo de energía y estas son: AC: Corriente Alterna, DC: Corriente Directa, dependiendo el modelo y características.

- Señales Digitales

Trata de una secuencia de señales binarias, consideradas como una sola. Cada posición de la señal digital se denomina un bit. A continuación, se detallan las entradas y salidas digitales:

- Entradas Digitales

Tipo: Fuente

Tensión nominal: 24 VDC a 4 m A

Los elementos más comunes que se usan en las entradas digitales de un PLC son:

- Pulsadores
- Interruptores
- Paletas rotativas, etc.

- Salidas Digitales

Tipo: Relé

Rango de voltaje: 5 a 30 VDC o 5 a 250 VAC

Corriente (máx.): 2.0 A

Tipo: Fuente

Rango de voltaje: 20.4 a 28.8 VDC

Corriente (máx.): 0.5 A

- **Señales analógicas:**

Son aquellas que poseen valores continuos, es decir, consisten en un número infinito de valores. Los PLC's no pueden procesar señales analógicas reales de este modo, estas señales deben ser convertidas en señales digitales y vice-versa [22].

- **Características de las entradas analógicas**

Tipo: Tensión (unipolares)

Rango: 0 a 10 Vdc

Resolución: 10 bits

Corriente Max: 4-20mA

4.8.6. Pantalla HMI KTP – 400 (Siemens)

Este elemento funciona como interfaz hombre – máquina, como se muestra en la figura 4.40, la pantalla es Touch no necesita de botones externos, esta pantalla sirve en el módulo para poder activar o desactivar las salidas de nuestro PLC S7-1200 y así controlar el motor, el evaporador, el ventilador y el compresor.



Figura 4.40: Pantalla HMI KTP-400 Mono Basic.
Fuente: [19].

4.9. Diseño y desarrollo del Software de Soporte del Sistema.

A continuación, se presenta el desarrollo del software para el control del sistema.

4.9.1. Datos del programa

4.9.1.1. Software TIA-PORTAL V13

Una parte esencial en la repotenciación del módulo es el uso del Software TIA-PORTAL V13 para la programación y control del PLC S7-1200, dicho Software optimiza todos sus procedimientos de procesamiento, operación de máquinas y planificación, con una intuitiva interfaz de usuario, la sencillez de sus funciones y la completa transparencia de datos es increíblemente fácil de utilizar [23].

4.9.1.2. Estudio del Software TIA-PORTAL

TIA Portal es el innovador sistema de ingeniería que permite configurar de forma intuitiva y eficiente todos los procesos de planificación y producción. Conviene por su funcionalidad probada y por ofrecer un entorno de ingeniería unificado para todas las tareas de control, visualización y accionamiento.

El TIA Portal incorpora las últimas versiones de Software de Ingeniería SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación [23].

4.9.2. Procesamiento de datos del Control de Temperatura

El rango de medición va desde los 0°C hasta los 30°C como medida máxima, en la figura xx se puede observar la normalización de la temperatura en el TIA PORTAL V13.

Para el escalamiento se necesita de rangos de valores que vienen predeterminados en el PLC, estos valores van desde 0 hasta los 27648 bits, rango que el PLC interpreta mediante la entrada de un voltaje variable de 0-10Vdc.

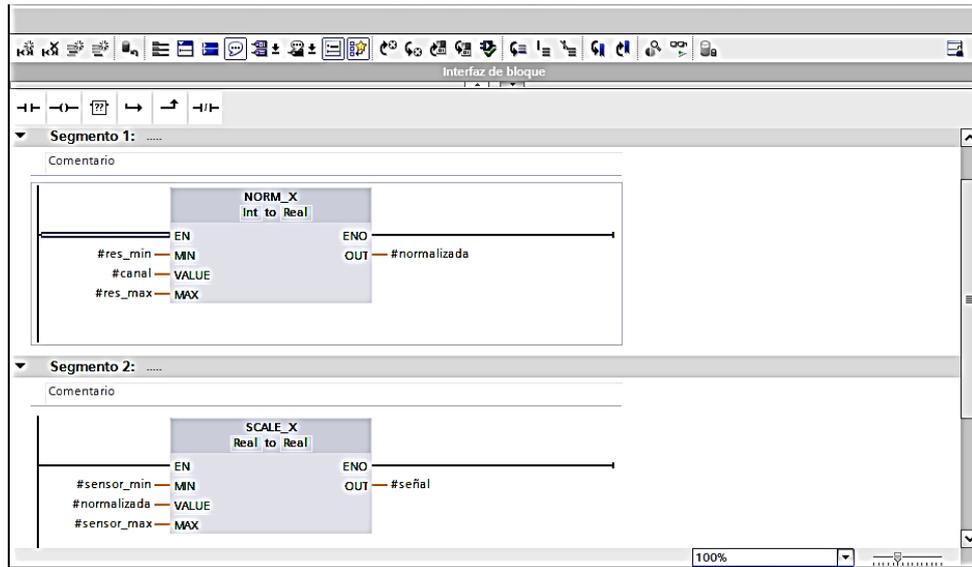


Figura 4.41: Registro de datos de escalamiento y normalización para el acondicionamiento de temperatura.

4.9.3. Tipo de control implementado

En el módulo se utilizó un control ON/OFF y un control PID, el que consiste en mantener constantes ciertas variables como son presión, temperatura los cuales facilitan la operación del controlador lógico programable.

El control ON/OFF es el más importante en el sistema que se va a repotenciar ya que se basa en activar el mando de calentamiento cuando la temperatura está bajo los estándares de la temperatura deseada y luego desactivar con la temperatura este por arriba.

El control PID va permitir el control y monitorización de la temperatura del sistema lo que va a estar conectada a una entrada del sensor y tiene una salida conectada al elemento de regulación como es el ventilador.

4.9.4. Despliegue en pantalla del programa de control

A continuación, se presenta la curva general, y los comandos de control del sistema en el programa TIA PORTAL V13.

4.9.4.1. Presentación de la curva de temperatura en la pantalla HMI

Una parte del control y la visualización de las magnitudes son la implementación y presentación de una curva de temperatura mediante una interfaz HMI, la cual fue diseñada en el software TIA PORTAL V13.

En la siguiente figura 4.42, se puede observar la programación de la interfaz de la curva de temperatura.

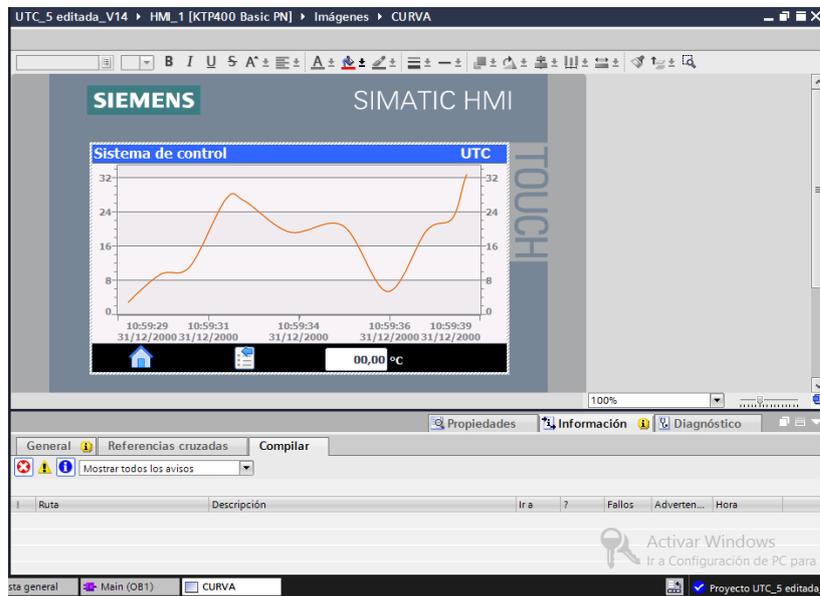


Figura 4.42: Curva de temperatura en el TIA PORTAL V13.

4.9.4.2. Presentación de la programación en la pantalla HMI

Para el control de los elementos que se encuentran en el módulo, se procedió a la programación mediante una interfaz para que los estudiantes puedan interactuar directamente con el equipo antes mencionado.

A continuación, en la figura 4.43, se muestra la programación didáctica en el software.

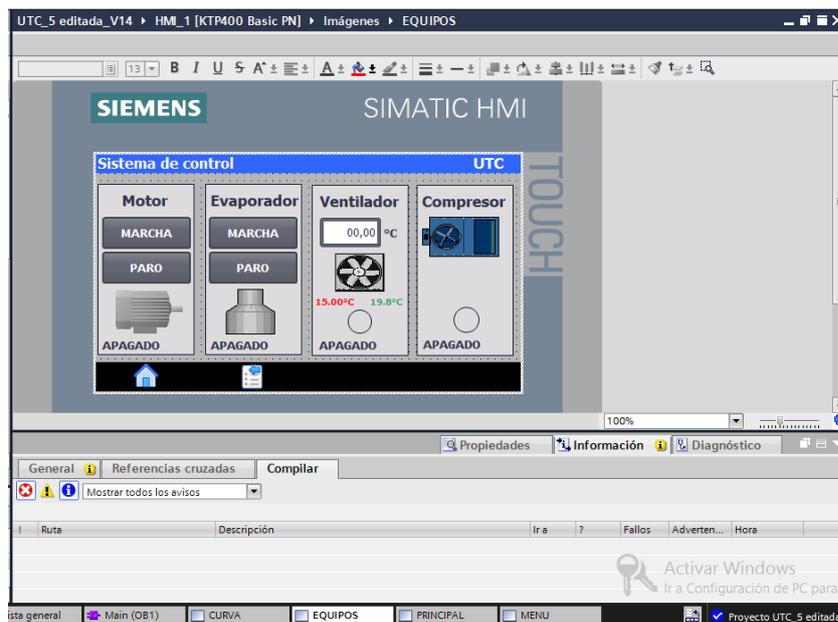


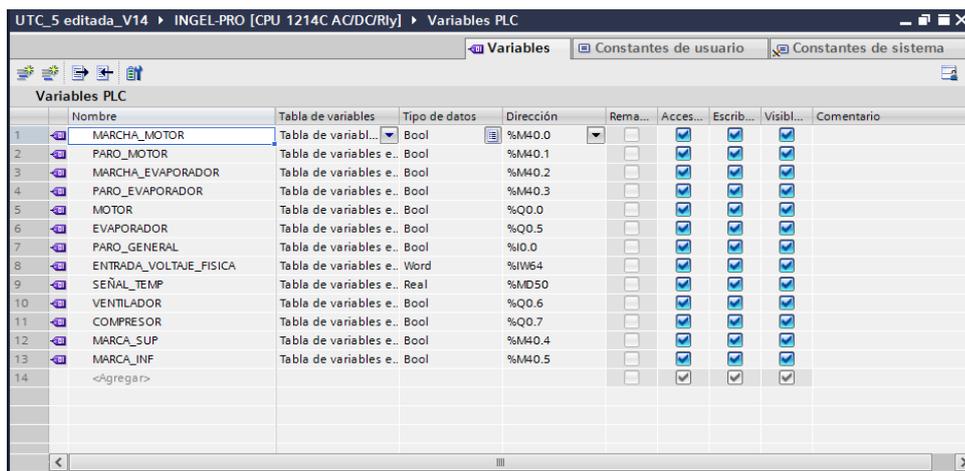
Figura 4.43: Pantalla HMI del control de los equipos individualmente.

4.9.5. Desarrollo del programa

Mediante la generación del programa la misma que se muestra en el Anexo xx, se puede determinar una curva de Temperatura, la cual se registrará a las condiciones y especificaciones del controlador lógico programable PLC S7-1200 y a los sensores para con ello poder controlar el sistema de Aire Acondicionado.

La programación de nuestro PLC se basó en los requerimientos que tiene el módulo de Acondicionamiento de Aire, donde realizamos una selección de los elementos para la propuesta planteada, para ello se utilizan, esquemas de conexión y equipos acordes al sistema antes mencionado, ver Anexo D.

El primer paso para el desarrollo del programa es la declaración de todas las variables que intervienen en el sistema, a continuación, en la figura 4.44, se muestran las variables en el TIA PORTAL:



Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
MARCHA_MOTOR	Tabla de variabl...	Bool	%M40.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PARO_MOTOR	Tabla de variables e..	Bool	%M40.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
MARCHA_EVAPORADOR	Tabla de variables e..	Bool	%M40.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PARO_EVAPORADOR	Tabla de variables e..	Bool	%M40.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
MOTOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
EVAPORADOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PARO_GENERAL	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
ENTRADA_VOLTAJE_FISICA	Tabla de variables e..	Word	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
SEÑAL_TEMP	Tabla de variables e..	Real	%MD50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
VENTILADOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
COMPRESOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
MARCA_SUP	Tabla de variables e..	Bool	%M40.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
MARCA_INF	Tabla de variables e..	Bool	%M40.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 4.44: Variables del PLC para el control de los equipos.

Una vez declarada todas las variables, como se muestra en las siguientes figuras 4.45, 4.46 se procede al acondicionamiento de la señal analógica, mediante un escalamiento y normalización en función de la temperatura que tenga el módulo en funcionamiento.

El rango de medición va desde los 0°C hasta los 30°C como medida máxima, en la figura xx se puede observar la normalización de la temperatura en el TIA PORTAL.

Para el escalamiento se necesita de rangos de valores que vienen predeterminados en el PLC, estos valores van desde 0 hasta los 27648 bits, rango que el PLC interpreta mediante la entrada de un voltaje variable de 0-10Vdc.

