



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO TÉRMICO PARA  
MEJORAR LAS CONDICIONES DE CONFORT DEL  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA  
ENERGÉTICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES:**

VACACELA ZURITA MARIO PAUL

CAICHUG MORALES KEVIN PAÚL

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO TÉRMICO PARA  
MEJORAR LAS CONDICIONES DE CONFORT DEL  
LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA  
ENERGÉTICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

**AUTORES: CAICHUG MORALES KEVIN PAÚL**

**VACACELA ZURITA MARIO PAUL**

**DIRECTOR: Ing. EDISSON FERNANDO CALDERÓN FREIRE**

Riobamba – Ecuador

2022

**© 2022, Kevin Paúl Caichug Morales y Mario Paul Vacacela Zurita**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, **Kevin Paúl Caichug Morales** y **Mario Paul Vacacela Zurita**, declaramos que el presente trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 08 de junio de 2022



---

**Mario Paul Vacacela Zurita**  
**CI: 0605959949**

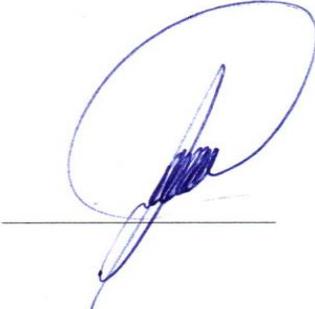
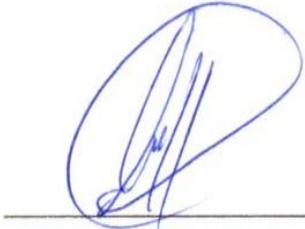


---

**Kevin Paúl Caichug Morales**  
**CI: 0605518638**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO TÉRMICO PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE CONFORT DEL LABORATORIO DE DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por los señores: **MARIO PAUL VACACELA ZURITA** y **KEVIN PAÚL CAICHUG MORALES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-08
Ing. Edison Fernando Calderón Freire <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-06-08
Ing. Alex Giovanni Tenicota García <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-06-08

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado tantas bendiciones en el transcurso de la vida y por haberme permitido culminar una etapa más en mi vida.

A mis padres Gabriel y Anita por su apoyo incondicional, su infinito amor y paciencia durante todo este tiempo, por sus valores, por su motivación constante que me han permitido ser una persona de bien, de la misma manera un agradecimiento especial a mis hermanos José Gabriel y Carlos Santiago que siempre me han motivado a ser cada día mejor y a superar todos los obstáculos, que no todo es fácil, pero tampoco imposible de alcanzar.

Kevin

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por darme la fortaleza y el valor necesario para continuar sin desmayar. A mis padres por ser el pilar fundamental en mi formación personal y académica, por su dedicación, atención, amor, pero sobre todo por su apoyo incondicional durante esta etapa estudiantil. A mis hermanos por ser parte importante en mi vida.

A la ESPOCH, Facultad de Mecánica y Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, institución que me abrió las puertas para capacitarme y brindarme conocimientos para desempeñarlos de la manera más oportuna en el ambiente profesional

A los docentes quienes con sus conocimientos y consejos me guiaron hasta alcanzar mi meta final, en especial al Ing. Edison Fernando Calderón Freire y al Ing. Alex Giovanni Tenicota García por su dirección y asesoría para lograr culminar con éxito esta tesis.

Kevin

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVI
RESUMEN.....	XVII
SUMMARY.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	5

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Bombas de calor.....	6
2.1.1. <i>Funcionamiento de una bomba de calor</i> .....	6
2.1.1.1. <i>Ciclo de una bomba de calor</i> .....	7
2.1.1.2. <i>Analogía de una bomba de calor con una bomba de agua</i> .....	8
2.1.1.3. <i>Ciclo de Carnot inverso</i> .....	8
2.1.2. <i>Tipos de bombas de calor según su construcción</i> .....	9
2.1.3. <i>Tipos de bomba de calor según su proceso de funcionamiento</i> .....	9
2.1.4. <i>Tipos de bomba según su extracción y entrega de calor</i> .....	10
2.1.5. <i>Ciclo de calefacción</i> .....	12
2.1.6. <i>Ciclo de refrigeración</i> .....	13
2.1.7. <i>Funcionamiento de una bomba de calor reversible</i> .....	13
2.1.8. <i>Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor</i> .....	13
2.1.9. <i>Coficiente de rendimiento (COP) de una bomba de calor</i> .....	14

<b>2.1.10.</b>	<b><i>BTU de un equipo</i></b> .....	15
<b>2.1.11.</b>	<b><i>Área efectiva de climatización</i></b> .....	15
<b>2.1.12.</b>	<b><i>Potencia calorífica para un área</i></b> .....	16
<b>2.1.13.</b>	<b><i>Refrigerante</i></b> .....	17
2.1.13.1.	<i>Clasificación de los refrigerantes</i> .....	18
<b>2.1.14.</b>	<b><i>Condensador</i></b> .....	18
<b>2.1.15.</b>	<b><i>Evaporador</i></b> .....	19
<b>2.1.16.</b>	<b><i>Tuberías</i></b> .....	19
<b>2.1.17.</b>	<b><i>Compresor</i></b> .....	20
2.1.17.1.	<i>Tipo de compresores según sus características</i> .....	20
2.1.17.2.	<i>Tipos de compresores según su forma de compresión</i> .....	20
<b>2.1.18.</b>	<b><i>Válvulas para el control de líquido refrigerante</i></b> .....	22
2.1.18.1.	<i>Válvula de expansión termostática</i> .....	22
2.1.18.2.	<i>Tubo capilar</i> .....	23
<b>2.1.19.</b>	<b><i>Regulador de potencia</i></b> .....	24
<b>2.2.</b>	<b><i>Acondicionamiento del aire</i></b> .....	24
<b>2.2.1.</b>	<b><i>Confort térmico</i></b> .....	24
<b>2.2.2.</b>	<b><i>Comodidad humana y acondicionamiento de aire</i></b> .....	25
<b>2.2.3.</b>	<b><i>Procesos de acondicionamiento de aire</i></b> .....	25
<b>2.3.</b>	<b><i>Documentos de referencia</i></b> .....	26
<b>2.3.1.</b>	<b><i>Manual de operación</i></b> .....	26
2.3.1.1.	<i>Objetivo</i> .....	26
2.3.1.2.	<i>Estrategias</i> .....	26
2.3.1.3.	<i>Procesos</i> .....	26
<b>2.3.2.</b>	<b><i>Plan de mantenimiento</i></b> .....	26
2.3.2.1.	<i>Propósito del mantenimiento</i> .....	27
2.3.2.2.	<i>Ficha técnica</i> .....	27
2.3.2.3.	<i>Mantenimiento preventivo</i> .....	27
2.3.2.4.	<i>Mantenimiento correctivo</i> .....	27

### **CAPÍTULO III**

<b>3.</b>	<b><i>ELABORACIÓN DEL MÓDULO TÉRMICO</i></b> .....	28
<b>3.1.</b>	<b><i>Localización</i></b> .....	28
<b>3.2.</b>	<b><i>Layout del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética</i></b> .....	29
<b>3.3.</b>	<b><i>Condiciones climáticas de diurnas y nocturnas de Riobamba</i></b> .....	29
<b>3.4.</b>	<b><i>Zona climática de Riobamba</i></b> .....	29

<b>3.5.</b>	<b>Cálculo de las cargas térmicas</b> .....	30
<b>3.5.1.</b>	<b><i>Cálculo de la carga térmica de calefacción</i></b> .....	30
<b>3.5.2.</b>	<b><i>Cálculo de la carga de refrigeración</i></b> .....	31
3.5.2.1.	<i>Cálculo de la carga térmica por personas</i> .....	31
3.5.2.2.	<i>Cálculo de la carga térmica por equipos en funcionamiento</i> .....	31
3.5.2.3.	<i>Cálculo de la carga térmica por área</i> .....	32
3.5.2.4.	<i>Carga térmica total</i> .....	33
<b>3.5.3.</b>	<b><i>Cálculo de la carga de refrigeración mediante el programa CoolPack</i></b> .....	33
<b>3.6.</b>	<b>Selección de equipos y elementos para la construcción del circuito mecánico y eléctrico</b> .....	34
<b>3.6.1.</b>	<b><i>Selección de la unidad condensadora</i></b> .....	34
3.6.1.1.	<i>Ventilador</i> .....	35
3.6.1.2.	<i>Compresor</i> .....	35
3.6.1.3.	<i>Condensador</i> .....	36
<b>3.6.2.</b>	<b><i>Selección de la tubería</i></b> .....	36
3.6.2.1.	<i>Selección del diámetro nominal de la tubería de alta presión</i> .....	38
3.6.2.2.	<i>Selección del diámetro nominal de la tubería de baja presión</i> .....	39
<b>3.6.3.</b>	<b><i>Selección del elemento de restricción del fluido refrigerante</i></b> .....	40
<b>3.6.4.</b>	<b><i>Selección de la válvula de paso</i></b> .....	40
<b>3.6.5.</b>	<b><i>Selección de manómetros</i></b> .....	41
<b>3.6.6.</b>	<b><i>Conexiones</i></b> .....	42
<b>3.6.7.</b>	<b><i>Selección del visor de líquido</i></b> .....	42
<b>3.6.8.</b>	<b><i>Selección de la válvula de 4 vías</i></b> .....	43
<b>3.6.9.</b>	<b><i>Selección de la bobina de la válvula de 4 vías</i></b> .....	43
<b>3.6.10.</b>	<b><i>Selección de las válvulas check</i></b> .....	43
<b>3.6.11.</b>	<b><i>Selección de elementos eléctricos para el tablero de control</i></b> .....	44
<b>3.7.</b>	<b>Herramientas y equipos</b> .....	44
<b>3.7.1.</b>	<b><i>Cortadora de tuberías</i></b> .....	44
<b>3.7.2.</b>	<b><i>Dobladora de tubería</i></b> .....	45
<b>3.7.3.</b>	<b><i>Kit de expansores y acampanador</i></b> .....	45
<b>3.7.4.</b>	<b><i>Soldadura Oxiacetilénica</i></b> .....	46
<b>3.7.5.</b>	<b><i>Material de aporte</i></b> .....	46
<b>3.8.</b>	<b>Construcción del sistema mecánico</b> .....	46
<b>3.8.1.</b>	<b><i>Construcción de una base de acero</i></b> .....	46
<b>3.8.2.</b>	<b><i>Colocación de la base de Split y montaje del evaporador</i></b> .....	47
<b>3.8.3.</b>	<b><i>Colocación de válvulas de paso en el evaporador</i></b> .....	47
<b>3.8.4.</b>	<b><i>Colocación de válvulas de paso en el compresor</i></b> .....	48

3.8.5.	<i>Colocación de válvulas en el condensador</i> .....	48
3.8.6.	<i>Soldadura de conexiones</i> .....	49
3.8.7.	<i>Soldadura de la válvula de 4 vías</i> .....	49
3.8.8.	<i>Soldadura de los tubos capilares</i> .....	49
3.8.9.	<i>Soldadura de las válvulas check</i> .....	50
3.8.10.	<i>Colocación de manómetros</i> .....	50
3.8.11.	<i>Colocación del visor</i> .....	51
3.9.	<b>Construcción del sistema eléctrico</b> .....	51
3.9.1.	<i>Colocación de los elementos del circuito de mando</i> .....	52
3.9.2.	<i>Colocación de los elementos del circuito de potencia</i> .....	53
3.10.	<b>Instalación y pruebas de funcionamiento</b> .....	53
3.10.1.	<i>Instalación de la unidad condensadora</i> .....	53
3.10.2.	<i>Instalación del evaporador</i> .....	54
3.10.3.	<i>Instalación del circuito mecánico</i> .....	55
3.10.4.	<i>Instalación del circuito eléctrico</i> .....	55
3.10.5.	<i>Programación del control de temperatura MT-512E</i> .....	56
3.10.6.	<i>Prueba de fugas</i> .....	57
3.10.7.	<i>Proceso de vacío</i> .....	58
3.10.8.	<i>Carga de refrigerante</i> .....	59
3.11.	<b>Manual de operación</b> .....	59
3.11.1.	<i>Pasos para el encendido del módulo térmico</i> .....	59
3.11.2.	<i>Procedimiento para el cambio de ubicación e instalación del módulo térmico</i> .....	60
3.11.3.	<i>Normas preventivas en seguridad industrial</i> .....	62
3.11.3.1.	<i>Orden y limpieza</i> .....	62
3.11.3.2.	<i>Equipos de protección personal para la manipulación del módulo térmico</i> .....	62
3.11.3.3.	<i>Equipos de protección personal para la realización de tareas de mantenimiento</i> .....	62
3.11.3.4.	<i>Herramientas manuales</i> .....	63
3.11.3.5.	<i>Escaleras</i> .....	63
3.11.3.6.	<i>Electricidad</i> .....	63
3.11.3.7.	<i>Datos de seguridad del Refrigerante R-410A</i> .....	63
3.12.	<b>Realización del plan de mantenimiento del módulo térmico</b> .....	64
3.12.1.	<i>Codificación técnica de equipos</i> .....	64
3.12.2.	<i>Fichas de datos y características técnicas</i> .....	65
3.12.3.	<i>Análisis modal de fallo y efecto (AMFE) de los equipos</i> .....	67
3.12.4.	<i>Tareas de mantenimiento y frecuencia de realización</i> .....	68
3.12.5.	<i>Procedimiento de tareas de mantenimiento</i> .....	70
3.12.6.	<i>Cronograma de mantenimiento</i> .....	72

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	74
<b>4.1.</b>	<b>Resultados de la temperatura en modo calefacción</b> .....	74
4.1.1.	<i>Medición de la temperatura ambiente en modo calefacción</i> .....	74
4.1.2.	<i>Medición de la humedad relativa en modo calefacción</i> .....	75
<b>4.2.</b>	<b>Resultados de la temperatura en modo refrigeración</b> .....	76
4.2.1.	<i>Medición de la temperatura ambiente en modo refrigeración</i> .....	77
4.2.2.	<i>Medición de la humedad relativa en modo refrigeración</i> .....	78
<b>4.3.</b>	<b>Diagrama de Mollier</b> .....	79
4.3.1.	<i>Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor</i> .....	79
4.3.1.1.	<i>Presión vs entalpía del ciclo ideal de refrigeración</i> .....	80
4.3.1.2.	<i>Temperatura vs entropía del ciclo ideal de refrigeración</i> .....	81
4.3.1.3.	<i>Magnitud de calor extraído del espacio refrigerado</i> .....	82
4.3.1.4.	<i>Magnitud del calor rechazado hacia el exterior</i> .....	82
4.3.1.5.	<i>Cálculo del COP del ciclo ideal de refrigeración</i> .....	83
4.3.1.6.	<i>Cálculo del COP mediante las magnitudes de calor del ciclo de calefacción</i> .....	83
4.3.1.7.	<i>Relación de compresión</i> .....	84
4.3.2.	<i>Ciclo ideal de calefacción por compresión de vapor</i> .....	84
4.3.2.1.	<i>Presión vs entalpía del ciclo ideal de calefacción</i> .....	85
4.3.2.2.	<i>Temperatura vs entropía del ciclo ideal de calefacción</i> .....	86
4.3.2.3.	<i>Magnitud de calor extraído del exterior</i> .....	87
4.3.2.4.	<i>Magnitud del calor rechazado hacia el espacio a calentar</i> .....	87
4.3.2.5.	<i>Cálculo del COP del ciclo ideal de calefacción</i> .....	88
4.3.2.6.	<i>Cálculo del COP mediante las magnitudes de calor del ciclo de calefacción</i> .....	88
4.3.2.7.	<i>Relación de compresión</i> .....	89
<b>4.4.</b>	<b>Termograma del ciclo de refrigeración</b> .....	89
<b>4.5.</b>	<b>Termograma del ciclo de calefacción</b> .....	90
<b>CONCLUSIONES</b> .....		91
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		92
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Parámetros ODP y GWP de los diferentes tipos de refrigerantes .....	17
<b>Tabla 1-3:</b>	Temperatura máxima y mínima promedio en la ciudad de Riobamba .....	29
<b>Tabla 2-3:</b>	Velocidad del refrigerante en un sistema de refrigeración .....	36
<b>Tabla 3-3:</b>	Procedimiento para el encendido del módulo térmico .....	59
<b>Tabla 4-3:</b>	Ejemplo de codificación técnica de equipos .....	65
<b>Tabla 5-3:</b>	Ficha técnica del compresor.....	66
<b>Tabla 6-3:</b>	Análisis modal de fallo y efecto del compresor .....	67
<b>Tabla 7-3:</b>	Tareas de mantenimiento preventivo del compresor .....	68
<b>Tabla 8-3:</b>	Tareas de mantenimiento correctivo del compresor .....	70
<b>Tabla 9-3:</b>	Procedimiento para el cambio de compresor.....	71
<b>Tabla 10-3:</b>	Procedimiento de soldadura de las uniones, acoples y tuberías donde exista fuga de refrigerante.....	72
<b>Tabla 11-3:</b>	de mantenimiento del compresor .....	73
<b>Tabla 1-4:</b>	Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción.....	74
<b>Tabla 2-4:</b>	Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia .....	75
<b>Tabla 3-4:</b>	Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración .....	77
<b>Tabla 5-4:</b>	Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración a 2 metros de distancia.....	78
<b>Tabla 6-4:</b>	Datos termodinámicos del ciclo ideal de refrigeración .....	79
<b>Tabla 7-4:</b>	Datos del ciclo ideal de calefacción .....	84

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b>	Funcionamiento de una bomba de calor .....	7
<b>Figura 2-2:</b>	Ciclo de una bomba de calor .....	8
<b>Figura 3-2:</b>	Analogía de una bomba de calor con una bomba de agua.....	8
<b>Figura 4-2:</b>	Ciclo de Carnot inverso .....	9
<b>Figura 5-2:</b>	Bomba de calor por compresión .....	10
<b>Figura 6-2:</b>	Bomba de calor por absorción .....	10
<b>Figura 7-2:</b>	Bomba de calor aire-aire.....	11
<b>Figura 8-2:</b>	Bomba de calor aire-agua .....	11
<b>Figura 9-2:</b>	Bomba de calor agua-agua.....	12
<b>Figura 10-2:</b>	Bomba de calor tierra-agua .....	12
<b>Figura 11-2:</b>	Ciclo de refrigeración por compresión de vapor .....	13
<b>Figura 12-2:</b>	Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	14
<b>Figura 13-2:</b>	Parámetros para el COPR de una bomba de calor .....	15
<b>Figura 14-2:</b>	Pérdida de calor en una tubería .....	19
<b>Figura 15-2:</b>	Compresor alternativo.....	21
<b>Figura 16-2:</b>	Compresor de paletas.....	21
<b>Figura 17-2:</b>	Compresor Scroll .....	22
<b>Figura 18-2:</b>	Válvulas de estrangulamiento de un fluido .....	22
<b>Figura 19-2:</b>	Válvula de expansión termostática.....	23
<b>Figura 20-2:</b>	Tubo capilar.....	23
<b>Figura 21-2:</b>	Procesos de acondicionamiento de aire.....	25
<b>Figura 1-3:</b>	Localización del Laboratorio de diagnóstico técnico .....	28
<b>Figura 2-3:</b>	Layout del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética .....	29
<b>Figura 3-3:</b>	Cálculo de la carga térmica.....	34
<b>Figura 4-3:</b>	Equipo de aire acondicionado .....	35
<b>Figura 5-3:</b>	Compresor .....	36
<b>Figura 6-3:</b>	Ciclo de la refrigeración.....	37
<b>Figura 7-3:</b>	Tubo capilar.....	40
<b>Figura 8-3:</b>	Válvula de paso.....	41
<b>Figura 9-3:</b>	Manómetro de baja y alta presión .....	41
<b>Figura 10-3:</b>	Accesorios para conexiones .....	42
<b>Figura 11-3:</b>	Visor de líquido refrigerante .....	42
<b>Figura 12-3:</b>	Válvula de 4 vías .....	43

<b>Figura 13-3:</b>	Válvula de 4 vías .....	43
<b>Figura 14-3:</b>	Tablero de control.....	44
<b>Figura 15-3:</b>	Cortadora de tubería.....	45
<b>Figura 16-3:</b>	Dobladora de tubería.....	45
<b>Figura 17-3:</b>	Kit de expansores y acampanador.....	45
<b>Figura 18-3:</b>	Material de aporte .....	46
<b>Figura 19-3:</b>	Construcción de la base de acero .....	46
<b>Figura 20-3:</b>	Colocación de la base de Split .....	47
<b>Figura 21-3:</b>	Montaje de Split.....	47
<b>Figura 22-3:</b>	Soldadura de válvulas de paso .....	48
<b>Figura 23-3:</b>	Colocación de válvulas de paso del compresor .....	48
<b>Figura 24-3:</b>	Colocación de válvulas de paso del condensador.....	48
<b>Figura 25-3:</b>	Soldadura de conexiones.....	49
<b>Figura 26-3:</b>	Soldadura de la válvula de 4 vías .....	49
<b>Figura 27-3:</b>	Soldadura del tubo capilar .....	50
<b>Figura 28-3:</b>	Soldadura de las válvulas check.....	50
<b>Figura 29-3:</b>	Colocación de manómetros.....	50
<b>Figura 30-3:</b>	Colocación del visor .....	51
<b>Figura 31-3:</b>	Circuito de potencia.....	51
<b>Figura 32-3:</b>	Circuito de mando.....	52
<b>Figura 33-3:</b>	Colocación de componentes del circuito de mando .....	53
<b>Figura 34-3:</b>	Diagrama eléctrico del control de temperatura MT-512E.....	53
<b>Figura 35-3:</b>	Instalación de la unidad condensadora .....	54
<b>Figura 36-3:</b>	Instalación de la unidad interior.....	55
<b>Figura 37-3:</b>	Instalación del circuito mecánico.....	55
<b>Figura 38-3:</b>	Instalación del circuito eléctrico .....	55
<b>Figura 39-3:</b>	Indicaciones y teclas del control de temperatura MT-512E .....	56
<b>Figura 40-3:</b>	Prueba de fugas.....	57
<b>Figura 41-3:</b>	Proceso de vacío .....	58
<b>Figura 42-3:</b>	Carga de refrigerante .....	59
<b>Figura 1-4:</b>	Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.....	79
<b>Figura 2-4:</b>	Presión vs entalpía del ciclo ideal de refrigeración .....	81
<b>Figura 3-4:</b>	Temperatura vs entropía del ciclo ideal de refrigeración .....	81
<b>Figura 4-4:</b>	Ciclo ideal de calefacción por compresión de vapor .....	84
<b>Figura 5-4:</b>	Presión vs entalpía del ciclo ideal de calefacción.....	86
<b>Figura 6-4:</b>	Temperatura vs entropía del ciclo ideal de calefacción .....	86
<b>Figura 7-4:</b>	Termograma del ciclo de refrigeración .....	89

**Figura 8-4:** Termograma del ciclo de calefacción.....90

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-4:</b>	Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción.....	75
<b>Gráfico 2-4:</b>	Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia. ....	76
<b>Gráfico 3-4:</b>	Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración .....	77
<b>Gráfico 4-4:</b>	Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración a 2 metros de distancia.....	78

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** Carga térmica, transmitancia térmica y radiación solar
- ANEXO B:** Tabla termodinámica del refrigerante R-410<sup>a</sup>
- ANEXO C:** Instalación de la unidad de condensación
- ANEXO D:** Plan de Mantenimiento
- ANEXO E:** Resultados obtenidos

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación tuvo como objetivo implementar un módulo térmico para mejorar las condiciones de confort en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica, planteado para fortalecer conocimientos acerca del funcionamiento de un sistema de refrigeración. El desarrollo del trabajo comprendió el cálculo de la carga térmica mediante el uso de un software, la selección de elementos y equipos en base a la carga de refrigeración y calefacción que permitieron el funcionamiento del equipo como un climatizador y la construcción del módulo térmico bajo el principio de funcionamiento de un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor, se elaboró las guías de laboratorio para el módulo térmico, el manual de operación y el plan de mantenimiento. Por medio de elementos de control se realizó las pruebas de funcionamiento en donde el módulo térmico trabaja como un sistema de refrigeración o calefacción, permitiendo así una variación de temperatura en modo refrigeración de  $-3,4^{\circ}\text{C}$  en un lapso de tiempo de 24 minutos, obteniendo así una temperatura ambiente en el laboratorio de  $20^{\circ}\text{C}$ , de la misma manera se realizó las pruebas de funcionamiento en modo calefacción, obteniendo una variación de temperatura de  $4,3^{\circ}\text{C}$  en un tiempo de 20 minutos, logrando una temperatura ambiente en el laboratorio de  $28,3^{\circ}\text{C}$ . Se concluye que el módulo térmico construido mantiene una temperatura ambiente en el laboratorio de  $20^{\circ}\text{C}$  en modo refrigeración y una temperatura de  $28,3^{\circ}\text{C}$  en modo calefacción y por medio de las guías de laboratorio se ayudó a la comprensión de un sistema básico de refrigeración, conociendo sus componentes principales, su principio de funcionamiento y cuáles son sus posibles fallas y averías. Para mayor eficiencia del módulo es recomendable un mayor aislamiento térmico para evitar el ingreso de temperaturas externas dentro del laboratorio.

**Palabras Clave:** <MÓDULO TÉRMICO>, <CARGA TÉRMICA>, <CONFORT TÉRMICO>, <REFRIGERACIÓN>, <CALEFACCIÓN>.

1438-DBRA-UTP-2022



## SUMMARY

The objective of this research work was to implement a thermal module to improve comfort conditions in the Technical Diagnosis and Energy Efficiency Laboratory at Mechanics Faculty. It was proposed to strengthen knowledge about the operation of a refrigeration system. The development of the work included the calculation of the thermal load through the use of software, the selection of elements and equipment based on the cooling and heating load. They allowed the operation of the equipment as an air conditioner and the construction of the thermal module under the principle of operation of an ideal vapor compression refrigeration cycle. The laboratory guides for the thermal module, the operation manual and the maintenance plan were elaborated. By means of control elements, the performance tests were carried out where the thermal module works as a cooling or heating system, thus allowing a temperature variation in cooling mode of  $-3.4^{\circ}\text{C}$  in a time period of 24 minutes, obtaining thus, an ambient temperature in the laboratory of  $20^{\circ}\text{C}$ . In the same way the operating tests were carried out in heating mode, obtaining a temperature variation of  $4.3^{\circ}\text{C}$  in 20 minutes, achieving an ambient temperature in the laboratory of  $28.3^{\circ}\text{C}$ . It is concluded that the built thermal module maintains an ambient temperature in the laboratory of  $20^{\circ}\text{C}$  in cooling mode and a temperature of  $28.3^{\circ}\text{C}$  in heating mode. Using the laboratory guides the understanding of a basic refrigeration system was helped, knowing its main components, its principle of operation and what are its possible failures and breakdowns. For greater module efficiency, greater thermal insulation is recommended to prevent the entry of external temperatures of laboratory.

**Keywords:** <THERMAL MODULE>, <THERMAL LOAD>, <THERMAL COMFORT>, <COOLING>, <HEATING>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema Mgs.

C.I. 0603357062

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día el uso de equipos que ayuden a mejorar las condiciones de confort ya sea de un domicilio, hotel o de uso industrial en sistemas que necesitan mantener temperaturas inferiores o superiores, han ido en aumento, por lo cual se hace necesario conocer el funcionamiento de los equipos que son utilizados para estas aplicaciones como aires acondicionados, sistemas de refrigeración entre otros.

El proceso de refrigeración se define como un proceso de extracción de calorías ya sea de un producto o de un ambiente, está compuesto por diversos elementos y equipos, los cuales, debido a la importancia que estos presentan, son críticos en relación al mantenimiento que estos deben presentar. Los planes de mantenimiento son elaborados según la función de cada elemento, en el presente proyecto se hace referencia principalmente a la mantención del equipamiento asociado al módulo térmico.

En este trabajo, se presentan los tipos de mantenimiento; correctivo y preventivo a los elementos del módulo, en el cual se identifica los modos de fallas del compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador, siendo estas partes principales del módulo además de la realización de un manual de operación en el que se detalla los pasos para un correcto funcionamiento del mismo, así como lineamientos de seguridad en el cual se detallen los diferentes riesgos en cuanto al funcionamiento del módulo, mediante la utilización de diferentes dispositivos como termómetros, cronómetros, cámaras termográficas, medidores de aire del ambiente se podrá realizar diferentes cálculos como su coeficiente de rendimiento, sus entalpías en puntos específicos entre otros que servirán de ayuda para la realización de guías de práctica.

# CAPÍTULO I

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1. Antecedentes

Desde hace tiempo atrás, gracias a los avances tecnológicos que se han presenciado notablemente, el confort térmico en diferentes sitios, como en una oficina, en un laboratorio, en un lugar de estudio, o incluso en los diferentes tipos de vivienda, cada vez van siendo más comunes, es por eso que se han presentado una gran cantidad de proyectos referentes a la fabricación de módulos térmicos con diferentes modos de funcionamiento a nivel nacional, como a nivel mundial.

Uno de estos proyectos se realizó en la ciudad de Quito en el año 2017, ahí se procedió con el análisis, diseño y construcción de un módulo térmico, basado en el funcionamiento de una bomba de calor, para una residencia; en éste se realizaron análisis termodinámicos en donde se llegaba a determinar las condiciones propicias de operación y de diseño, siendo estas necesarias para calcular presiones y temperaturas para el fluido de trabajo. En este trabajo también se procedió a realizar un análisis comparativo de rentabilidad con los sistemas tradicionales de calentamiento, como son los calefones eléctricos y de gas; a pesar que los módulos térmicos poseen un elevado costo inicial, compensa con su bajo costo de mantenimiento y funcionamiento.

Estos módulos térmicos aparte de tener funciones de calefacción o de calentamiento de agua, también se los puede utilizar industrialmente; así se demostró en un proyecto realizado en la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, en donde se realizó el diseño y construcción de éste, basado en el uso de una bomba de calor aire-aire, mediante la utilización del ciclo termodinámico de refrigeración, con ayuda de gas refrigerante R410A, como una buena alternativa a los refrigerantes comunes en el mercado local, en donde este módulo, fue utilizado para el secado del cacao. La implementación de este sistema con bomba de calor, conllevó a un costo inicial relativamente alto, el cual, mediante su tiempo de uso y su eficiencia en la disminución de costos de combustibles fósiles, es totalmente rentable para el secado de este fruto (Jurado Carrera y Espinoza Martínez 2019, p. 36).

En el año 2016, en la Escuela Politécnica Nacional en la ciudad de Quito, también se desarrolló un proyecto técnico similar, en donde se realizó el diseño y la construcción de una bomba de calor geotérmica, este proyecto fue dividido en 2 instancias, en donde la primera hacía referencia al análisis, cálculo y dimensionamiento teórico, y la segunda parte era experimental, en donde

realizaron un análisis de la relevancia del sistema termodinámico bomba de calor geotérmica en comparación a otros sistemas de bomba de calor, al final con la intención de evaluar el funcionamiento de la bomba de calor que se construyó, se registró absolutamente toda la información referente a pruebas del sistema realizadas, analizando cada caso respectivamente en donde se obtuvieron conclusiones variadas, pero principalmente se determinó que este módulo basado en el sistema de bombas de calor geotérmica, resulta ser mejor que los sistemas convencionales (Chávez Yanchapaxi 2016, p. 26).

## **1.2. Planteamiento del problema**

Los procesos de experimentación mediante módulos didácticos son importantes en la formación académica de un estudiante, ya que con ello se logra relacionar la teoría con la práctica y así poder reforzar los conocimientos aprendidos.

La climatización de un ambiente se ha vuelto algo común en la vida cotidiana, puesto que, además de ofrecer condiciones térmicas confortables, mantiene la calidad de aire aceptable para las personas. Los usos de sistemas de climatización son muy utilizados e indispensables en industrias, lugares de trabajo y estudio.

Bajo estos criterios nace la necesidad de realizar la implementación de un módulo térmico en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica, en el cual los estudiantes aparte de tener un confort térmico, adquirirán conocimientos acerca del funcionamiento de un sistema termodinámico, donde puedan realizar prácticas basados en guías de laboratorio, conocer las diferentes averías, fallas que puede tener estos sistemas y poder realizar planes de mantenimiento preventivo y correctivo, puesto que hace falta reforzar conocimientos acerca de la refrigeración y la climatización. El módulo se basa en el principio de funcionamiento de bomba de calor, el cual regula las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración).

¿La implementación del módulo térmico para el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica, será un mecanismo suficiente de experimentación, que tanto estudiantes como docentes lo utilizarán para fines académicos y profesionales?

## **1.3. Justificación**

En el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética, perteneciente a la Facultad de Mecánica, no posee de un equipo que brinde un confort térmico adecuado, en el cual, tanto

estudiantes como docentes puedan desarrollar su trabajo con una mayor comodidad y concentración, además de servir este como un material didáctico en el cual se podrá realizar prácticas experimentales basándose en guías de laboratorio.

Mediante el artículo científico “Felicidad en el trabajo” (Moccia 2016, p. 143), en el cual caracteriza la mejor manera donde se pueda trabajar y aprender, menciona que siempre que exista todos los implementos de trabajo, haya una buena comunicación entre compañeros, docentes, y principalmente se maneje un ambiente de confort, que permita la relajación de los participantes en donde se pueda acceder a una concentración permanente, que no conlleve a distracciones, siempre existirá una mayor captación de conocimientos, tomando en cuenta que los estudiantes, siempre van a trabajar mejor en un lugar donde se sientan cómodos, catalogando a esto como uno de los principales objetivos de la psicología del trabajo y estudio, obteniendo así un mejor rendimiento de estudio y de trabajo.

Según (Quitiaquez et al. 2020, p. 112) en la actualidad existe una gran cantidad de sistemas termodinámicos que operan en un ciclo, donde se transfiere calor desde un cuerpo de baja temperatura hasta uno de alta temperatura, como es el caso de la bomba de calor, el resultado que obtenemos gracias a estos procedimientos actuales termodinámicos, es que la temperatura del cuerpo de baja temperatura disminuye y la del cuerpo de alta temperatura aumenta. Este método posee la capacidad de extraer energía de fuentes externas, que no tienen costo alguno, permitiendo así que este sea un equipo el cual multiplica su potencia eléctrica de accionamiento del compresor, logrando así transportar calor útil de forma eficiente (Gutiérrez Torres y Jiménez Bernal 2014, p. 104).

Es así que, para seguir desarrollando nuevos sistemas en la ESPOCH, y principalmente, seguir innovando los laboratorios de la Carrera de Mantenimiento Industrial, se ha visto la necesidad de implementar un módulo térmico, el cual será un aspecto importante en el confort de alumnos y docentes, promoviendo así un ambiente relajante en el cual se podrá obtener una mayor captación de conocimientos, demostrando de manera práctica el funcionamiento de un módulo térmico basado en el funcionamiento de una bomba de calor.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. *Objetivo general***

Implementar un módulo térmico para mejorar las condiciones de confort del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica.

#### **1.4.2. *Objetivos específicos***

Realizar el cálculo del área efectiva en modo climatización y calefacción, para conocer la superficie en la cual el equipo funcionará en óptimas condiciones.

Seleccionar los diferentes elementos que compondrán el módulo térmico, mediante el uso de catálogos, para obtener una mayor eficiencia funcional.

Elaborar un manual de operación y mantenimiento del módulo térmico, realizando pruebas de funcionamiento.

Demostrar de una manera práctica el funcionamiento del módulo térmico, mediante la elaboración de guías de laboratorio.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se expone un conjunto de teorías y conceptos en el cual se basa el trabajo de integración curricular, se presentan los aspectos teóricos considerando sus fundamentos y características, su concepto y función, así como las fuentes u orientaciones teóricas que lo sustentan.

#### 2.1. Bombas de calor

A una bomba de calor la podemos definir como aquel equipo térmico destinado a climatizar un lugar determinado ya sea de uso industrial, comercial o residencial. Estos equipos pueden tener múltiples funciones, su uso depende de la necesidad del usuario y de su contexto operacional.

El objetivo de una bomba de calor, es mantener un espacio acondicionado. Esto se logra absorbiendo calor desde una fuente a baja temperatura, por ejemplo, agua de pozo o aire frío exterior en invierno, y suministrando este calor a un habitáculo por medio de mecanismos de refrigeración (Boles et al. 2019).

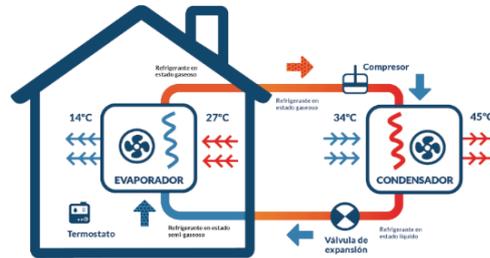
La bomba de calor se caracteriza por ser un elemento importante de aprendizaje en el área de termodinámica, ya que, mediante prácticas o ensayos con este equipo, podemos conocer a fondo temas como, los diferentes procesos de absorción de temperatura de un ambiente frío a uno caliente o viceversa, los diferentes tipos de ciclos termodinámicos, y el funcionamiento específico de los componentes del equipo como el compresor, evaporador, condensador, entre otros (Salazar Daza y Isch Pérez 2013, p. 5).

##### 2.1.1. *Funcionamiento de una bomba de calor*

El funcionamiento de una bomba de calor se basa en el principio del ciclo de Carnot inverso. Este ciclo se compone de cuatro elementos principales, que son el compresor, el evaporador, el condensador y la válvula de expansión. Por este ciclo pasa un refrigerante que en base al punto del ciclo se encuentra en vapor sobrecalentado o en líquido saturado. La bomba de calor utiliza el condensador como un intercambiador de calor (Muñoz Alejandro y Zarantonelli Soares 2017, p. 11).

El principio de funcionamiento viene a ser el mismo que usa un aparato frigorífico, el cual realiza

la transferencia del calor de un medio al otro, logrando disminuir la temperatura en un medio deseado y expulsando o aumentando la temperatura en un lugar deseado. “El funcionamiento de una bomba de calor es, por consiguiente, el de una máquina térmica invertida” (Lévy 1992, p. 106).



**Figura 1-2:** Funcionamiento de una bomba de calor

Fuente: (ATECOS, Técnicos and Compresor 2008)

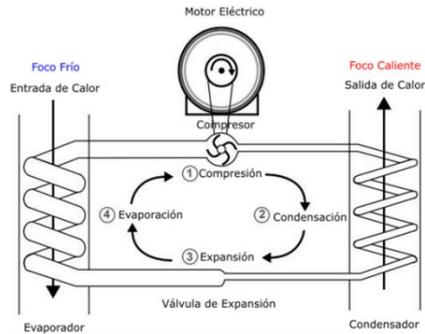
#### 2.1.1.1. Ciclo de una bomba de calor

La bomba de calor se basa en un principio de funcionamiento que tiene 4 pasos:

- **Compresión.** En este punto se comprime el refrigerante. La energía eléctrica que en este caso consume el compresor, se transforma en calor, éste es transmitido al refrigerante al elevar su presión, de esta manera aumentando la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar en su entorno (entalpía) (Monteros Obando y Pérez Erazo 2020, p. 21).
- **Condensación.** En este punto el refrigerante en estado gaseoso a alta presión y temperatura pasará por el condensador. Aquí el fluido cederá el calor al exterior o a un medio específico, cuando este pasa por el intercambiador de calor y al momento de enfriarse se condensa el refrigerante por el calor cedido y éste pasa de estado gaseoso a líquido, a este proceso también lo podemos denominar exotérmico (Monteros Obando y Pérez Erazo 2020, p. 21).
- **Expansión.** Aquí se reduce la presión isoentálpica. El fluido pasará por la válvula de expansión, ya que este es un elemento que genera una gran pérdida de carga, llevando así a la reducción de presión isoentálpica del fluido desde la presión de condensación, hasta la presión de entrada en el evaporador y reduciendo así la temperatura del fluido (Monteros Obando y Pérez Erazo 2020, p. 21).
- **Evaporación.** Aquí se desarrolla el cambio de fase endotérmico. El fluido atraviesa otro intercambiador al cual también lo denominamos evaporador, donde se produce el cambio de fase endotérmica (Monteros Obando y Pérez Erazo 2020, p. 22).

Al final del ciclo el refrigerante se evapora absorbiendo el calor nuevamente, para de esta manera

volver a reiniciar el ciclo en el compresor.



**Figura 2-2:** Ciclo de una bomba de calor

Fuente: (Monteros Obando y Pérez Erazo 2020, p. 22)

### 2.1.1.2. Analogía de una bomba de calor con una bomba de agua

El término de bomba de calor puede ser una analogía con una bomba de agua. La bomba bombea agua para vencer una altura, a mayor altura, mayor entrega de energía externa. En las bombas de calor, se trata de vencer una diferencia de temperatura, mientras mayor sea esta diferencia de temperaturas, mayor será el aporte externo que se requerirá (Chávez Yanchapaxi 2016, p. 9).



**Figura 3-2:** Analogía de una bomba de calor con una bomba de agua

Fuente: (Chávez Yanchapaxi 2016, p. 9)

### 2.1.1.3. Ciclo de Carnot inverso

“Al igual que el ciclo de Carnot es también un ciclo reversible, los cuatro procesos que comprende el ciclo de Carnot pueden invertirse. El resultado es un ciclo que opera en dirección opuesta a las manecillas del reloj en el diagrama T-s. Actualmente este ciclo de refrigeración es el más eficiente que opera entre dos niveles de temperatura específicos” (Bravo Méndez 2011, p. 20).

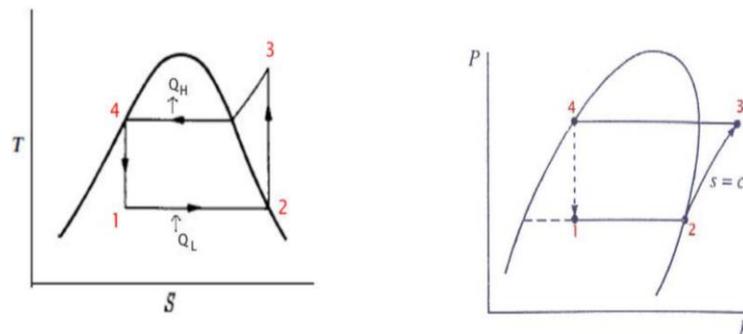
El proceso que realiza el ciclo es el siguiente:

- Proceso 1-2: El refrigerante absorbe calor isotérmicamente de una fuente de calor de

baja temperatura a TL la cantidad de QL.

- Proceso 2-3: Se comprime isoentrópicamente al estado 3 (la temperatura se eleva a Th).
- Proceso 3-4: Rechaza calor isotérmicamente hacia un sumidero a la temperatura TH en la cantidad de QH.
- Proceso 4-1: Se expande isoentrópicamente hasta el estado 1 (la temperatura desciende hasta TL).

Al ciclo invertido de Carnot lo podemos considerar como un ciclo ideal, debido a que en los procesos 3-4 y 4-1, en la práctica no se aproximan lo suficiente, ya que en el proceso 2-3, se incluye una compresión de una mezcla de líquido-vapor, para esto requerimos de un compresor que maneje dos fases, y en el proceso 4-1 implica la expansión de un refrigerante con alto contenido de humedad (Bravo Méndez 2011, p. 20).



**Figura 4-2:** Ciclo de Carnot inverso

Fuente: (Bravo Méndez 2011, p. 20)

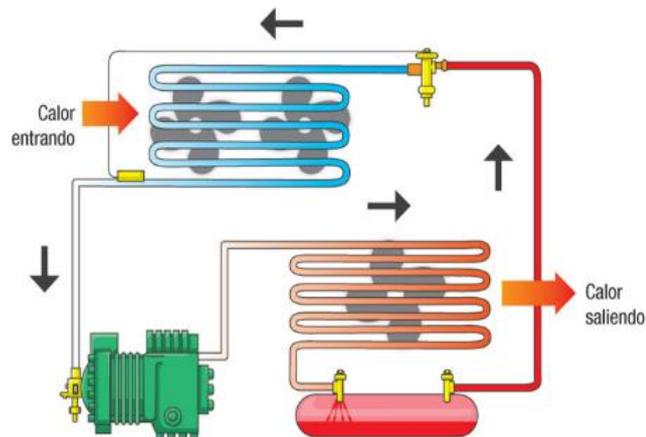
### 2.1.2. Tipos de bombas de calor según su construcción

- Split: Son utilizados para climatizar ambientes residenciales, se divide en la unidad exterior que hace el intercambio de calor con el ambiente y la unidad interior se instala en el espacio a cambiar las condiciones térmicas.
- Compacta: Dentro de un mismo equipo se encuentran todos los elementos de la bomba de calor.
- Multi-split: Una única unidad exterior para las varias unidades internas.

### 2.1.3. Tipos de bomba de calor según su proceso de funcionamiento

- Bombas de calor por compresión mecánica: El funcionamiento se basa en un compresor, que gracias a un combustible, gas o mediante electricidad, se encarga de comprimir un gas refrigerante para que en el momento de evaporarse y condensarse absorba y ceda

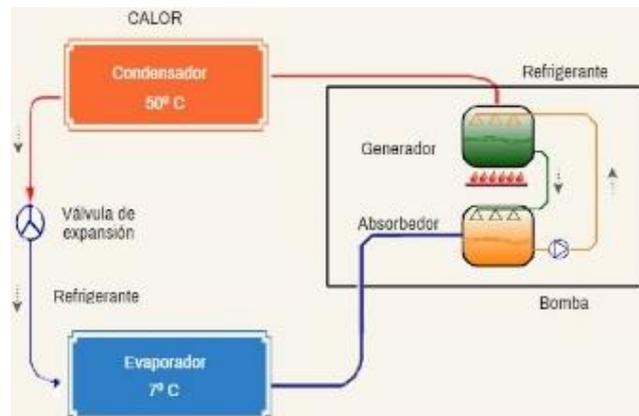
calor de un medio frío a un medio caliente (Salazar Daza y Isch Pérez 2013, p. 8).



**Figura 5-2:** Bomba de calor por compresión

Fuente: (Sr Frio, 2015.)

- Bombas de calor por absorción: Las bombas de calor que se basan en el ciclo de absorción para su funcionamiento, son accionadas térmicamente, esto se refiere a que la energía aportada al ciclo, es térmica y más no mecánica, al igual que en los sistemas de compresión, el ciclo es cerrado. Un sistema de absorción, se basa en la capacidad que tienen ciertas sales y líquidos para absorber fluidos refrigerantes (Salazar Daza y Isch Pérez 2013, p. 9).



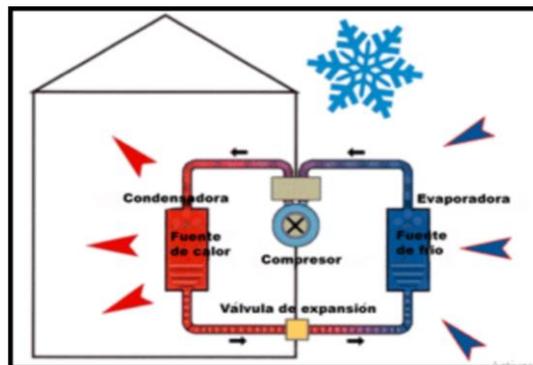
**Figura 6-2:** Bomba de calor por absorción

Fuente: (CALORYFRIO, 2007)

#### 2.1.4. Tipos de bomba según su extracción y entrega de calor

- Bomba de calor aire-aire: Según (Jutglar y Galán 2011, p. 394) “Extraen calor de una masa de aire frío y entregan calor a otra corriente de aire más caliente”. Según (Salazar Daza y Isch Pérez 2013, p. 11) estas bombas, son las más comunes utilizadas para la refrigeración,

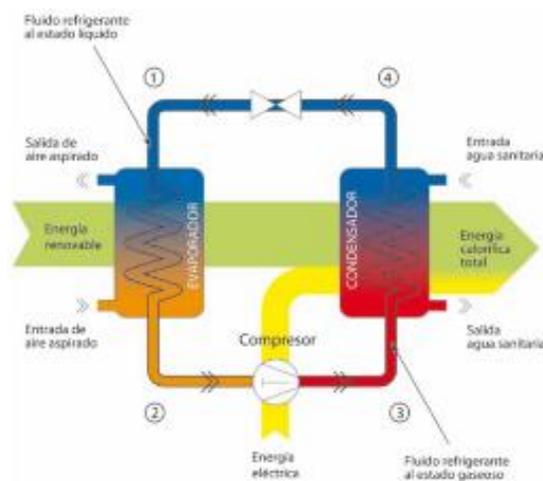
como su nombre lo indica gracias a dos intercambiadores aire - refrigerante toman calor del aire del foco frío para entregarlo al aire del foco caliente.



**Figura 7-2:** Bomba de calor aire-aire

Fuente: (Salazar D.; Isch P., 2013. p. 12)

- Bomba de calor aire-agua: Según (Jutglar y Galán 2011, p. 394) “Extraen calor de una masa de agua fría y entregan calor a una corriente de aire más caliente”. Según (Chávez Yanchapaxi 2016, p. 10) la fuente de la cual se extrae energía en este caso son mares, ríos, aguas residuales entre otros para ceder al aire.

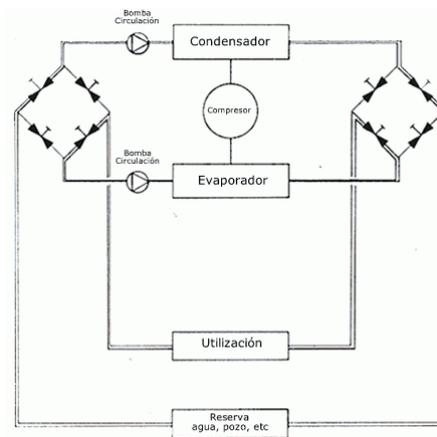


**Figura 8-2:** Bomba de calor aire-agua

Fuente: (Gas Frio Calor, 2019.)

- Bomba de calor agua-agua: Según (Jutglar y Galán 2011, p. 394) “Extraen calor de una masa de agua fría y entregan calor a una corriente de agua más caliente”. Según (Chávez Yanchapaxi 2016, p. 11) esta bomba tiene un funcionamiento similar a la bomba de calor agua-aire, esta extrae energía de diversas fuentes de agua, pero sus emisores son radiadores de baja temperatura, ventiloconvectores o suelo radiante.
- Bomba de calor tierra-aire: Según (Salazar Daza y Isch Pérez 2013, p. 14) “Este proceso se

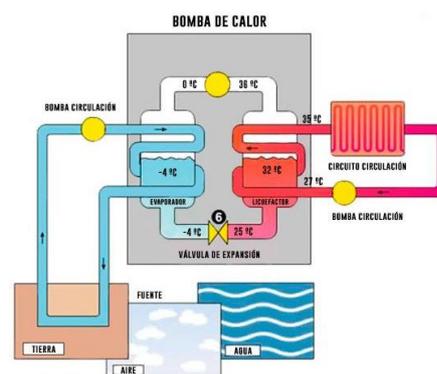
realiza por medio de intercambiadores de calor de diseño horizontal o vertical, los cuales se encuentran enterrados fuera del lugar que es acondicionado”.



**Figura 9-2:** Bomba de calor agua-agua

**Fuente:** (El aire acondicionado, 2021.)

- Bomba de calor tierra agua: “Son bombas de calor geotérmicas, es decir aprovechan el calor contenido en la tierra o en aguas subterráneas. Este proceso se realiza por medio de intercambiadores de calor de diseño horizontal o vertical, los cuales se encuentran enterrados fuera del lugar que es acondicionado” (Salazar Daza y Isch Pérez 2013, p. 14).



**Figura 10-2:** Bomba de calor tierra-agua

**Fuente:** (Baena Solar, 2016.)

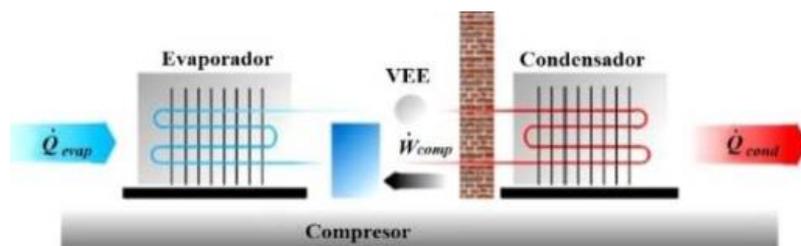
### 2.1.5. Ciclo de calefacción

Se fundamenta en la compresión de vapor de refrigerante, en el cual, el compresor eleva la presión y temperatura de gas refrigerante que posteriormente pasará a un intercambiador de calor situado en el interior del habitáculo. En éste se produce el fenómeno de la condensación en el cual el vapor pasa de estado gaseoso al estado líquido, el refrigerante en este estado se expande en la válvula de expansión reduciendo su presión y temperatura, en el intercambiador de calor situado

en el exterior el refrigerante completa su evaporación absorbiendo calor del aire exterior retornando así al compresor en estado gaseoso y volver a repetir el ciclo.

### 2.1.6. *Ciclo de refrigeración*

Se fundamenta en la compresión de vapor el cual consta de un compresor, un condensador, un evaporador y un dispositivo de expansión. El condensador trabaja como un intercambiador de calor en el cual se presenta un rechazo del calor del fluido de trabajo hacia los alrededores lo que provoca que el refrigerante pase de vapor sobrecalentado a líquido saturado. Existen diferentes formas de refrigerar un condensador, por aire y por agua (Quitiaquez et al. 2020, p. 113).



**Figura 11-2:** Ciclo de refrigeración por compresión de vapor

Fuente: (Quitiaquez et al., 2020.)

### 2.1.7. *Funcionamiento de una bomba de calor reversible*

Una bomba de calor reversible es aquella en la que se puede revertir el ciclo de refrigeración ha calefacción y viceversa. Para lograr esto se emplean válvulas de 4 vías, más utilizadas en bombas de calor, su misión es invertir la circulación del refrigerante haciendo que el condensador funcione como evaporador o el evaporador funcione como condensador. Un proceso reversible se define como un proceso donde se puede invertir tanto el sistema como los alrededores, volviendo a sus estados iniciales una vez finalizado el proceso inverso (Boles et al. 2019).

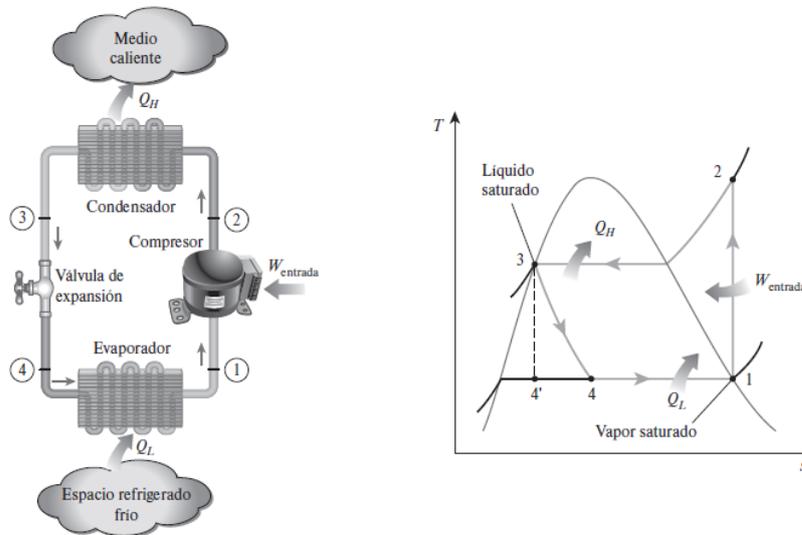
### 2.1.8. *Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor*

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:

- Compresión isentrópica en un compresor.
- Rechazo de calor a presión constante en un condensador.

- Estrangulamiento en un dispositivo de expansión.
- Absorción de calor a presión constante en un evaporador.



**Figura 12-2:** Esquema y diagrama T-s para el ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

Fuente: (Boles et al., 2019.)

### 2.1.9. Coeficiente de rendimiento (COP) de una bomba de calor

Un sistema de calefacción, en este caso la bomba de calor, es evaluado en función al coeficiente de rendimiento (COP), conocido por sus siglas en inglés Coefficient of Performance, que relaciona el calor cedido al espacio, con respecto a la potencia consumida por el compresor.

$$\text{COP} = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\dot{Q}_{\text{cond}}}{\dot{W}_{\text{comp}}} = \frac{h_{\text{cond, out}} - h_{\text{cond, in}}}{h_{\text{comp, out}} - h_{\text{comp, in}}} \quad (1)$$

Donde:

Q: Potencia de calefacción

W: Potencia eléctrica absorbida

El principio de conservación de la energía para un dispositivo cíclico requiere que:

$$CW_{\text{neto, entrada}} = Q_H - Q_L = h_2 - h_1 \quad (2)$$

Donde:

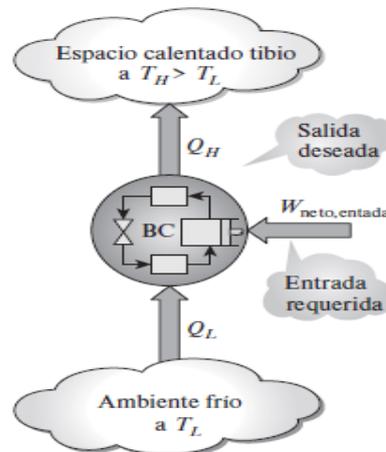
$Q_L$ = Magnitud de calor eliminado del espacio refrigerado

$Q_H$ = Magnitud de calor rechazado hacia el medio caliente

Entonces la relación de COP se convierte en:

$$\text{COP}_R = \frac{Q_L}{Q_H - Q_L} \quad (3)$$

El  $\text{COP}_R$  puede ser mayor que uno, es decir, la cantidad de calor eliminada del espacio refrigerado puede ser mayor que la cantidad de entrada de trabajo. Esto contrasta con la eficiencia térmica, la cual nunca puede ser mayor que uno (Boles et al. 2019).



**Figura 13-2:** Parámetros para el COPR de una bomba de calor

Fuente: (Boles et al., 2019.)

#### 2.1.10. BTU de un equipo

El valor de BTU de un equipo de climatización mide la cantidad de calorías que éste puede extraer de un habitáculo. Si un equipo no es debidamente seleccionado en cuanto a los BTU, éste presentará problemas en cuanto a un alto consumo de energía, además de que ciertos elementos sufrirán averías o fallos.

#### 2.1.11. Área efectiva de climatización

Hace referencia al área que el equipo trabajará bajo las condiciones óptimas diseñadas, en el cálculo se hace referencia a la cantidad de personas que se encontrarán dentro del área a

climatizar, además de factores externos a éste como equipos que generen calor, temperatura exterior, ubicación, la orientación geográfica y su aislamiento con el exterior.

Para el cálculo de la capacidad de climatización para un área se tiene lo siguiente:

- Medir el volumen del habitáculo (Largo, ancho y altura) en metros cúbicos.
- El valor calculado se multiplicará por 230 el cual es un factor calculado para América latina a una temperatura máxima de 40 grados centígrados y viene dado en BTU/h\*m<sup>3</sup> («manual de aire acondicionado» 2011).

Cabe mencionar que este cálculo es aplicable solo para alturas no mayores a 2,5 metros.

### **2.1.12. Potencia calorífica para un área**

Para calcular la potencia de calefacción (en watts) necesarios por metros cuadrados se tiene la siguiente fórmula, resaltando que esta será válida para habitáculos con una altura menor a 2,5 metros de altura.

$$W=A*B*C*D*85 \quad (4)$$

Donde:

W: Potencia requerida

A: Espacio a calentar en metros cuadrados

B: Orientación

C: Nivel de aislamiento

D: Zona climática

Orientación. Es el valor de la orientación hacia el sol con los siguientes valores:

- Norte: 1,12
- Sur: 0,92
- Este: 1
- Oeste: 1

Nivel de aislamiento. Hace referencia al aislamiento que presenta la vivienda y en esta se tiene tres opciones:

- Buen aislamiento: Ventana doble y tabique doble (0,93)

- Aislamiento sencillo: Ventana doble y tabique sencillo o ventana sencilla y tabique doble (1).
- Sin aislamiento: Ventana sencilla y tabique sencillo (1,10)

Zona climática. Hace referencia a la zona climática durante el invierno y estas tienen un valor de:

- Zona A: 0,88 Cálida
- Zona B: 0,95 Tropical
- Zona C: 1,04 Templada
- Zona D: 1,12 Fría-Templada
- Zona E: 1,19 Fría

### 2.1.13. Refrigerante

El refrigerante es un gas que se utiliza en una instalación frigorífica, el cual tiene por objetivo absorber el calor en el evaporador, donde el refrigerante se encuentra a baja presión y temperatura para posteriormente ceder el calor al condensador mediante la compresión del gas refrigerante. El compresor comprime el gas refrigerante que se encuentra a baja presión y baja temperatura en estado gaseoso para obtener a la salida alta presión y alta temperatura que posteriormente pasará por un intercambiador de calor (Condensador) en el que se produce el fenómeno de la condensación en el cual pasa de estado gaseoso a estado líquido expulsando el calor extraído del evaporador. Mediante una válvula de expansión se reduce la presión y temperatura del refrigerante y éste pasa a otro intercambiador de calor (Evaporador).

En la actualidad, se están desarrollando refrigerantes favorables a la capa de ozono, que protejan a la tierra de los dañinos rayos ultravioleta. El R-12 fue en gran parte reemplazado por el R-134a, libre de cloro. El R22 se va a discontinuar porque destruye la capa de ozono. El R-410A y el R-407C se encuentran entre las alternativas más comunes del R-22 en aplicaciones comerciales de acondicionamiento de aire y refrigeración. El R-410A es el refrigerante de uso común para instalaciones nuevas por su eficiencia y bajo potencial de calentamiento global (Boles et al. 2019).

**Tabla 1-2:** Parámetros ODP y GWP de los diferentes tipos de refrigerantes

Tipo de Refrigerante	Designación	Potencial de agotamiento de ozono (ODP)	Potencial de calentamiento global (GWP)
CFC	R 11	1	3800
	R 12	1	8100

CONTINUA

HCFC	R 22	0,055	1500
	R 141 b	0,11	630
	R 142 b	0,065	2000
HFC	R 32	0	650
	R 125	0	2500
	R 134a	0	1300
	R 407C	0	1774
	R 410 A	0	2088
NATURALES	R 744	0	1
	R 717	0	0
	R 600a	0	3
	R 290	0	3

Fuente: (Quitiaquez et al., 2020.)

#### 2.1.13.1. Clasificación de los refrigerantes

- Hidrocarburos halogenados. Este grupo se refiere a aquellos que contiene uno o más de los tres halógenos: cloro, flúor y bromo (Loachamín Ramírez y Rocha Romero 2019, p. 17).
- Mezclas azeotrópicas. En este grupo se refiere a los refrigerantes que tienen componentes que no se pueden separar por destilación (Loachamín Ramírez y Rocha Romero 2019, p. 17).
- Mezclas no azeotrópicas. Son aquellos refrigerantes, en donde cada componente cambia de fase a una temperatura determinada (Loachamín Ramírez y Rocha Romero 2019, p. 17).
- Hidrocarburos saturados. Hace referencia a los refrigerantes que posee de pocos átomos de carbono (Loachamín Ramírez y Rocha Romero 2019, p. 17).
- Compuestos inorgánicos: Son aquellos refrigerantes que no poseen átomos de carbono (Loachamín Ramírez y Rocha Romero 2019, p. 17).
- Sustancias orgánicas no saturadas: Son los refrigerantes menos usados, como ejemplo de este grupo se encuentra el benceno (Loachamín Ramírez y Rocha Romero 2019, p. 17).