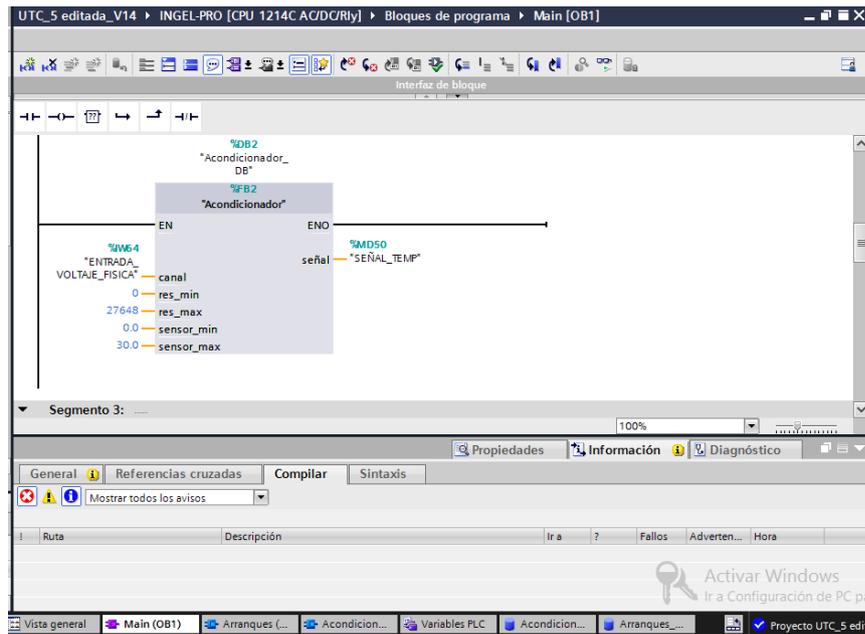


Figura 4.45: Escalamiento para el acondicionamiento de la temperatura.

The screenshot shows the variable declaration table for the "Acondicionador_DB" library. The table has the following columns: Nombre, Tipo de datos, Valor de arranque, Remanen..., Accesible d..., Escrib..., Visible en..., Valor de a..., and Comentario. The variables are listed as follows:

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a...	Comentario
Input								
canal	Word	16#0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
res_min	Word	16#0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
res_max	Word	16#0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
sensor_min	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
sensor_max	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Output								
señal	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
InOut								
Static								
normalizada	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 4.46: Variables de escalamiento para el acondicionamiento de la temperatura.

Finalmente se procede a la activación de todos los elementos mediante la programación en Ladder, la cual utiliza contactos abiertos, cerrados, bobinas, temporizadores, etc.; como se muestran en las figuras 4.47, 4.48, se visualiza la programación en el software TIA PORTAL.

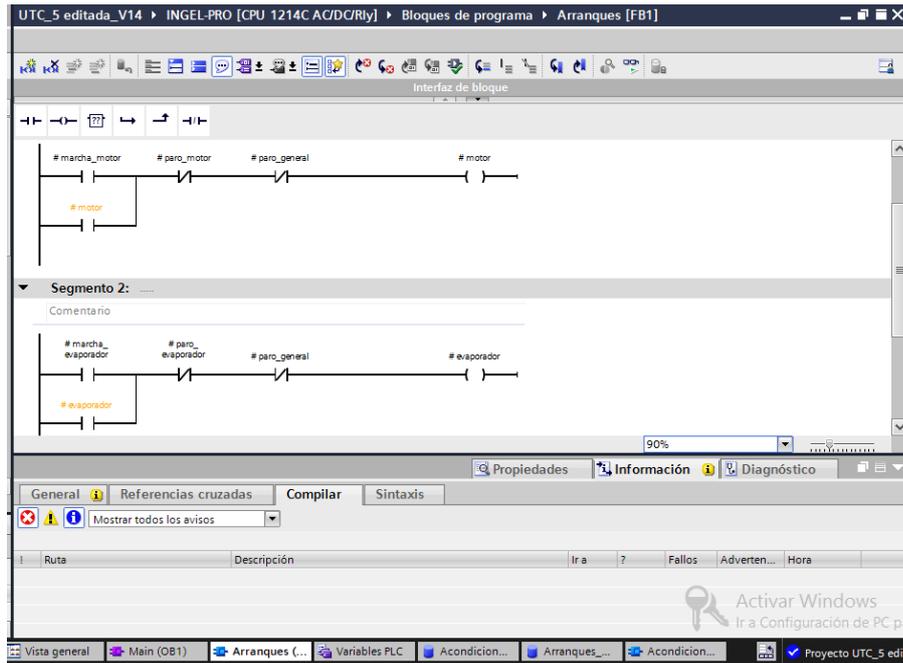


Figura 4.47: Variables de escalamiento para el acondicionamiento de la temperatura.

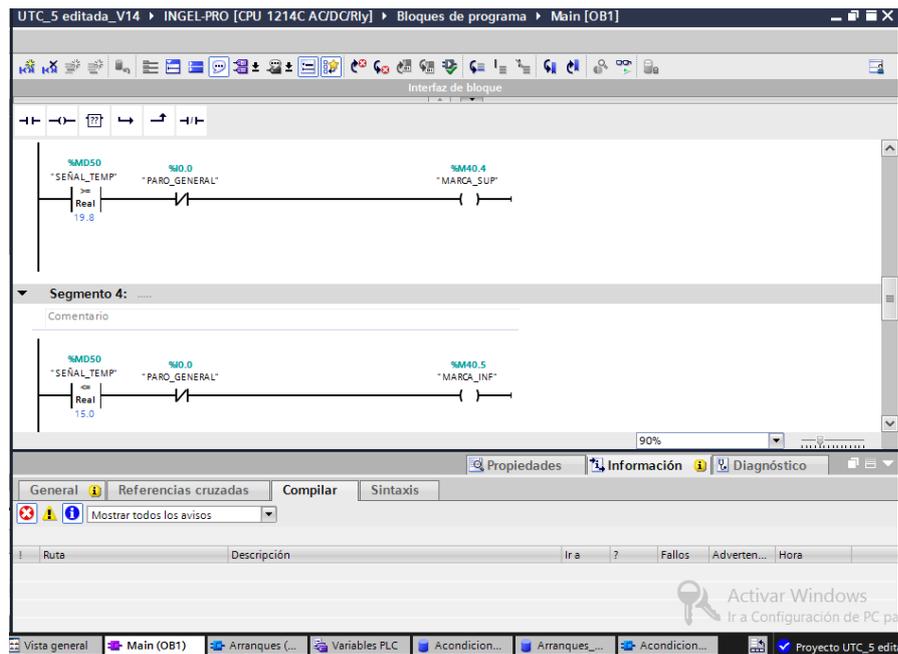


Figura 4.48: Programación de las variables para la activación de los elementos del sistema de Aire Acondicionado.

4.10. Materiales e Instrumentos

En el proyecto de investigación se utilizará algunos materiales e instrumentos que se conocieron anteriormente en la formación académica del estudiante:

A continuación, se detalla los materiales:

4.10.1. Parte Hidráulica

- Tubo de Cobre para Refrigerante de ¼ de pulgada
- Tubo de Aluminio para Refrigerante de ¼ de pulgada
- Reductores de ½" a ¼"
- Reductores de ¾" a ½"
- Neplos
- Uniones
- Válvulas de Paso
- Válvulas Check
- Codos 90°

4.10.2. Parte Eléctrica

- Cinta aislante
- Cable Gemelo 2x20 AWG
- Cable Gemelo 2x18 AWG
- Contactor de 220V - 30A
- Canaletas Schneider
- Riel DIN
- Luces Piloto 220V
- Interruptores de Inicio
- Pulsador Zeta de Paro 220V
- Relay's de 110Vac, etc.

4.10.3. Instrumentos de medición

Los instrumentos utilizados para la medición de las diferentes magnitudes del Sistema de Refrigeración son los siguientes:

- Sensores de Temperatura MT-512E 2HP (Termostatos Digitales).
- Sensor de Temperatura LM35 (Acondicionamiento de Señal Analógica).
- Voltímetro
- Amperímetro
- Manómetros

4.10.4. Instrumentos de diseño

- SolidWorks 2015
- TIA PORTAL V13 - SIEMENS
- SAP 2000 Versión 19.2.0.
- Microsoft Office - Word
- Microsoft Office - Excel

4.10.5. Herramientas utilizadas en la construcción del módulo de Aire Acondicionado.

- Sierra
- Taladro
- Destornilladores
- Llave de Tubo
- Llave de Presión
- Flexometro
- Alicata universal, etc.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Análisis del módulo repotenciado

El presente módulo se lo ha implementado para que cumpla con las expectativas que demanda la asignatura de Refrigeración y Aire Acondicionado, añadiéndole un sistema automatizado y poder controlar los elementos tales como: Evaporador, Compresor, Ventilador y Motor; mediante un Autómata Programable el cual tiene un sin número de funciones aplicativas para darle un alcance tecnológico a dicho modulo. Ver Anexo (VI).

Con el avance tecnológico se puede contar con equipos y dispositivos referentes a la automatización, así como también con un PLC y una pantalla HMI la cual será el elemento primordial del módulo y servirá para el aprendizaje de los estudiantes. Ver Anexo (VI).

5.1.1. Estructura del módulo para prácticas de Aire Acondicionado

Uno de los resultados es la nueva estructura en Acero A-36 para alojar todos los elementos que constituyen el sistema de refrigeración y sistema de control automatizado, la estructura fue construida con las siguientes medidas: Alto 1,58 m; Largo 1,40 m y de ancho 0,82 m. Ver Anexo (VI).

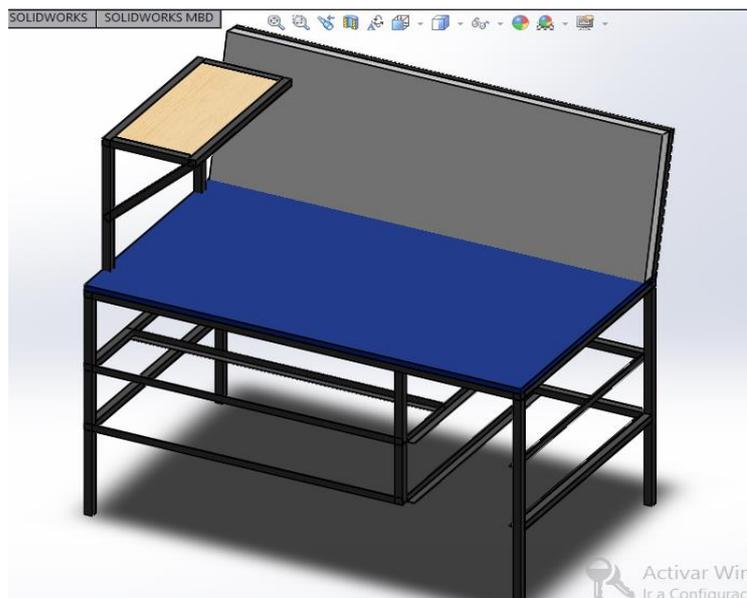


Figura 5.49: Estructura nueva del Módulo de Aire Acondicionado.

5.2. Discusión de los Resultados

El resultado del proyecto es positivo referido a los nuevos conocimientos adquiridos, ya que se ha despertado el interés al resto de los alumnos de nuestra Universidad.

5.2.1. Selección del Agente Refrigerante

El módulo constaba con el refrigerante R22, el cual consta en su composición química con agentes del grupo de los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), compuestos que dañan la capa de ozono.

El refrigerante R22 era muy utilizado en equipos de refrigeración y aire acondicionado hasta hace unos años, pero con los avances químicos y tecnológicos se ha producido un nuevo refrigerante, el R134a; capaz de reducir la contaminación ambiental y mejorar la conductividad térmica de cualquier sistema de refrigeración y aire acondicionado.

Para el módulo repotenciado de aire acondicionado se seleccionó el refrigerante R134a, ya que no es tóxico, inflamable ni corrosivo; y ayuda a que el sistema funcione correctamente.

5.2.1.1. Datos comparativos de los Agentes Refrigerantes del Sistema de Refrigeración.

En la tabla 5.10, se realiza una breve comparación de los agentes refrigerantes R22 y el R134a

Tabla 5.10: Comparación de refrigerantes.

REFRIGERANTE R22	REFRIGERANTE R134a
Este refrigerante contamina la capa de ozono.	El R134a es un refrigerante muy amigable con el medio ambiente y no contamina la capa de ozono.
Es tóxico	No es toxico
Precio elevado de mantenimiento	Menores costes de mantenimiento
Menor conductividad térmica	Mayor conductividad térmica
Menor costo de recarga	Mayor costo de recarga

Fuente: Los Autores.

5.2.2. Tabla comparativa del módulo repotenciado

Tabla 5.11: Comparación del Módulo de Aire Acondicionado.