#### 2.1.14. Condensador

El condensador es un intercambiador de calor en el cual el refrigerante se encuentra a alta presión y alta temperatura, este intercambia el calor hacia el exterior por medio de ventilación natural, forzada u otros sistemas de enfriamiento. El objetivo principal del condensador es expulsar el calor proveniente del evaporador hacia el exterior, dentro del condensador el refrigerante pasa de estado gaseoso a estado líquido por consecuencia del intercambio de calor con el exterior.

El diseño del condensador debe ser el óptimo puesto que debe existir una suficiente área de intercambio para liberar todo el calor extraído puesto que si este es demasiado pequeño el sistema presenta fallas en el funcionamiento.

### 2.1.15. Evaporador

El evaporador es un intercambiador de calor en el cual el refrigerante se encuentra a baja presión y baja temperatura, este absorbe el calor del habitáculo por medio de ventilación natural o forzada. El refrigerante pasa de estado líquido a estado gaseoso y se encuentra en una mezcla saturada.

El diseño del evaporador debe ser el óptimo puesto que debe existir una suficiente área de intercambio para absorber todo el calor y que el refrigerante pase de un estado a otro puesto que si no existe una suficiente área de intercambio al compresor ingresara el refrigerante en estado líquido provocando así daños en el mismo.

### 2.1.16. Tuberías

Las tuberías por la cual circula el líquido refrigerante son de gran importancia en un sistema de refrigeración puesto que un diseño erróneo puede ocasionar un mal funcionamiento del sistema. Las tuberías en la línea de descarga del sistema son de un diámetro inferior comparado con la línea de succión esto es necesario puesto para que el compresor pueda elevar la presión y temperatura del gas refrigerante.

Las diferencias de presión en las tuberías de refrigerante tienen una influencia no deseada en la temperatura de ebullición del refrigerante y también en el funcionamiento del sistema. En condiciones normales de operación, el calor ganado o perdido por el fluido puede ser significativo, especialmente en el caso de tuberías de gran longitud. La transferencia de calor a veces es deseable y este es el único propósito del flujo, algunos ejemplos son el agua que fluye a través de los tubos de los hornos en las centrales eléctricas, el refrigerante que fluye a través de los refrigeradores y el flujo en los intercambiadores de calor. Otras veces, no se desea la transferencia de calor y la tubería o conducto está aislado para evitar cualquier pérdida o ganancia de calor. Los cambios en la energía cinética pueden ser importantes para el flujo de gas en tuberías con diferentes áreas de sección transversal, especialmente cuando los efectos de la compresibilidad son significativos. (Boles et al. 2019).



**Figura 14-2:** Pérdida de calor en una tubería

Fuente: (Boles et al., 2019.)

### 2.1.17. Compresor

La función del compresor es comprimir el gas refrigerante elevando su presión y temperatura a un estado de vapor sobrecalentado. El refrigerante debe ingresar al compresor en estado gaseoso para poder comprimirlo ya que en estado líquido sería incompresible.

Para poder saber la potencia que este necesita, o la potencia requerida para comprimir el refrigerante, se utiliza una fórmula basada en la diferencia de entalpías, aplicación de la eficiencia isoentrópica de refrigerante y de la eficiencia mecánica del compresor (Arellano 2017, p. 9).

$$\text{COP} = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\dot{Q}_{\text{cond}}}{\dot{W}_{\text{comp}}} = \frac{h_{\text{cond, out}} - h_{\text{cond, in}}}{h_{\text{comp, out}} - h_{\text{comp, in}}} \quad (5)$$

Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos compresibles (gases y vapores) sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión. En esta última característica precisamente, se distinguen de las soplantes y ventiladores que manejan grandes cantidades de fluidos compresibles (aire, por ejemplo) sin modificar sensiblemente su presión, con funciones similares a las bombas de fluidos incompresibles. Un compresor admite gas o vapor a una presión  $p_1$  dada, descargándolo a una presión  $p_2$  superior (Fernández Díez [sin fecha]).

#### 2.1.17.1. Tipo de compresores según sus características

- **Herméticos:** Estos compresores son herméticamente sellados, en su interior se subdivide en un elemento motriz el cual trabaja bajo el principio de un motor eléctrico, que mediante un rotor y un estator se genera movimiento rotacional y mediante un eje se transmite el movimiento al elemento conducido que en este caso es una biela conectada a un pistón. Estos al ser herméticamente sellados por lo general no son reparables.
- **Semi - herméticos:** Trabajan bajo el mismo principio que los compresores herméticos, la diferencia radica en que sus partes son reparables, es decir a los elementos del motor se los puede desmontar.
- **Abiertos:** Sus elementos son reparables, son accionados mediante un elemento motriz externo al compresor, generalmente son utilizados en aplicaciones industriales.

#### 2.1.17.2. Tipos de compresores según su forma de compresión

- **Compresores alternativos.** Utilizan el movimiento alternativo del pistón para comprimir

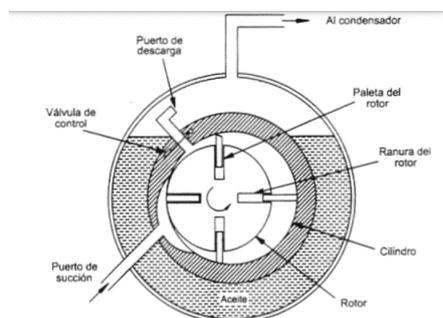
los gases o vapores que se encuentran en la cámara del cilindro aumentando la presión de ingreso. Por lo general son de dos tiempos admisión y compresión, la admisión se da cuando el pistón desciende al punto muerto inferior (PMI) ingresando todo el vapor o gas por la válvula de succión, cuando el pistón asciende este comprime el vapor o gas y mediante la apertura de la válvula de descarga el gas es enviado al sistema (Coronel 2010).



**Figura 15-2:** Compresor alternativo

Fuente: (Coronel, 2010.)

- Compresores rotativos de paletas. En este compresor el eje motriz (rotor) es excéntrico respecto a la cámara de compresión (estator). El rotor gira sobre el estator, el rotor es un cilindro con ranuras planas en las que las palas están sometidas a un movimiento de vaivén. Es necesario que en estos compresores exista la suficiente cantidad de aceite dentro de la cámara de compresión para la lubricación de las paletas, puesto que, el juego entre la ranura y la paleta es muy pequeña y esta necesita siempre estar lubricada para que la paleta sea empujada por la fuerza centrífuga y no exista un apriete en las ranuras.

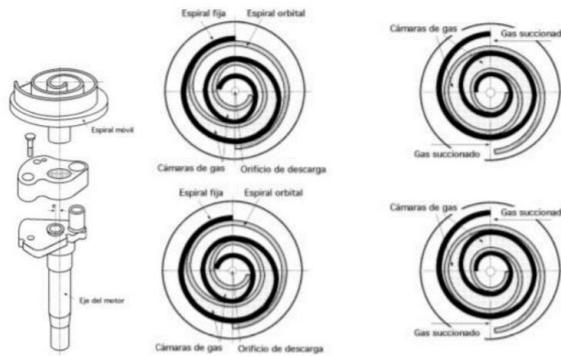


**Figura 16-2:** Compresor de paletas

Fuente: (Coronel, 2010.)

- Compresores rotativos de espiral (Scroll). Estos compresores tienen un desplazamiento que se denomina orbital. La compresión se realiza por reducción de volumen. El conjunto compresor está formado por dos rotores con forma espiral. Uno de ellos es fijo en la carcasa y el otro es móvil, accionado por el motor. Son de un menor número de partes móviles, no necesita válvulas, alta resistencia a esfuerzos causados por el ingreso

de refrigerante líquido y partículas sólidas bajo nivel sonoro, velocidades de 1450 rpm (Coronel 2010).

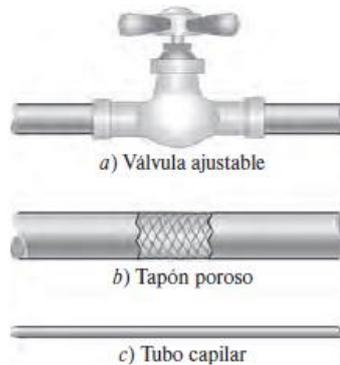


**Figura 17-2:** Compresor Scroll

Fuente: (Findings, 2019.)

### 2.1.18. Válvulas para el control de líquido refrigerante

Las válvulas de estrangulamiento son dispositivos de diferentes tipos que restringen el flujo de un fluido provocando una caída relevante de presión. Como ejemplo son las válvulas ajustables ordinarias, tubos capilares y tapones porosos, la caída de presión en el fluido suele ir acompañada de una gran disminución de temperatura, por esa razón los dispositivos de estrangulamiento son de uso común en aplicaciones de refrigeración y acondicionamiento de aire (Boles et al. 2019).



**Figura 18-2:** Válvulas de estrangulamiento de un fluido

Fuente: (Boles et al., 2019.)

#### 2.1.18.1. Válvula de expansión termostática

Las válvulas de expansión termostáticas son las encargadas de bajar la presión y temperatura del refrigerante proveniente del condensador, este fluido refrigerante debe encontrarse 100% en estado líquido, al sufrir la expansión el líquido refrigerante se encontrará en una mezcla de líquido y vapor (mezcla saturada), el refrigerante debe contener más proporción de líquido que vapor para

mejorar la absorción del calor del ambiente.



**Figura 19-2:** Válvula de expansión termostática

**Fuente:** (Loachamín, R.; Rocha R., 2019.)

#### 2.1.18.2. *Tubo capilar*

El tubo capilar es una tubería de cobre que su tamaño varía entre los 0,6-2,0 mm de diámetro y de 6 metros de longitud, para su instalación en un sistema de refrigeración se tiene en cuenta la capacidad del equipo ya sea en BTU/h. Su uso está limitado a equipos de baja capacidad por lo que han sido reemplazados por válvulas de expansión termostáticas para aplicaciones industriales.



**Figura 20-2:** Tubo capilar

**Fuente:** (Vacacela; Caichug, 2022.)

Este se ubica en la salida del filtro deshidratador del sistema, su importancia dentro del sistema es muy importante puesto que cuando el compresor se detiene mediante el tubo capilar se igualan las presiones del lado de baja presión y de alta presión, y el refrigerante líquido residual en el condensador pasa al evaporador hasta que se inicie el ciclo de refrigeración, por esta razón cuando se use tubo capilar en un sistema de refrigeración no se debe utilizar recipientes de líquido en el lado de alta presión puesto que a la parada del equipo este líquido inundará el evaporador y pasará al compresor produciendo daños por la entrada de refrigerante en estado líquido al compresor.

### **2.1.19. Regulador de potencia**

Según (Monteros Obando y Pérez Erazo 2020, p. 32) los reguladores de potencia son indispensables cuando la necesidad de calor es menor a la que puede suministrar la bomba de calor. Existen diferentes tipos de reguladores que se pueden utilizar en este tipo de módulos.

## **2.2. Acondicionamiento del aire**

### **2.2.1. Confort térmico**

La sensación térmica que experimenta una persona está relacionada principalmente con el equilibrio térmico general de su cuerpo. Este equilibrio depende de la actividad física y la vestimenta del sujeto, así como de los parámetros ambientales: temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad del aire. (PMV - predicted mean vote) (NORMA TECNICA ECUATORIANA 2014).

La incomodidad térmica también puede ser causada por un calentamiento o enfriamiento localizado no deseado del cuerpo. Los factores de malestar local más comunes son la asimetría de la temperatura de radiación (superficies calientes o frías), el flujo de aire (enfriamiento local del cuerpo debido al movimiento del aire), las diferencias verticales en la temperatura del aire y la presencia de un piso caliente o frío (NORMA TECNICA ECUATORIANA 2014).

El confort térmico es un estado psicológico que expresa satisfacción con el ambiente térmico. Debido a las grandes diferencias físicas y psicológicas entre las personas, es difícil acomodar a todos en un mismo espacio. Las condiciones ambientales requeridas para el confort son diferentes para todos (Turner et al. 2010).

Hay seis factores principales que deben abordarse cuando se hable de las condiciones para el confort térmico.

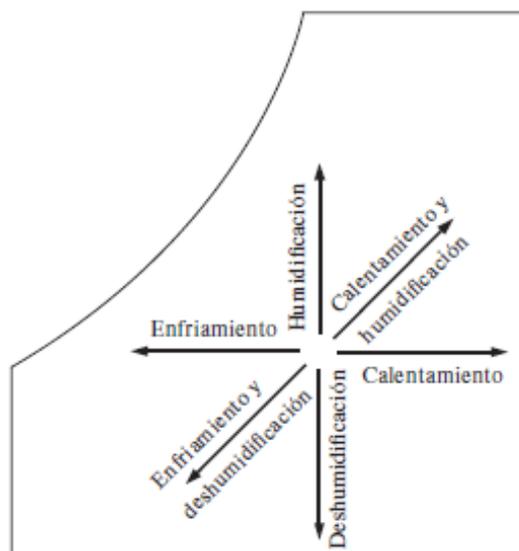
- Tasa metabólica.
- Temperatura radiante.
- Aislamiento de la ropa.
- Velocidad del aire.
- Temperatura del aire.
- Humedad.

### 2.2.2. *Comodidad humana y acondicionamiento de aire*

Los seres humanos tienen una debilidad innata la cual es sentirse cómodos, quieren vivir en un ambiente que no sea ni demasiado cálido ni demasiado frío, ni demasiado húmedo ni demasiado seco. Sin embargo, la comodidad no es fácil, ya que las necesidades del cuerpo humano y el clima a menudo no son muy compatibles. La tranquilidad del cuerpo es dependiente de 3 componentes: la temperatura, la humedad relativa y el desplazamiento del aire. La temperatura del ambiente es un factor muy importante de la comodidad, una media de la población se siente cómoda cuando la temperatura del ambiente está entre 22 y 27 °C. La humedad relativa tiene un impacto destacable en la paz, puesto que influye en la proporción de calor que un cuerpo humano puede disipar por evaporación, la mayoría de las personas prefieren una humedad relativa de 40 a 60 por ciento. El desplazamiento del aire quita el aire caliente y húmedo que se forma en torno al cuerpo humano y lo suple con aire fresco (Boles et al. 2019).

### 2.2.3. *Procesos de acondicionamiento de aire*

Para mantener una vivienda o planta industrial a temperatura y humedad deseadas, son necesarios ciertos procesos definidos como “climatización”, los procesos son calentamiento fácil (aumento de temperatura), enfriamiento fácil (disminución de temperatura), humidificación (agregar humedad) y deshumidificación (eliminar humedad). A veces, se requieren dos o más de estos procesos para llevar el aire a los niveles de temperatura y humedad deseados. (Boles et al. 2019).



**Figura 21-2:** Procesos de acondicionamiento de aire

**Fuente:** (Boles et al., 2019.)

## **2.3. Documentos de referencia**

### **2.3.1. *Manual de operación***

Un plan de operación lo podemos definir como una serie de pasos que se realizan para poder manejar o utilizar un cierto equipo con un objetivo específico.

Un manual de procedimientos es un documento de apoyo para el personal de una entidad, en el cual contiene políticas, controles un detalle exhaustivo de todas las actividades a realizarse en una tarea específica. Los procedimientos especifican y detallan un proceso, los cuales conforman un conjunto ordenado de operaciones o actividades determinadas secuencialmente en relación con los responsables de la ejecución, que deben cumplir políticas y normas establecidas señalando la duración y el flujo de documentos.

#### **2.3.1.1. *Objetivo***

Detallar los pasos principales y fundamentales, a realizar en la operación del equipo. mediante una secuencia ordenada y lógica.

#### **2.3.1.2. *Estrategias***

- Conocer el funcionamiento total del equipo.
- Distinguir los diferentes elementos y su función en el equipo.
- Entender el funcionamiento óptimo del equipo.

#### **2.3.1.3. *Procesos***

A los procesos los podemos conocer como un conjunto de fases sucesivas, o un conjunto de operaciones, que se realizan con el objetivo de lograr un fin determinado.

### **2.3.2. *Plan de mantenimiento***

Según la norma (Asociación Española de Normalización 2018, p. 6), el mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el cual pueda desarrollar su función requerida.

#### 2.3.2.1. *Propósito del mantenimiento*

El principal propósito que tiene el mantenimiento, es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

#### 2.3.2.2. *Ficha técnica*

Éste es un documento que describe las características principales, la composición y las aplicaciones de un producto, aportando información detallada sobre los aspectos del mismo. La información se presenta en tablas y difícilmente aparecen oraciones completas.

#### 2.3.2.3. *Mantenimiento preventivo*

Mantenimiento que se realiza a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento (Asociación Española de Normalización 2018, p. 16).

#### 2.3.2.4. *Mantenimiento correctivo*

Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida (Asociación Española de Normalización 2018, p. 17).

## CAPÍTULO III

### 3. ELABORACIÓN DEL MÓDULO TÉRMICO

En este capítulo se mencionan los parámetros para la implementación del módulo térmico. En primer lugar, se habla de las generalidades del diseño como su localización, temperatura de ambiente interior y exterior. Después se realizan cálculos de las cargas térmicas del laboratorio para seleccionar un equipo que ayude a la implementación del módulo térmico además de seleccionar diferentes elementos para lograr que el equipo funcione como una bomba de calor. Se menciona el manual de operación en el cual se detalla la manera de operar de forma segura así de cómo mantenerlo en óptimas condiciones mediante el plan de mantenimiento.

#### 3.1. Localización

El módulo térmico se implementa en la Facultad de Mecánica en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, para la colocación del módulo no se ha establecido ninguna metodología para determinar el lugar más idóneo por las condiciones de espacio en el laboratorio.

El laboratorio se encuentra a 2756 m.s.n.m con las siguientes coordenadas:

- 1°39'23.9"S
- 78°40'31.9"W

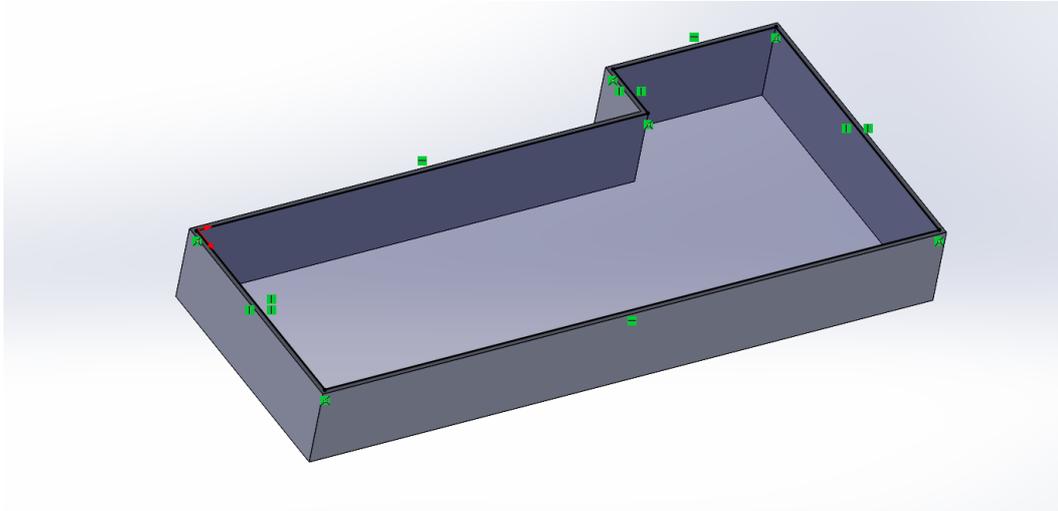


**Figura 1-3:** Localización del Laboratorio de diagnóstico técnico

Fuente: Google Maps, 2022.

### 3.2. Layout del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética

El Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética tiene una superficie de 153,54 m<sup>2</sup>, su altura es de 2,88 m. Las paredes son de bloque enlucido con cemento, las ventanas son simples sin ningún tipo de aislante de sonido o térmico.



**Figura 2-3:** Layout del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.3. Condiciones climáticas de diurnas y nocturnas de Riobamba

Las condiciones presentadas son las temperaturas registradas de Riobamba correspondiente al año 2021, en el cual se presentan una media de la temperatura.

**Tabla 1-3:** Temperatura máxima y mínima promedio en la ciudad de Riobamba

Temp.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Máxima °C	19	18	18	18	17	16	16	16	17	18	19	19
Mínima °C	10	10	10	10	10	9	8	8	8	9	9	10

Fuente: (Climate-data.org, 2021.)

Las temperaturas máximas se producen en horas de la mañana y tarde y las temperaturas mínimas en la noche. Por lo cual mediante el módulo se pretende obtener temperaturas más altas en la noche y temperaturas más bajas en el día.

### 3.4. Zona climática de Riobamba

El clima en Riobamba es regularmente frío en la cual presenta dos estaciones durante el año,

invierno y verano, se ubica entre varios nevados como el Chimborazo y el Altar, esto ocasiona una sensación térmica de frío, sin embargo, en algunos días independientemente de ser invierno o verano la temperatura ambiente puede alcanzar hasta 28 °C.

### 3.5. Cálculo de las cargas térmicas

El cálculo para las cargas de refrigeración y calefacción tiene la finalidad de determinar la cantidad de extracción y aportación de calor respectivamente, en un tiempo determinado, para mantener el interior del laboratorio a una temperatura de confort.

#### 3.5.1. Cálculo de la carga térmica de calefacción

Para el cálculo de la potencia de calefacción (en watts) necesarios por metro cuadrado se tiene la siguiente fórmula, resaltando que esta será válida para habitáculos con una altura menor a 2,5 metros.

$$W=A*B*C*D*85$$

- Orientación: El laboratorio se encuentra en dirección sur oeste, con mayor orientación al oeste por lo que su valor correspondiente a la orientación es de:

$$B: 1$$

- Nivel de aislamiento: El laboratorio se lo considerará como un habitáculo sin aislamiento por lo que el valor de:

$$C: 1,10$$

- Zona Climática: Riobamba es considerado como un clima cálido templado por lo que corresponde un valor de:

$$D=1,12$$

El área de calefacción en que el equipo funcione en óptimas condiciones es de 9 m de ancho por 7 metros de largo de superficie, puesto que el área total de calefacción es mucho mayor y este será un módulo demostrativo.

$$W=9*7*1*1,10*1,12*85$$

$$W=6597,36 \text{ Watts}$$

$$W=22524,3 \text{ BTU/h}$$

### 3.5.2. *Cálculo de la carga de refrigeración*

El manual de ASHRAE propone varios cálculos para determinar la carga de refrigeración en el lugar a regular la temperatura. Los diversos métodos difieren en el cálculo de los factores que afectan la ecuación de transferencia de calor. En este caso, se utiliza el método Radiation Time Series (RTS) basado en el método Heat Equilibrium (HB).

Mediante el método de tiempo de radiación (RTS) (ASHRAE 2005:30.20) permite analizar y comparar coeficientes para cada tipo de edificio y tipo de área, los parámetros analizados son:

- Cargas internas: Son todas las cargas dentro del laboratorio. Estos pueden ser personas en las instalaciones o dispositivos que generan calor (motores, luces, computadoras). Para simplificar los cálculos, se determina el calor transferido por cada uno de estos elementos para luego sumarlos al calor total. Los factores como la conductividad térmica, el coeficiente de convección, entre otros, se calculan tomando diferentes factores.
- Cargas externas: Las cargas externas son todas las cargas que aportan calor al laboratorio desde el exterior.
- Ventilación e infiltración: En el laboratorio no se presentan grandes infiltraciones de aire por lo que se puede considerar un espacio cerrado.

#### 3.5.2.1. *Cálculo de la carga térmica por personas*

El cálculo es previsto para una cantidad de 20 personas, las cuales van a permanecer de pie y realizando un trabajo muy ligero, el valor que se le atribuye en calor generado es de 131 watts como se puede evidenciar en el Anexo A.

$$C1=131 \text{ Watts} * 20 \tag{6}$$

$$C1= 2620 \text{ Watts}$$

$$C1= 8945,03 \text{ BTU/h}$$

#### 3.5.2.2. *Cálculo de la carga térmica por equipos en funcionamiento*

Los equipos que principalmente funcionan en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia

Energética son motores eléctricos, en los cuales, para el cálculo del calor que disipan hay que tener en cuenta que presentan una ineficiencia en su funcionamiento. Esta ineficiencia llega a ser el calor que se disipa el motor en el espacio refrigerado, por lo que formará parte de la carga térmica de enfriamiento. Se considera que los motores eléctricos son de 1 hp que equivale a 0,7554 kW, con una eficiencia del 85%.

$$E_f = \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \quad (7)$$

$$\text{Potencia de entrada} = \text{Potencia de salida} / E_f$$

$$\text{Potencia de entrada} = \frac{0,7554 \text{ kW}}{\frac{85}{100}}$$

$$\text{Potencia de entrada} = 0,8887 \text{ kW}$$

$$C_g = \text{Calor generado}$$

$$E_f = C_g = \text{potencia de entrada} - \text{potencia de salida} \quad (8)$$

$$C_g = 0,8887 \text{ kW} - 0,7554 \text{ kW}$$

$$C_g = 0,1333 \text{ kW}$$

Dentro de los parámetros para el cálculo de la capacidad del equipo se contempla la utilización de cinco motores en funcionamiento.

$$C_{gT} = \text{Calor generado Total}$$

$$C_{gT} = 0,1333 \text{ kW} * 5$$

$$C_{gT} = 0,6665 \text{ kW}$$

$$C_{gT} = 2275,52 \text{ BTU/h}$$

### 3.5.2.3. Cálculo de la carga térmica por área

El área a acondicionar dentro del laboratorio es muy extensa por lo cual solo se toma un área efectiva la cual tendrá las siguientes dimensiones:

Largo: 5 metros

Ancho: 4,4 metros

Altura 2,5 metros

$$\text{Volumen} = L * A * H \quad (9)$$

$$\text{Volumen} = 5 \text{ m} * 4,4 \text{ m} * 2,5 \text{ m}$$

$$\text{Volumen} = 55 \text{ m}^3$$

El volumen se multiplica por un factor de 230 BTU/h\*m<sup>3</sup> por lo cual se tiene:

$$\begin{aligned}C3 &= \text{Volumen} * 230 \text{ BTU/h*m}^3 & (10) \\C3 &= 55 * 230 \\C3 &= 12650 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}\end{aligned}$$

#### 3.5.2.4. *Carga térmica total*

Para conocer la carga térmica total se suman las cargas por persona, área y equipos con lo que se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}CTT &= C1 + C2 + C3 & (11) \\CTT &= (8945,03 + 2275,52 + 12650) \left( \frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right) \\CTT &= 23870,55 \left( \frac{\text{BTU}}{\text{h}} \right)\end{aligned}$$

#### 3.5.3. *Cálculo de la carga de refrigeración mediante el programa CoolPack*

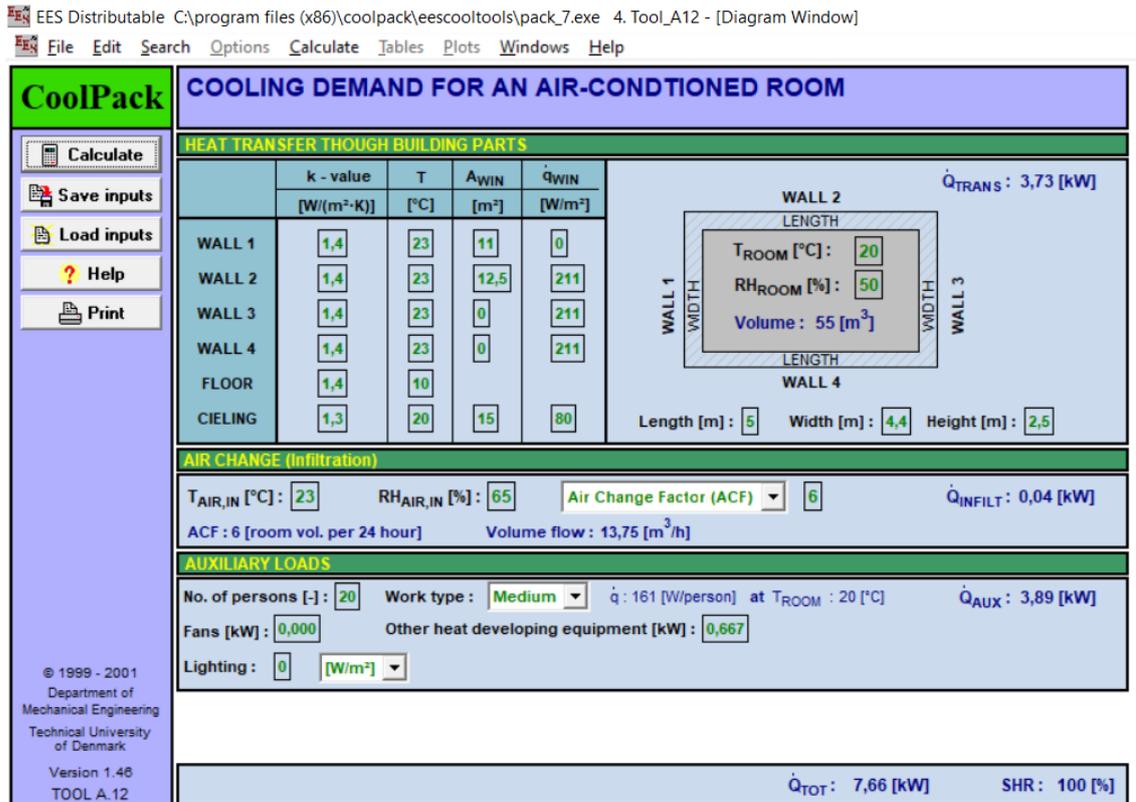
Mediante el programa CoolPack calcula de una manera rápida y sencilla la carga térmica para una demanda de aire acondicionado en un habitáculo. Para ingresar a la tabla se entra con los valores de la transmitancia térmica del material de construcción de las paredes y pisos, el gradiente térmico puede ser en °C o Kelvin, ya que no causa ninguna alteración en su valor. Los valores tomados se pueden evidenciar en el Anexo A.

El siguiente parámetro es la temperatura de las paredes, por lo que se toma un valor de 23 °C a medio día, el piso con una temperatura de 10 °C y el techo de 20 °C. El siguiente parámetro es el área de dos paredes, la cual se obtiene multiplicando la altura por el largo, en los cuales se obtiene los siguientes valores:

$$\text{Pared 1} = 12,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Pared 2} = 11 \text{ m}^2$$

Como último parámetro es necesario el valor de la radiación solar el cual se puede evidenciar su valor en el Anexo A.



**Figura 3-3:** Cálculo de la carga térmica

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

La carga total necesaria es de 7,66 kW que es igual a 26152,3 BTU/h esto se debe a que el valor de las cargas térmicas de acuerdo a la actividad física de las personas no puede ser introducido y se toma un valor aproximado, por lo cual para su corrección se usa el valor de la ecuación 7 el cual es 2,620 kW, reemplazando los valores, la nueva carga necesaria es de 7,057 kW que es igual a 24093,6 BTU/h.

### 3.6. Selección de equipos y elementos para la construcción del circuito mecánico y eléctrico

#### 3.6.1. Selección de la unidad condensadora

La unidad condensadora tiene una capacidad de 24000 BTU/h, en el mercado existen equipos desde 9000 BTU/h, por lo que adquiere un equipo de 24000 BTU/h de capacidad.



**Figura 4-3:** Equipo de aire acondicionado

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

El equipo trabaja solo en modo refrigeración, por lo que para calefacción se realiza un intercambio del sentido del líquido refrigerante con el propósito de que este pase de refrigeración a calefacción mediante la selección de elementos como válvulas de 4 vías y válvulas check. El equipo comprende de un evaporador, condensador, motocompresor y ventiladores.

#### 3.6.1.1. *Ventilador*

Los ventiladores de la unidad exterior e interior son los encargados de dar una ventilación forzada a los intercambiadores de calor.