Módulo Principal	Módulo Repotenciado
El módulo era demasiado grande para la capacidad del espacio físico del laboratorio de Energías Alternativas de la Universidad Técnica se Cotopaxi.	Se le reconstruyo la estructura con medidas acordes al espacio físico del laboratorio, además se le añadió ruedas para el mejor traslado y desplazamiento en el laboratorio de Energías Alternativas.
Sistema sin funcionar	Sistema mejorado y funcionando con normalidad.
Todos los elementos estaban situados en la base de la estructura de metal. Ver Anexo (II)	Se reubico el evaporador para que no se tenga inconvenientes al momento de generar el aire, para que se disperse en el ambiente y no se genere sobre los elementos del módulo. Ver Anexo (II).
El módulo solo constaba con un interruptor de encendido de todo el sistema, y no se podía controlar los equipos del sistema de refrigeración (Motor, Compresor, Evaporador y Ventilador).	Se le incorporo equipos para automatizar el sistema de refrigeración y poder controlar los equipos del mismo.
Constaba de sensores y termostatos digitales para la visualización de temperatura en las entradas y salidas del compresor.	Se le añadió un sensor de temperatura para la generación de una curva de temperatura mediante el acondicionamiento del PLC y una interfaz HMI para el control y visualización de los equipos.
El módulo no constaba como registrado en la Universidad como un activo fijo.	El módulo fue ingresado y considerado como un activo fijo para la acreditación de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Fuente: Los Autores.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

Una vez terminado la reconstrucción del módulo de Aire Acondicionado se procede a realizar un estudio económico para valorar el costo total del equipo repotenciado.

NOTA: Todas las tablas de presupuesto deben totalizarse (columna y fila) en dólares americanos.

6.1. Costo global del presupuesto del proyecto

Tabla 6.11: Tabla del presupuesto global del proyecto por tipo de recurso.(\$ Americano)

RUBROS	Tipo de recurso		TOTAL
	Efectivo	En especie	
GASTOS DE PERSONAL Asesores Auxiliares de Investigación	250,00	-	250,00
MATERIALES Y SUMINISTROS.	150,25	556,94	707,19
COMPRA DE EQUIPOS PARA USO DIRECTO DEL PROYECTO		2646,44	2646,44
TOTAL:			3603,63
Observaciones:			

Fuente: Los Autores.

6.1.1. Costos de los gastos personales

En la tabla 6.12, se detalla los gastos personales de los proponentes y el valor invertido en expertos para la reconstrucción del módulo.

Tabla 6.12: Tabla de la Descripción de los gastos de personal

INVESTIGADOR / EXPERTO/ AUXILIAR	Formación Académica	Función dentro del Proyecto	DEDICACIÓN Horas/semana	Tipo de recurso	
				En efectivo	En especie
Danny Logroño	10mo Nivel	Proponente 1	4	100,00	
Katia Yánez	10mo Nivel	Proponente 2	4	100,00	
Eduardo Hinojosa	Cuarto Nivel	Asesor	2	50,00	
TOTAL:				250,00	

Fuente: Los Autores.

6.1.2. Costo de materiales y suministros

En la tabla 6.13, se detalla los precios de diferentes materiales y suministros necesarios para la reconstrucción del módulo.

Nota: El modulo ya constaba con los equipos y materiales.

Tabla 6.13: Tabla de Materiales y Suministros

MATERIALES	JUSTIFICACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR
12 m de Tubo Cuadrado de ¾"	Estructura	8,33	100,00
3 libras de electrodos E6011 marca AGA	Estructura	2,50	7,50
2 litros de Pintura Negra	Estructura	4,50	9,00
Riel DIN	Estructura	8,00	8,00
20 m - Alambre Gemelo de Cobre # 18 AWG	Conexiones	0,50	10,00
3 Relay's de 110Vac	Sistema de Control y Arranque	4,17	12,51
3 Luces Piloto 220V – (ROJA- AZUL AMARILLA)	Sistema de Control y Arranque	0,99	2,97
TOTAL	150,25		
	Observaciones: Gasto propio de los Autores.		
MATERIALES QUE NO SE ADQUIRIERON	JUSTIFICACIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR
2 Manómetros de Presión de Alta para gases de Refrigeración	Sistema de Refrigeración	69,99	69,99
2 Manómetros de Presión de Baja gases de Refrigeración	Sistema de Refrigeración	69,99	69,99
Condensador (radiador) usado	Sistema de Refrigeración	86,00	86,00
Evaporador	Sistema de Refrigeración	95,00	95,00
Refrigerante R134a	Sistema de Refrigeración	90,00	90,00
Contactador Trifásico Marca ABB	Sistema de Control y Arranque	30,00	30,00
1 Pulsador de Paro 220V	Sistema de Control y Arranque	8,00	8,00

4 Llaves de Paso de ½ pulgada	Sistema de Tuberías y Conductos	9,99	39,96
3 Visores de Fluido de ½ pulgada	Sistema De Tuberías y Conductos	20,00	60,00
1 Válvula Check de paso de 3/8 pulgada	Sistema de Tuberías y Conductos	8,00	8,00
VARIOS	-	-	50,00
TOTAL:			556,94
Observaciones: Todos los elementos descritos en esta tabla ya se encontraban en la tesis.			

Fuente: Los Autores.

6.1.3. Costo de la Compra y utilización de los equipos

En la tabla 6.14, se puede visualizar los precios referenciales de los equipos referenciales para la repotenciación del módulo.

Tabla 6.14: Tabla de Compra y uso de equipos

EQUIPOS QUE NO SE ADQUIRIERON	JUSTIFICACIÓN	Tipo de recurso		TOTAL
		En efectivo	En especie	
PLC S7-1200 - MARCA SIEMENS	Sistema de Control y Arranque	-	754,00	754,00
Pantalla Touch HMI KTP 400 - Marca Siemens	Sistema de Control y Arranque	-	735,00	735,00
Fuente de alimentación 110V a 12/24 V – 10A SERIE TM-50	Sistema de Control y Arranque	-	150,00	150,00
Motor Monofásico de 2HP - Marca Weg	Sistema de Control y Arranque	-	199,50	199,50
Compresor para Aire Acondicionado	Sistema de Refrigeración	-	400,00	400,00
6 Termostatos Digitales MT-512E-2hp (Incluye Sensores de Temperatura)	Sistema de Refrigeración	-	67,99	407,94
TOTAL:				2646,44
Observaciones: Todos los elementos descritos en esta tabla ya se encontraban en la tesis, con excepción del PLC S7-1200 y la pantalla HMI KTP 400 – Siemens.				

Fuente: Los Autores.

Tabla 6.15: Tabla de gastos totales del proyecto

Gastos Totales	
Gastos Directos	2796,69
Gastos Indirectos	250,00
Imprevistos	100,00
TOTAL:	3146,69

Fuente: Los Autores.

6.2. Análisis de Impactos

En el presente punto se detalla cada uno de los impactos que interfieren en las diferentes áreas o ámbitos que genere el tema propuesto.

6.2.1. Impacto Práctico

El impacto práctico se basa en el proceso de un sistema de aire acondicionado, lo que permite que el estudiante pueda dar uso y manejo a todos los elementos que lo conforman y así verificar que los equipos de alta tecnología que van a ser implementados sean capaces de realizar un correcto funcionamiento acorde a las necesidades del alumno.

6.2.2. Impacto Tecnológico

En los últimos años los avances tecnológicos han sido muy notables especialmente en el área de la automatización.

El presente proyecto pretende demostrar el desarrollo de la tecnología mediante la aplicación de dos equipos fundamentales para el funcionamiento de un sistema de aire acondicionado como son:

- PLC S7-1200 - MARCA SIEMENS
- Pantalla Touch HMI KTP 400 - MARCA Siemens.

Estos elementos permiten el control de la máquina lo que asegura una mejora en la calidad del trabajo del estudiante al momento de la manipulación de la misma, con la implementación de estos equipos tecnológicos se produce un aumento significativo de la vida útil del módulo, la ejecución de dichos equipos hace que el estudiante pueda incrementar sus conocimientos y llevar a cabo prácticas físicas que complementen la teoría.

6.2.3. Impacto Ambiental

El impacto ambiental se basa en todo efecto ya sea positivo o negativo que produce la máquina, los sistemas de aire acondicionado produce una contaminación directa por los aparatos que lo conforman y los diferentes agentes refrigerantes que necesita para realizar su función.

Para este caso el agente refrigerante que se utiliza es el R134A lo cual es un refrigerante ecológico lo que provoca mucho menos destrucción de la capa de ozono, siendo así uno de los más recomendables para el correcto funcionamiento de dicho sistema lo que permite no tener tantos efectos negativos de la máquina hacia ambiente.

6.2.4. Impacto Epistemológico

Este impacto hace referencia a los estudios adquiridos durante la formación académica, al ser un módulo automatizado permite que el estudiante pueda enriquecerse de conocimientos nuevos y prácticas que le permita manejar con gran potencialidad equipos de alta tecnología.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

La repotenciación del módulo de aire acondicionado se ha realizado con total éxito ya que se ha cumplido con los objetivos propuestos de implementar equipos para automatizar al módulo práctico y así fortalecer el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

Se realizó un manual de instrucciones que contiene de forma metódica los pasos que se debe seguir para la realización de las funciones del módulo donde el mismo servirá como material de apoyo para los estudiantes.

Se ha concluido que con la repotenciación del módulo permitirá que el estudiante de la Carrera de Ingeniería Electromecánica comprenda que la automatización conjuntamente relacionadas las variables de temperatura y presión es una de las aplicaciones más importantes de un sistema de aire acondicionado.

Con la implementación del PLC y la pantalla (HMI) se puede tener el control de cada uno de los elementos del módulo y así se logrará que esté totalmente automatizado permitiendo alcanzar un nivel de visualización óptima del sistema para los estudiantes.

Para la estructura modular se tomaron aspectos referentes a la ergonomía, de tal manera se realizó modificaciones e incorporación de elementos para la fácil manipulación del módulo de aire acondicionado.

7.2. Recomendaciones

Se recomienda que al momento de realizar la programación del ventilador de debe establecer correctamente un rango de temperatura que se ha establecido para el módulo de aire acondicionado.

Al momento de realizar las prácticas en el módulo de aire acondicionado se debe verificar si existe posibles fugas del agente refrigerante, parámetros de temperatura, instalaciones eléctricas, para que sea correcto el funcionamiento del equipo.

Se recomienda leer detenidamente el manual y analizar los planos eléctricos del sistema antes de empezar con el funcionamiento del módulo para evitar posibles daños técnicos.

Antes de realizar prácticas se debe tener conocimientos básicos referentes al módulo de aire acondicionado para que no exista ningún inconveniente al momento de la manipulación.

Tener en cuenta que el módulo debe estar en constante funcionamiento para que el agente refrigerante (R134a) no pierda sus propiedades, también realizar un mantenimiento periódico del equipo para conservar el sistema en óptimas condiciones.

8. REFERENCIAS

- [1] L. E. Buenaño Sánchez y M. R. Esparza Montero, Diseño y construcción de un sistema de refrigeración de conservación para laboratorios., Riobamba: Escual Superior Politècnica de Chimborazo, 2010.
- [2] C. F. Àlvarez Gallo y J. I. Reina Delgado, Diseño y construcción de un módulo didáctico de refrigeración, Quito: Escuela Politècnica del Ecuador, 2009.
- [3] E. F. Rojas Guambiango y R. S. Proaño Carriòn , Diseño y construcción de un módulo didáctico de refrigeración, para prácticas de laboratorio en la unidad académica de ciencias de ingeniería y aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, LATACUNGA: Universidad Tècnica de Cotopaxi, 2012.
- [4] E. R. Pilaguano Orovio , Diseño e implementación de un módulo didáctico con HMI para controlar el sistema de refrigeración en el laboratorio de aire acondicionado en la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión la maná, año 2015, La Mana: Universidad Tècnica de Cotopaxi, 2016.

- [5] L. R. Espinoza, Proyecto de un sistema de acondicionamiento de aire para un quirófano perteneciente a un hospital, Toluca, 2013, p. 4.
- [6] E. H. Golibar, Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración, Limusa, Noriega editores, 2009.
- [7] r. a. a. c. E. ASHRAE Handbook (American society of heating, *Psychometrics*, R. A. Parsons, Ed., Tullie Circle, 1997.
- [8] M. A. B. Yunus A. Cengel, Termodinamica, Septima Edicion ed., McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2012, p. 617 hasta 625.
- [9] W. Whitman y W. Johnson, Teoría de la refrigeración y aire acondicionado, Fundamentos, Primera Edición ed., S.A. MARCOMBO, 2000.
- [10] C. W. William y W. Johnson, Tecnología de la refrigeración y aire acondiionado, Segunda edición Refrigeración Comercial ed., S.A. MARCOMBO, 2000, p. 66.
- [11] A. Idoia, «CALORY FRIO,» 07 Abril 2009. [En línea]. Available: <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/los-gases-refrigerantes.html>. [Último acceso: 04 mayo 2018].
- [12] F. L. Juan, Manual de refrgeración, Barcelona: Editorial Reverté, S.A, 2006, pp. 172-173.
- [13] Keilmann, Catálogo Técnico Tubería capilar, 2015.
- [14] S. N. Norman, Sistema de Control para Ingeniería, Primera edición ed., California: Campanía Editorial Continental, 2006.
- [15] C. D. Richard y R. H. Bishop, Sistemas de Control Moderno, Décima Edición ed., Madrid: Prentice Hall, 2005.
- [16] R. Dahi-Skog, «Calaméo,» 01 2012. [En línea]. Available: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IFF2TRsZrk8J:https://www.calameo.com/books/00166879534f0bafc4b3b+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>. [Último acceso: 10 05 2018].
- [17] Universidad Nacional de Educación a Distancia, «Controladores Industriales Inteligentes,» Erasmus.
- [18] Automatizaciòn con PLC, *Automatizaciòn de procesos*, 2009.
- [19] R. Cobo, «El ABC de la Automatización».
- [20] Aportesingcivil, «Software SAP 2000 V19.2.1,» Lima, 2017.
- [21] Arloy Gonzalez, «Arloy Gonzalez.com,» 23 Julio 2010. [En línea]. Available: <http://app.arloygonzalez.com>. [Último acceso: 24 Julio 2018].
- [22] Univerdiad Nacional de Edicaciòn a Distancia, «Controladores Industriales Inteligentes,» Erasmus.
- [23] SIEMENS, «TIA PORTAL,» BERLIN, 2018.
- [24] E. PITA, Acondicionamiento de Aire-Principios y Sistemas, Limusa, 2003, p. 2.
- [25] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura, Clasificación Internacional Normalizada de la Educación, Reedición ed., vol. I, París: Instituto de Estadística, 1997, p. 48.