#### 3.6.1.2. *Compresor*

El compresor del equipo adquirido es de 24000 BTU /h con las siguientes características:

Modelo: PA225M2AS-3MT6

Refrigerante: R410A

Voltaje: 220 VAC /1 PH

Tipo: Rotatorio

Corriente nominal: 10,55 A

Capacitor: 55  $\mu F$

Aceite refrigerante: 620CC (ESTEL OIL VG74)

El compresor comprime el gas refrigerante tanto para la calefacción como refrigeración.



**Figura 5-3:** Compresor

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.6.1.3. Condensador

Es el intercambiador de calor situado en la parte exterior del laboratorio, en este circula el fluido refrigerante ya sea que estado gaseoso para condensarse y cambiar de estado a líquido o de estado líquido para evaporarse y pasar a estado gaseoso.

### 3.6.2. Selección de la tubería

Para la tubería se utiliza tuberías de cobre flexible de tipo L ya que este tipo de tubería es el más utilizado en los sistemas de refrigeración. La función de la tubería es de proveer un medio de circulación del refrigerante en el sistema y un medio de retorno del aceite que circula junto al refrigerante por todo el sistema.

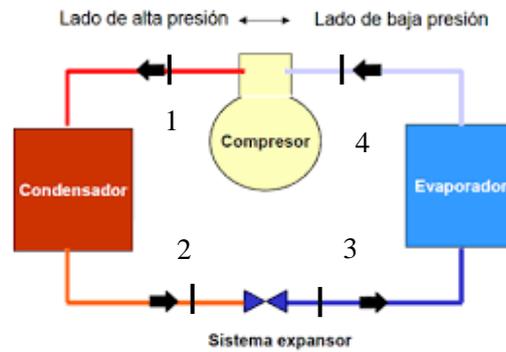
Según INTARCON con experiencia en la refrigeración y frío industrial, en su publicación de diseño y cálculo de líneas de distribución de refrigerante establece una tabla de las velocidades recomendadas para distintos refrigerantes como se muestra a continuación.

**Tabla 2-3:** Velocidad del refrigerante en un sistema de refrigeración

Fluido	Aspiración (m/s)	Descarga (m/s)
Amoníaco	15 a 20	20 a 25
Halogenados	8 a 15	15 a 25
CO <sub>2</sub>	5 a 8	5 a 6

Fuente: (INTARCON, 2021.)

Para el cálculo del diámetro de tuberías a utilizar se necesita el flujo másico del sistema además de sus entalpías y su potencia de trabajo.



**Figura 6-3:** Ciclo de la refrigeración

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para el cálculo del flujo másico se analiza el sistema mostrado en el cual se necesita obtener el efecto del refrigerante, el cual es la cantidad de calor absorbido por el refrigerante en el evaporador y viene dado por la siguiente ecuación:

$$q_0 = h_1 - h_4 \quad (12)$$

En donde  $h_1$  es la entalpía del refrigerante en el estado 1 en estado gaseoso y en la condición de vapor sobrecalentado y  $h_4$  es la entalpía del refrigerante a la entrada del compresor en estado gaseoso y en vapor saturado. El compresor aumenta la presión de entrada de refrigerante a la salida, un sistema que trabaja con un refrigerante R410A trabaja con presiones de:

Alta presión: 360,42 psi (24,85 bar)

Baja presión: 119,87 psi (8.2654 bar)

Para saber el valor de la entalpía se utiliza las tablas termodinámicas del refrigerante R410A ubicado en el Anexo B.

Alta presión ( $h_1$ ): 425,23 kJ/kg

Baja presión ( $h_4$ ): 421,69 kJ/kg

Entonces:

$$q_0 = 425,23 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 421,69 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$q_0 = 3,54 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Una vez calculado el efecto del refrigerante se determina el flujo másico mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{m} = \frac{Q}{q_0} \quad (13)$$

Donde:

Q= Capacidad frigorífica requerida (kW)

$\dot{m}$ =Flujo másico

El compresor es de una capacidad de 24 000 BTU/h equivalente a 7,03 kW (kJ/s).

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{7,03 \text{ kJ/s}}{3,54 \text{ kJ/kg}} \\ \dot{m} &= 1,986 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Mediante la siguiente ecuación se diseña el tamaño de las tuberías en el sistema:

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho * A} \quad (14)$$

Donde:

V: Velocidad

$\rho$ = Densidad del refrigerante

A: Área

### 3.6.2.1. Selección del diámetro nominal de la tubería de alta presión

Para la selección del diámetro de la tubería de alta presión se toma una velocidad del fluido refrigerante de 18 m/s y la densidad del refrigerante de 1062 Kg/m<sup>3</sup>, valor establecido en sus tablas termodinámicas.

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho * A}$$

$$A = \frac{\dot{m}}{\rho * V}$$

$$A = \frac{1,986 \text{ Kg/s}}{1062 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 18 \text{ m/s}}$$

$$A = 1,039 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = 1,039 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 11,50 \text{ mm}$$

En el Anexo C se ubica la tabla de las tuberías de cobre flexible tipo L y sus dimensiones en la cual la tubería de diámetro nominal de 3/8" tiene las siguientes medidas:

Diámetro exterior: 12,7 mm

Espesor: 0,813 mm

$$\text{Diámetro interior} = \text{Diámetro exterior} - 2(\text{espesor}) \quad (15)$$

$$\text{Diámetro interior} = 12,7 \text{ mm} - 2(0,813) \text{ mm}$$

$$\text{Diámetro interior} = 11,07 \text{ mm}$$

El diámetro de 11,5 mm está dentro de los parámetros del diámetro interior de la tubería 3/8" nominal por lo cual para el lado de alta presión se utiliza una cañería de 3/8" nominal de cobre flexible tipo L.

### 3.6.2.2. Selección del diámetro nominal de la tubería de baja presión

Para la selección del diámetro de la tubería de alta presión se toma una velocidad del fluido refrigerante de 25 m/s y la densidad del refrigerante de 1062 Kg/m<sup>3</sup>.

$$V = \frac{\dot{m}}{\rho * A}$$

$$A = \frac{\dot{m}}{\rho * V}$$

$$A = \frac{1,986 \text{ Kg/s}}{1062 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 8 \text{ m/s}}$$

$$A = 2,338 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\frac{\pi d^2}{4} = 2,338 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d = 17,25 \text{ mm}$$

En el Anexo C se encuentra la tabla de las tuberías de cobre flexible tipo L y sus dimensiones en la cual la tubería de diámetro nominal de 5/8" tiene las siguientes medidas:

Diámetro exterior: 19,1 mm

Espesor: 0,889 mm

Diámetro interior=Diámetro exterior-2 espesor

Diámetro interior=19,1 mm-2 (0,889)mm

Diámetro interior=17,322 mm

El diámetro de 17,25 mm está dentro del diámetro interior de la cañería 5/8" nominal por lo cual para el lado de baja presión se utiliza una cañería de 5/8" nominal de cobre flexible tipo L.

### 3.6.3. Selección del elemento de restricción del fluido refrigerante

El método de restringir el fluido refrigerante es por tubo capilar, el cual presenta los siguientes parámetros:



**Figura 7-3:** Tubo capilar

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Largo: 0,75 cm

Diámetro: 0,49 mm

El tubo capilar reduce la presión del refrigerante a la salida del condensador que se encuentra en estado líquido y alta presión, el fluido al pasar por este restrictor disminuye la presión drásticamente y por ende su temperatura.

### 3.6.4. Selección de la válvula de paso

Se utiliza válvulas marca SANHUA con las siguientes especificaciones:

Marca: SANHUA

Rango de temperatura permitido: -40 °C a 120 °C.

Presión designada: 653 PSIG.

Aplicable a fluidos y refrigerantes de grupo 2 o a grupo A1 de acuerdo a ANSI-ASHRAE 34-2010.



**Figura 8-3:** Válvula de paso

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Estas válvulas se utilizan para abrir o cerrar el paso del refrigerante, a su vez con estos se puede retener el gas en un punto permitiendo así realizar labores de mantenimiento entre otros. Están ubicados a la entrada y salida del evaporador para poder realizar medidas de presión y temperatura en dichas entradas.

### 3.6.5. Selección de manómetros

La selección de los manómetros de alta y de baja presión están en función de la presión de funcionamiento del sistema, los manómetros utilizados tienen las siguientes características.

- Alta presión Escala: 800 PSI
- Baja presión Escala: 500 PSI

Los manómetros son adecuados para el funcionamiento con refrigerante R-410a. Se utilizan para medir la presión del sistema tanto en el lado de baja como en el de alta presión y la temperatura del refrigerante.



**Figura 9-3:** Manómetro de baja y alta presión

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.6.6. *Conexiones*

Para las conexiones entre elementos o entradas se utilizan tuercas de bronce para garantizar su conexión. Las tuercas utilizadas son dependientes del diámetro de la tubería de cobre a utilizar.



**Figura 10-3:** Accesorios para conexiones

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Estas conexiones son utilizadas para conectar un elemento con otro sin la necesidad de realizar una soldadura u otro procedimiento de unión, esto hace que los componentes sean desmontables y puedan separarse uno de otro para labores de mantenimiento, para garantizar el sellado ente la conexión macho y la tuerca, se requiere una correcta expansión de la tubería de cobre.

### 3.6.7. *Selección del visor de líquido*

El visor del líquido refrigerante es de marca SANHUA de 3/8" de tamaño del roscado.



**Figura 11-3:** Visor de líquido refrigerante

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Por medio de este visor de líquido se visualiza el paso del refrigerante en estado líquido, permitiendo así visualizar el estado del refrigerante en el sistema. Si por el visor se visualiza burbujas, indica la falta de fluido refrigerante, también se visualiza la presencia de humedad en el sistema, ya que contiene una sal química higroscópica que reacciona con la humedad y cambia de color.

### 3.6.8. Selección de la válvula de 4 vías

La válvula de 4 vías realiza el intercambio del sentido del refrigerante en el sistema, esto permite el intercambio de refrigeración a calefacción por medio de la activación de una bobina solenoide y la presión del mismo sistema. La válvula es de una capacidad de 24000 BTU.



**Figura 12-3:** Válvula de 4 vías

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.6.9. Selección de la bobina de la válvula de 4 vías

La bobina permite activar unos pequeños tubos conectados a el cuerpo de la válvula, la presión del sistema empuja un émbolo que se sitúa en el interior, por medio del movimiento de este émbolo se realiza el intercambio.

Se alimenta de 220 VAC y tiene una potencia muy baja de 4,5 W

### 3.6.10. Selección de las válvulas check

Las válvulas check o unidireccionales permiten que el fluido refrigerante circule en un solo sentido e interrumpen el paso en sentido opuesto, sirven para lograr que el refrigerante pase por los dispositivos restrictores de flujo y ser un bypass del refrigerante. Estos son de una medida de 3/8" nominal.



**Figura 13-3:** Válvula de 4 vías

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.6.11. Selección de elementos eléctricos para el tablero de control

Para controlar el módulo se utiliza un tablero de control de 30 cm por 40 cm en el cual se montan los diferentes dispositivos de control.

- Relés: es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por medio de una bobina, contiene varios contactos NA y NC. En este caso se ha seleccionado el modelo MK2P-I con base de 8 pines cumpliendo con los requisitos.
- Disyuntores: Se utilizan para proteger al circuito de mando y control de cortocircuitos y una sobreintensidad en el sistema.
- Luces piloto: Se utiliza para poder visualizar los procesos en funcionamiento, así como el valor de su corriente y voltaje.
- Selector: Se utiliza para poder seleccionar los procesos en el sistema.
- Contactor: Para la selección del contactor es necesario conocer los datos de la unidad condensadora. Se utiliza un contactor de 32 amperios a 240 VAC.
- Control programable de temperatura Full Gauge modelo MT512E: El control programable de temperatura se selecciona de acuerdo a los rangos de temperatura a utilizarse en el sistema. Este tipo de control permite controlar altas y bajas temperaturas.



**Figura 14-3:** Tablero de control

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## 3.7. Herramientas y equipos

### 3.7.1. Cortadora de tuberías

La cortadora de tuberías realiza cortes en ángulo recto a tubos redondos, estos realizan un corte limpio y son los más adecuados a diferencia del uso de la utilización de sierra para metales.



**Figura 15-3:** Cortadora de tubería

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.7.2. *Dobladora de tubería*

Es una herramienta que realiza curvaturas en las tuberías a un ángulo de 0 a 180 grados y es apropiada para diferentes diámetros de tuberías.



**Figura 16-3:** Dobladora de tubería

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.7.3. *Kit de expansores y acampanador*

Permiten realizar acampanados (abocados) a las tuberías con el fin de lograr un acoplamiento entre las conexiones, además permite realizar una expansión en la tubería para acoplar tuberías del mismo diámetro.



**Figura 17-3:** Kit de expansores y acampanador

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.7.4. Soldadura Oxiacetilénica

Es un proceso de soldadura autógena obtenida de la combustión de dos gases el oxígeno y el acetileno, esta combustión se controla por medio de un soplete con la cual se puede regular la entrada de los dos gases y formar una llama neutra, oxidante o carburante. Se utiliza esta suelda en especial para la soldadura de las tuberías de cobre en todo el sistema.

### 3.7.5. Material de aporte

El material de aporte para las tuberías de cobre es la varilla de plata Harris al 5% la cual es diseñada para aplicaciones de soldadura de cobre con cobre, para la soldadura de cobre con hierro se utiliza una varilla de broce con una composición del metal depositado de Cu 56-60%; Sn 0,8-1,1%; Zn, estas varillas utilizan un fundente para reducir la escoria en la superficie, mejorar la fluidez y facilitar la mezcla o aleación de los metales.



**Figura 18-3:** Material de aporte

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## 3.8. Construcción del sistema mecánico

### 3.8.1. Construcción de una base de acero

El montaje de todos los componentes se realiza en una plancha de acero de 0,7 mm de espesor en el cual se montan todos los elementos mecánicos y eléctricos.



**Figura 19-3:** Construcción de la base de acero

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.2. *Colocación de la base de Split y montaje del evaporador*

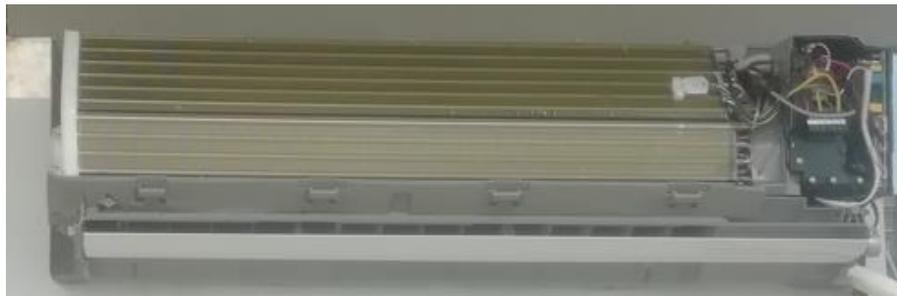
La base del Split se coloca en el centro de la base de acero, se sujeta por medio de remaches y tornillos y se coloca en forma horizontal.



**Figura 20-3:** Colocación de la base de Split

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

El Split se coloca en los ganchos ubicados en su base, asegurándose que éste quede fijo a la misma y no exista movimientos anormales.



**Figura 21-3:** Montaje de Split

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.3. *Colocación de válvulas de paso en el evaporador*

A la entrada y salida del evaporador se colocan válvulas de paso marca SANHUA con la finalidad de entrapar el líquido refrigerante en el evaporador y de poder realizar medidas con el manómetro por medio de válvulas de servicio.



**Figura 22-3:** Soldadura de válvulas de paso

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

#### **3.8.4. Colocación de válvulas de paso en el compresor**

Las válvulas permiten abrir o cerrar el paso de refrigerante con el fin de mantener el gas refrigerante en el compresor y poder realizar labores de mantenimiento en el resto del sistema evitando así fugas masivas de refrigerante y contaminación del mismo al medio ambiente.



**Figura 23-3:** Colocación de válvulas de paso del compresor

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

#### **3.8.5. Colocación de válvulas en el condensador**

Las válvulas en el condensador permiten abrir o cerrar el paso de refrigerante con el fin de mantener el gas refrigerante en el condensador y poder realizar labores de mantenimiento en el resto del sistema, evitando así fugas masivas de refrigerante y contaminación del mismo al medio ambiente.



**Figura 24-3:** Colocación de válvulas de paso del condensador

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.6. *Soldadura de conexiones*

Para la entrada de alta presión, baja presión, entrada del condensador, salida del condensador, salida del evaporador y entrada al visor es necesario la utilización de conexiones macho de hierro las cuales logran el acoplamiento entre la unidad exterior con la interior por medio de tuberías.



**Figura 25-3:** Soldadura de conexiones

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.7. *Soldadura de la válvula de 4 vías*

La válvula de 4 vías realiza un cambio a la dirección del refrigerante, la válvula tiene dos entradas de alta y baja presión que son conectadas a la entrada y salida del compresor respectivamente, otra vía se conecta a la entrada del condensador y la otra vía a la salida del evaporador.



**Figura 26-3:** Soldadura de la válvula de 4 vías

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.8. *Soldadura de los tubos capilares*

Los tubos capilares disminuyen la presión del refrigerante bruscamente y por ende la temperatura del refrigerante. Cada capilar tiene un diámetro y una distancia específica, estos parámetros son importantes para el correcto funcionamiento del sistema.



**Figura 27-3:** Soldadura del tubo capilar

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.9. *Soldadura de las válvulas check*

Las válvulas check o unidireccionales permiten que el refrigerante fluya en un solo sentido, permitiendo que el refrigerante no fluya en sentido opuesto y que obligatoriamente fluya por el tubo capilar y así viceversa.



**Figura 28-3:** Soldadura de las válvulas check

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.10. *Colocación de manómetros*

Los manómetros son instalados en el lugar en que se pueda evidenciar como se realiza el cambio de sentido de fluido refrigerante. Estos poseen una base roscada exterior para el acoplamiento al sistema en una base roscada interiormente.



**Figura 29-3:** Colocación de manómetros

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.8.11. Colocación del visor

El visor posee una entrada macho y hembra, en la entrada macho se utiliza una tuerca de sujeción y el abocado de la tubería realizado con el kit de expansores, para la entrada hembra se utiliza una unión de hierro la cual es soldada a la tubería.

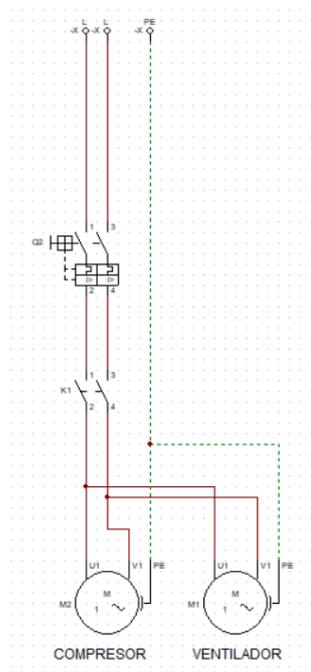


**Figura 30-3:** Colocación del visor

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.9. Construcción del sistema eléctrico

Para la construcción del sistema eléctrico se grafica el circuito de mando y potencia con el cual se realiza el conexionado del sistema. Para realizar el conexionado es necesario la colocación de todos los elementos del circuito.

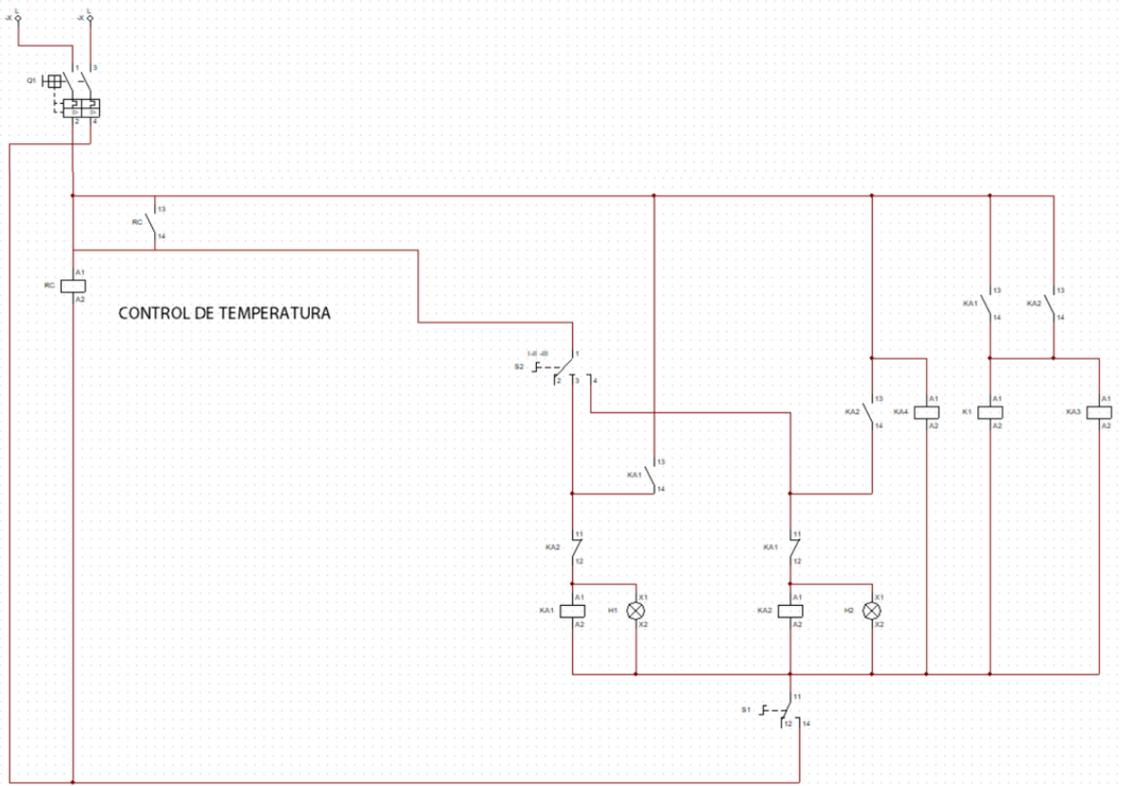


**Figura 31-3:** Circuito de potencia

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Q2: Disyuntor de potencia

K1: Contactor principal



**Figura 32-3:** Circuito de mando

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Q1: Disyuntor de mando

RC: Relé del control de temperatura

S2: Selector de tres posiciones

S1: Selector de dos posiciones

K1: Bobina del contactor principal

KA1: Bobina del contactor secundario uno para el sistema de frío

KA2: Bobina del contactor secundario dos para el sistema de calor

KA3: Bobina del contactor secundario tres para el encendido del ventilador del evaporador

KA4: Bobina del contactor secundario cuatro para la bobina del solenoide.

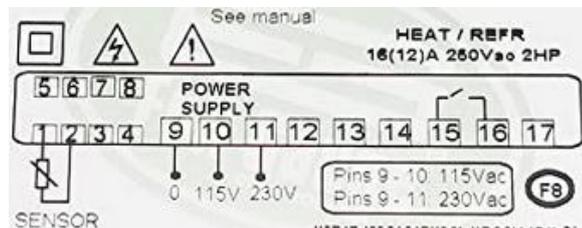
### 3.9.1. Colocación de los elementos del circuito de mando

Los contactores, disyuntores, relés y borneras se instalan dentro del tablero eléctrico, mientras que los elementos de señalización se ubican en la parte delantera del tablero.



**Figura 33-3:** Colocación de componentes del circuito de mando  
**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para la conexión eléctrica del control de temperatura se tiene es siguiente esquema.



**Figura 34-3:** Diagrama eléctrico del control de temperatura MT-512E  
**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.9.2. *Colocación de los elementos del circuito de potencia*

Para el circuito de potencia se coloca un disyuntor y un contactor con el cual se logra el control del encendido de la unidad por medio de la activación de la bobina del contactor.

## 3.10. **Instalación y pruebas de funcionamiento**

### 3.10.1. *Instalación de la unidad condensadora*

La unidad condensadora se instala en la parte exterior del laboratorio, está debe generar durante todo el tiempo la correcta y apropiada ventilación con el medio para asegurar la calidad del aire interior. Los parámetros a considerar son:

- El sentido de la corriente de aire.
- Las características de la edificación.
- Siempre es recomendado ubicarlo en una posición alta para evitar la manipulación del

mismo.

- El aire caliente que expulsa no debe ser absorbido nuevamente.
- Ubicarlo en una posición de fácil acceso y distancia mínima entre paredes. Anexo C.



**Figura 35-3:** Instalación de la unidad condensadora

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

La unidad condensadora posee unos puntos de apoyo, los cuales son los soportes de hierro empotrados en la pared por medio de pernos.

### **3.10.2. *Instalación del evaporador***

El evaporador se instala en la parte interior del laboratorio, éste debe proporcionar la correcta y apropiada ventilación con el medio para asegurar la calidad del aire interior. Los parámetros a considerar son:

- Debe ser instalado lo más alto que sea posible.
- Seleccionar una ubicación lo suficientemente sólida.
- Evitar la instalación en un lugar que reciba luz solar directa.
- Instalar lejos de puertas.
- Consideraciones estéticas.
- No instalar cerca de fuentes de calor.

Todos los componentes están instalados sobre un soporte de acero, por lo cual a la pared se le debe empotrar el soporte. Todo evaporador posee una tubería de desagüe por la cual circula agua producto de la evaporación que se da en el mismo, la descarga del líquido debe ser en un lugar abierto. Para la unión de las tuberías de la unidad exterior con la interior se realiza un agujero en la pared por la cual pasan todas las tuberías, cables y el desagüe.



**Figura 36-3:** Instalación de la unidad interior

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.10.3. *Instalación del circuito mecánico*

El circuito mecánico es desmontable con el fin de poder transportarlo por elementos y así realizar tareas de mantenimiento a cada uno de ellos de una manera más práctica y sin la necesidad de desmontar muchos elementos. En la instalación se ajusta todas las tuercas de los componentes y se conectan las tuberías exteriores con las interiores por medio de un agujero.



**Figura 37-3:** Instalación del circuito mecánico

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.10.4. *Instalación del circuito eléctrico*

Una vez construido el tablero eléctrico se conecta todas las salidas de la bornera a los diferentes puntos del módulo como es el compresor, evaporador, línea de alimentación y solenoide. Todo esto se lo realiza con cable concéntrico de 3\*12 para la alimentación al sistema, 3\*14 al compresor, 3\*18 al evaporador y solenoide.



**Figura 38-3:** Instalación del circuito eléctrico

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.10.5. Programación del control de temperatura MT-512E

Para la programación del control de temperatura se tiene los siguientes pasos:



**Figura 39-3:** Indicaciones y teclas del control de temperatura MT-512E

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

- Presionar la tecla de menú facilitado hasta que en la pantalla del control indique Func.
- Presionar la tecla SET.
- En F01 presionar SET.
- Utilizar las teclas aumenta y disminuye hasta el código de acceso 123 y presionar SET.
- En el código de acceso F02 permite seleccionar la temperatura deseada (setpoint), colocar la temperatura deseada a la cual se requiere mantener el ambiente.
- En el código de acceso F03 describe el desplazamiento del offset para la compensación de eventuales desvíos de temperatura, colocar el valor de 1.
- En el código de acceso F04 permite seleccionar el mínimo setpoint permitido, colocar un valor de 20.
- En el código de acceso F05 permite seleccionar el máximo setpoint permitido, colocar un valor de 30.
- En el código de acceso F06 es la diferencia de temperatura entre conectar y desconectar el sistema, por ejemplo, si se coloca una diferencia de temperatura de 4 en refrigeración, el sistema activará en 24 grados centígrados y apagará en 20 grados centígrados. Colocar un valor de 4.
- En el código de acceso F07 permite seleccionar calefacción y refrigeración, colocar 0 para refrigeración y 1 para calefacción.
- En el código de acceso F08 y F09 es el tiempo de mínimo y máximo de salida conectada y desconectada respectivamente. Para ambos códigos colocar el valor de no.
- En el código de acceso F10 es el tiempo de funcionamiento, colocar un valor de 360 que corresponde a 360 minutos de funcionamiento antes de un deshielo.
- En el código de acceso F11 es el tiempo de deshielo, colocar un valor de 1.
- En el código de acceso F12 indica el estado inicial al energizar, colocar el valor de 0

para refrigeración o calefacción.

- En el código de acceso F13 colocar no.
- En el código de acceso F14 indica el tiempo de retardo a la energización en la cual el control activará, colocar el valor de 5.
- En el código de acceso F15 es el tiempo adicional al terminar el ciclo, colocar no.
- En el código de acceso F16 colocar 0.
- En el código de acceso F17 colocar 1.
- En el código de acceso F18 colocar 1.
- En el código de acceso F19 colocar no.
- En el código de acceso F20 colocar no.
- En el código de acceso F21 colocar no.

### **3.10.6. Prueba de fugas**

La prueba de fugas se realiza mediante dos métodos, uno es el detector de fugas electrónico que, cuando detecta la existencia de una fuga de refrigerante suena una alarma e indica la presencia de fugas y el otro método es mediante una solución de agua y jabón.

En el método electrónico es necesario que el sistema se encuentre con gas refrigerante para poder detectar una fuga, el detector electrónico posee una punta censora con la cual se pasa por todas las uniones, sueldas y acoples del sistema. Mediante la solución de agua y jabón solo se necesita que el sistema este presurizado con nitrógeno, aire limpio o el mismo refrigerante para poder aplicar la espuma jabonosa en todas las uniones, sueldas y acoples del sistema, si en alguno de estos puntos hay formación de burbujas, indica el lugar de la fuga.



**Figura 40-3:** Prueba de fugas

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

En el módulo térmico se realiza la prueba de fugas mediante refrigerante R-410a en el sistema elevando la presión a 100 PSI y marcando la posición de la aguja del manómetro para

posteriormente aplicar la solución de agua y jabón por todas las sueldas, uniones y acoples y después como segunda verificación mediante el detector de fugas. Después de 30 minutos si la aguja sigue en la posición marcada se puede asegurar que el sistema esta hermético sin la presencia de fugas.

### 3.10.7. *Proceso de vacío*

El proceso de vacío se realiza por medio de una bomba de vacío el cual es el medio más seguro de proporcionar un sistema libre de aire y agua, el propósito es reducir la presión o vacío lo suficiente para hervir o vaporizar el agua y luego bombearla fuera del sistema. Los vacíos a alcanzar son de 500 micrones si se trabaja con aceite mineral y 250 micrones si se trabaja con aceite poliéster. Para el proceso se sigue los siguientes pasos:

- Conectar las mangueras del manómetro de alta y baja presión a las válvulas de servicio del sistema.
- Conectar la manguera del servicio a la bomba de vacío.
- Abrir las llaves de los manómetros.
- Encender la bomba de vacío hasta alcanzar 250 micrones, -76cmHg o por al menos 15 minutos.
- Cerrar las llaves de los manómetros.
- Retirar la manguera de servicio de la bomba de vacío.
- Esperar 5 minutos y comprobar que no haya existido ningún cambio en la presión.
- En caso de existir cambios en la presión de vacío pasar a la prueba de fugas nuevamente, caso contrario pasar a la carga del refrigerante.



**Figura 41-3:** Proceso de vacío

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.10.8. *Carga de refrigerante*

El correcto funcionamiento del módulo depende de la cantidad de refrigerante que contiene, para ello se sigue el siguiente procedimiento:

- Después del proceso de vacío, colocar la manguera de servicio en la botella de refrigerante R-410a.
- Abrir la botella de refrigerante.
- Purgar la manguera de servicio.
- Abrir las llaves de los manómetros de alta y baja presión.
- Dejar que toda la presión de la botella del refrigerante ingrese al sistema durante un minuto.
- Cerrar las llaves de alta y baja presión.
- La carga completa del refrigerante se lo vera en pruebas de funcionamiento.



**Figura 42-3:** Carga de refrigerante

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

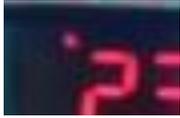
### 3.11. **Manual de operación**

#### 3.11.1. *Pasos para el encendido del módulo térmico*

**Tabla 3-3:** Procedimiento para el encendido del módulo térmico

Descripción	Fotografía
Abrir el tablero de control en caso de estar apagado y subir el disyuntor de mando y potencia.	
Verificar el encendido mediante la visualización de la luz piloto con indicador de voltaje. Si indica un voltaje de 220 VAC $\pm$ 10% pasar al siguiente paso, caso contrario revisar el breaker del módulo térmico en el gabinete de mando del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética.	

CONTINUA

Verificar la temperatura ambiente del laboratorio por medio del control de temperatura ubicado en el tablero de control.	
Elegir el modo de trabajo según la temperatura, si la temperatura se encuentra por encima de los 25 °C elegir el modo refrigeración, si se encuentra por debajo de los 14 °C elegir el modo calefacción.	
<p>Si se eligió el modo refrigeración se debe seguir lo siguiente:          Presionar el botón SET por 5 segundos, con los botones de arriba y abajo seleccionar la temperatura deseada.          Presionar la tecla de menú facilitado hasta que en la pantalla del control indique Func.          Presionar la tecla SET          En F01 presionar SET          Utilizar las teclas aumenta y disminuye hasta el código de acceso 123 y presionar SET          En el código de acceso F07 colocar 0 para refrigeración.          Dejar que se refresque el control de temperatura y verificar el encendido de la luz LED en el control indicando refrigeración.          Girar el selector de encendido del proceso a ON          Girar el selector de modo de operación a refrigeración.</p>	
<p>Si se eligió el modo calefacción se debe seguir los siguientes pasos:          Presionar el botón SET por 5 segundos, con los botones de arriba y abajo seleccionar la temperatura deseada.          Presionar la tecla de menú facilitado hasta que en la pantalla del control indique Func.          Presionar la tecla SET          En F01 presionar SET          Utilizar las teclas aumenta y disminuye hasta el código de acceso 123 y presionar SET          En el código de acceso F07 colocar 1 para calefacción.          Dejar que se refresque el control de temperatura y verificar el encendido de la luz LED en el control indicando calefacción.          Girar el selector de encendido del proceso a ON          Girar el selector de modo de operación a calefacción.</p>	
Observar el valor de la corriente mediante el indicador LED, esta no debe exceder de 15 amperios, de ser así detener el proceso.	
Verificar el encendido del ventilador del evaporador, de no encender detener el proceso.	
Verificar las presiones de funcionamiento verificando en el manómetro de baja presión (azul) 120 PSI y en el manómetro de alta presión (rojo) 350 PSI.	
Sentir la brisa fría o caliente a la salida del evaporador.	
El sistema prenderá y apagará según alcance las temperaturas seleccionadas. Para apagar el ciclo de refrigeración o calefacción girar el selector de modo de operación a stand by y el selector de encendido de proceso a OFF.	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.11.2. Procedimiento para el cambio de ubicación e instalación del módulo térmico

El módulo térmico es un sistema que se puede cambiar de ubicación cuando se necesite, para lo cual se sigue el siguiente procedimiento.

- Calcular la carga térmica del nuevo lugar por medio del programa Cool Pack. Si el equipo satisface a la carga térmica es viable su cambio de ubicación.
- Apagar el módulo térmico en el tablero de control.
- Abrir el tablero de control y bajar los disyuntores de alimentación del sistema.
- Dirigirse a la caja térmica del laboratorio y bajar el breaker perteneciente a la alimentación del módulo.
- Comprobar que no exista tensión en los cables de la alimentación de entrada.
- Desconectar los cables de la alimentación de entrada.
- En la unidad interior cerrar las válvulas de paso del evaporador.
- Dirigirse a la unidad condensadora ubicada en la parte exterior, con la ayuda de una escalera subir a la unidad condensadora y cerrar manualmente las válvulas de paso de refrigerante del condensador.
- Con la ayuda de un hexagonal número 5 cerrar las válvulas de paso de alta y baja presión del compresor, girando en sentido horario.
- Colocar la manguera de baja presión del manómetro en la válvula de servicio ubicada en la válvula de paso de baja presión.
- Abrir la llave del manómetro y expulsar el gas refrigerante al medio ambiente o a un reciclador de refrigerante.
- Con la ayuda de dos llaves inglesas ajustables desenroscar las tuercas de entrada en la unidad condensadora.
- Con la ayuda de un elevador bajar la unidad condensadora de su base.
- Desmontar la base de la unidad condensadora que se encuentra empotrada en la pared.
- Con la ayuda de dos llaves inglesas ajustables desenroscar las tuercas de entrada en la unidad interior.
- Desmontar la base de acero desajustando los pernos de sujeción con la ayuda de una llave de 12 mm, estos están ubicados en cada esquina.
- Desmontar todas las tuberías que conectan la unidad exterior con la interior.
- Para la colocación en el nuevo lugar primero se analiza el lugar en donde se pueda montar y los posibles caminos donde puedan ir las tuberías.
- Montar la base de acero empotrándolo en la pared mediante la realización de agujeros a 15 cm de la parte superior y a 105 cm a lo ancho y 90 cm a lo alto, utilizar un taladro y una broca de 10 mm, una vez realizado los agujeros colocar tacos Fischer de 10 mm y montar la base sobre estos agujeros y colocar los pernos de sujeción.
- Analizar la ubicación de la unidad condensadora considerando todos los parámetros antes propuestos, montar la base de la unidad dejándola a nivel con el suelo.
- Subir la unidad condensadora a la base con la ayuda de un elevador.

- Realizar un agujero en la pared de 15 cm de diámetro para la conexión de tuberías de la unidad interior con la exterior.
- Unir las tuberías de la unidad interior con la exterior, si es necesario extender las tuberías.
- Enroscar las tuercas en las entradas de la unidad exterior y la interior.
- Alimentar el tablero de control con un voltaje de 220 VAC.
- Realizar prueba de fugas.
- Realizar el proceso de vacío.
- Realizar la carga del refrigerante.
- Realizar pruebas de funcionamiento.

### **3.11.3. Normas preventivas en seguridad industrial**

#### *3.11.3.1. Orden y limpieza*

- Mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo
- No dejar materiales alrededor, colocarlos en lugar seguro y donde no estorben el paso.
- Guardar ordenadamente los materiales y herramientas.
- No obstruir los pasillos, puertas o salidas de emergencia.

#### *3.11.3.2. Equipos de protección personal para la manipulación del módulo térmico*

Para la manipulación de los diferentes elementos del módulo térmico se utilizan los siguientes equipos de protección personal:

- Guantes contra agresiones mecánicas y químicas
- Gafas
- Calzado de seguridad
- Taponos para oídos
- Mandil

#### *3.11.3.3. Equipos de protección personal para la realización de tareas de mantenimiento*

Para realizar tareas de mantenimiento tanto correctivas como preventivas se utilizan los siguientes equipos de protección personal:

- Guantes de protección mecánica y térmica para soldadura.
- Gafas para soldadura autógena y eléctrica.
- Orejeras.
- Equipos de protección respiratoria.
- Casco.
- Mandil o chaleco.
- Calzado de seguridad.
- Guantes dieléctricos.

#### 3.11.3.4. *Herramientas manuales*

- Utilizar las herramientas manuales sólo para sus fines específicos.
- Las herramientas en mal estado deben ser retiradas de uso.
- Dejar las herramientas en lugares que no puedan producir accidentes.

#### 3.11.3.5. *Escaleras*

- Antes de utilizar una escalera, comprobar su estado.
- No utilizar escaleras montadas una con otra, salvo que sean diseñadas para ello.
- La escalera debe estar en una superficie plana bien asentada.
- Al subir o bajar, dar siempre la cara a la escalera.

#### 3.11.3.6. *Electricidad*

- No realizar nunca reparaciones cuando el módulo térmico este con tensión.
- Si se trabaja con máquinas alimentadas por corriente se debe aislar y utilizar prendas y equipos de seguridad.
- Si se observa anomalías en la instalación eléctrica, comunicarla.
- Si se observa cables gastados o pelados, se debe reparar inmediatamente.

#### 3.11.3.7. *Datos de seguridad del Refrigerante R-410A*

##### Primeros auxilios.

- En caso del contacto con la piel, descongelar las partes con agua tibia. Quitarse y aislar la ropa y el calzado que entró en contacto.

- En el caso del contacto con los ojos debe lavarse de inmediato con agua tibia, si la irritación persiste consultar a un oftalmólogo.
- En caso de inhalación llevar a la persona a un lugar donde respire aire fresco.

Medidas contra incendios.

El calor generado por un incendio que entre en contacto con el módulo térmico puede provocar el incremento de presión y ocasionar que explote. El refrigerante no es inflamable, por lo cual se debe utilizar un extintor previsto para combatir el fuego a su alrededor.

Medidas en caso de derrame o fuga accidental.

Detener la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo. Dejar que el refrigerante se evapore y ventilar el área. Evacuar a todo el personal del área afectada. Usar el equipo de protección adecuados.

Información toxicológica.

El refrigerante no es tóxico, por su composición es poco nocivo por inhalación, si ingresa en el organismo causa efectos inmediatos y retardados, así como efectos crónicos por exposiciones a corto o largo plazo.

### **3.12. Realización del plan de mantenimiento del módulo térmico**

Se realiza el plan de mantenimiento del módulo térmico tomando en cuenta los principales elementos, donde se detalla la codificación de los equipos, fichas técnicas con las principales características, metodología de mantenimiento a utilizar, norma referencial para determinar frecuencias, tareas de mantenimiento, frecuencias, procedimientos de las tareas, así como procedimiento de seguridad y los elementos indispensables a utilizar, con un monto posible a invertir.

#### **3.12.1. Codificación técnica de equipos**

La codificación técnica de equipos, es un proceso muy importante en el mantenimiento, ya que así permite una mejor organización, planificación y control de actividades en donde estos elementos intervengan. Para la codificación técnica de los principales equipos del módulo térmico, se utiliza combinaciones alfa-numéricas que se separaran por medio de guiones medios, se basa en una estructura de 4 niveles fundamentales.

Nivel 1. En este primer nivel se refiere a la institución en donde se está llevando a cabo el proyecto de integración curricular. Para esto se utiliza 3 caracteres alfabéticos.

Nivel 2. En el segundo nivel se hace referencia al laboratorio en donde se encuentra el módulo térmico. En este nivel se utiliza 2 caracteres alfabéticos.

Nivel 3. En este nivel se representa el sistema o equipo al cual se refiere. Se utiliza 2 caracteres alfabéticos.

Nivel 4. En este último nivel se hace referencia al número de equipos iguales pertenecientes al módulo térmico. Para este nivel se utiliza caracteres numéricos.

Como se observa en la tabla realizada, se realiza la codificación respectiva para el compresor, uno de los elementos principales del módulo térmico, la codificación se basa en 10 caracteres alfa-numéricos que representan la ubicación y el tipo de equipo al cual se refiere, llevando así un mejor control de este para la posible creación de un inventario de equipos en el laboratorio y para una mejor organización en las actividades en donde estos equipos se vean involucrados.

**Tabla 4-3:** Ejemplo de codificación técnica de equipos

	<b>EJEMPLO DE CODIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
Equipo:		<b>Código técnico: ESP-DTE-CM01</b>	
Niveles	Código	Descripción	
1. Institución	ESP	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH	
2. Laboratorio o área	DTE	Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad De Mecánica	
3. Equipo	CM	Compresor	
4. Número	01	Primero	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.12.2. Fichas de datos y características técnicas

Las fichas técnicas se desarrollan en base a la necesidad de información que se tiene de cada equipo, estas son indispensables para conocer características propias e inherentes que ayudan a conocer y a tener una perspectiva del equipo y sus elementos.

Estas fichas constan de datos que son de ayuda para los operadores o encargados del mantenimiento del equipo, para así conocer de una forma pronta, datos y características técnicas, así sea la primera vez que se manipule el equipo, mediante esta información se agiliza cualquier tipo de acción preventiva o correctiva, tratando de evitar cualquier tipo de error al manipularlo. En esta ficha técnica se tiene datos de importancia como son el nombre del equipo, su código técnico, el nombre de la empresa fabricante, el proveedor, la marca, su serie, modelo y año de fabricación, aparte de estos datos tenemos una columna en donde podemos colocar las características principales de este, como en el caso del compresor se coloca el tipo al cual pertenece, su capacidad o BTU, voltaje de trabajo, su frecuencia, la potencia del motor, el refrigerante que utiliza, su corriente nominal, capacitor que utiliza, el aceite refrigerante, entre otras características, estos datos pueden variar dependiendo del equipo que se habla y la importancia de los mismo, a más de estos datos se colocan 2 imágenes pertenecientes al equipo para un mejor reconocimiento.

**Tabla 5-3:** Ficha técnica del compresor

	<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>	Versión: 001
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-
		Fecha de revisión: 10-04-2022
		Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.		
Nombre del equipo: Compresor	Código técnico: ESP-DTE-CM01	
Fabricante: GMCC	Proveedor: MEGAFRÍO S.A.	
Marca: STG Ecoline	Serie: 11103010002550	
Modelo: PA225M2AS-3MT6	Año de fabricación: 2021	
Especificaciones técnicas		
Compresor de tipo rotativo		
Capacidad de 24000BTU		
Voltaje de trabajo de 220 VAC / 1PH		
Frecuencia de 60 Hz		
Potencia del motor de		
Refrigerante R410a		
Corriente nominal de 10.55 A		
Capacitor de 55 uF		
Aceite refrigerante 620CC (ESTEL OIL VG74)		
Presión máxima permitida de 4.2 Mpa.		
Presión de funcionamiento excesiva de descarga de 4.2 Mpa		
Presión de funcionamiento excesiva de succión de 1.5 Mpa		
Fotografías del equipo		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.12.3. Análisis modal de fallo y efecto (AMFE) de los equipos.

Al análisis modal de fallo y efecto (AMFE), lo podemos definir como una metodología del mantenimiento que, mediante un procedimiento sistemático de análisis, permite identificar los modos de fallo potenciales, las causas y sus efectos en el funcionamiento del sistema.

Esta metodología es considerada la más óptima para utilizarla en la fase de diseño y construcción de las maquinas o equipos, con el objetivo de determinar acciones que impidan los fallos, razón por la cual la hemos tomado en cuenta.

**Tabla 6-3:** Análisis modal de fallo y efecto del compresor

		<b>ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y EFECTO</b>		Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-
				Fecha de revisión: 10-04-2022
				Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Compresor			Código técnico: ESP-DTE-CM01	
Función	Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	Tareas recomendadas
Absorber el refrigerante en las condiciones de baja presión y temperatura para comprimirlo hasta las condiciones adecuadas para evacuar el calor en el condensador.	Carcasa del compresor con puntos de corrosión	Envejecimiento de la carcasa y deterioro de su pintura anticorrosiva por agentes externos.	Fisura y posterior rotura de la carcasa del compresor.	Limpieza de la carcasa del compresor y aplicación de pintura anticorrosiva.
	Carcaza maltratada y pernos de anclaje sin el torque adecuado	Envejecimiento de la carcasa por agentes externos y corrosión en los pernos.	Fisura, rotura y des anclaje de la carcasa del compresor.	Revisión de carcaza, limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva a pernos y ajuste correcto.
	La unidad arranca y se detiene con frecuencia por bajo nivel de refrigerante	Bajo nivel de refrigerante	Baja presión del compresor no suficiente para su funcionamiento.	Revisión de fugas de aceite y refrigerante en cañerías y acoples
	Aceite desgastado, no cumple la función de lubricar.	El aceite ya cumplió su vida útil y no realiza su función deseada.	Sobre calentamiento de la unidad	Cambio de aceite.
	Filtro deshidratador sucio o taponado	Excesiva cantidad de impurezas.	Poco o ningún flujo de refrigerante en el sistema.	Cambio de filtro deshidratador.
	Compresor con un alto nivel de ruido.	Falta de lubricación o aceite deteriorado no cumple con su función.	Sobre calentamiento y esfuerzo de la unidad.	Medir el ruido del compresor en decibeles (no mayor a 50 decibeles) y cambio de aceite.

**CONTINUA**

	Compresor con un alto nivel de ruido.	Falta de lubricación o aceite deteriorado no cumple con su función.	Sobrecalentamiento y esfuerzo de la unidad.	Medir el ruido del compresor en decibeles (no mayor a 50 decibeles) y cambio de aceite.
	Compresor tiene cambios de temperatura constantes, tiende a congelarse.	Altas presiones de trabajo o succión de gas refrigerante.	Congelamiento de la tubería y fuga de refrigerante.	Medir la temperatura y presión de trabajo del compresor y verificar si hay succión de gas refrigerante.
	La unidad arranca y se detiene con frecuencia.	Bajas presiones de salida del compresor.	La unidad no trabaja y se apaga constantemente.	Comprobar las presiones de salida del compresor.
	Compresor no arranca por bajo voltaje de entrada	Baja resistencia en los devanados de línea a línea del compresor.	La unidad no enciende.	Comprobar la resistencia de los devanados de línea a línea
	Compresor no arranca por bajo voltaje de entrada	Bajo voltaje a la entrada del compresor.	La unidad no enciende.	Verificar voltaje de entrada al compresor
	La unidad arranca y se detiene con frecuencia.	Bajo nivel de refrigerante.	La unidad no trabaja y se apaga constantemente.	Verificar el nivel de refrigerante en la unidad.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.12.4. Tareas de mantenimiento y frecuencia de realización

Para la realización de las tareas de mantenimiento, se toma en cuenta los catálogos de los equipos, debido a que se trata de equipos nuevos, los cuales no poseen ningún tipo de historial, para las frecuencias nos basaremos en equipos similares de diferentes industrias. En esta matriz se colocará el modo de falla, la tarea de mantenimiento, el responsable, los instrumentos o herramientas a utilizar, y finalmente la frecuencia de la tarea en caso de ser mantenimiento preventivo.

**Tabla 7-3:** Tareas de mantenimiento preventivo del compresor

		<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS</b>		Versión: 001	
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
				Fecha de revisión: 10-04-2022	
				Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edisson Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.					
Nombre del equipo: Compresor			Código técnico: ESP-DTE-CM01		
Modo de falla	Tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar	

CONTINUA

Carcasa del compresor con puntos de corrosión	Limpieza de la carcasa del compresor y aplicación de pintura anticorrosiva.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, brocha.
Carcasa maltratada y pernos de anclaje sin el torque adecuado	Revisión de carcasa, limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva a pernos y ajuste correcto.	Semestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, brocha.
La unidad arranca y se detiene con frecuencia por bajo nivel de refrigerante	Revisión de fugas de aceite y refrigerante en cañerías y acoples	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, detector de fugas eléctrico.
Aceite desgastado, no cumple la función de lubricar.	Cambio de aceite.	Anual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, recipiente.
Filtro deshidratador sucio o taponado	Cambio de filtro deshidratador.	Anual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe
Compresor con un alto nivel de ruido.	Medir el ruido del compresor en decibeles (no mayor a 50 decibeles) y cambio de aceite.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, sonómetro.
Compresor tiene cambios de temperatura constantes, tiende a congelarse.	Medir la temperatura y presión de trabajo del compresor y verificar si hay succión de gas refrigerante.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, manómetros, cámara termográfica.
La unidad arranca y se detiene con frecuencia.	Comprobar las presiones de salida del compresor.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Manómetros y acoples.
Compresor no arranca por bajo voltaje de entrada	Comprobar la resistencia de los devanados de línea a línea	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, ohmímetro.
Compresor no arranca por bajo voltaje de entrada	Verificar voltaje de entrada al compresor	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, multímetro.
La unidad arranca y se detiene con frecuencia.	Verificar el nivel de refrigerante en la unidad.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe, manómetros, acoples.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

**Tabla 8-3:** Tareas de mantenimiento correctivo del compresor

	<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
Nombre del equipo: Compresor		Código técnico: ESP-DTE-CM01	
Modo de falla	Tarea	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar
Unidad arranca y se detiene con frecuencia por compresor roto.	Reemplazo del compresor	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Soldadura oxiacetilénica, Manómetros, Waipe. Refrigerante R-410 <sup>a</sup> , Varilla de cobre Harris 5%., Agua jabonosa o detector de fugas.
Bobinas del compresor recalentadas debido a las altas temperaturas de funcionamiento del compresor inhabilitando su funcionamiento	Reemplazo del compresor	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Soldadura oxiacetilénica, Manómetros, Waipe. Refrigerante R-410 <sup>a</sup> , Varilla de cobre Harris 5%., Agua jabonosa o detector de fugas.
Fugas de refrigerante y aceite por las uniones de soldadura del compresor o cañerías debido a la corrosión.	Limpieza de la corrosión y soldadura de las uniones, acoples y cañerías donde exista fugas.	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Soldadora oxiacetilénica, Manómetros, Bomba de vacío, waipe, Refrigerante R410A, Varilla Harris al 5%, Varilla de bronce, Fundente (Borax), Agua jabonosa o detector de fugas.
Compresor no comprime refrigerante debido a la rotura del eje del rotor.	Reemplazo del compresor	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Soldadura oxiacetilénica, Manómetros, Waipe. Refrigerante R-410 <sup>a</sup> , Varilla de cobre Harris 5%., Agua jabonosa o detector de fugas.
Protector térmico interno abierto debido a un sobrecalentamiento	Reemplazo del protector térmico mediante personal técnico calificado	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas. Multímetro digital, Waipe, terminales.
Compresor no arranca debido a la avería del capacitor de arranque	Reemplazo del capacitor de arranque	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas. Multímetro digital, Waipe, terminales.
Anclaje del compresor inestable por pernos rotos.	Reemplazo de pernos del anclaje del compresor	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas, Waipe.

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.12.5. Procedimiento de tareas de mantenimiento

En este documento se especifica el procedimiento completo a realizar en cada una de las tareas de mantenimiento, ya sea preventivo o correctivo, se detalla los pasos de lo que se debe de hacer y cómo hacer, aparte de esto, también se cuenta con un procedimiento de seguridad, estas actividades se deben realizar para evitar cualquier tipo de accidente y menorar así el riesgo de ocurrencia, también se detalla las herramientas, equipos, repuestos y materiales a utilizar.

**Tabla 9-3:** Procedimiento para el cambio de compresor

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Compresor		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CM01	
<b>Tarea:</b>	Cambio del compresor.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	2 horas
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cerrar las válvulas de paso de refrigerante del condensador y evaporador.</li> <li>• Desconectar las tuercas de conexión de entrada del compresor (entrada de alta y baja presión).</li> <li>• Retirar la carcasa del compresor desatornillando los tornillos de su tapa superior y lateral.</li> <li>• Retirar los cables de alimentación del compresor marcando su posición.</li> <li>• Mediante la soldadura oxiacetilénica desoldar las tuberías de cobre de las entradas de alta y baja presión utilizando una llama neutra.</li> <li>• Retirar los pernos de anclaje del compresor.</li> <li>• Retirar el compresor dañado.</li> <li>• Limpiar la ubicación del compresor y verificar que no exista corrosión en la base.</li> <li>• Colocar el nuevo compresor en su lugar correspondiente.</li> <li>• Asegurar el compresor con los pernos de anclaje.</li> <li>• Soldar las tuberías de cobre de las entradas de alta y baja presión mediante la soldadura oxiacetilénica, utilizando una llama neutra y material de aporte de cobre-cobre como la varilla Harris al 5%.</li> <li>• Conectar los cables de alimentación del compresor.</li> <li>• Conectar las tuercas de conexión de entrada del compresor (entrada de alta y baja presión). Con el torque establecido.</li> <li>• Abrir las válvulas de paso de refrigerante del condensador y evaporador.</li> <li>• Verificar la existencia de fugas de refrigerante por las uniones soldadas haciendo uso de un detector de fugas o agua espumosa.</li> <li>• Colocar la carcasa atornillando la tapa superior y lateral.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla.</li> <li>• Recargar el refrigerante perdido, dejando las presiones de alta presión en 350 PSI y la presión de baja en 120 PSI.</li> <li>• Comprobar el funcionamiento del nuevo compresor mediante el analizador de la energía.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a realizar la tarea de mantenimiento.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, gafas de soldadura, zapatos de seguridad.</li> <li>• No tener contacto con los elementos soldados hasta que se enfríen y puedan ser manipulables.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo.</li> <li>• Leer la ficha de seguridad del refrigerante R-410a.</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas.</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas. Soldadura oxiacetilénica. Manómetros	Compresor de tipo rotativo, marca GMCC, modelo PA225M2AS-3MT6	Waipe. Refrigerante R-410 <sup>o</sup> . Varilla de cobre Harris 5%. Agua jabonosa o detector de fugas.	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

**Tabla 10-3:** Procedimiento de soldadura de las uniones, acoples y tuberías donde exista fuga de refrigerante

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edisson Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Compresor		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CM01	
<b>Tarea:</b>	Soldadura de las uniones, acoples y tuberías donde exista fuga de refrigerante.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	2 horas
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargar el sistema del módulo con nitrógeno, aire a presión o el mismo refrigerante en estado gaseoso con la ayuda de manómetros instalados en las diferentes válvulas de servicio.</li> <li>• Verificar el lugar de la fuga de presión mediante un detector de fugas o espuma jabonosa y señalarla.</li> <li>• Desmontar las partes de la unidad que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Desmontar las cañerías, uniones o acoples donde exista la fuga.</li> <li>• Verificar la razón de la fuga.</li> <li>• Soldar los puntos de fuga en las tuberías y uniones mediante la soldadura oxiacetilénica con una llama neutra.</li> </ul> <p>Si la fuga es en una tubería de cobre utilizar como material de porte la varilla Harris al 5%.                  Si la fuga es en uniones o acoples de hierro utilizar como material de aporte varilla de bronce y fundente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperar que se enfríe la soldadura.</li> <li>• Verificar el funcionamiento de los acoples, si están cumpliendo su función de trabajo, en caso de no hacerlo cambiarlo por uno nuevo.</li> <li>• Montar las tuberías, acoples y uniones, ajustarlos con el torque especificado.</li> <li>• Cargar el sistema del módulo con nitrógeno, aire a presión o el mismo refrigerante en estado gaseoso.</li> <li>• Verificar la inexistencia de más fugas en el sistema por medio de un detector de fugas o espuma jabonosa y señalarla, si es el caso soldar las fugas hasta que el sistema sea hermético y no haya presencia de fugas.</li> <li>• Despresurizar el sistema en un ambiente abierto.</li> <li>• Realizar el proceso de vacío.</li> <li>• Recargar el refrigerante.</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento por medio de pruebas.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a realizar tareas de mantenimiento.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, gafas de soldadura, zapatos de seguridad.</li> <li>• No tener contacto con los elementos soldados hasta que se enfríen y puedan ser manipulables.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo.</li> <li>• Leer la ficha de seguridad del refrigerante R-410a.</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas. Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío.	Acoples Uniones Tuberías	Waibe Refrigerante R410A Varilla Harris al 5%. Varilla de bronce. Fundente (Borax). Agua jabonosa o detector de fugas.	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

### 3.12.6. Cronograma de mantenimiento

Mediante un calendario de actividades, se determina la fecha específica en la cual se deben

realizar las tareas de mantenimiento.

**Tabla 11-3:** Cronograma de mantenimiento del compresor

	<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>												Versión: 001				
													Fecha de elaboración: 10-01-2022-				
													Fecha de revisión: 10-04-2022				
													Fecha de aprobación: 08-06-2022				
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul						Revisa: Ing. Edison Calderón						Aprueba: Ing. Marco Ordoñez					
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.																	
Nombre del equipo: Compresor												Código técnico: ESP-DTE-CM01					
Tareas de mantenimiento	Frecuencia	Numero de mes															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
Limpieza de la carcasa del compresor y aplicación de pintura anticorrosiva.	Trimestral				8				8								8
Revisión de carcasa, limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva a pernos y ajuste correcto.	Semestral							8									8
Revisión de fugas de aceite y refrigerante en cañerías y acoples	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Cambio de aceite.	Anual							8									
Cambio de filtro deshidratador.	Anual							8									
Medir el ruido del compresor en decibeles (no mayor a 50 decibeles) y cambio de aceite.	Trimestral				8					8							8
Medir la temperatura y presión de trabajo del compresor y verificar si hay succión de gas refrigerante.	Trimestral				8					8							8
Comprobar las presiones de salida del compresor.	Trimestral				8					8							8
Comprobar la resistencia de los devanados de línea a línea	Trimestral				8					8							8
Verificar voltaje de entrada al compresor	Trimestral				8					8							8
Verificar el nivel de refrigerante en la unidad.	Trimestral				8					8							8

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

Los resultados detallados a continuación, se obtienen mediante las pruebas de funcionamiento del módulo térmico realizado e instalado en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica. Se realiza mediciones de las temperaturas en diferentes puntos del laboratorio, se obtiene los diferentes valores de entalpías, entropías, cálculo de COP tanto en el ciclo de refrigeración y calefacción. El módulo térmico debe brindar una temperatura de confort en el laboratorio, además de poder visualizar el funcionamiento de un ciclo de refrigeración y calefacción, los puntos de medición de presión y temperatura para así poder realizar prácticas de laboratorio.

#### 4.1. Resultados de la temperatura en modo calefacción.

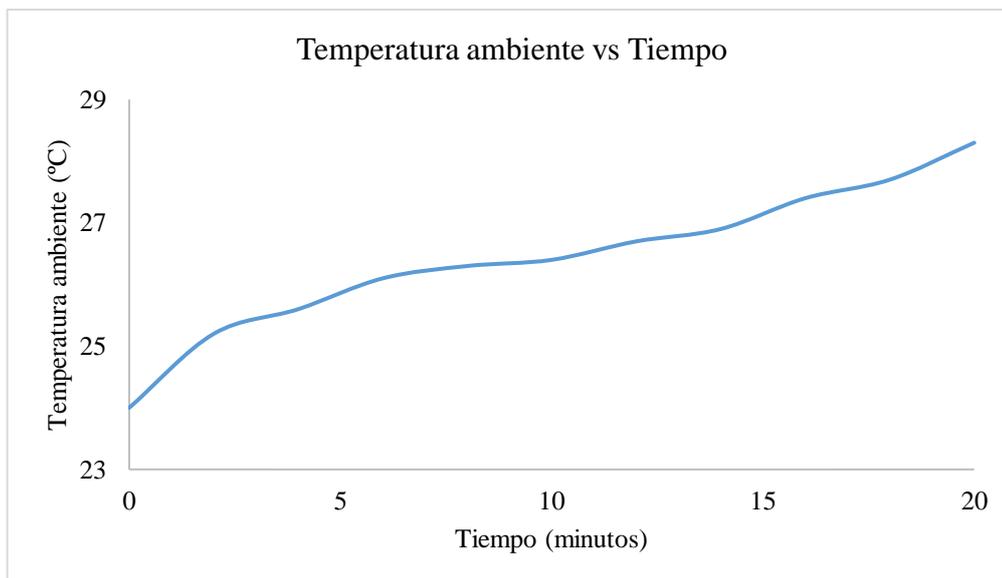
Para realizar la toma de datos de la temperatura en modo calefacción del módulo térmico, se enciende siguiendo los parámetros establecidos en el manual de operación, con la ayuda de un medidor de aire ambiental y de un multímetro con una termocupla tipo K, se mide la temperatura de salida del aire y con un cronómetro se controla los intervalos de tiempo para cada medición, tomando en cuenta que en el laboratorio donde se efectúa las mediciones se encuentran 7 personas y 2 equipos con motores eléctricos en funcionamiento, y con una temperatura exterior al laboratorio de 17,4°C, obteniendo así los siguientes resultados.