ANEXOS

ANEXO I	Manual de Operación del Módulo de Aire Acondicionado	1-7
	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
	MANUAL DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO	
FECHA: Julio 2018		VERSIÓN: 1.0

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS



MANUAL DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO

LATACUNGA – COTOPAXI – ECUADOR

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Danny Paul Logroño Sulca ➤ Katia Arasely Yánez Untuña 	Ing. Andrés German Arévalo Zabala	
Firmas: _____	Firma: _____	Firma: _____



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

MANUAL DE OPERACIÓN DEL MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM805	Refrigeración y Aire Acondicionado

1	OBJETIVO
	Realizar la puesta en marcha del equipo, basándose en la conexión de encendido para así visualizar el funcionamiento de todos los elementos que interactúan en el sistema.

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
---	------------------------

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente manual se podrá comprender los diferentes procedimientos que se deberá realizar dentro del control del módulo de Aire Acondicionado.

Con la ayuda de un PLC S7-1200, una pantalla HMI y el respectivo conjunto de controladores para el control ON/OFF de los elementos a controlar y la generación de una curva de temperatura del sistema, se dará una explicación de cómo se procede a dar funcionamiento a la máquina.

2.2. FUNCIONAMIENTO DEL MÓDULO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

2.2.1. PASOS PARA LA PUESTA EN MARCHA DEL MÓDULO

- 1) Cerciorarse que el botón de encendido del módulo este en posición de Apagado (OFF)



- 2) Conectar a la toma de 220V el enchufe del módulo de Aire Acondicionado.



3) Visualizar que el paro de emergencia no este accionado.



4) Encender la fuente de voltaje de 12V (Color Verde), el botón se encuentra en la parte posterior de la fuente. (Interruptor rojo ON/OFF).



5) Cerciorarse que la fuente este generando 12V, caso contrario se produciría la perdida de los equipos de Refrigeración y Aire Acondicionado: (Compresor, Ventilador y Evaporador).



6) Colocar el botón de la fuente en la posición de 12V, ya que está diseñada por producir 24V.

7) Comprobar si el fusible no está quemado, caso contrario reemplazarlo.



- 8) Encender el interruptor de inicio, situado en el panel de control (caja plástica blanca).
- 9) Esperar que se encienda el PLC y la Pantalla HMI en su totalidad.



- 10) Visualizar en la pantalla HMI la portada de la propuesta tecnológica.



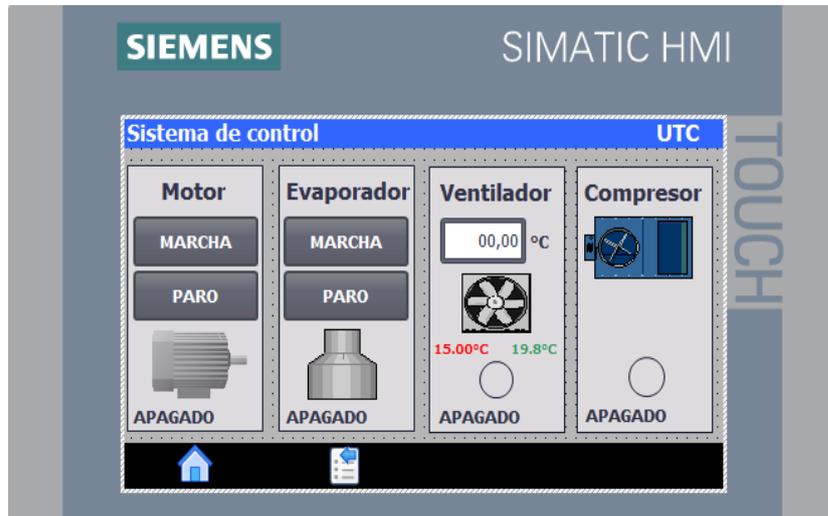
- 11) A continuación se procede a pulsar en la pantalla el icono.



- 12) Después se despliega en la pantalla el menú principal con los iconos de equipos y curva de temperatura.



13) Paso siguiente se presiona el botón de equipos y se despliega en la pantalla los iconos de los elementos de a controlar en el sistema de Refrigeración.



14) Después se pone en marcha el motor del sistema de refrigeración presionando el icono de MARCHA MOTOR, y se pone en marcha el evaporador con el icono de MARCHA EVAPORADOR.

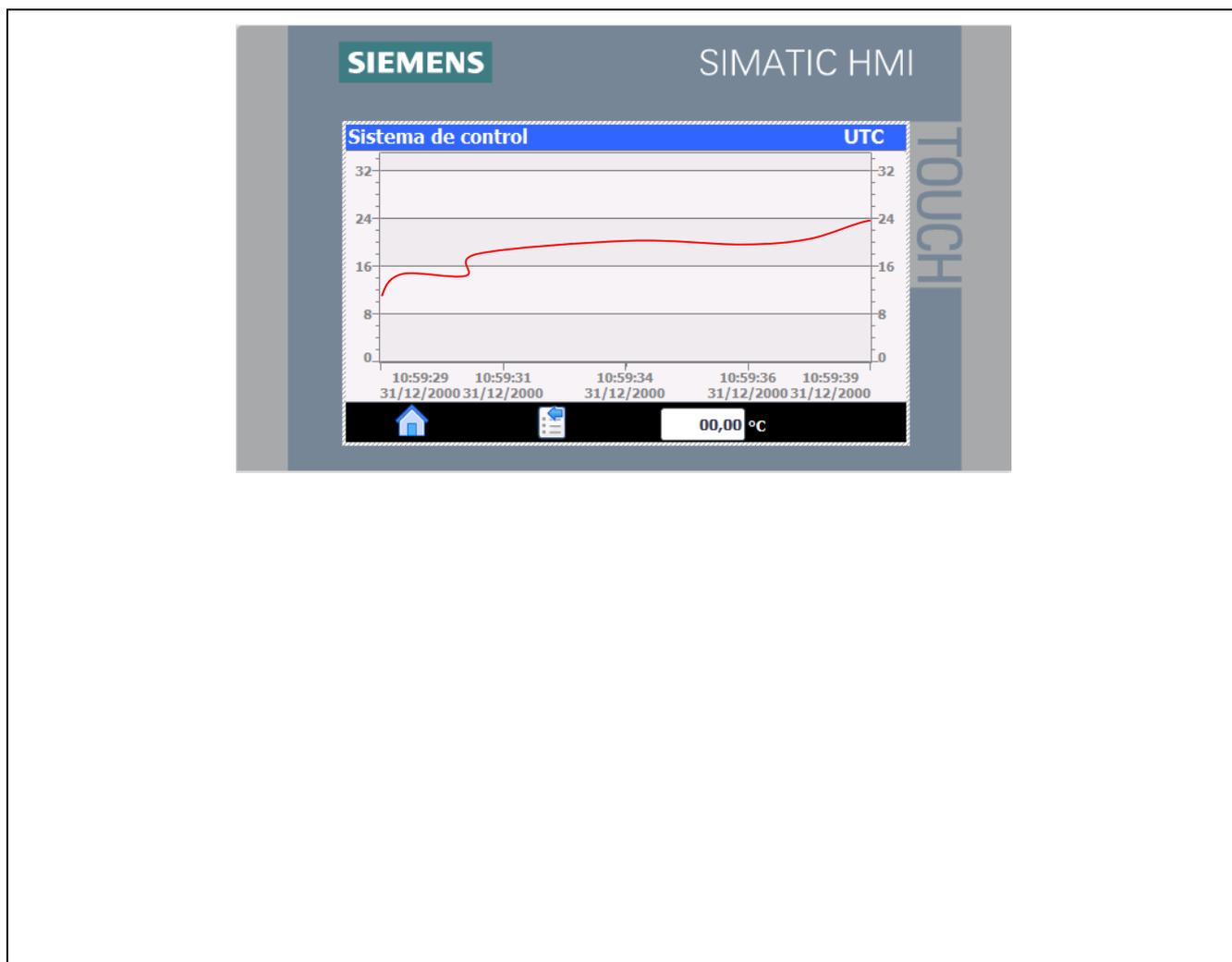
15) Para el encendido del compresor se debe esperar 10 seg, una vez encendido el motor.

16) El encendido del ventilador se genera cuando la temperatura del sistema sobrepasa los 19,8°C y se apaga cuando la temperatura baja a los 15°C.

17) Para la visualización de la curva de temperatura se debe presionar el icono  y regresar al menú principal y presionar el icono de CURVA DE TEMPERATURA.



18) Y por último presionamos y se despliega en la pantalla la Curva de temperatura de la salida del evaporador.



3	RECOMENDACIONES
	<ol style="list-style-type: none">1) Visualizar el correcto funcionamiento de los elementos y sistema de refrigeración.2) Revisar el paso del refrigerante R134a en los visores de líquido.3) Controlar las presiones en los manómetros de presión de alta y de baja.4) Con estos pasos se procede a realizar varias pruebas y prácticas de Aire Acondicionado.

TESIS ANTES DE LA REPOTENCIACIÓN



CONSTRUCCIÓN DE LA NUEVA ESTRUCTURA DEL MÓDULO DE AIRE ACONDICIONADO











ANEXO III	Manual de Prácticas del Módulo de Aire Acondicionado	1-3
------------------	--	-----



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

PRÁCTICA DE LABORATORIO

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM805	Refrigeración y Aire Acondicionado

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Energías Alternativas	DURACIÓN (HORAS)
1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Puesta en marcha y visualización de los elementos del sistema de Aire Acondicionado.	1

1 OBJETIVO

Realizar la puesta en marcha del módulo y observar su funcionamiento de los elementos del sistema de Aire Acondicionado.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. INTRODUCCIÓN

Elementos de un sistema Aire Acondicionado

2.2. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo de Aire Acondicionado

Toma de 220V

2.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Guantes

Gafas para ojos

Tapones para oídos

Mandil de trabajo

Zapatos Punta de Acero, etc.

2.4. TRABAJO PREPARATORIO

CONSULTAR:

- 1.- ¿Qué es un sistema de Aire Acondicionado?
- 2.- ¿Cómo funciona un sistema de Aire Acondicionado?
- 3.- ¿Qué elementos constituye un sistema de Refrigeración?
- 4.- ¿Qué es el Refrigerante R134a?

5.- ¿Qué aplicación industrial tiene el refrigerante R134a?

2.4.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Leer el manual de operación del módulo de Aire Acondicionado.
- Visualizar el módulo de Aire Acondicionado
- Revisar los elementos del módulo.
- Identificar cada uno de los elementos del módulo.
- Visualizar los visores de líquido.
- Identificar cada presión en los manómetros de alta y de baja presión.
- Visualizar la curva de temperatura del sistema de Refrigeración en la Pantalla HMI.

2.4.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANALISIS DE RESULTADOS

Describir la funcionalidad del módulo (Llenar por el estudiante)

3.2. CUESTIONARIO

- ¿Qué es un compresor para Aire Acondicionado?
- ¿Qué es un evaporador y para qué sirve?
- ¿Qué es un condensador y que función tiene en el sistema de Refrigeración?
- ¿Qué es un PLC y que función cumple en el módulo de Aire Acondicionado?
- ¿Qué es una interfaz HMI y que función cumple con los elementos del sistema de Aire Acondicionado?

4 CONCLUSIONES

Llenar por el estudiante

5 RECOMENDACIONES

Llenar por el estudiante

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO III	Manual de Prácticas del Módulo de Aire Acondicionado	1-4
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM805	Refrigeración y Aire Acondicionado

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Energías Alternativas	DURACIÓN (HORAS)
2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Determinación de la gráfica del ciclo termodinámico del sistema.	1

1	OBJETIVO
<p>Realizar el grafico termodinámico en base a las mediciones que el sistema produzca por medio de los sensores de temperatura y los manómetros de presión, para así poder interpretar mediante tablas el ciclo que cumple el sistema de Aire Acondicionado.</p>	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
<p>2.1. INTRODUCCIÓN Elementos del Sistema de Aire Acondicionado</p> <p>2.2 EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS Módulo de Aire Acondicionado Toma de 220V Libro de Yunus Cengel – Termodinámica Séptima edición</p> <p>2.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD Guantes Gafas para ojos Tapones para oídos Mandil de trabajo Zapatos Punta de Acero, etc.</p> <p>2.4 TRABAJO PREPARATORIO CONSULTAR:</p> <p>1.- ¿Qué es un ciclo termodinámico de Refrigeración? 2.- ¿Qué función cumple un ciclo termodinámico?</p>	

3.- ¿Qué es el ciclo de Carnot?

4.- ¿Qué es el ciclo por Compresión de Vapor?

5.- ¿Qué elementos intervienen en los Ciclos de Refrigeración?