##### 4.1.1. *Medición de la temperatura ambiente en modo calefacción*

**Tabla 1-4:** Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción

Tiempo (minutos)	Temperatura ambiente (°C)
0	24
2	25,2
4	25,6
6	26,1
8	26,3
10	26,4
12	26,7
14	26,9
16	27,4
18	27,7
20	28,3

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



**Gráfico 1-4:** Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

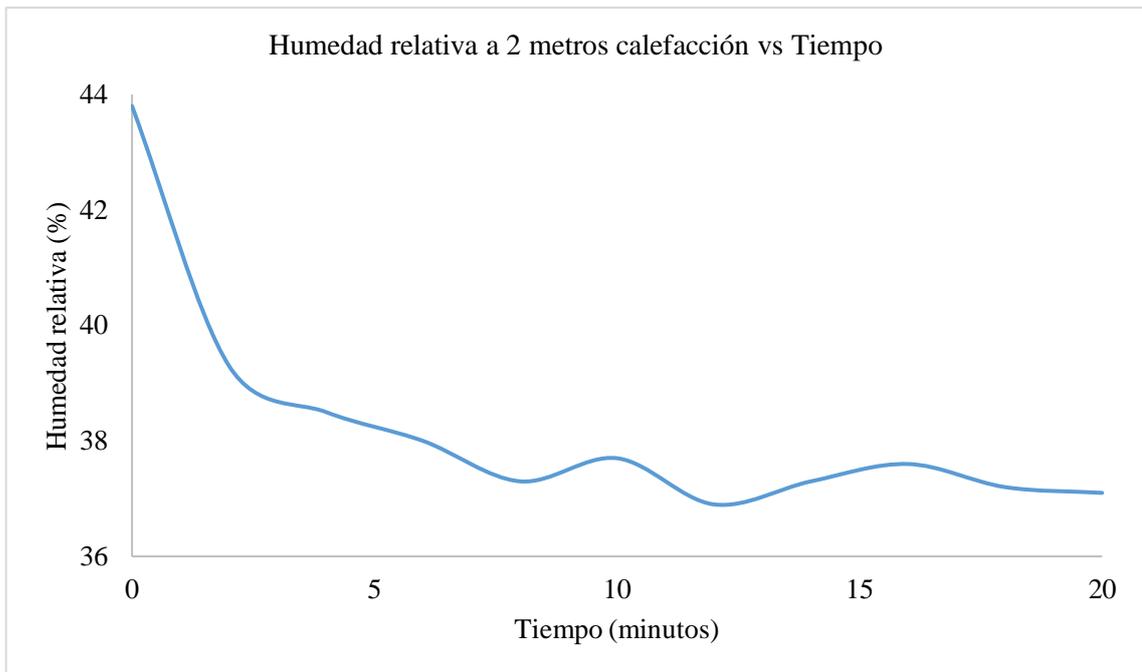
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 temperaturas más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura ambiente inicial en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 24°C, las temperaturas ascienden poco a poco, la diferencia más grande observada entre temperaturas es de 1,2°C, entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 25,2°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 3 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,9°C, el último dato tomado es la temperatura ambiente más alta conseguida con de 28,3°C, a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

#### 4.1.2. *Medición de la humedad relativa en modo calefacción*

**Tabla 2-4:** Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia

Tiempo (minutos)	Humedad relativa (%)
0	43,8
2	39,3
4	38,5
6	38
8	37,3
10	37,7
12	36,9
14	37,3
16	37,6
18	37,2
20	37,1

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



**Gráfico 2-4:** Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia.

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Se realiza el análisis de 10 datos de la humedad relativa a 2 metros de distancia de la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la humedad relativa en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 43,8%, los valores de la humedad relativa descienden poco a poco, la diferencia más grande observada entre los valores es de 4,5%, entre la humedad relativa inicial y el primer dato, los valores tienen cambios menores y se establecen, los 4 últimos valores se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,5%, el séptimo dato tomado es la humedad relativa más baja conseguida con un valor de 36,9% a los 14 minutos desde que se enciende el módulo.

#### **4.2. Resultados de la temperatura en modo refrigeración**

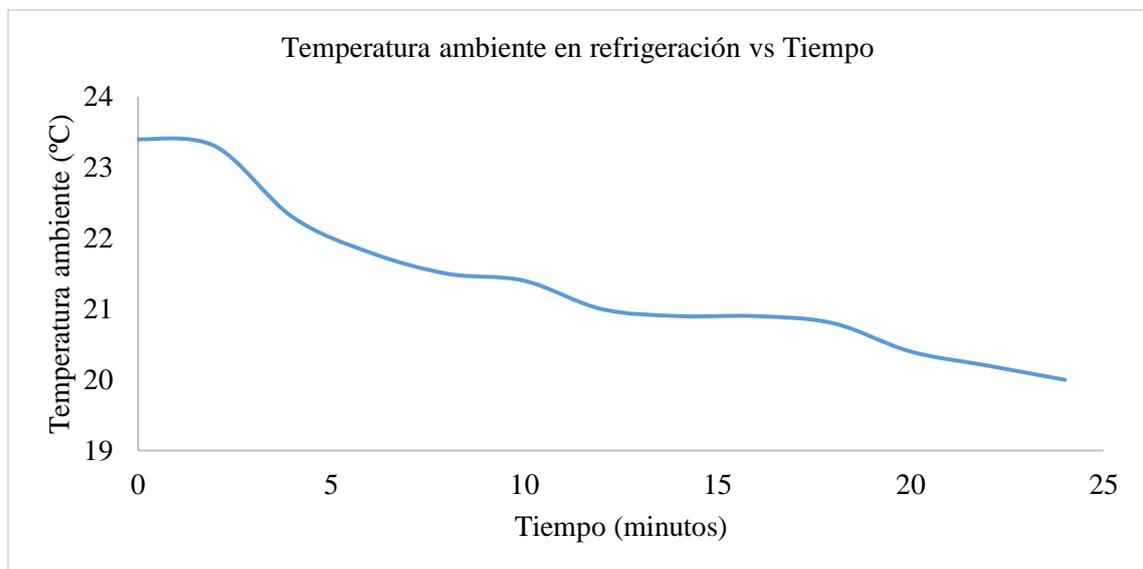
En la toma de datos de la temperatura en modo refrigeración, se enciende en modo refrigeración siguiendo los parámetros establecidos en el manual de operación y seguridad, con la ayuda de un medidor de aire ambiental y de un multímetro con una termocupla tipo K se mide la temperatura del aire, tanto exterior como interior y con un cronómetro se controla los intervalos de tiempo para cada medición, tomando en cuenta que en el laboratorio donde se realiza las mediciones se encuentran 5 personas en su interior y 3 equipos con motores eléctricos en funcionamiento, y con una temperatura exterior al laboratorio de 16,8°C, obteniendo así los siguientes resultados.

#### 4.2.1. Medición de la temperatura ambiente en modo refrigeración

**Tabla 3-4:** Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración

Tiempo (minutos)	Temperatura ambiente (°C)
0	23,4
2	23,3
4	22,3
6	21,8
8	21,5
10	21,4
12	21
14	20,9
16	20,9
18	20,8
20	20,4
22	20,2
24	20

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



**Gráfico 3-4:** Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

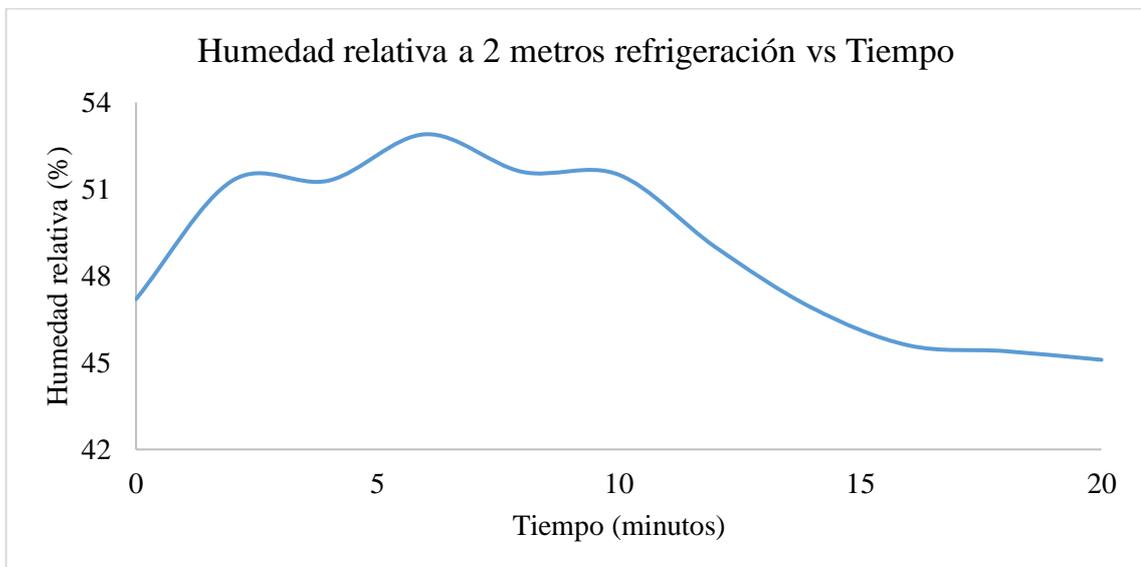
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 12 temperaturas más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura ambiente inicial en modo refrigeración con la que el módulo empezó a trabajar es de 23,4°C, las temperaturas que se toman descienden poco a poco, la diferencia más grande que se observó entre temperaturas es de 1°C, entre la primera temperatura con 23,3°C y el segundo dato, que es valor de temperatura de 22,3°C, las 6 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,9°C, el último dato tomado es la temperatura ambiente más baja conseguida de 20°C, a los 24 minutos desde que se enciende el módulo.

#### 4.2.2. Medición de la humedad relativa en modo refrigeración

**Tabla 4-4:** Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración a 2 metros de distancia

Tiempo (minutos)	Humedad relativa (%)
0	47,2
2	51,3
4	51,3
6	52,9
8	51,6
10	51,5
12	49
14	46,9
16	45,6
18	45,4
20	45,1

Realizado por: Vacacela M; Caichug K; 2022



**Gráfico 4-4:** Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración a 2 metros de distancia.

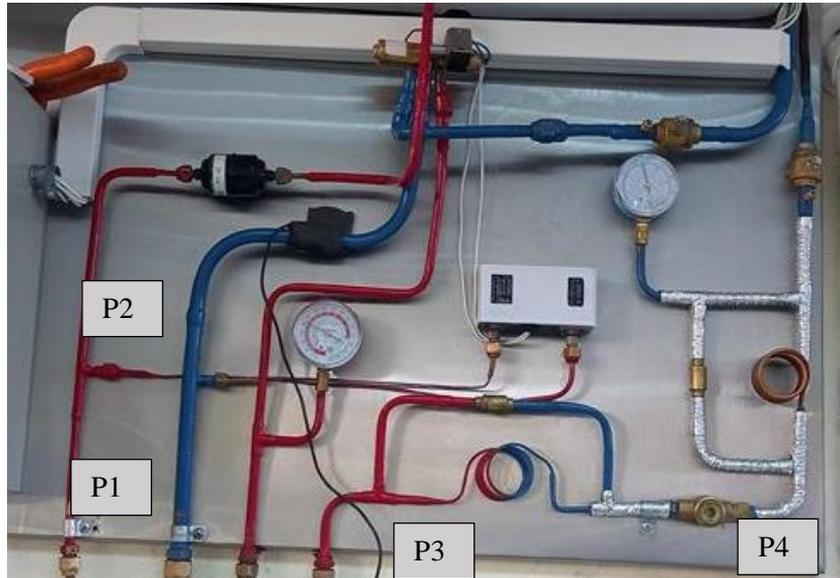
Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Se realiza el análisis de 10 datos de la humedad relativa a 2 metros de distancia a la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la humedad relativa en modo refrigeración con la que el módulo empezó a trabajar es de 47,2%, los valores de la humedad relativa que se toman ascienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre los valores fue de 4,1%, entre humedad relativa inicial y el primer dato, los valores tienen cambios menores y se establecen, los 4 últimos valores se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,7%, el último dato tomado es la humedad relativa más baja conseguida con un valor de 45,1% a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

### 4.3. Diagrama de Mollier

Mediante el diagrama de Mollier se realiza cálculos elementales que determina el aspecto de funcionamiento del módulo como el coeficiente de eficiencia energética, relación de compresión, el flujo másico y el valor de sus entalpías y entropías en cada punto del proceso.

#### 4.3.1. Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor



**Figura 1-4:** Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para realizar la gráfica del ciclo ideal de refrigeración de presión vs entalpía se realiza una toma de datos de los valores de la presión en los diferentes puntos del sistema por lo que se tiene la siguiente tabla, en la cual con la ayuda del diagrama de Mollier para el refrigerante R-410A se llena los datos necesarios. Anexo B

**Tabla 5-4:** Datos termodinámicos del ciclo ideal de refrigeración

P1= 119 PSI P1= 8,2 bar P1= 9,2 bar abs			
El refrigerante en el ciclo ideal en el punto 1 se encuentra en vapor saturado, en la tabla termodinámica se ingresa con el valor del refrigerante en vapor y para los demás valores se realiza una interpolación.			
Presión vapor (bar abs)	T(°C)	Entalpía(KJ/Kg)	Entropía(KJ/Kg*K)
9,0487	4	422,54	1,8029
9,3318	5	422,81	1,801
9,2			

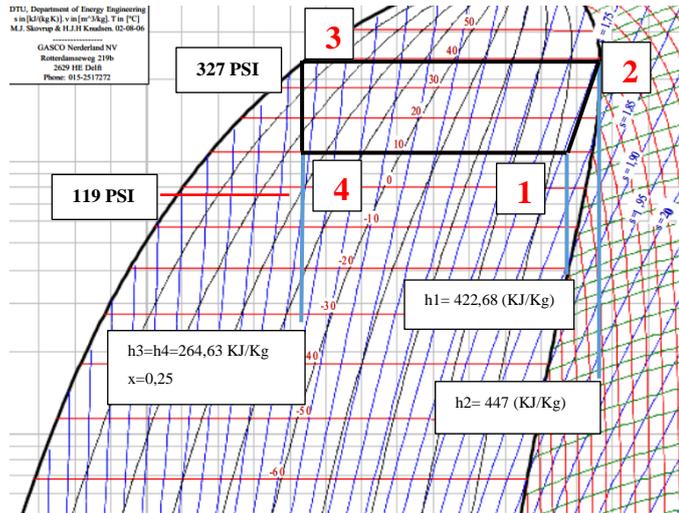
CONTINUA

<p>h1= 422,68 (KJ/Kg)  s1= 1,8019 (KJ/Kg*K)  T1= 4,53 (°C)</p>																
<p>P2= 327 PSI  P2= 22,55 bar  P2= 23,55 bar abs</p> <p>En el ciclo ideal el refrigerante se comprime isoentrópicamente por lo que el valor de la entalpía 2 será igual a la entalpía 1 y mediante ese valor se entra al diagrama de Mollier y se busca el valor de la entalpía en ese punto.</p> <p>s2= 1,8019 (KJ/Kg*K)  T2= 50 (°C)  h2= 447 (KJ/Kg)</p>																
<p>P3= 327 PSI  P3= 22,55 bar  P3= 23,55 bar abs</p> <p>E el ciclo ideal el refrigerante en el punto 3 el refrigerante se encuentra en líquido saturado por lo cual se entra a la tabla termodinámica del refrigerante R-410<sup>a</sup> con el valor de la presión y se tiene lo siguiente:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Presión vapor (bar abs)</th> <th>T(°C)</th> <th>Entalpía(KJ/Kg)</th> <th>Entropía(KJ/Kg*K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23,101</td> <td>38</td> <td>262,63</td> <td>1,2095</td> </tr> <tr> <td>23,673</td> <td>39</td> <td>264,47</td> <td>1,2152</td> </tr> <tr> <td>23,55</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>h3= 264,63 (KJ/Kg)  s3= 1,214 (KJ/Kg*K)  T3= 38,785 (°C)</p>	Presión vapor (bar abs)	T(°C)	Entalpía(KJ/Kg)	Entropía(KJ/Kg*K)	23,101	38	262,63	1,2095	23,673	39	264,47	1,2152	23,55			
Presión vapor (bar abs)	T(°C)	Entalpía(KJ/Kg)	Entropía(KJ/Kg*K)													
23,101	38	262,63	1,2095													
23,673	39	264,47	1,2152													
23,55																
<p>P4= 119 PSI  P4= 8,2 bar  P4= 9,2 bar abs</p> <p>En el punto 4 el refrigerante disminuye su presión isoentálpicamente por lo cual la entalpía del punto 3 será igual a la entalpía del punto 4.</p> <p>h4= 264,63 (KJ/Kg)  s4= 1,23 (KJ/Kg*K)  T4= 5 (°C)  X=0,25</p>																

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

#### 4.3.1.1. Presión vs entalpía del ciclo ideal de refrigeración

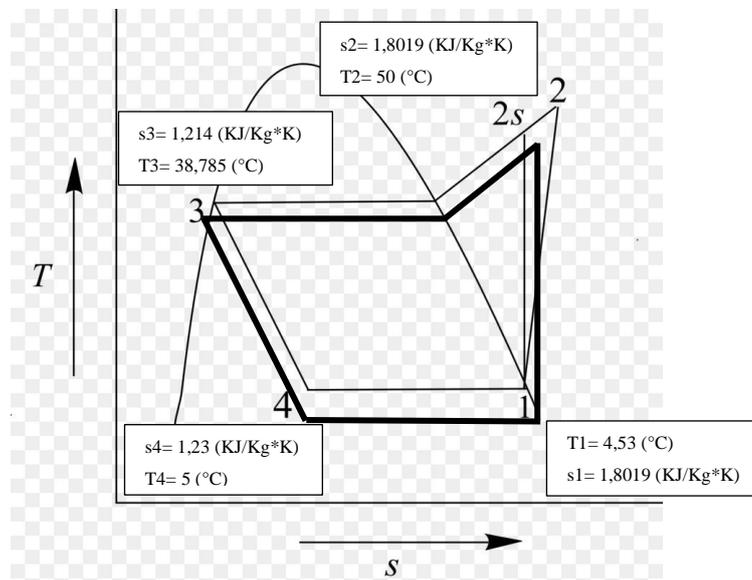
Del gráfico 7-4 se analiza los diferentes puntos, entre el punto 3 y punto 4 el refrigerante reduce su presión isoentálpicamente debido al tubo capilar, el refrigerante absorbe calor del medio a refrigerar por medio del evaporador, aumentando así su entalpía entre el punto 4 y el punto 1, el refrigerante aumenta su entalpía entre el punto 1 y 2 debido a la compresión del mismo y al calor generado en el compresor, entre el punto 2 y el punto 3 disminuye el valor de la entalpía debido a que el calor absorbido por el evaporador es rechazado al ambiente. Tanto el rechazo de calor en el condensador como la ganancia de calor en el evaporador suceden en procesos isobáricos.



**Figura 2-4:** Presión vs entalpía del ciclo ideal de refrigeración

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

#### 4.3.1.2. Temperatura vs entropía del ciclo ideal de refrigeración



**Figura 3-4:** Temperatura vs entropía del ciclo ideal de refrigeración

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Del gráfico 8-4 se analiza los diferentes puntos, entre el punto 1 y punto 2s el refrigerante aumenta su temperatura isoentrópicamente de vapor saturado a vapor sobrecalentado, entre el punto 2s y punto 3 el refrigerante pasa por un condensador en el cual se rechaza las calorías al medio ambiente y pasa de estado gaseoso ha estado líquido, entre el punto 3 y punto 4 pasa por un tubo capilar que lo expande adiabáticamente disminuyendo su entropía y temperatura.

#### 4.3.1.3. Magnitud de calor extraído del espacio refrigerado

Para el cálculo de la magnitud del calor extraído del espacio refrigerado en toneladas de refrigeración se necesita el flujo másico, por lo cual para calcular se necesita la potencia del motor el cual es de 24000 BTU que equivale a 1,4914 kW.

$$\dot{m} = \frac{\text{Potencia requerida}}{h_1 - h_4}$$

$$\dot{m} = \frac{1,4914 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{422,68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 264,63 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\dot{m} = 0,0094 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Con el valor del flujo másico por el sistema se tiene que la magnitud de calor extraído del espacio refrigerado será el siguiente.

$$\dot{Q}_L = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (16)$$

$$\dot{Q}_L = 0,0094 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left( 422,68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 264,63 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$\dot{Q}_L = 1,4856 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\dot{Q}_L = 1,4856 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ TR}}{211 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$\dot{Q}_L = 0,422 \text{ TR}$$

#### 4.3.1.4. Magnitud del calor rechazado hacia el exterior

$$\dot{Q}_H = \dot{m}(h_2 - h_3) \quad (17)$$

$$\dot{Q}_H = 0,0094 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left( 447 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 264,63 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$\dot{Q}_H = 1,7143 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$\dot{Q}_H = 1,7143 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ TR}}{211 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}}$$

$$\dot{Q}_H = 0,4874 \text{ TR}$$

4.3.1.5. *Cálculo del COP del ciclo ideal de refrigeración*

$$\text{COP}_R = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{Q_L}{W_{\text{neto entrada}}}$$

El trabajo de entrada se lo define como la diferencia de entalpías entre el punto 2 y punto 1 en la cual el compresor comprime el refrigerante.

$$\begin{aligned} \text{COP}_R &= \frac{Q_L}{W_{\text{neto entrada}}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\ \text{COP}_R &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{422,68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 264,63 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{447 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 422,68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\ \text{COP}_R &= 6,499 \cong 6,5 \end{aligned}$$

4.3.1.6. *Cálculo del COP mediante las magnitudes de calor del ciclo de calefacción*

$$\begin{aligned} \text{COP}_R &= \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L} \\ \text{COP}_R &= \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L} = \frac{0,422 \text{ TR}}{0,4874 \text{ TR} - 0,422 \text{ TR}} \\ \text{COP}_R &= 6,453 \cong 6,5 \\ \%E &= \frac{\text{Valor real} - \text{Valor aproximado}}{\text{Valor real}} * 100\% \tag{18} \\ \%E &= \frac{6,499 - 6,453}{6,499} * 100\% = 0,71\% \end{aligned}$$

Mediante el ciclo ideal de refrigeración se calcula el coeficiente de eficiencia energética (COP) haciendo uso de las tablas termodinámicas y estableciendo el valor de sus entalpías en cada punto de medición del sistema, se propone dos métodos para el cálculo del COP en la que una se realiza mediante el valor de las entalpías, en la cual el trabajo neto de entrada está dado en base al valor de las entalpías en el proceso de compresión, en el segundo método el trabajo neto de entrada está dado en base a la potencia de placa del compresor y mediante las magnitudes del calor rechazado y extraído, el primer método con respecto al segundo tiene un error porcentual de 0,71% el cual está dentro de un error aceptable. Mientras más alto sea el valor del COP más eficiente es el ciclo de refrigeración, por lo cual tiene un mayor rendimiento en cuanto a la energía consumida para poder refrigerar un espacio, lo que significa que por cada kW que consuma el ciclo de refrigeración entregará 6,5 kW de energía en modo de refrigeración.

4.3.1.7. *Relación de compresión*

$$RC = \frac{P_{\text{cond}} + P_{\text{atm}}}{P_{\text{evap}} + P_{\text{atm}}} \quad (19)$$

$$RC = \frac{327 \text{ PSI} + 14,7 \text{ PSI}}{119 \text{ PSI} + 14,7 \text{ PSI}}$$

$$RC = 2.56$$

4.3.2. *Ciclo ideal de calefacción por compresión de vapor*



**Figura 4-4:** Ciclo ideal de calefacción por compresión de vapor

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para realizar la gráfica del ciclo ideal de calefacción de presión vs entalpía se hace una toma de datos de los valores de la presión en los diferentes puntos del sistema por lo que se tiene la siguiente tabla, en la cual con la ayuda del diagrama de Mollier para el refrigerante R-410A se llena los datos necesarios Anexo B.

**Tabla 6-4:** Datos del ciclo ideal de calefacción

P1= 98,1 PSI			
P1= 6,76 bar			
P1= 7,76 bar abs			
El refrigerante en el ciclo ideal en el punto 1 se encuentra en vapor saturado, en la tabla termodinámica se ingresa con el valor del refrigerante en vapor y para los demás valores se realiza una interpolación.			
Presión vapor (bar abs)	T(°C)	Entalpía(KJ/Kg)	Entropía(KJ/Kg*K)
7,7294	-1	421,08	1,8125
7,9808	0	421,39	1,8106
7,76			

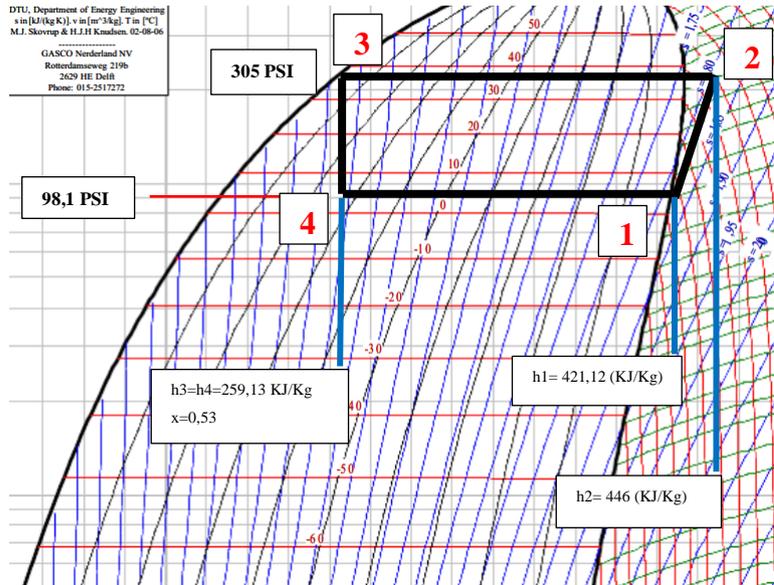
CONTINUA

<p>h1= 421,12 (KJ/Kg)  s1= 1,812 (KJ/Kg*K)  T1= -0,88 (°C)</p>																
<p>P2= 305 PSI  P2= 21,03 bar  P2= 22,03 bar abs</p> <p>En el ciclo ideal el refrigerante se comprime isoentrópicamente por lo que el valor de la entalpía 2 será igual a la entalpía 1 y mediante ese valor se entra al diagrama de Mollier y se busca el valor de la entalpía en ese punto.</p> <p>s2= 1,812 (KJ/Kg*K)  T2= 48 (°C)  h2= 446 (KJ/Kg)</p>																
<p>P3= 305 PSI  P3= 21,03 bar  P3= 22,03 bar abs</p> <p>E el ciclo ideal el refrigerante en el punto 3 el refrigerante se encuentra en líquido saturado por lo cual se entra a la tabla termodinámica del refrigerante R-410<sup>a</sup> con el valor de la presión y se tiene lo siguiente:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Presión vapor (bar abs)</th> <th>T(°C)</th> <th>Entalpía(KJ/Kg)</th> <th>Entropía(KJ/Kg*K)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>21,988</td> <td>36</td> <td>258,99</td> <td>1,1981</td> </tr> <tr> <td>22,539</td> <td>37</td> <td>260,8</td> <td>1,2038</td> </tr> <tr> <td>22,03</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>h3= 259,13 (KJ/Kg)  s3= 1,199 (KJ/Kg*K)  T3= 36,07 (°C)</p>	Presión vapor (bar abs)	T(°C)	Entalpía(KJ/Kg)	Entropía(KJ/Kg*K)	21,988	36	258,99	1,1981	22,539	37	260,8	1,2038	22,03			
Presión vapor (bar abs)	T(°C)	Entalpía(KJ/Kg)	Entropía(KJ/Kg*K)													
21,988	36	258,99	1,1981													
22,539	37	260,8	1,2038													
22,03																
<p>P4= 98,1 PSI  P4= 6,76 bar  P4= 7,76 bar abs</p> <p>En el punto 4 el refrigerante disminuye su presión isoentálpicamente por lo cual la entalpía del punto 3 será igual a la entalpía del punto 4.</p> <p>h4= 259,13 (KJ/Kg)  s4= 1,22 (KJ/Kg*K)  T4= -0.88 (°C)  X=0,53</p>																

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

#### 4.3.2.1. Presión vs entalpía del ciclo ideal de calefacción

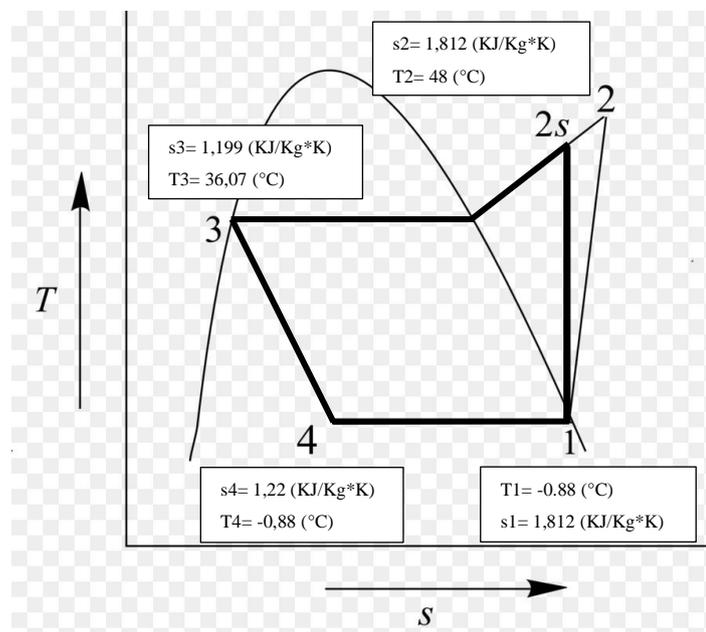
Del gráfico 9-4 se analiza los diferentes puntos, entre el punto 3 y punto 4 el refrigerante reduce su presión isoentálpicamente debido al tubo capilar, el refrigerante absorbe calor del exterior por medio del condensador aumentando así su entalpía entre el punto 4 y el punto 1, el refrigerante aumenta su entalpía entre el punto 1 y 2 debido a la compresión del mismo y al calor generado en el compresor, entre el punto 2 y el punto 3 disminuye el valor de la entalpía debido a que el calor absorbido por el condensador del exterior es rechazado al medio a calentar. Tanto el rechazo de calor en el condensador como la ganancia de calor en el evaporador suceden en procesos isobáricos.



**Figura 5-4:** Presión vs entalpía del ciclo ideal de calefacción

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

#### 4.3.2.2. Temperatura vs entropía del ciclo ideal de calefacción



**Figura 6-4:** Temperatura vs entropía del ciclo ideal de calefacción

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Del gráfico 10-4 se analiza los diferentes puntos, entre el punto 1 y punto 2s el refrigerante aumenta su temperatura isoentrópicamente de vapor saturado a vapor sobrecalentado, entre el punto 2s y punto 3 el refrigerante pasa por un condensador en el cual se rechaza las calorías al medio ambiente y pasa de estado gaseoso ha estado líquido, entre el punto 3 y punto 4 pasa por un tubo capilar que lo expande adiabáticamente disminuyendo su entropía y temperatura.

#### 4.3.2.3. Magnitud de calor extraído del exterior

Para el cálculo de la magnitud de calor extraído del exterior en toneladas de refrigeración se necesita el flujo másico, por lo cual para calcularlo se necesitará la potencia del motor el cual es de 24000 BTU que equivale a 1,4914 kW.

$$\begin{aligned}\dot{m} &= \frac{\text{Potencia requerida}}{h_1 - h_4} \\ \dot{m} &= \frac{1,4914 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{421,12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 259,13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\ \dot{m} &= 0,0092 \frac{\text{kg}}{\text{s}}\end{aligned}$$

Con el valor del flujo másico por el sistema se tiene que la magnitud de calor extraído del exterior será el siguiente.

$$\begin{aligned}\dot{Q}_L &= \dot{m}(h_1 - h_4) \\ \dot{Q}_L &= 0,0092 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left( 421,12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 259,13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \\ \dot{Q}_L &= 1,4914 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \\ \dot{Q}_L &= 1,4914 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ TR}}{211 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \\ \dot{Q}_L &= 0,424 \text{ TR}\end{aligned}$$

#### 4.3.2.4. Magnitud del calor rechazado hacia el espacio a calentar

$$\begin{aligned}\dot{Q}_H &= \dot{m}(h_2 - h_3) \\ \dot{Q}_H &= 0,0094 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \left( 447 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 264,63 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) \\ \dot{Q}_H &= 1,7143 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} \\ \dot{Q}_H &= 1,7143 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ TR}}{211 \frac{\text{kJ}}{\text{min}}} * \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} \\ \dot{Q}_H &= 0,4874 \text{ TR}\end{aligned}$$

#### 4.3.2.5. Cálculo del COP del ciclo ideal de calefacción

$$\text{COP}_{\text{BC}} = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{Q_H}{W_{\text{neto entrada}}}$$

El trabajo de entrada se lo puede definir como la diferencia de entalpías entre el punto 2 y punto 1 en la cual el compresor comprime el refrigerante.

$$\text{COP}_{\text{BC}} = \frac{Q_H}{W_{\text{neto entrada}}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

$$\text{COP}_{\text{BC}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} = \frac{446 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 259,13 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{446 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 421,12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}$$

$$\text{COP}_{\text{BC}} = 7,5$$

#### 4.3.2.6. Cálculo del COP mediante las magnitudes de calor del ciclo de calefacción

$$\text{COP}_{\text{BC}} = \frac{\text{Salida deseada}}{\text{Entrada requerida}} = \frac{\dot{Q}_H}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L}$$

$$\text{COP}_{\text{BC}} = \frac{\dot{Q}_L}{\dot{Q}_H - \dot{Q}_L} = \frac{0,4889 \text{ TR}}{0,4889 \text{ TR} - 0,424 \text{ TR}}$$

$$\text{COP}_{\text{BC}} = 7,53$$

Mediante el ciclo ideal de calefacción se calcula el coeficiente de eficiencia energética (COP) haciendo uso de las tablas termodinámicas y estableciendo el valor de sus entalpías en cada punto de medición del sistema, se propone dos métodos para el cálculo del COP en la que una se realiza mediante el valor de las entalpías, en la cual el trabajo neto de entrada está dado en base al valor de las entalpías en el proceso de compresión, en el segundo método el trabajo neto de entrada está dado en base a la potencia de placa del compresor y mediante las magnitudes del calor rechazado y extraído. Mientras más alto sea el valor del COP más eficiente será el ciclo de calefacción, por lo cual tendrá un mayor rendimiento en cuanto a la energía consumida para poder calentar un espacio, lo que significa que por cada kW que consuma el ciclo de calefacción entregará 7,5 kW de energía en modo calefacción.

Con los datos del COP del modo refrigeración y calefacción se realiza la siguiente ecuación en la que debe existir una igualdad en cuanto a los valores obtenidos.

$$COP_{BC} = COP_R + 1$$

$$COP_{BC} = 6,499 + 1$$

$$COP_{BC} = 7,5$$

#### 4.3.2.7. Relación de compresión

$$RC = \frac{P_{cond} + P_{atm}}{P_{evap} + P_{atm}}$$

$$RC = \frac{305 \text{ PSI} + 14,7 \text{ PSI}}{98,1 \text{ PSI} + 14,7 \text{ PSI}}$$

$$RC = 2,83$$

Mientras más alto sea el valor de la relación de compresión, el rendimiento del compresor disminuirá por lo que es recomendable que se encuentre en valores menores a 5.

#### 4.4. Termograma del ciclo de refrigeración

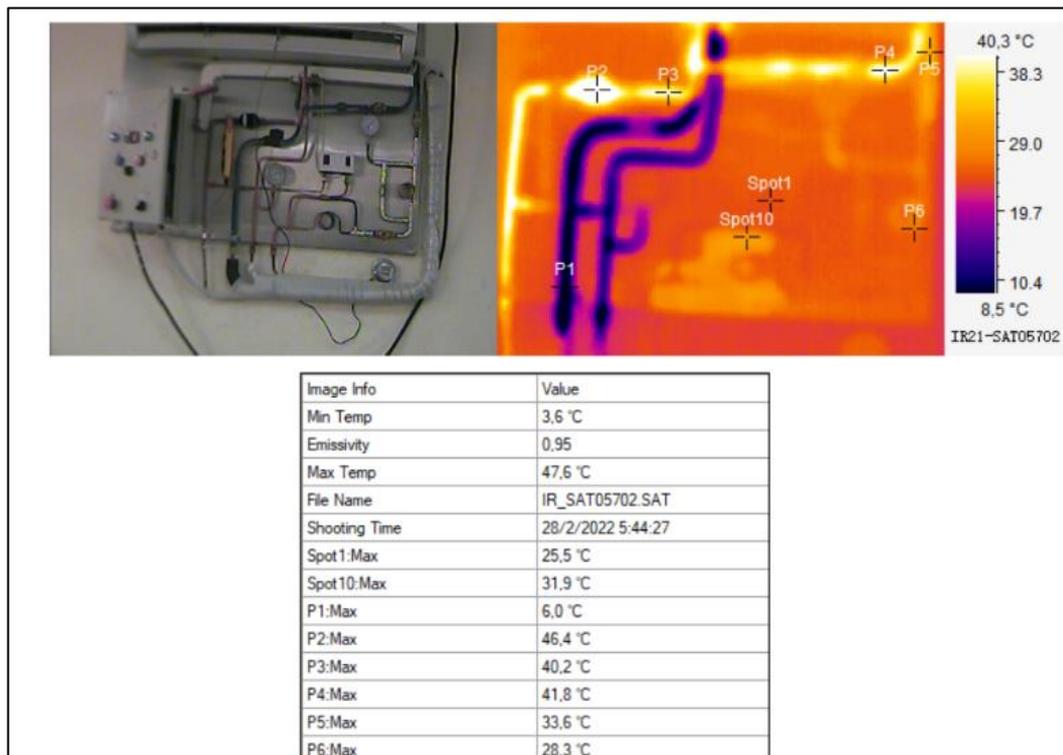


**Figura 7-4:** Termograma del ciclo de refrigeración

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

En el gráfico 11-4 se observa el termograma del ciclo de refrigeración donde se obtiene los siguientes resultados, la temperatura más alta visualizada es de 66,9°C y fue localizada en el filtro del sistema, la temperatura más baja es de 2,6°C y esta se encuentra en la cañería de baja y en el visor del sistema, se tiene una emisividad del 0.95% , y mediante el termograma se visualiza que se trata de una bomba de calor al ver el cambio de temperaturas radicales en el sistema obteniendo así una diferencia de temperaturas entre la máxima y la mínima de 64,3 °C.

#### 4.5. Termograma del ciclo de calefacción



**Figura 8-4:** Termograma del ciclo de calefacción

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

En el gráfico 12-4 se observa el termograma del ciclo de refrigeración donde se obtiene los siguientes resultados, la temperatura más alta visualizada es de 47,6°C y fue localizada en el filtro del sistema, la temperatura más baja es de 3,6°C y esta se localiza en la cañería de baja, se tiene una emisividad del 0.95% , y mediante el termograma se visualiza que se trata de una bomba de calor al ver el cambio de temperaturas radicales en el sistema obteniendo así una diferencia de temperaturas entre la máxima y la mínima de 44°C.

## CONCLUSIONES

Mediante la implementación del módulo térmico en el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica se obtuvieron las condiciones de confort en una temperatura de 20°C a 28°C basándose en el principio de funcionamiento de una bomba de calor, utilizando la refrigeración o calefacción dependiendo la necesidad.

Basado en el método de tiempo de radiación (RTS) de la norma ASHRAE 2005:30.20, se realizó el cálculo para determinar la carga de refrigeración, tomando en cuenta las cargas térmicas por persona, por equipos en funcionamiento y el área a acondicionar, teniendo así una carga total de 23.870,55 ( $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$ ). Mediante el software CoolPack se determinó la carga térmica total de refrigeración en el laboratorio de 24.093,6 ( $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$ ), realizando así un promedio de los dos resultados obtenidos de 23.982,075 ( $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$ ).

En base al resultado de la carga térmica de refrigeración, se seleccionó los diferentes elementos y equipos que compondrán el módulo térmico, eligiendo los elementos mecánicos con una potencia requerida de 24.000 ( $\frac{\text{BTU}}{\text{h}}$ ), para lograr que el equipo funcione como una bomba de calor y un aire acondicionado se seleccionó una válvula de 4 vías, válvulas unidireccionales y tubos capilares, que hacen que el proceso sea reversible; también se seleccionó elementos de medición, elementos de seguridad y elementos de mando y control.

Mediante el plan de operación se logra que el módulo térmico trabaje en óptimas condiciones y de forma segura, detallando los procesos de encendido tanto en calefacción como refrigeración, por medio del plan de mantenimiento se desarrolló actividades propias del equipo en donde se prevé su funcionamiento constante evitando fallos o posteriormente la corrección de estos, tomando en cuenta actividades de mantenimiento, frecuencias de realización de tareas, herramientas y equipos a utilizar, presupuesto, procedimiento de realización con normas de seguridad y los encargados de la realización de dichas actividades.

## **RECOMENDACIONES**

Modificar los parámetros máximos en 1°C, puesto que fuera del rango establecido, no se llega a un confort térmico adecuado, además que el Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica, posee de una superficie extensa en donde el equipo no logrará abastecer para rangos demasiado bajos.

Utilizar software CoolPack para el cálculo de la carga térmica de refrigeración de un espacio a acondicionar, puesto que este arroja datos más exactos y permite el ingreso de más parámetros de transferencia de calor.

Seleccionar los elementos para la elaboración del módulo térmico en base a la potencia de refrigeración, para así obtener una mayor eficiencia en el trabajo del sistema.

Operar y mantener al módulo en base a los manuales de seguridad, operación y mantenimiento para de esta manera realizar un procedimiento adecuado evitando riesgos en la persona y en el equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

**FUCHS, David.; & PRUDENCIO, Gabriel.** *Bombas de Calor Guía del usuario*. Santiago de Chile- Chile, 2020. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: <https://autoconsumo.minenergia.cl/wp-content/uploads/2020/10/Guia-Bombas-de-Calor.pdf>

**YUNUS A, Çengel; et al.** *Termodinámica*. 9<sup>no.</sup> ed. Ciudad de Mexico-Mexico; Mc Graw Hill, 2019. 978145626978-4, pp. 51-55.

**CLIMATE-DATA. Org,** 2021. *Clima Riobamba*. [Blog]. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-del-chimborazo/riobamba-2973/>

**CORONEL, J.** *Tipología y clasificación de compresores. Tecnología* [En línea], 2<sup>da.</sup>ed. , Sevilla-España; Editorial Universidad de Sevilla, 2010. [Consulta: 1 enero 2022]. Disponible en: <https://pdfcoffee.com/download/compresores-tipos-compresores-de-aire-pdf-free.html>.

**FERNÁNDEZ DÍEZ, Pedro.,** *Departamento De Ingeniería Eléctrica Y Energética Universidad De Cantabria Compresores*. [En línea], Bilbao-España; Editorial Universidad de Catambria, 2018. [Consulta: 1 enero 2022]. Disponible en: [https://www.academia.edu/31795955/DEPARTAMENTO\\_DE\\_INGENIERIA\\_ELECTRICA\\_Y\\_ENERGETICA](https://www.academia.edu/31795955/DEPARTAMENTO_DE_INGENIERIA_ELECTRICA_Y_ENERGETICA)

**FINDINGS, E.** *Compresor de aire*. [En línea], Ibarra-Ecuador; Editorial Universidad Tecnología Nacional. 2019. [Consulta: 15 diciembre 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/332029048\\_Investigacion\\_enfocada\\_en\\_los\\_compresores\\_de\\_aire](https://www.researchgate.net/publication/332029048_Investigacion_enfocada_en_los_compresores_de_aire)

**INTARCON.** *Diseño y cálculo de líneas de distribución de refrigerante*. [Blog]. [Consulta: 12 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.intarcon.com/disenio-y-calculo-de-lineas-de-distribucion-de-refrigerante/>

**INTE/ ISO 7730 (2016):** *Ergonomía del ambiente térmico*.

**QUITIAQUEZ, WILLIAM; et al.** *Análisis del rendimiento termodinámico de una bomba de calor asistida por energía solar utilizando un condensador con recirculación*. [En línea], 2020,

16(2), pp. 111-125. [Consulta: 17 diciembre 2022]. ISSN 1390-5074. Disponible en:  
<https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/358>

**TURNER, S.C., et al.** 1979. *American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. International Journal of Refrigeration*, [En línea], 2020, 2(1), pp. 56-7. [Consulta: 18 diciembre 2022]. ISSN 01407007. Disponible en  
<https://www.journals.elsevier.com/international-journal-of-refrigeration>

## ANEXOS

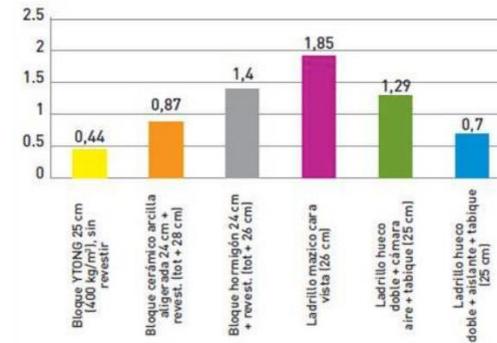
### ANEXO A: Carga térmica, transmitancia térmica y radiación solar

#### Carga térmica por persona

GRADO DE ACTIVIDAD	TIPO DE APLICACIÓN	Metabolismo nombre adulto (W)	Metabolismo medio (W)	TEMPERATURA SECA DEL LOCAL (°C)									
				28		27		26		24		21	
				W		W		W		W		W	
				Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentados en reposo	Teatro, escuela primaria	114	102	51	51	57	45	62	41	67	35	75	27
Sentados, trabajo muy ligero	Escuela secundaria	131	116	52	64	56	60	63	53	70	47	79	37
Empleado de oficina	Oficina, hotel, apartamento, escuela superior	140	131	52	79	58	73	63	69	71	60	83	49
De pie, marcha lenta	Almacenes, tienda	162	131	52	79	58	73	63	69	71	60	83	49
Sentado, de pie	Farmacia	162	147	52	94	58	88	64	83	74	72	85	62
De pie, marcha lenta	Banco	162	147	52	94	58	88	64	83	74	72	85	62
Sentado	Restaurante	147	162	56	106	64	98	71	91	83	79	94	67
Trabajo ligero en el banco de taller	Fábrica, trabajo ligero	235	197	56	164	64	156	72	148	86	134	107	113
Baile o danza	Sala de baile	264	272	64	185	72	177	80	169	95	154	117	131
Marcha 5 km/h	ligero	293	293	79	214	88	205	97	197	112	181	135	158
Trabajo penoso	Pista de bowling Fábrica	440	424	131	293	136	288	142	283	154	271	177	248

#### Transmision térmica

Transmitancia térmica (W/m²K)



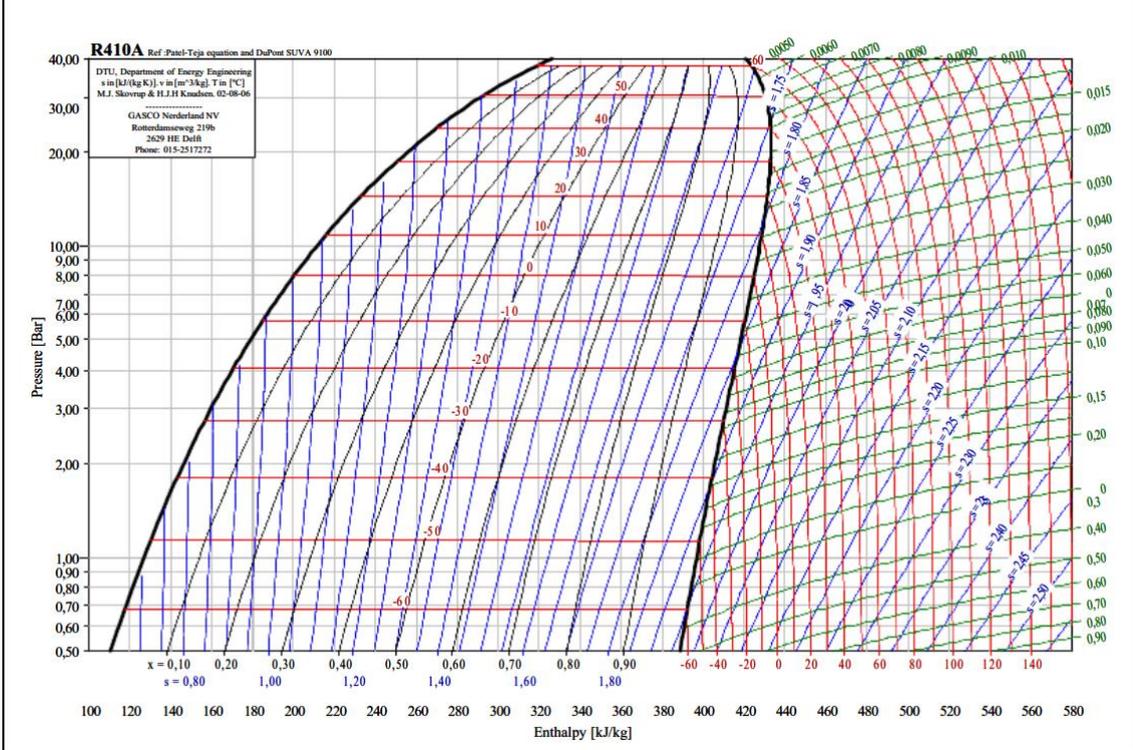
#### Radiacion solar

Mes	Radiación solar (kWh/m²·día)	Radiación solar Difusa (kWh/m²·día)	Temperatura media (°C)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	3.98	1.27	21.1	3.7
Febrero	4.76	1.48	22.3	5.7
Marzo	5.47	1.79	23.8	4.2
Abril	6.18	2.02	25.3	4.2
Mayo	5.93	2.32	25.9	3.7
Junio	5.61	2.43	26.3	2.7
Julio	5.94	2.35	26.3	2.7
Agosto	5.66	2.22	26.4	2.7
Septiembre	5.00	2.02	26.1	2.7
Octubre	4.54	1.67	25.0	5.1
Noviembre	3.99	1.37	23.5	3.7
Diciembre	3.7	1.22	21.8	3.7
<b>Promedio</b>	<b>5.06</b>	<b>1.85</b>	<b>24.5</b>	<b>3.7</b>

**ANEXO B: Tabla termodinámica del refrigerante R-410<sup>a</sup>**

R 410A								
	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
Temperatura	Presión	Presión	Densidad	Densidad	Entalpía	Entalpía	Entropía	Entropía
(°C)	(bar abs)	(bar abs)	(Kg/M <sup>3</sup> )	(Kg/M <sup>3</sup> )	(KJ/Kg)	(KJ/Kg)	(KJ/Kg-K)	(KJ/Kg-K)
-25	3,3057	3,2941	1262,5	12,799	163,32	412,02	0,86074	1,863
-24	3,4377	3,4257	1259,1	13,292	164,75	412,45	0,86643	1,8607
-23	3,5738	3,5613	1255,6	13,8	166,18	412,88	0,87211	1,8584
-22	3,7139	3,701	1252,1	14,323	167,61	413,31	0,87777	1,8562
-21	3,8582	3,8449	1248,6	14,861	169,04	413,73	0,88343	1,8539
-20	4,0069	3,993	1245	15,416	170,48	414,14	0,88907	1,8517
-19	4,1598	4,1455	1241,5	15,988	171,92	414,55	0,8947	1,8495
-18	4,3172	4,3024	1237,9	16,576	173,37	414,96	0,90032	1,8473
-17	4,4791	4,4638	1234,3	17,182	174,81	415,36	0,90593	1,8451
-16	4,6456	4,6298	1230,7	17,805	176,26	415,76	0,91153	1,843
-15	4,8168	4,8004	1227,1	18,447	177,72	416,15	0,91712	1,8408
-14	4,9927	4,9758	1223,4	19,107	179,18	416,54	0,9227	1,8387
-13	5,1735	5,1561	1219,7	19,786	180,64	416,92	0,92827	1,8366
-12	5,3593	5,3412	1216	20,485	182,1	417,3	0,93383	1,8345
-11	5,5501	5,5314	1212,3	21,203	183,57	417,67	0,93938	1,8325
-10	5,746	5,7268	1208,6	21,942	185,04	418,04	0,94493	1,8304
-9	5,9472	5,9273	1204,8	22,702	186,52	418,4	0,95047	1,8284
-8	6,1536	6,1331	1201,1	23,484	188	418,76	0,956	1,8264
-7	6,3654	6,3442	1197,3	24,287	189,48	419,11	0,96152	1,8244
-6	6,5828	6,5609	1193,4	25,113	190,97	419,45	0,96703	1,8224
-5	6,8057	6,7831	1189,6	25,962	192,47	419,79	0,97254	1,8204
-4	7,0342	7,011	1185,7	26,835	193,96	420,12	0,97804	1,8184
-3	7,2686	7,2446	1181,8	27,732	195,47	420,45	0,98354	1,8164
-2	7,5087	7,484	1177,9	28,654	196,97	420,77	0,98903	1,8145
-1	7,7549	7,7294	1173,9	29,601	198,48	421,08	0,99452	1,8125
0	8,0071	7,9808	1169,9	30,575	200	421,39	1	1,8106
1	8,2654	8,2384	1165,9	31,575	201,52	421,69	1,0055	1,8086
2	8,5299	8,5021	1161,9	32,603	203,05	421,98	1,011	1,8067
3	8,8008	8,7722	1157,8	33,659	204,58	422,27	1,0164	1,8048
4	9,0782	9,0487	1153,7	34,744	206,11	422,54	1,0219	1,8029
5	9,3621	9,3318	1149,6	35,859	207,66	422,81	1,0274	1,801
6	9,6526	9,6214	1145,4	37,005	209,2	423,08	1,0328	1,7991
7	9,9498	9,9178	1141,2	38,182	210,76	423,33	1,0383	1,7972

R 410A								
	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor
Temperatura	Presión	Presión	Densidad	Densidad	Entalpía	Entalpía	Entropía	Entropía
(°C)	(bar abs)	(bar abs)	(Kg/M <sup>3</sup> )	(Kg/M <sup>3</sup> )	(KJ/Kg)	(KJ/Kg)	(KJ/Kg-K)	(KJ/Kg-K)
20	14,475	14,429	1083,3	56,798	231,52	425,83	1,1093	1,7722
21	14,877	14,831	1078,5	58,525	233,16	425,95	1,1148	1,7703
22	15,288	15,241	1073,7	60,303	234,82	426,06	1,1202	1,7683
23	15,708	15,659	1068,8	62,131	236,48	426,16	1,1257	1,7663
24	16,136	16,086	1063,9	64,012	238,15	426,24	1,1312	1,7643
25	16,572	16,521	1058,9	65,948	239,84	426,31	1,1368	1,7623
26	17,018	16,966	1053,9	67,94	241,53	426,37	1,1423	1,7603
27	17,473	17,419	1048,8	69,991	243,22	426,41	1,1478	1,7582
28	17,936	17,882	1043,6	72,103	244,93	426,44	1,1533	1,7561
29	18,409	18,353	1038,4	74,279	246,65	426,46	1,1589	1,7541
30	18,891	18,834	1033,1	76,52	248,38	426,46	1,1644	1,7519
31	19,383	19,324	1027,7	78,83	250,12	426,44	1,17	1,7498
32	19,884	19,824	1022,3	81,211	251,87	426,41	1,1756	1,7476
33	20,395	20,334	1016,7	83,666	253,63	426,35	1,1812	1,7454
34	20,916	20,854	1011,2	86,199	255,41	426,28	1,1868	1,7432
35	21,447	21,383	1005,5	88,813	257,19	426,2	1,1924	1,741
36	21,988	21,923	999,71	91,511	258,99	426,09	1,1981	1,7387
37	22,539	22,473	993,86	94,298	260,8	425,96	1,2038	1,7364
38	23,101	23,033	987,91	97,179	262,63	425,81	1,2095	1,734
39	23,673	23,604	981,87	100,16	264,47	425,64	1,2152	1,7316
40	24,256	24,186	975,72	103,24	266,32	425,45	1,2209	1,7291
41	24,85	24,779	969,46	106,42	268,19	425,23	1,2267	1,7266
42	25,455	25,382	963,08	109,73	270,08	424,98	1,2325	1,7241
43	26,071	25,997	956,58	113,15	271,99	424,71	1,2383	1,7215
44	26,699	26,624	949,95	116,7	273,91	424,41	1,2442	1,7188

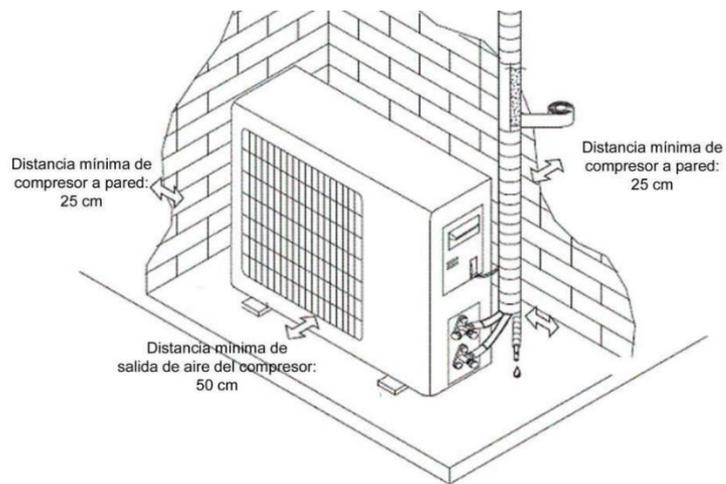


## ANEXO C: Instalación de la unidad de condensación

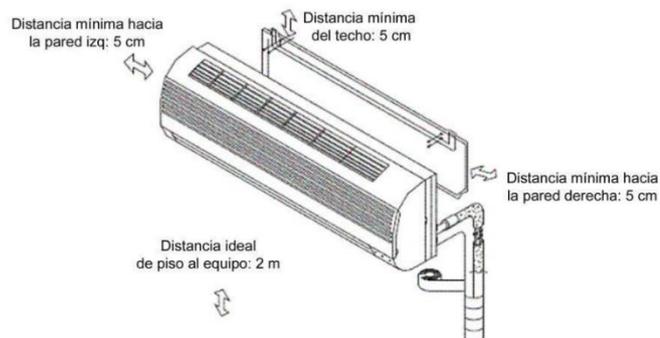
### Diámetro de tuberías

DIÁMETRO NOMINAL IN	DIÁMETRO EXTERIOR IN	DIÁMETRO EXTERIOR IN (mm)	ESPESOR DE PARED IN (mm)	PESO TEÓRICO KG/MT	TOLERANCIAS	
					Promedio del DI in. (mm)	Espesor Pared in. (mm)
1/4	3/8	0.375 (9.52)	0.032 (0.813)	0.199	0.002(0.051)	0.003(0.08)
3/8	1/2	0.500 (12.7)	0.032 (0.813)	0.271	0.002(0.051)	0.003(0.08)
1/2	5/8	0.625 (15.9)	0.035 (0.889)	0.373	0.002(0.051)	0.004(0.11)
5/8	3/4	0.750 (19.1)	0.035 (0.889)	0.454	0.025(0.064)	0.004(0.11)
3/4	7/8	0.875 (22.3)	0.045 (1.140)	0.677	0.035(0.089)	0.004(0.11)

### Instalación de la unidad condensadora



### Instalación de la unidad interior



**ANEXO D:** Plan de Mantenimiento

**Codificación técnica de equipos:**

		<b>CODIFICACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS</b>		Versión: 001		
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-		
				Fecha de revisión: 10-04-2022		
				Fecha de aprobación: 08-06-2022		
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez		
Área: Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica.						
Institución	Código	Laboratorio	Código	Equipo	Código	Código final
Escuela Superior Politécnica De Chimborazo	ESP	Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad De Mecánica	DTE	Compresor	CM01	ESP-DTE-CM01
				Condensador	CN01	ESP-DTE-CN01
				Evaporador	EV01	ESP-DTE-EV01
				Ventilador de condensador	VC01	ESP-DTE-VC01
				Ventilador del evaporador	VE01	ESP-DTE-VE01
				Manómetros	MA01	ESP-DTE-MA01
				Sistema eléctrico	SE01	ESP-DTE-SE01
				Sistema de control	SC01	ESP-DTE-SC01

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Fichas técnicas de equipos

### Ficha técnica del condensador

	<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>	Versión: 001
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-
		Fecha de revisión: 10-04-2022
		Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.		
Nombre del equipo: Condensador	Código técnico: ESP-DTE-CN01	
Fabricante: STG Ecoline	Proveedor: MEGAFRÍO S.A.	
Marca: STG Ecoline	Serie: ECOS-24Col1	
Modelo: Split Type Air Conditioner	Año de fabricación: 2021	
Especificaciones técnicas		
Voltaje de trabajo de 220V		
Corriente de 11.4A		
Capacitancia nominal de 55 uF		
Presión máxima permitida de 4.2 Mpa.		
Presión de funcionamiento excesiva de descarga de 4.2 Mpa		
Presión de funcionamiento excesiva de succión de 1.5 Mpa		
Frecuencia de 60 Hz		
Tolerancia de +/- 0.5pF		
Temperatura de trabajo de -30 ° C a + 125 ° C		
Fotografías de la máquina		

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Ficha técnica del evaporador

	<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
Nombre del equipo: Evaporador		Código técnico: ESP-DTE-EV01	
Fabricante: STG Ecoline		Proveedor: MEGAFRÍO S.A.	
Marca: STG Ecoline		Serie: ECOS-24Co11	
Modelo: Split Type Air Conditioner		Año de fabricación: 2021	
Especificaciones técnicas			
Voltaje de trabajo de 220V			
Corriente de 11.4A			
Capacitancia nominal de 55 uF			
Presión máxima permitida de 4.2 Mpa.			
Presión de funcionamiento excesiva de descarga de 4.2 Mpa			
Presión de funcionamiento excesiva de succión de 1.5 Mpa			
Frecuencia de 60 Hz			
Fotografías de la máquina			

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Ficha técnica del ventilador del condensador

	<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>	Versión: 001
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-
		Fecha de revisión: 10-04-2022
		Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.		
Nombre del equipo: Ventilador del condensador	Código técnico: ESP-DTE-VC01	
Fabricante: Mirage	Proveedor: MEGAFRÍO S.A.	
Marca: STG Ecoline	Serie: 11002012005429	
Modelo: YKT-63-6-200L-20441	Año de fabricación: 2021	
Especificaciones técnicas		
Voltaje de 208V-230V		
Frecuencia de 60Hz		
Corriente de 0.60A		
Potencia de 63W		
Posee de 6 polos		
Capacidad de 2 toneladas		
Ventilador de tipo axial		
Fotografías de la máquina		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Ficha técnica del ventilador del evaporador

	<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>	Versión: 001
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-
		Fecha de revisión: 10-04-2022
		Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.		
Nombre del equipo: Ventilador del evaporador		Código técnico: ESP-DTE-VE01
Fabricante: Ecox		Proveedor: MEGAFRÍO S.A.
Marca: STG Ecoline		Serie: 11002012003053
Modelo: YKFG-45-4-13		Año de fabricación: 2021
Especificaciones técnicas		
Voltaje de 220V-240V		
Frecuencia de 60Hz		
Corriente de 0.40A		
Potencia de 45W		
Posee de 4 polos		
Capacidad de 2 toneladas		
Eje 3pulg X 3/16 pulg		
RPM igual a 1340 revoluciones por minuto		
Ventilador de tipo centrífugo		
Fotografías de la máquina		

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Ficha técnica de manómetros

	<b>FICHA TÉCNICA DE EQUIPOS</b>	Versión: 001
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-
		Fecha de revisión: 10-04-2022
		Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.		
Nombre del equipo: Manómetros		Código técnico: ESP-DTE-MA01
Fabricante: Appli Parts		Proveedor: MEGAFRÍO S.A.
Marca: STG Ecoline		Serie: 814245027162
Modelo: APMG-GA3L		Año de fabricación: 2021
Especificaciones técnicas		
Hecho de aleaciones de aluminio, cubierta de plástico resistente a los rayones y bota de goma		
Medidor de reemplazo clasificado para aplicaciones de aire acondicionado y refrigeración R-410A, R-22, R-404A, R134A		
Escala de presión: Psi -30 a 500.		
Escala de temperatura: Fahrenheit -40 a +140		
Se adapta a colectores con conexiones de 1/4 pulg.		
Posee un peso de 0.4 libras		
Fotografías de la máquina		

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## AMFE

Análisis modal de fallo y efecto del condensador.