2.4.1 ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Leer el manual de operación del módulo de Aire Acondicionado.
- Visualizar el módulo de Aire Acondicionado.
- Revisar los elementos del módulo.
- Identificar cada uno de los elementos del módulo.
- Visualizar los termostatos digitales de temperatura.
- Identificar cada presión en los manómetros de alta y de baja presión.
- Visualizar la curva de temperatura del sistema de Refrigeración en la Pantalla HMI.

2.4.2 METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para la experimentación se necesita de investigar acerca del ciclo por compresión de vapor, ya que el modulo utiliza dicho ciclo.

CICLO IDEAL POR COMPRESIÓN DE VAPOR

Muchos de los aspectos imprácticos asociados con el ciclo invertido de Carnot pueden ser eliminados al evaporar el refrigerante por completo antes de que se comprima, y al sustituir la turbina con un dispositivo de estrangulamiento, tal como una válvula de expansión o un tubo capilar. El ciclo que resulta se denomina ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, y se muestra de manera esquemática y en un diagrama T-s en la figura 11-3. El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es el que más se utiliza en refrigeradores, sistemas de acondicionamiento de aire y bombas de calor. Se compone de cuatro procesos:

1-2 Compresión isentrópica en un compresor

2-3 Rechazo de calor a presión constante en un condensador

3-4 Estrangulamiento en un dispositivo de expansión

4-1 Absorción de calor a presión constante en un evaporador

En un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, el refrigerante entra al compresor en el estado 1 como vapor saturado y se comprime isentrópicamente hasta la presión del condensador. La temperatura del refrigerante aumenta durante el proceso de compresión isentrópica, hasta un valor bastante superior al de la temperatura del medio circundante. Después el refrigerante entra en el condensador como vapor sobrecalentado en el estado 2 y sale como líquido saturado en el estado 3, como resultado del rechazo de calor hacia los alrededores.

La temperatura del refrigerante en este estado se mantendrá por encima de la temperatura de los alrededores. El refrigerante líquido saturado en el estado 3 se estrangula hasta la presión del evaporador al pasarlo por una válvula de expansión o por un tubo capilar.

La temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura del espacio refrigerado durante este proceso. El refrigerante entra al evaporador en el estado 4 como un vapor húmedo de baja calidad, y se evapora por completo absorbiendo calor del espacio refrigerado. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, completando el ciclo.

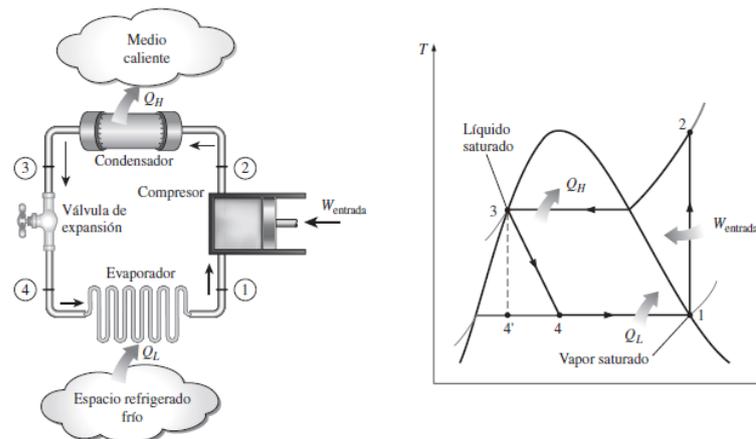


FIGURA 11-3
Esquema y diagrama T - s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.

El refrigerante líquido saturado en el estado 3 se estrangula hasta la presión del evaporador al pasarlo por una válvula de expansión o por un tubo capilar. La temperatura del refrigerante desciende por debajo de la temperatura del espacio refrigerado durante este proceso. El refrigerante entra al evaporador en el estado 4 como un vapor húmedo de baja calidad, y se evapora por completo absorbiendo calor del espacio refrigerado. El refrigerante sale del evaporador como vapor saturado y vuelve a entrar al compresor, completando el ciclo.

EJERCICIO

El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

En un refrigerador se utiliza refrigerante 134a como fluido de trabajo, y opera en un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor entre 0.14 y 0.8 MPa. Si el flujo másico del refrigerante es de 0.05 kg/s, determine a) la tasa de eliminación de calor del espacio refrigerado y la entrada de potencia al compresor, b) la tasa de rechazo de calor al ambiente y c) el COP del refrigerador.

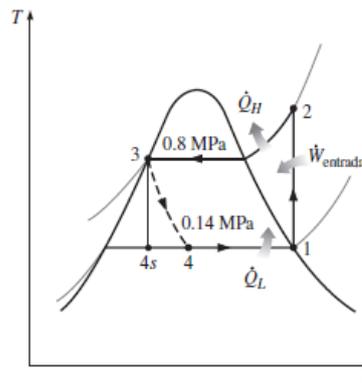


FIGURA 11-6
Diagrama T - s del ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor descrito en el ejemplo 11-1.

ANEXOS

Tablas de temperatura y presión del refrigerante R134a

3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN
----------	-------------------------------

3.3. ANALISIS DE RESULTADOS

Describir la funcionalidad del módulo (Llenar por el estudiante)

3.4. CUESTIONARIO

- ¿Qué es el coeficiente de rendimiento?
- ¿Qué es el refrigerante R134a y para qué sirve?
- ¿Qué es la potencia del compresor?
- ¿Qué es la tasa de rechazo de calor?
- ¿Qué es el flujo másico del refrigerante?

4	CONCLUSIONES
----------	---------------------

Llenar por el estudiante

5	RECOMENDACIONES
----------	------------------------

Llenar por el estudiante

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
----------	-----------------------------------

Yunus A. Cengel, M. A. (2012). *Termodinámica* (Septima Edición ed.). Estados Unidos : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA. Recuperado el 2018

ANEXO III	Manual de Prácticas del Módulo de Aire Acondicionado	1-4
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
PRÁCTICA DE LABORATORIO		

CARRERA	CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA	IELM706	Control Hidroneumático

PRÁCTICA N°	LABORATORIO:	Energías Alternativas	DURACIÓN (HORAS)
3	NOMBRE DE LA PRÁCTICA:	Obtención del coeficiente de rendimiento. "COP"	1

1	OBJETIVO
<p>Determinar el coeficiente de rendimiento del módulo de Aire Acondicionado mediante la visualización de las temperaturas y presiones en la entrada y salida del compresor.</p>	

2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
----------	-------------------------------

2.1. INTRODUCCIÓN

Coeficiente de rendimiento en un sistema de refrigeración

2.5. EQUIPO, INSTRUMENTOS Y MATERIALES NECESARIOS

Módulo de Aire Acondicionado

Toma de 220V

Libro de Yunus Cengel – Termodinámica Séptima edición

2.6. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Guantes

Gafas para ojos

Tapones para oídos

Mandil de trabajo

Zapatos Punta de Acero, etc.

2.7. TRABAJO PREPARATORIO

CONSULTAR:

1.- ¿Qué es un ciclo termodinámico de Refrigeración?

2.- ¿Qué función cumple un ciclo termodinámico?

3.- ¿Qué es el coeficiente de rendimiento?

4.- ¿Qué es el ciclo real por Compresión de Vapor?

5.- ¿Qué elementos intervienen en los Ciclos de Refrigeración?

2.7.1. ACTIVIDADES A DESARROLLAR

- Leer el manual de operación del módulo de Aire Acondicionado.
- Visualizar el módulo de Aire Acondicionado.
- Revisar los elementos del módulo.
- Identificar cada uno de los elementos del módulo.
- Visualizar los termostatos digitales de temperatura.
- Identificar cada presión en los manómetros de alta y de baja presión.
- Visualizar la curva de temperatura del sistema de Refrigeración en la Pantalla HMI.

2.7.2. METODOLOGÍA Y TÉCNICA EXPERIMENTAL

Para el procedimiento se va a utilizar el ciclo real de compresión de vapor en el módulo de Aire Acondicionado.

CICLO REAL POR COMPRESIÓN DE VAPOR

Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal en varios aspectos, principalmente, debido a las irreversibilidades que ocurren en varios componentes. Dos fuentes comunes de irreversibilidad son la fricción del fluido (causa caídas de presión) y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores. El diagrama T-s de un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor se muestra en la figura 11-7. En el ciclo ideal, el refrigerante sale del evaporador y entra al compresor como vapor saturado. Sin embargo, en la práctica, no es posible controlar el estado del refrigerante con tanta precisión. En lugar de eso, es fácil diseñar el sistema de modo que el refrigerante se sobrecaliente ligeramente en la entrada del compresor. Este ligero sobrecalentamiento asegura que el refrigerante se evapore por completo cuando entra al compresor. También, la línea que conecta al evaporador con el compresor suele ser muy larga; por lo tanto, la caída de presión ocasionada por la fricción del fluido y la transferencia de calor de los alrededores al refrigerante pueden ser muy significativas. El resultado del sobrecalentamiento, de la ganancia de calor en la línea de conexión y las caídas de presión en el evaporador y la línea de conexión, consiste en un incremento en el volumen específico y, por consiguiente, en un incremento en los requerimientos de entrada de potencia al compresor puesto que el trabajo de flujo estacionario es proporcional al volumen específico.

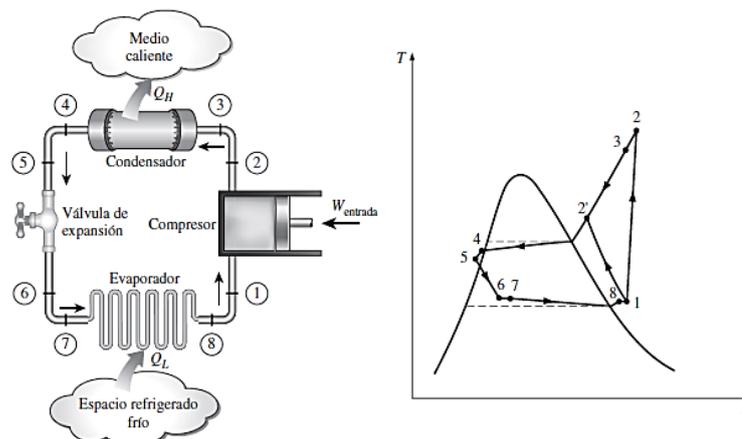


FIGURA 11-7
Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.

El proceso de compresión en el ciclo ideal es internamente reversible y adiabático y, por ende, isentrópico. Sin embargo, el proceso de compresión real incluirá efectos de fricción, los cuales incrementan la entropía y la transferencia de calor, lo que puede aumentar o disminuir la entropía, dependiendo de la dirección. Por consiguiente, la entropía del refrigerante puede incrementarse (proceso 1-2) o disminuir (proceso 1-2') durante un proceso de compresión real, dependiendo del predominio de los efectos. El proceso de compresión 1-2'

puede ser incluso más deseable que el proceso de compresión isentrópico debido a que el volumen específico del refrigerante y, por consiguiente, el requerimiento de entrada de trabajo es más pequeños en este caso. De ese modo, el refrigerante debe enfriarse durante el proceso de compresión siempre que sea práctico y económico hacerlo.

EJERCICIO

El ciclo Real de refrigeración por compresión de vapor

Al compresor de un refrigerador entra refrigerante 134a como vapor sobrecalentado a 0.14 MPa y $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una tasa de 0.05 kg/s, y sale a 0.8 MPa y $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. El refrigerante se enfría en el condensador a $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 0.72 MPa, y se estrangula a 0.15 MPa. Descarte toda posibilidad de transferencia de calor y caída de presión en las líneas de conexión entre los componentes, y determine a) la tasa de remoción de calor del espacio refrigerado y la entrada de potencia al compresor, b) la eficiencia isentrópica del compresor y c) el coeficiente de desempeño del refrigerador.

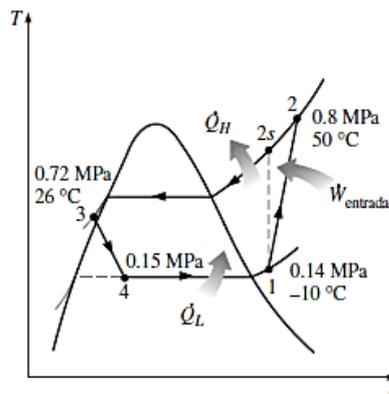


FIGURA 11-8
Diagrama T - s para el ejemplo 11-2.

ANEXOS

Tablas de temperatura y presión del refrigerante R134a

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5. ANALISIS DE RESULTADOS

Describir la funcionalidad del módulo (Llenar por el estudiante)

3.6. CUESTIONARIO

- ¿Qué es el coeficiente de rendimiento?
- ¿Qué es el refrigerante R134a y para qué sirve?
- ¿Qué es la potencia del compresor?
- ¿Qué es la tasa de rechazo de calor?
- ¿Qué es la eficiencia del compresor?

4 CONCLUSIONES

Llenar por el estudiante

5	RECOMENDACIONES
Llenar por el estudiante	

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
<p>Yunus A. Cengel, M. A. (2012). <i>Termodinamica</i> (Septima Edicion ed.). Estados Unidos : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA. Recuperado el 2018</p>	

ANEXOS DE LAS PRÁCTICAS

- Tablas de temperatura y presión del refrigerante R134a

926

TABLAS DE PROPIEDADES, FIGURAS Y DIAGRAMAS (UNIDADES SI)

TABLA A-11

Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura

Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Liq. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Liq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Liq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Liq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
-40	51.25	0.0007054	0.36081	-0.036	207.40	207.37	0.000	225.86	225.86	0.00000	0.96866	0.96866
-38	56.86	0.0007083	0.32732	2.475	206.04	208.51	2.515	224.61	227.12	0.01072	0.95511	0.96584
-36	62.95	0.0007112	0.29751	4.992	204.67	209.66	5.037	223.35	228.39	0.02138	0.94176	0.96315
-34	69.56	0.0007142	0.27090	7.517	203.29	210.81	7.566	222.09	229.65	0.03199	0.92859	0.96058
-32	76.71	0.0007172	0.24711	10.05	201.91	211.96	10.10	220.81	230.91	0.04253	0.91560	0.95813
-30	84.43	0.0007203	0.22580	12.59	200.52	213.11	12.65	219.52	232.17	0.05301	0.90278	0.95579
-28	92.76	0.0007234	0.20666	15.13	199.12	214.25	15.20	218.22	233.43	0.06344	0.89012	0.95356
-26	101.73	0.0007265	0.18946	17.69	197.72	215.40	17.76	216.92	234.68	0.07382	0.87762	0.95144
-24	111.37	0.0007297	0.17395	20.25	196.30	216.55	20.33	215.59	235.92	0.08414	0.86527	0.94941
-22	121.72	0.0007329	0.15995	22.82	194.88	217.70	22.91	214.26	237.17	0.09441	0.85307	0.94748
-20	132.82	0.0007362	0.14729	25.39	193.45	218.84	25.49	212.91	238.41	0.10463	0.84101	0.94564
-18	144.69	0.0007396	0.13583	27.98	192.01	219.98	28.09	211.55	239.64	0.11481	0.82908	0.94389
-16	157.38	0.0007430	0.12542	30.57	190.56	221.13	30.69	210.18	240.87	0.12493	0.81729	0.94222
-14	170.93	0.0007464	0.11597	33.17	189.09	222.27	33.30	208.79	242.09	0.13501	0.80561	0.94063
-12	185.37	0.0007499	0.10736	35.78	187.62	223.40	35.92	207.38	243.30	0.14504	0.79406	0.93911
-10	200.74	0.0007535	0.099516	38.40	186.14	224.54	38.55	205.96	244.51	0.15504	0.78263	0.93766
-8	217.08	0.0007571	0.092352	41.03	184.64	225.67	41.19	204.52	245.72	0.16498	0.77130	0.93629
-6	234.44	0.0007608	0.085802	43.66	183.13	226.80	43.84	203.07	246.91	0.17489	0.76008	0.93497
-4	252.85	0.0007646	0.079804	46.31	181.61	227.92	46.50	201.60	248.10	0.18476	0.74896	0.93372
-2	272.36	0.0007684	0.074304	48.96	180.08	229.04	49.17	200.11	249.28	0.19459	0.73794	0.93253
0	293.01	0.0007723	0.069255	51.63	178.53	230.16	51.86	198.60	250.45	0.20439	0.72701	0.93139
2	314.84	0.0007763	0.064612	54.30	176.97	231.27	54.55	197.07	251.61	0.21415	0.71616	0.93031
4	337.90	0.0007804	0.060338	56.99	175.39	232.38	57.25	195.51	252.77	0.22387	0.70540	0.92927
6	362.23	0.0007845	0.056398	59.68	173.80	233.48	59.97	193.94	253.91	0.23356	0.69471	0.92828
8	387.88	0.0007887	0.052762	62.39	172.19	234.58	62.69	192.35	255.04	0.24323	0.68410	0.92733
10	414.89	0.0007930	0.049403	65.10	170.56	235.67	65.43	190.73	256.16	0.25286	0.67356	0.92641
12	443.31	0.0007975	0.046295	67.83	168.92	236.75	68.18	189.09	257.27	0.26246	0.66308	0.92554
14	473.19	0.0008020	0.043417	70.57	167.26	237.83	70.95	187.42	258.37	0.27204	0.65266	0.92470
16	504.58	0.0008066	0.040748	73.32	165.58	238.90	73.73	185.73	259.46	0.28159	0.64230	0.92389
18	537.52	0.0008113	0.038271	76.08	163.88	239.96	76.52	184.01	260.53	0.29112	0.63198	0.92310

Activar
Ir a Configuración

TABLA A-11

Refrigerante 134a saturado. Tabla de temperatura (conclusión)

Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Líqu. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líqu. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
20	572.07	0.0008161	0.035969	78.86	162.16	241.02	79.32	182.27	261.59	0.30063	0.62172	0.92234
22	608.27	0.0008210	0.033828	81.64	160.42	242.06	82.14	180.49	262.64	0.31011	0.61149	0.92160
24	646.18	0.0008261	0.031834	84.44	158.65	243.10	84.98	178.69	263.67	0.31958	0.60130	0.92088
26	685.84	0.0008313	0.029976	87.26	156.87	244.12	87.83	176.85	264.68	0.32903	0.59115	0.92018
28	727.31	0.0008366	0.028242	90.09	155.05	245.14	90.69	174.99	265.68	0.33846	0.58102	0.91948
30	770.64	0.0008421	0.026622	92.93	153.22	246.14	93.58	173.08	266.66	0.34789	0.57091	0.91879
32	815.89	0.0008478	0.025108	95.79	151.35	247.14	96.48	171.14	267.62	0.35730	0.56082	0.91811
34	863.11	0.0008536	0.023691	98.66	149.46	248.12	99.40	169.17	268.57	0.36670	0.55074	0.91743
36	912.35	0.0008595	0.022364	101.55	147.54	249.08	102.33	167.16	269.49	0.37609	0.54066	0.91675
38	963.68	0.0008657	0.021119	104.45	145.58	250.04	105.29	165.10	270.39	0.38548	0.53058	0.91606
40	1017.1	0.0008720	0.019952	107.38	143.60	250.97	108.26	163.00	271.27	0.39486	0.52049	0.91536
42	1072.8	0.0008786	0.018855	110.32	141.58	251.89	111.26	160.86	272.12	0.40425	0.51039	0.91464
44	1130.7	0.0008854	0.017824	113.28	139.52	252.80	114.28	158.67	272.95	0.41363	0.50027	0.91391
46	1191.0	0.0008924	0.016853	116.26	137.42	253.68	117.32	156.43	273.75	0.42302	0.49012	0.91315
48	1253.6	0.0008996	0.015939	119.26	135.29	254.55	120.39	154.14	274.53	0.43242	0.47993	0.91236
52	1386.2	0.0009150	0.014265	125.33	130.88	256.21	126.59	149.39	275.98	0.45126	0.45941	0.91067
56	1529.1	0.0009317	0.012771	131.49	126.28	257.77	132.91	144.38	277.30	0.47018	0.43863	0.90880
60	1682.8	0.0009498	0.011434	137.76	121.46	259.22	139.36	139.10	278.46	0.48920	0.41749	0.90669
65	1891.0	0.0009750	0.009950	145.77	115.05	260.82	147.62	132.02	279.64	0.51320	0.39039	0.90359
70	2118.2	0.0010037	0.008642	154.01	108.14	262.15	156.13	124.32	280.46	0.53755	0.36227	0.89982
75	2365.8	0.0010372	0.007480	162.53	100.60	263.13	164.98	115.85	280.82	0.56241	0.33272	0.89512
80	2635.3	0.0010772	0.006436	171.40	92.23	263.63	174.24	106.35	280.59	0.58800	0.30111	0.88912
85	2928.2	0.0011270	0.005486	180.77	82.67	263.44	184.07	95.44	279.51	0.61473	0.26644	0.88117
90	3246.9	0.0011932	0.004599	190.89	71.29	262.18	194.76	82.35	277.11	0.64336	0.22674	0.87010
95	3594.1	0.0012933	0.003726	202.40	56.47	258.87	207.05	65.21	272.26	0.67578	0.17711	0.85289
100	3975.1	0.0015269	0.002630	218.72	29.19	247.91	224.79	33.58	258.37	0.72217	0.08999	0.81215

Fuente: Las tablas A-11 a A-13 se generaron utilizando el programa para resolver ecuaciones de Ingeniería (EES) desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. La rutina utilizada en los cálculos es la R134a, la cual está basada en la ecuación fundamental de estado desarrollada por R. Tillner-Roth y H. D. Baehr, "An International Standard Formulation for the Thermodynamic Properties of 1,1,1,2-Tetrafluoroetano (HFC-134a) for temperatures from 170 K to 455 K and pressures up to 70 MPa", *J. Phys. Chem. Ref. Data*, vol. 23, núm. 5, 1994. Los valores de entalpía y entropía para el líquido saturado son cero a -40°C ($y -40^\circ\text{F}$).

TABLA A-12

Refrigerante 134a saturado. Tabla de presión

Pres., P kPa	Temp. T_{sat} °C	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Liq. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Liq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Liq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Liq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
60	-36.95	0.0007098	0.31121	3.798	205.32	209.12	3.841	223.95	227.79	0.01634	0.94807	0.96441
70	-33.87	0.0007144	0.26929	7.680	203.20	210.88	7.730	222.00	229.73	0.03267	0.92775	0.96042
80	-31.13	0.0007185	0.23753	11.15	201.30	212.46	11.21	220.25	231.46	0.04711	0.90999	0.95710
90	-28.65	0.0007223	0.21263	14.31	199.57	213.88	14.37	218.65	233.02	0.06008	0.89419	0.95427
100	-26.37	0.0007259	0.19254	17.21	197.98	215.19	17.28	217.16	234.44	0.07188	0.87995	0.95183
120	-22.32	0.0007324	0.16212	22.40	195.11	217.51	22.49	214.48	236.97	0.09275	0.85503	0.94779
140	-18.77	0.0007383	0.14014	26.98	192.57	219.54	27.08	212.08	239.16	0.11087	0.83368	0.94456
160	-15.60	0.0007437	0.12348	31.09	190.27	221.35	31.21	209.90	241.11	0.12693	0.81496	0.94190
180	-12.73	0.0007487	0.11041	34.83	188.16	222.99	34.97	207.90	242.86	0.14139	0.79826	0.93965
200	-10.09	0.0007533	0.099867	38.28	186.21	224.48	38.43	206.03	244.46	0.15457	0.78316	0.93773
240	-5.38	0.0007620	0.083897	44.48	182.67	227.14	44.66	202.62	247.28	0.17794	0.75664	0.93458
280	-1.25	0.0007699	0.072352	49.97	179.50	229.46	50.18	199.54	249.72	0.19829	0.73381	0.93210
320	2.46	0.0007772	0.063604	54.92	176.61	231.52	55.16	196.71	251.88	0.21637	0.71369	0.93006
360	5.82	0.0007841	0.056738	59.44	173.94	233.38	59.72	194.08	253.81	0.23270	0.69566	0.92836
400	8.91	0.0007907	0.051201	63.62	171.45	235.07	63.94	191.62	255.55	0.24761	0.67929	0.92691
450	12.46	0.0007985	0.045619	68.45	168.54	237.00	68.81	188.71	257.53	0.26465	0.66069	0.92535
500	15.71	0.0008059	0.041118	72.93	165.82	238.75	73.33	185.98	259.30	0.28023	0.64377	0.92400
550	18.73	0.0008130	0.037408	77.10	163.25	240.35	77.54	183.38	260.92	0.29461	0.62821	0.92282
600	21.55	0.0008199	0.034295	81.02	160.81	241.83	81.51	180.90	262.40	0.30799	0.61378	0.92177
650	24.20	0.0008266	0.031646	84.72	158.48	243.20	85.26	178.51	263.77	0.32051	0.60030	0.92081
700	26.69	0.0008331	0.029361	88.24	156.24	244.48	88.82	176.21	265.03	0.33230	0.58763	0.91994
750	29.06	0.0008395	0.027371	91.59	154.08	245.67	92.22	173.98	266.20	0.34345	0.57567	0.91912
800	31.31	0.0008458	0.025621	94.79	152.00	246.79	95.47	171.82	267.29	0.35404	0.56431	0.91835
850	33.45	0.0008520	0.024069	97.87	149.98	247.85	98.60	169.71	268.31	0.36413	0.55349	0.91762
900	35.51	0.0008580	0.022683	100.83	148.01	248.85	101.61	167.66	269.26	0.37377	0.54315	0.91692
950	37.48	0.0008641	0.021438	103.69	146.10	249.79	104.51	165.64	270.15	0.38301	0.53323	0.91624
1000	39.37	0.0008700	0.020313	106.45	144.23	250.68	107.32	163.67	270.99	0.39189	0.52368	0.91558
1200	46.29	0.0008934	0.016715	116.70	137.11	253.81	117.77	156.10	273.87	0.42441	0.48863	0.91303
1400	52.40	0.0009166	0.014107	125.94	130.43	256.37	127.22	148.90	276.12	0.45315	0.45734	0.91050
1600	57.88	0.0009400	0.012123	134.43	124.04	258.47	135.93	141.93	277.86	0.47911	0.42873	0.90784
1800	62.87	0.0009639	0.010559	142.33	117.83	260.17	144.07	135.11	279.17	0.50294	0.40204	0.90498
2000	67.45	0.0009886	0.009288	149.78	111.73	261.51	151.76	128.33	280.09	0.52509	0.37675	0.90184
2500	77.54	0.0010566	0.006936	166.99	96.47	263.45	169.63	111.16	280.79	0.57531	0.31695	0.89226
3000	86.16	0.0011406	0.005275	183.04	80.22	263.26	186.46	92.63	279.09	0.62118	0.25776	0.87894

TABLA A-13

Refrigerante 134a sobrecalentado

<i>T</i> °C	<i>v</i> m ³ /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/kg · K	<i>v</i> m ³ /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/kg · K	<i>v</i> m ³ /kg	<i>u</i> kJ/kg	<i>h</i> kJ/kg	<i>s</i> kJ/kg · K
<i>P</i> = 0.06 MPa (<i>T</i> _{sat} = -36.95 °C)				<i>P</i> = 0.10 MPa (<i>T</i> _{sat} = -26.37 °C)				<i>P</i> = 0.14 MPa (<i>T</i> _{sat} = -18.77 °C)				
Sat.	0.31121	209.12	227.79	0.9644	0.19254	215.19	234.44	0.9518	0.14014	219.54	239.16	0.9446
-20	0.33608	220.60	240.76	1.0174	0.19841	219.66	239.50	0.9721				
-10	0.35048	227.55	248.58	1.0477	0.20743	226.75	247.49	1.0030	0.14605	225.91	246.36	0.9724
0	0.36476	234.66	256.54	1.0774	0.21630	233.95	255.58	1.0332	0.15263	233.23	254.60	1.0031
10	0.37893	241.92	264.66	1.1066	0.22506	241.30	263.81	1.0628	0.15908	240.66	262.93	1.0331
20	0.39302	249.35	272.94	1.1353	0.23373	248.79	272.17	1.0918	0.16544	248.22	271.38	1.0624
30	0.40705	256.95	281.37	1.1636	0.24233	256.44	280.68	1.1203	0.17172	255.93	279.97	1.0912
40	0.42102	264.71	289.97	1.1915	0.25088	264.25	289.34	1.1484	0.17794	263.79	288.70	1.1195
50	0.43495	272.64	298.74	1.2191	0.25937	272.22	298.16	1.1762	0.18412	271.79	297.57	1.1474
60	0.44883	280.73	307.66	1.2463	0.26783	280.35	307.13	1.2035	0.19025	279.96	306.59	1.1749
70	0.46269	288.99	316.75	1.2732	0.27626	288.64	316.26	1.2305	0.19635	288.28	315.77	1.2020
80	0.47651	297.41	326.00	1.2997	0.28465	297.08	325.55	1.2572	0.20242	296.75	325.09	1.2288
90	0.49032	306.00	335.42	1.3260	0.29303	305.69	334.99	1.2836	0.20847	305.38	334.57	1.2553
100	0.50410	314.74	344.99	1.3520	0.30138	314.46	344.60	1.3096	0.21449	314.17	344.20	1.2814
<i>P</i> = 0.18 MPa (<i>T</i> _{sat} = -12.73 °C)				<i>P</i> = 0.20 MPa (<i>T</i> _{sat} = -10.09 °C)				<i>P</i> = 0.24 MPa (<i>T</i> _{sat} = -5.38 °C)				
Sat.	0.11041	222.99	242.86	0.9397	0.09987	224.48	244.46	0.9377	0.08390	227.14	247.28	0.9346
-10	0.11189	225.02	245.16	0.9484	0.09991	224.55	244.54	0.9380				
0	0.11722	232.48	253.58	0.9798	0.10481	232.09	253.05	0.9698	0.08617	231.29	251.97	0.9519
10	0.12240	240.00	262.04	1.0102	0.10955	239.67	261.58	1.0004	0.09026	238.98	260.65	0.9831
20	0.12748	247.64	270.59	1.0399	0.11418	247.35	270.18	1.0303	0.09423	246.74	269.36	1.0134
30	0.13248	255.41	279.25	1.0690	0.11874	255.14	278.89	1.0595	0.09812	254.61	278.16	1.0429
40	0.13741	263.31	288.05	1.0975	0.12322	263.08	287.72	1.0882	0.10193	262.59	287.06	1.0718
50	0.14230	271.36	296.98	1.1256	0.12766	271.15	296.68	1.1163	0.10570	270.71	296.08	1.1001
60	0.14715	279.56	306.05	1.1532	0.13206	279.37	305.78	1.1441	0.10942	278.97	305.23	1.1280
70	0.15196	287.91	315.27	1.1805	0.13641	287.73	315.01	1.1714	0.11310	287.36	314.51	1.1554
80	0.15673	296.42	324.63	1.2074	0.14074	296.25	324.40	1.1983	0.11675	295.91	323.93	1.1825
90	0.16149	305.07	334.14	1.2339	0.14504	304.92	333.93	1.2249	0.12038	304.60	333.49	1.2092
100	0.16622	313.88	343.80	1.2602	0.14933	313.74	343.60	1.2512	0.12398	313.44	343.20	1.2356
<i>P</i> = 0.28 MPa (<i>T</i> _{sat} = -1.25 °C)				<i>P</i> = 0.32 MPa (<i>T</i> _{sat} = 2.46 °C)				<i>P</i> = 0.40 MPa (<i>T</i> _{sat} = 8.91 °C)				
Sat.	0.07235	229.46	249.72	0.9321	0.06360	231.52	251.88	0.9301	0.051201	235.07	255.55	0.9269
0	0.07282	230.44	250.83	0.9362								
10	0.07646	238.27	259.68	0.9680	0.06609	237.54	258.69	0.9544	0.051506	235.97	256.58	0.9305
20	0.07997	246.13	268.52	0.9987	0.06925	245.50	267.66	0.9856	0.054213	244.18	265.86	0.9628
30	0.08338	254.06	277.41	1.0285	0.07231	253.50	276.65	1.0157	0.056796	252.36	275.07	0.9937
40	0.08672	262.10	286.38	1.0576	0.07530	261.60	285.70	1.0451	0.059292	260.58	284.30	1.0236
50	0.09000	270.27	295.47	1.0862	0.07823	269.82	294.85	1.0739	0.061724	268.90	293.59	1.0528
60	0.09324	278.56	304.67	1.1142	0.08111	278.15	304.11	1.1021	0.064104	277.32	302.96	1.0814
70	0.09644	286.99	314.00	1.1418	0.08395	286.62	313.48	1.1298	0.066443	285.86	312.44	1.1094
80	0.09961	295.57	323.46	1.1690	0.08675	295.22	322.98	1.1571	0.068747	294.53	322.02	1.1369
90	0.10275	304.29	333.06	1.1958	0.08953	303.97	332.62	1.1840	0.071023	303.32	331.73	1.1640
100	0.10587	313.15	342.80	1.2222	0.09229	312.86	342.39	1.2105	0.073274	312.26	341.57	1.1907
110	0.10897	322.16	352.68	1.2483	0.09503	321.89	352.30	1.2367	0.075504	321.33	351.53	1.2171
120	0.11205	331.32	362.70	1.2742	0.09775	331.07	362.35	1.2626	0.077717	330.55	361.63	1.2431
130	0.11512	340.63	372.87	1.2997	0.10045	340.39	372.54	1.2882	0.079913	339.90	371.87	1.2688
140	0.11818	350.09	383.18	1.3250	0.10314	349.86	382.87	1.3135	0.082096	349.41	382.24	1.2942

TABLA A-13

Refrigerante 134a sobrecalentado (conclusión)

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
P = 0.50 MPa ($T_{sat} = 15.71$ °C)				P = 0.60 MPa ($T_{sat} = 21.55$ °C)				P = 0.70 MPa ($T_{sat} = 26.69$ °C)				
Sat.	0.041118	238.75	259.30	0.9240	0.034295	241.83	262.40	0.9218	0.029361	244.48	265.03	0.9199
20	0.042115	242.40	263.46	0.9383								
30	0.044338	250.84	273.01	0.9703	0.035984	249.22	270.81	0.9499	0.029966	247.48	268.45	0.9313
40	0.046456	259.26	282.48	1.0011	0.037865	257.86	280.58	0.9816	0.031696	256.39	278.57	0.9641
50	0.048499	267.72	291.96	1.0309	0.039659	266.48	290.28	1.0121	0.033322	265.20	288.53	0.9954
60	0.050485	276.25	301.50	1.0599	0.041389	275.15	299.98	1.0417	0.034875	274.01	298.42	1.0256
70	0.052427	284.89	311.10	1.0883	0.043069	283.89	309.73	1.0705	0.036373	282.87	308.33	1.0549
80	0.054331	293.64	320.80	1.1162	0.044710	292.73	319.55	1.0987	0.037829	291.80	318.28	1.0835
90	0.056205	302.51	330.61	1.1436	0.046318	301.67	329.46	1.1264	0.039250	300.82	328.29	1.1114
100	0.058053	311.50	340.53	1.1705	0.047900	310.73	339.47	1.1536	0.040642	309.95	338.40	1.1389
110	0.059880	320.63	350.57	1.1971	0.049458	319.91	349.59	1.1803	0.042010	319.19	348.60	1.1658
120	0.061687	329.89	360.73	1.2233	0.050997	329.23	359.82	1.2067	0.043358	328.55	358.90	1.1924
130	0.063479	339.29	371.03	1.2491	0.052519	338.67	370.18	1.2327	0.044688	338.04	369.32	1.2186
140	0.065256	348.83	381.46	1.2747	0.054027	348.25	380.66	1.2584	0.046004	347.66	379.86	1.2444
150	0.067021	358.51	392.02	1.2999	0.055522	357.96	391.27	1.2838	0.047306	357.41	390.52	1.2699
160	0.068775	368.33	402.72	1.3249	0.057006	367.81	402.01	1.3088	0.048597	367.29	401.31	1.2951
P = 0.80 MPa ($T_{sat} = 31.31$ °C)				P = 0.90 MPa ($T_{sat} = 35.51$ °C)				P = 1.00 MPa ($T_{sat} = 39.37$ °C)				
Sat.	0.025621	246.79	267.29	0.9183	0.022683	248.85	269.26	0.9169	0.020313	250.68	270.99	0.9156
40	0.027035	254.82	276.45	0.9480	0.023375	253.13	274.17	0.9327	0.020406	251.30	271.71	0.9179
50	0.028547	263.86	286.69	0.9802	0.024809	262.44	284.77	0.9660	0.021796	260.94	282.74	0.9525
60	0.029973	272.83	296.81	1.0110	0.026146	271.60	295.13	0.9976	0.023068	270.32	293.38	0.9850
70	0.031340	281.81	306.88	1.0408	0.027413	280.72	305.39	1.0280	0.024261	279.59	303.85	1.0160
80	0.032659	290.84	316.97	1.0698	0.028630	289.86	315.63	1.0574	0.025398	288.86	314.25	1.0458
90	0.033941	299.95	327.10	1.0981	0.029806	299.06	325.89	1.0860	0.026492	298.15	324.64	1.0748
100	0.035193	309.15	337.30	1.1258	0.030951	308.34	336.19	1.1140	0.027552	307.51	335.06	1.1031
110	0.036420	318.45	347.59	1.1530	0.032068	317.70	346.56	1.1414	0.028584	316.94	345.53	1.1308
120	0.037625	327.87	357.97	1.1798	0.033164	327.18	357.02	1.1684	0.029592	326.47	356.06	1.1580
130	0.038813	337.40	368.45	1.2061	0.034241	336.76	367.58	1.1949	0.030581	336.11	366.69	1.1846
140	0.039985	347.06	379.05	1.2321	0.035302	346.46	378.23	1.2210	0.031554	345.85	377.40	1.2109
150	0.041143	356.85	389.76	1.2577	0.036349	356.28	389.00	1.2467	0.032512	355.71	388.22	1.2368
160	0.042290	366.76	400.59	1.2830	0.037384	366.23	399.88	1.2721	0.033457	365.70	399.15	1.2623
170	0.043427	376.81	411.55	1.3080	0.038408	376.31	410.88	1.2972	0.034392	375.81	410.20	1.2875
180	0.044554	386.99	422.64	1.3327	0.039423	386.52	422.00	1.3221	0.035317	386.04	421.36	1.3124
P = 1.20 MPa ($T_{sat} = 46.29$ °C)				P = 1.40 MPa ($T_{sat} = 52.40$ °C)				P = 1.60 MPa ($T_{sat} = 57.88$ °C)				
Sat.	0.016715	253.81	273.87	0.9130	0.014107	256.37	276.12	0.9105	0.012123	258.47	277.86	0.9078
50	0.017201	257.63	278.27	0.9267								
60	0.018404	267.56	289.64	0.9614	0.015005	264.46	285.47	0.9389	0.012372	260.89	280.69	0.9163
70	0.019502	277.21	300.61	0.9938	0.016060	274.62	297.10	0.9733	0.013430	271.76	293.25	0.9535
80	0.020529	286.75	311.39	1.0248	0.017023	284.51	308.34	1.0056	0.014362	282.09	305.07	0.9875
90	0.021506	296.26	322.07	1.0546	0.017923	294.28	319.37	1.0364	0.015215	292.17	316.52	1.0194
100	0.022442	305.80	332.73	1.0836	0.018778	304.01	330.30	1.0661	0.016014	302.14	327.76	1.0500
110	0.023348	315.38	343.40	1.1118	0.019597	313.76	341.19	1.0949	0.016773	312.07	338.91	1.0795
120	0.024228	325.03	354.11	1.1394	0.020388	323.55	352.09	1.1230	0.017500	322.02	350.02	1.1081
130	0.025086	334.77	364.88	1.1664	0.021155	333.41	363.02	1.1504	0.018201	332.00	361.12	1.1360
140	0.025927	344.61	375.72	1.1930	0.021904	343.34	374.01	1.1773	0.018882	342.05	372.26	1.1632
150	0.026753	354.56	386.66	1.2192	0.022636	353.37	385.07	1.2038	0.019545	352.17	383.44	1.1900
160	0.027566	364.61	397.69	1.2449	0.023355	363.51	396.20	1.2298	0.020194	362.38	394.69	1.2163
170	0.028367	374.78	408.82	1.2703	0.024061	373.75	407.43	1.2554	0.020830	372.69	406.02	1.2421
180	0.029158	385.08	420.07	1.2954	0.024757	384.10	418.76	1.2807	0.021456	383.11	417.44	1.2676

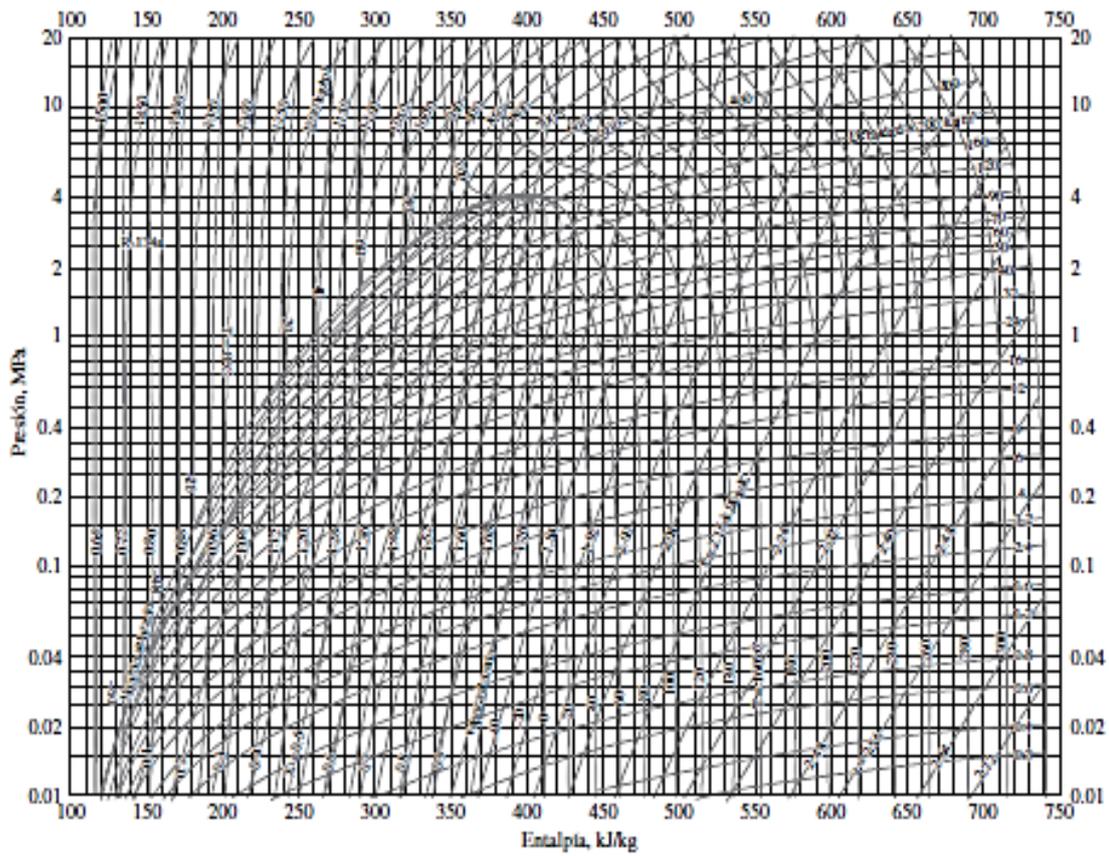


FIGURA A-14
 Diagrama $P-h$ para el refrigerante 134a.

Nota: El punto de referencia utilizado para la gráfica es diferente al empleado en las tablas de R-134a. Por lo tanto, los problemas deberán resolverse utilizando todos los datos de propiedades obtenidos, ya sea de las tablas o de la gráfica, pero no de ambas.

Reimpreso con autorización de la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, Georgia.

Totally Integrated Automation Portal

CURVA DE TEMPERATURA_V13 / [CPU 1214C AC/DC/Rly] / Bloques de programa

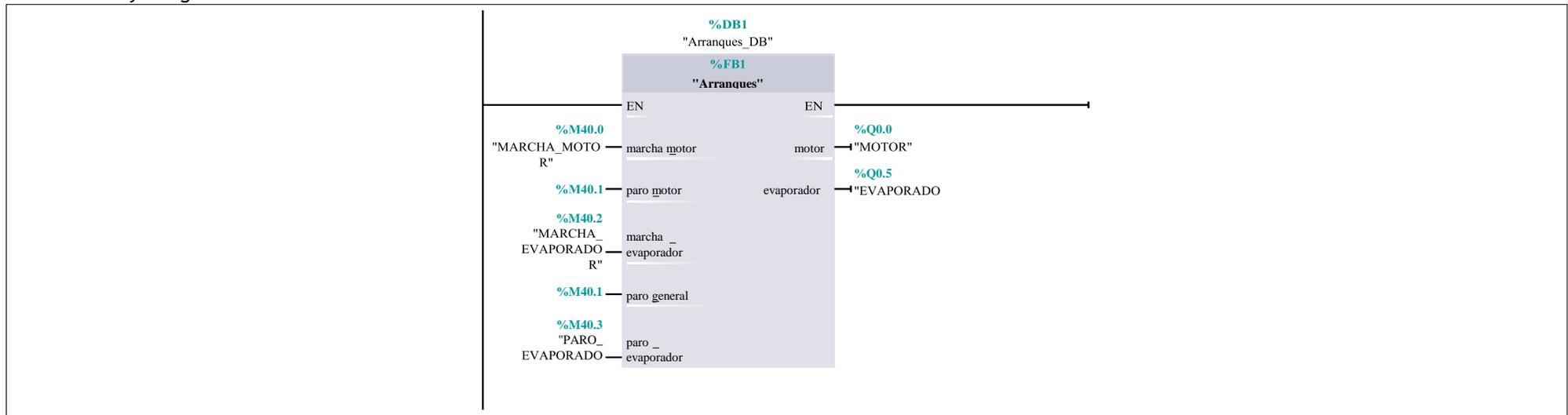
Main [OB1]

Main Propiedades							
General							
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB	Idioma	KOP
Numeración	Automático						
Información							
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario		Familia	
Versión	0.1	ID personalizada					

Main				
Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
Temp		0-30°C		
Constant				

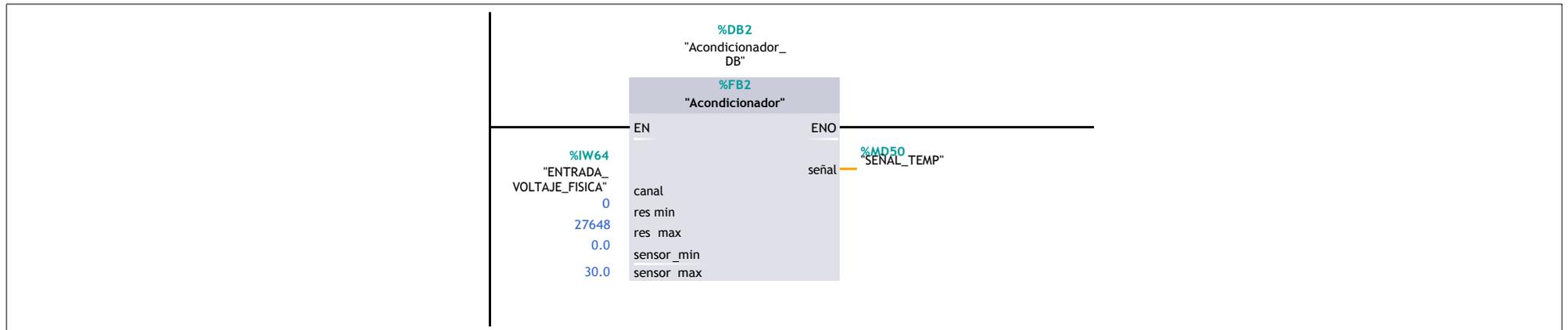
Segmento 1:

Totally Integrated Automation Portal



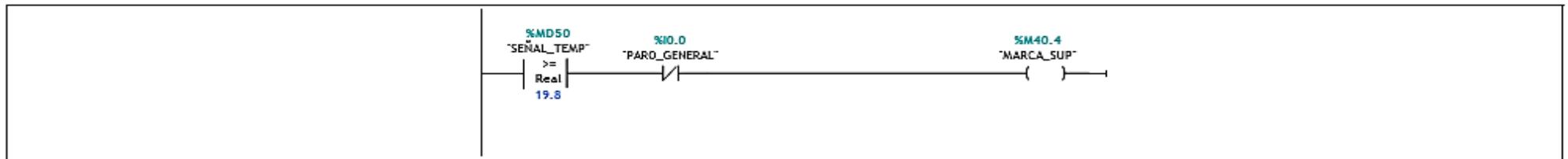
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"EVAPORADOR"	%Q0.5	Bool	
"MARCHA_EVAPORADOR"	%M40.2	Bool	
"MARCHA_MOTOR"	%M40.0	Bool	
"MOTOR"	%Q0.0	Bool	
"PARO_EVAPORADOR"	%M40.3	Bool	
"PARO_MOTOR"	%M40.1	Bool	

Segmento 2:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"ENTRADA_VOLTAJE_FISICA"	%IW64	Word	
"SEÑAL_TEMP"	%MD50	Real	

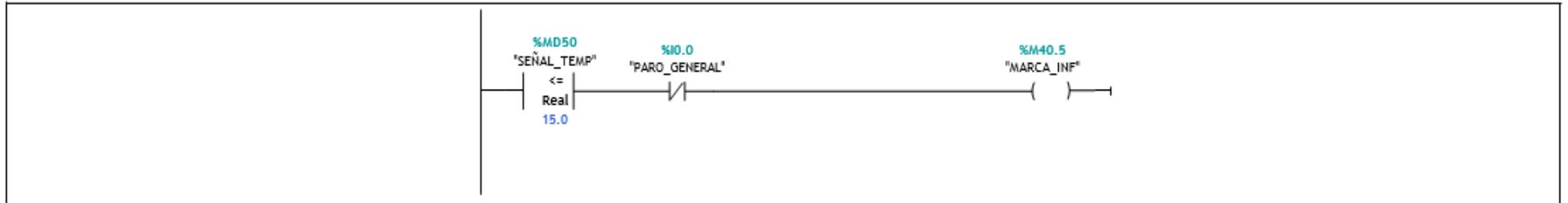
Segmento 3:



Totally Integrated Automation Portal

Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MARCA_SUP"	%M40.4	Bool	
"PARO_GENERAL"	%I0.0	Bool	
"SEÑAL_TEMP"	%MD50	Real	

Segmento 4:



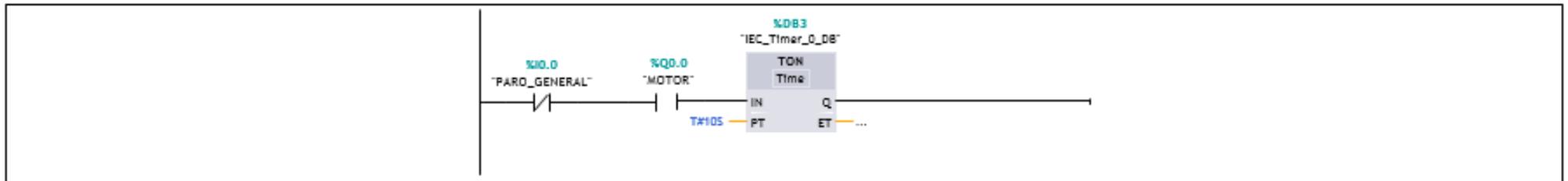
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MARCA_INF"	%M40.5	Bool	
"PARO_GENERAL"	%I0.0	Bool	
"SEÑAL_TEMP"	%MD50	Real	

Segmento 5:



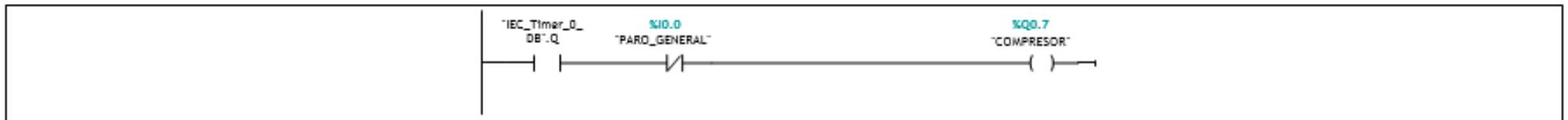
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MARCA_INF"	%M40.5	Bool	
"MARCA_SUP"	%M40.4	Bool	
"PARO_GENERAL"	%I0.0	Bool	
"VENTILADOR"	%Q0.6	Bool	

Segmento 6:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"MOTOR"	%Q0.0	Bool	
"PARO_GENERAL"	%I0.0	Bool	

Segmento 7:



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"COMPRESOR"	%Q0.7	Bool	
"IEC_Timer_0_DB".Q		Bool	
"PARO_GENERAL"	%I0.0	Bool	



ANEXO V	DESCRIPCIÓN	1-4
<p>Anexos V: Esquema Eléctrico del Módulo de Aire Acondicionado</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Formato A3 (1) - Formato A3 (2) - Formato A3 (3) 		
<p>Anexos VI: Planos de la estructura del Módulo de Aire Acondicionado</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Formato A3 (4) 		