		<b>ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y EFECTO</b>		Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-
				Fecha de revisión: 10-04-2022
				Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Condensador			Código técnico: ESP-DTE-CN01	
Función	Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	Tareas recomendadas
Intercambiar el refrigerante de fase gaseosa a fase líquida mediante un intercambio de calor con otro medio.	Carcasa del condensador con puntos de corrosión.	Envejecimiento de la carcasa y deterioro de su pintura anticorrosiva por agentes externos.	Fisura y posterior rotura de la carcasa del condensador.	Limpieza de la carcasa del condensador y aplicación de pintura anticorrosiva.
	Carcaza maltratada y pernos de anclaje sin el torque adecuado	Envejecimiento de la carcasa por agentes externos y corrosión en los pernos.	Fisura, rotura y des anclaje de la carcasa del condensador.	Revisión de carcasa, limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva a pernos y ajuste correcto.
	La unidad arranca y se detiene con frecuencia por bajo nivel de refrigerante	Bajo nivel de refrigerante	La unidad no trabaja de manera correcta y se apaga constantemente.	Verificar fuga de refrigerante en cañerías, conexiones, codos y acoples.
	La unidad consume una mayor cantidad de energía	Serpentín en un estado de deterioro, no cumple su función.	Mayor cantidad de consumo de energía.	Revisión del estado del serpentín.
	Serpentín del condensador con puntos de corrosión.	Envejecimiento del serpentín del condensador y deterioro de su pintura anticorrosiva por agentes externos.	Fisura y posterior rotura del serpentín del condensador, fuga del gas refrigerante.	Limpieza de corrosión del serpentín y aplicación de pintura anticorrosiva
	Aletas del serpentín dobladas	Golpes o manipulación de las aletas del serpentín.	No existe un flujo correcto del aire, no existe intercambio de calor.	Peinado de las aletas del serpentín

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Análisis modal de fallo y efecto del evaporador.

	<b>ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y EFECTO</b>			Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-
				Fecha de revisión: 10-04-2022
				Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez		
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Evaporador			Código técnico: ESP-DTE-EV01	
Función	Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	Tareas recomendadas
Intercambiar calor entre los fluidos refrigerantes.	Evaporador con signos de suciedad y posible corrosión	Envejecimiento del evaporador y deterioro de su pintura anticorrosiva por agentes externos.	Fisura y posterior rotura del evaporador	Limpieza externa del evaporador y aplicación de pintura anticorrosiva.
	Carcaza maltratada y pernos de anclaje sin el torque adecuado	Envejecimiento de la carcaza por agentes externos y corrosión en los pernos.	Fisura, rotura y des anclaje de la carcaza del evaporador.	Revisión de carcaza, limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva a pernos y ajuste correcto.
	La unidad arranca y se detiene con frecuencia por bajo nivel de refrigerante	Bajo nivel de refrigerante	La unidad no trabaja de manera correcta y se apaga constantemente.	Verificar fugas de refrigerante en codos, acoples y cañerías
	Evaporador con puntos de corrosión	Envejecimiento del evaporador por agentes externos.	Fisura y posterior rotura del evaporador	Revisión del índice de corrosión y aplicación de pintura anticorrosiva.
	Tuberías de retorno del refrigerante con temperaturas altas	Aislamiento de la tubería desgastado, no realiza su función.	Altas temperaturas en las tuberías de retorno del equipo.	Verificación del aislamiento de la tubería de retorno del refrigerante.
	Serpentín del evaporador con puntos de corrosión.	Envejecimiento del serpentín del evaporador y deterioro de su pintura anticorrosiva por agentes externos.	Fisura y posterior rotura del serpentín del evaporador, fuga del gas refrigerante.	Limpieza de corrosión del serpentín y aplicación de pintura anticorrosiva
	Drenaje del serpentín taponado.	Acumulación de impurezas en el drenaje del serpentín.	No existe circulación de refrigerante por taponamiento.	Limpieza del drenaje del serpentín

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Análisis modal de fallo y efecto del ventilador del condensador

	<b>ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y EFECTO</b>			Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-
				Fecha de revisión: 10-04-2022
				Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez		
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Ventilador del condensador.			Código técnico: ESP-DTE-VC01	
Función	Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	Tareas recomendadas
Enfriar la alta presurización, mientras el gas refrigerante caliente hasta el punto de obtener una condensación en el interior de la bobina del condensador y producir un líquido de enfriamiento	Pernos de anclaje sin el torque adecuado.	Envejecimiento de los pernos y corrosión.	Des anclaje del ventilador del condensador	Revisión de anclaje del ventilador y ajuste de pernos con aplicación de pintura anticorrosiva.
	Aspas del ventilador desgastadas	Envejecimiento de las aspas del ventilador.	Fisuras y posibles roturas de las aspas del ventilador.	Revisión de las aspas
	Aspas del ventilador con signos de suciedad.	Acumulación de impurezas desde el medio externo.	El ventilador no cumple su función requerida.	Limpieza de las aspas del ventilador
	Rozamiento de partes móviles del ventilador por falta de lubricación.	Falta de lubricación de las partes móviles del ventilador.	Rozamiento y sobrecalentamiento en las partes móviles del ventilador.	Lubricación de partes móviles del ventilador.
	Devanados desgastados.	Envejecimiento de devanados y sobrecalentamiento en el núcleo.	La unidad no enciende.	Medir resistencia de devanados
	Bajo voltaje de alimentación	Alimentación deficiente	La unidad no enciende.	Medir voltaje de alimentación
	Ventilador no gira correctamente	Cambio del sentido de movimiento del ventilador.	El ventilador no cumple con su función principal.	Verificar el sentido de giro del ventilador

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Análisis modal de fallo y efecto del ventilador del evaporador.

	<b>ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y EFECTO</b>		Versión: 001	
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
			Fecha de revisión: 10-04-2022	
			Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edisson Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Ventilador del evaporador.			Código técnico: ESP-DTE-VE01	
Función	Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	Tareas recomendadas
Incrementar el flujo de aire, sobre la superficie de intercambio de calor de los evaporadores.	Pernos de anclaje sin el torque adecuado.	Envejecimiento de los pernos y corrosión.	Des anclaje del ventilador del evaporador.	Revisión de anclaje del ventilador y ajuste de pernos con aplicación de pintura anticorrosiva.
	Aspas del ventilador desgastadas	Envejecimiento de las aspas del ventilador.	Fisuras y posibles roturas de las aspas del ventilador.	Revisión de las aspas
	Carcasa y aspas del ventilador con signos de suciedad.	Acumulación de impurezas desde el medio externo.	El ventilador no cumple su función requerida.	Limpieza de las aspas del ventilador
	Rozamiento de partes móviles del ventilador por falta de lubricación.	Falta de lubricación de las partes móviles del ventilador.	Rozamiento y sobrecalentamiento en las partes móviles del ventilador.	Lubricación de partes móviles del ventilador.
	Cojinete sin lubricación y con signos de suciedad	Falta de lubricación en los cojinetes y acumulación de impurezas.	Rozamiento y sobrecalentamiento en los cojinetes.	Lubricación y limpieza del cojinete.
	Baja presión de descarga del ventilador	Presión insuficiente en la descarga del ventilador.	Falta de presión del ventilador.	Medición de la presión de descarga
	Bajo voltaje de alimentación	Alimentación deficiente	La unidad no enciende.	Medir voltaje de alimentación
	Ventilador con vibraciones anormales.	Eje desalineado	Rozamiento del ventilador con elementos cercanos.	Revisión y limpieza del impulsor

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Análisis modal de fallo y efecto de los manómetros.

	<b>ANÁLISIS MODAL DE FALLO Y EFECTO</b>			Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-
				Fecha de revisión: 10-04-2022
				Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez		
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Manómetros			Código técnico: ESP-DTE-MA01	
Función	Modo de falla	Causas de la falla	Efectos de falla	Tareas recomendadas
Medir la presión de un líquido o gas en un circuito cerrado.	Manómetros con suciedad en sus pantallas.	Acumulación de impurezas desde el medio externo.	Mala visualización de la aguja del manómetro.	Revisión y limpieza de los manómetros
	Manómetros con fugas de refrigerante.	Acople del manómetro con la tubería en mal estado o desajustado.	Fuga de refrigerante.	Revisión y ajuste de la conexión del manómetro
	Manómetro con una posición incorrecta	Colocación del manómetro en una posición incorrecta.	Lectura incorrecta de la presión en el manómetro.	Verificar la posición correcta del manómetro.
	Manómetro con una medición inexacta.	Des calibración del manómetro.	Lectura incorrecta de la presión en el manómetro.	Calibración de los manómetros

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Tareas de mantenimiento y frecuencias

Tareas de mantenimiento preventivo del condensador.

		<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS</b>		Versión: 001	
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
				Fecha de revisión: 10-04-2022	
				Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.					
Nombre del equipo: Condensador			Código técnico: ESP-DTE-CN01		
Modo de falla	Tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar	
Carcasa del condensador con puntos de corrosión.	Limpieza de la carcasa del condensador y aplicación de pintura anticorrosiva.	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha.	
Carcasa maltratada y pernos de anclaje sin el torque adecuado	Revisión de carcasa, limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva a pernos y ajuste correcto.	Semestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha.	
La unidad arranca y se detiene con frecuencia por bajo nivel de refrigerante	Verificar fuga de refrigerante en cañerías, conexiones, codos y acoples.	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, detector de fugas eléctrico.	
La unidad consume una mayor cantidad de energía	Revisión del estado del serpentín.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.	
Serpentín del condensador con puntos de corrosión.	Limpieza de corrosión del serpentín y aplicación de pintura anticorrosiva	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha.	
Aletas del serpentín dobladas	Peinado de las aletas del serpentín	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, Peinador de serpentín	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Tareas de mantenimiento correctivo del condensador

	<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
Nombre del equipo: Condensador		Código técnico: ESP-DTE-CN01	
Modo de falla	Tarea	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar
Tuerca rota debido a un sobre ajuste o a fallas propias del material.	Cambio de rosca	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Fugas en las cañerías debido a una soldadura rota	Soldadura de fugas de refrigerante	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío. Waipe. Varilla Harris al 5%.
Perno de anclaje roto debido a la corrosión	Cambio de perno	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Rotura del serpentín por golpe externo al funcionamiento o mal dimensionamiento de fabrica	Soldadura del serpentín	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío. Waipe. Varilla Harris al 5%.

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Tareas de mantenimiento preventivo del evaporador

		<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS</b>		Versión: 001	
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
				Fecha de revisión: 10-04-2022	
				Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.					
Nombre del equipo: Evaporador			Código técnico: ESP-DTE-EV01		
Modo de falla	Tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar	
Evaporador con signos de suciedad y posible corrosión	Limpieza externa del evaporador y aplicación de pintura anticorrosiva.	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha	
Carcaza maltratada y pernos de anclaje sin el torque adecuado	Revisión de carcaza, limpieza y aplicación de pintura anticorrosiva a pernos y ajuste correcto.	Semestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha	
La unidad arranca y se detiene con frecuencia por bajo nivel de refrigerante	Verificar fugas de refrigerante en codos, acoples y cañerías	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, detector de fugas eléctrico.	
Evaporador con puntos de corrosión	Revisión del índice de corrosión y aplicación de pintura anticorrosiva.	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha	
Tuberías de retorno del refrigerante con temperaturas altas	Verificación del aislamiento de la tubería de retorno del refrigerante.	Semestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe,.	
Serpentín del evaporador con puntos de corrosión.	Limpieza de corrosión del serpentín y aplicación de pintura anticorrosiva	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha	
Drenaje del serpentín taponado.	Limpieza del drenaje del serpentín	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, elementos de limpieza	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Tareas de mantenimiento correctivo del evaporador.

	<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
Nombre del equipo: Evaporador		Código técnico: ESP-DTE-EV01	
Modo de falla	Tarea	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar
Desborde de agua debido al taponamiento del drenaje del evaporador	Des taponamiento del drenaje	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas. Waipe. Elementos de limpieza.
Exceso de hielo en el serpentín debido a falta de refrigerante	Completar el nivel de refrigerante hasta las presiones adecuados	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas. Waipe Manómetros
Exceso de hielo en el serpentín debido al daño del bulbo sensor	Cambio del bulbo sensor	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas. Waipe.
Perno de anclaje roto debido a la corrosión	Cambio de perno de anclaje	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas. Waipe.
Fugas de refrigerante en codos, acoples y cañerías.	Soldadura de fugas de refrigerante en codos y acoples.	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío. Waipe. Varilla Harris al 5%.
Aislamiento desgastado sin propiedades	Aplicación de aislamiento en la tubería de retorno del refrigerante.	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Rotura del serpentín por corrosión.	Soldadura del serpentín en fugas por corrosión.	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío. Waipe. Varilla Harris al 5%.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Tareas de mantenimiento preventivo del ventilador del condensador.

		<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>		Versión: 001	
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
				Fecha de revisión: 10-04-2022	
				Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.					
Nombre del equipo: Ventilador de condensador			Código técnico: ESP-DTE-VC01		
Modo de falla	Tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar	
Pernos de anclaje sin el torque adecuado.	Revisión de anclaje del ventilador y ajuste de pernos con aplicación de pintura anticorrosiva.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha.	
Aspas del ventilador desgastadas	Revisión de las aspas	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.	
Aspas del ventilador con signos de suciedad.	Limpieza de las aspas del ventilador	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, elementos de limpieza.	
Rozamiento de partes móviles del ventilador por falta de lubricación.	Lubricación de partes móviles del ventilador.	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, lubricador.	
Devanados desgastados.	Medir resistencia de devanados	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, manómetro	
Bajo voltaje de alimentación	Medir voltaje de alimentación	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, manómetro.	
Ventilador no gira correctamente	Verificar el sentido de giro del ventilador	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Tareas de mantenimiento correctivo del ventilador del condensador

	<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
Nombre del equipo: Ventilador de condensador		Código técnico: ESP-DTE-VC01	
Modo de falla	Tarea	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar
Rotura de aspa por golpes externo al funcionamiento	Reemplazo de aspa	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Fisura del aspa debido al tiempo de funcionamiento	Reemplazo de aspa	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Rodamiento del ventilador desgastados	Reemplazo de rodamientos	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Calentamiento del bobinado	Cambio de ventilador	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Giro de ventilador en sentido contrario	Corregir el sentido de giro del ventilador	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.
Perno de anclaje del ventilador roto debido a la corrosión	Cambio de perno de anclaje	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Tareas de mantenimiento preventivo del ventilador del evaporador.

		<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVAS</b>		Versión: 001	
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
				Fecha de revisión: 10-04-2022	
				Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.					
Nombre del equipo: Ventilador del evaporador			Código técnico: ESP-DTE-VE01		
Modo de falla	Tarea	Frecuencia	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar	
Pernos de anclaje sin el torque adecuado.	Revisión de anclaje del ventilador y ajuste de pernos con aplicación de pintura anticorrosiva.	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, brocha	
Aspas del ventilador desgastadas	Revisión de las aspas	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.	
Carcasa y aspas del ventilador con signos de suciedad.	Limpieza de las aspas del ventilador	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, elementos de limpieza.	
Rozamiento de partes móviles del ventilador por falta de lubricación.	Lubricación de partes móviles del ventilador.	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, lubricador.	
Cojinete sin lubricación y con signos de suciedad	Lubricación y limpieza del cojinete.	Semestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, lubricador.	
Baja presión de descarga del ventilador	Medición de la presión de descarga	Semestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, manómetros.	
Bajo voltaje de alimentación	Medir voltaje de alimentación	Mensual	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, multímetro.	
Ventilador con vibraciones anormales.	Revisión y limpieza del impulsor	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, elementos de limpieza.	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Tareas de mantenimiento correctivas del ventilador del evaporador.

		<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVAS</b>		Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-
				Fecha de revisión: 10-04-2022
				Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Ventilador del evaporador			Código técnico: ESP-DTE-VE01	
Modo de falla	Tarea	Responsable	Instrumentos o herramientas a utilizar	
Perno de anclaje del ventilador roto debido a la corrosión	Cambio de perno de anclaje	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.	
Aspa del ventilador con fisuras o rota por completo.	Cambio del aspa del ventilador	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.	
Carcaza rota o con fisuras por corrosión	Soldadura de carcaza	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío. Waipe. Varilla Harris al 5%.	
Rodamiento del ventilador desgastado, no cumple su función	Reemplazo de rodamientos	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, lubricador.	
Cojinete del ventilador desgastado, no cumple su función.	Reemplazo de cojinete	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe, lubricador.	
Impulsor del ventilador desgastado, no cumple su función.	Reemplazo de ventilador	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica	Caja de herramientas Waipe.	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Tareas de mantenimiento de los manómetros

		<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
				Fecha de elaboración: 10-01-2022-
				Fecha de revisión: 10-04-2022
				Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
Nombre del equipo: Manómetros			Código técnico: ESP-DTE-MA01	
Modo de falla	Tarea	Tipo de mantenimiento	Frecuencia	Responsable del mantenimiento
Manómetros con suciedad en sus pantallas.	Revisión y limpieza de los manómetros	Preventivo	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica
Manómetros con fugas de refrigerante.	Revisión y ajuste de la conexión del manómetro	Preventivo	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica
Manómetro con una posición incorrecta	Verificar la posición correcta del manómetro.	Preventivo	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica
Manómetro con una medición inexacta.	Calibración de los manómetros	Preventivo	Trimestral	Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica
Manómetro no cumple su función	Reemplazo de manómetro	Correctivo		Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica
Manómetro con la pantalla rota	Reemplazo de manómetro.	Correctivo		Encargado del laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Procedimiento de tareas de mantenimiento

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Compresor		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CM01	
<b>Tarea:</b>	Cambio del compresor.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	2 horas
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cerrar las válvulas de paso de refrigerante del condensador y evaporador.</li> <li>• Desconectar las tuercas de conexión de entrada del compresor (entrada de alta y baja presión).</li> <li>• Retirar la carcasa del compresor desatornillando los tornillos de su tapa superior y lateral.</li> <li>• Retirar los cables de alimentación del compresor marcando su posición.</li> <li>• Mediante la soldadura oxiacetilénica desoldar las tuberías de cobre de las entradas de alta y baja presión utilizando una llama neutra.</li> <li>• Retirar los pernos de anclaje del compresor.</li> <li>• Retirar el compresor dañado.</li> <li>• Limpiar la ubicación del compresor y verificar que no exista corrosión en la base.</li> <li>• Colocar el nuevo compresor en su lugar correspondiente.</li> <li>• Asegurar el compresor con los pernos de anclaje.</li> <li>• Soldar las tuberías de cobre de las entradas de alta y baja presión mediante la soldadura oxiacetilénica, utilizando una llama neutra y material de aporte de cobre-cobre como la varilla Harris al 5%.</li> <li>• Conectar los cables de alimentación del compresor.</li> <li>• Conectar las tuercas de conexión de entrada del compresor (entrada de alta y baja presión). Con el torque establecido en la tabla del anexo C.</li> <li>• Abrir las válvulas de paso de refrigerante del condensador y evaporador.</li> <li>• Verificar la existencia de fugas de refrigerante por las uniones soldadas haciendo uso de un detector de fugas o agua espumosa.</li> <li>• Colocar la carcasa atornillando la tapa superior y lateral.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla.</li> <li>• Recargar el refrigerante perdido, dejando las presiones de alta presión en 350 PSI y la presión de baja en 120 PSI.</li> <li>• Comprobar el funcionamiento del nuevo compresor mediante el analizador de la energía.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a realizar la tarea de mantenimiento.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, gafas de soldadura, zapatos de seguridad.</li> <li>• No tener contacto con los elementos soldados hasta que se enfríen y puedan ser manipulables.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo.</li> <li>• Leer la ficha de seguridad del refrigerante R-410a ubicada en el anexo B.</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas.</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas. Soldadura oxiacetilénica. Manómetros	Compresor de tipo rotativo, marca GMCC, modelo PA225M2AS-3MT6	Waipe. Refrigerante R-410ª. Varilla de cobre Harris 5%. Agua jabonosa o detector de fugas.	

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edisson Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Compresor		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CM01	
<b>Tarea:</b>	Soldadura de las uniones, acoples y tuberías donde exista fuga de refrigerante.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	2 horas
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cargar el sistema del módulo con nitrógeno, aire a presión o el mismo refrigerante en estado gaseoso con la ayuda de manómetros instalados en las diferentes válvulas de servicio.</li> <li>• Verificar el lugar de la fuga de presión mediante un detector de fugas o espuma jabonosa y señalarla.</li> <li>• Desmontar las partes de la unidad que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Desmontar las cañerías, uniones o acoples donde exista la fuga.</li> <li>• Verificar la razón de la fuga.</li> <li>• Soldar los puntos de fuga en las tuberías y uniones mediante la soldadura oxiacetilénica con una llama neutra.</li> </ul> <p>Si la fuga es en una tubería de cobre utilizar como material de porte la varilla Harris al 5%.</p> <p>Si la fuga es en uniones o acoples de hierro utilizar como material de aporte varilla de bronce y fundente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esperar que se enfríe la soldadura.</li> <li>• Verificar el funcionamiento de los acoples, si están cumpliendo su función de trabajo, en caso de no hacerlo cambiarlo por uno nuevo.</li> <li>• Montar las tuberías, acoples y uniones, ajustarlos con el torque especificado en el anexo C.</li> <li>• Cargar el sistema del módulo con nitrógeno, aire a presión o el mismo refrigerante en estado gaseoso.</li> <li>• Verificar la inexistencia de más fugas en el sistema por medio de un detector de fugas o espuma jabonosa y señalarla, si es el caso soldar las fugas hasta que el sistema sea hermético y no haya presencia de fugas.</li> <li>• Despresurizar el sistema en un ambiente abierto.</li> <li>• Realizar el proceso de vacío.</li> <li>• Recargar el refrigerante siguiendo los pasos descritos en el numeral</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento por medio de pruebas.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a realizar tareas de mantenimiento.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, gafas de soldadura, zapatos de seguridad.</li> <li>• No tener contacto con los elementos soldados hasta que se enfríen y puedan ser manipulables.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo.</li> <li>• Leer la ficha de seguridad del refrigerante R-410a ubicada en el anexo B.</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas. Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío.	Acoples Uniones Tuberías	Waibe Refrigerante R410A Varilla Harris al 5%. Varilla de bronce. Fundente (Borax). Agua jabonosa o detector de fugas.	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Compresor		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CM01	
<b>Tarea:</b>	Reemplazo del capacitor de arranque.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	2 horas
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Desmontar las partes de la unidad que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Localizar el capacitor de arranque</li> <li>• Desconectar y retirar el capacitor de arranque señalando los cables conectados.</li> <li>• Limpiar la ubicación de este capacitor y los terminales a los cuales estaba conectado, si los terminales se encuentran en mal estado cambiar de terminales.</li> <li>• Conectar el nuevo capacitor con las mismas especificaciones.</li> <li>• Energizar el equipo y encenderlo.</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del capacitor.</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas y asegurarlas.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas. Multímetro digital.	Capacitor de arranque	Waipe. Terminales.	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Compresor		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CM01	
<b>Tarea:</b>	Reemplazo de pernos del anclaje del compresor		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	
Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas, para evitar una fuga masiva de refrigerante.</li> <li>• Verificar el estado de todos los pernos de anclaje.</li> <li>• Retirar los pernos de anclaje</li> <li>• Limpiar los agujeros de los pernos de la corrosión y verificar que no haya fisuras.</li> <li>• Colocar los nuevos pernos de anclaje y sujetar el equipo de una forma correcta.</li> </ul>			
Procedimiento de seguridad			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas de este.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas.	Pernos de anclaje.	Waipe.	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Compresor		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CM01	
<b>Tarea:</b> Cambio de filtro deshidratador.			
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	1 hora
<b>Mantenimiento:</b> Preventivo		<b>Frecuencia:</b>	Anual
Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cerrar las válvulas de condensador, evaporador y compresor, para evitar una fuga masiva de refrigerante.</li> <li>• Desajustar las tuercas conectadas al filtro.</li> <li>• Retirar el filtro deshidratador del sistema.</li> <li>• Instalar el nuevo filtro deshidratador colocando la flecha en el sentido del refrigerante y apretar las tuercas al torque especificado en el anexo C.</li> <li>• Abrir las válvulas del evaporador y verificar que no existencia fugas en las tuercas apretadas por medio de un detector de fugas o espuma jabonosa.</li> <li>• Si existe fugas en las tuercas realizar el proceso de abocado de tuberías descrito en el anexo C y ajustar nuevamente las tuercas.</li> <li>• Una vez comprobado que no existe más fugas en el sistema abrir las válvulas de paso del condensador y compresor.</li> <li>• Encender la unidad siguiendo el manual de operación descrito en el literal</li> <li>• Verificar las presiones en el sistema manteniendo al lado de baja presión en 120 PSI.</li> </ul>			
Procedimiento de seguridad			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas de este.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>		<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>
Caja de herramientas		Filtro deshidratador	Waipe

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Condensador		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CN01	
<b>Tarea:</b>	Soldadura del serpentín de condensador y evaporador.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	2 horas
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cargar el sistema del módulo con nitrógeno, aire a presión o el mismo refrigerante en estado gaseoso con la ayuda de manómetros instalados en las diferentes válvulas de servicio.</li> <li>• Desmontar las partes de la unidad que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Verificar el lugar de la fuga de presión mediante un detector de fugas o espuma jabonosa y señalarla.</li> <li>• Despresurizar el sistema en un ambiente abierto.</li> <li>• Verificar la razón de la fuga.</li> <li>• Soldar los puntos de fuga en el serpentín mediante la soldadura oxiacetilénica con una llama neutra y como material de aporte varilla Harris al 5%.</li> <li>• Esperar que se enfríe la soldadura.</li> <li>• Cargar el sistema del módulo con nitrógeno, aire a presión o el mismo refrigerante en estado gaseoso.</li> <li>• Verificar la inexistencia de más fugas en el sistema por medio de un detector de fugas o espuma jabonosa y señalarla, si es el caso, soldar las fugas hasta que el sistema sea hermético y no haya presencia de fugas.</li> <li>• Despresurizar el sistema en un ambiente abierto.</li> <li>• Realizar el proceso de vacío.</li> <li>• Recargar el refrigerante siguiendo los pasos descritos en el numeral</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento por medio de pruebas.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, gafas de soldadura, zapatos de seguridad.</li> <li>• No tener contacto con los elementos soldados hasta que se enfríen y puedan ser manipulables.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo.</li> <li>• Leer la ficha de seguridad del refrigerante R-410a ubicada en el anexo B.</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas Soldadora oxiacetilénica. Manómetros. Bomba de vacío.		Waipe. Varilla Harris al 5%.	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001	
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
			Fecha de revisión: 10-04-2022	
			Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
<b>Nombre del equipo:</b> Condensador			<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-CN01	
<b>Tarea:</b>		Peinado de las aletas del serpentín		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>		1 hora
<b>Mantenimiento:</b>		Preventivo	<b>Frecuencia:</b>	Trimestral
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas, para evitar una fuga masiva de refrigerante</li> <li>• Desmontar las partes de la unidad del condensador y evaporador que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Peinar las aletas del condensador y evaporador.</li> <li>• Montar las partes de la unidad del condensador y evaporador.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla.</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del serpentín.</li> </ul>				
<b>Procedimiento de seguridad</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas de este.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>				
<b>Herramientas y equipos:</b>		<b>Repuestos:</b>		<b>Materiales:</b>
Caja de herramientas				Waipe Peinador de serpentín

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Evaporador		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-EV01	
<b>Tarea:</b>	Destaponamiento del drenaje		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	1 hora
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Desmontar la carcasa del evaporador.</li> <li>• Desmontar el drenaje desatornillando los tornillos y sacar el drenaje.</li> <li>• Proceder con la limpieza respectiva, eliminar todas las impurezas que impidan el paso de agua en el drenaje.</li> <li>• Almacenar en un recipiente todas las impurezas recolectadas del drenaje del evaporador para ser desechados correctamente sin contaminar el espacio.</li> <li>• Montar el drenaje atornillando todos sus elementos.</li> <li>• Montar la carcasa del evaporador.</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla siguiendo los pasos de encendido del manual de operación.</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del drenaje del evaporador.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas.		Waípe. Elementos de limpieza.	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Evaporador		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-EV01	
<b>Tarea:</b>	Aplicación de aislamiento en la tubería de retorno del refrigerante.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	1 hora
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla</li> <li>• Desmontar las partes de la unidad que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Identificar las tuberías de retorno de refrigerante.</li> <li>• Retirar el aislante térmico que se encuentre en mal estado de las tuberías.</li> <li>• Limpiar las tuberías para colocar el nuevo aislante térmico.</li> <li>• Colocar el nuevo aislante térmico en las tuberías de retorno del refrigerante.</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla.</li> <li>• Verificar el funcionamiento correcto del sistema</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas	Aislante térmico	Waípe.	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Ventilador de condensador		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-VC01	
<b>Tarea:</b>	Reemplazo de aspa del ventilador del condensador		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	1 hora
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas, para evitar una fuga masiva de refrigerante.</li> <li>• Retirar la tapa de la parte superior y lateral de la unidad condensadora.</li> <li>• Desconectar la alimentación del motor del ventilador.</li> <li>• Desmontar el ventilador de la unidad condensadora.</li> <li>• Revisar las aspas del ventilador y verificar si se encuentran rotas o trizadas.</li> <li>• Desmontar el aspa del ventilador.</li> <li>• Limpiar el lugar donde se encontraba el aspa del ventilador.</li> <li>• Montar la nueva aspa.</li> <li>• Montar el ventilador en la unidad condensadora.</li> <li>• Conectar el motor del ventilador.</li> <li>• Montar las tapas lateral y superior de la unidad condensadora.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla siguiendo el procedimiento del manual de operación descrito en el literal</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del ventilador del condensador y constatar el sentido correcto de giro.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>		<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>
Caja de herramientas		Aspa de ventilador	Waipe.

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Ventilador de condensador		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-VC01	
<b>Tarea:</b>	Cambio de ventilador del condensador		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	1 hora
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Retirar la tapa de la parte superior y lateral de la unidad condensadora.</li> <li>• Desconectar la alimentación del motor del ventilador.</li> <li>• Desmontar el ventilador de la unidad condensadora.</li> <li>• Desmontar el aspa del ventilador.</li> <li>• Limpiar el lugar donde se encontraba el aspa del ventilador.</li> <li>• Montar el aspa en el nuevo motor del ventilador.</li> <li>• Montar el ventilador en la unidad condensadora.</li> <li>• Conectar el motor del ventilador.</li> <li>• Montar las tapas lateral y superior de la unidad condensadora.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla siguiendo el procedimiento del manual de operación descrito en el literal</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del ventilador del condensador y constatar el sentido correcto de giro.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas	Ventilador	Waipe	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001	
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
			Fecha de revisión: 10-04-2022	
			Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
<b>Nombre del equipo:</b> Ventilador de evaporador			<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-VC01	
<b>Tarea:</b>		Cambio del aspa del ventilador del evaporador		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>		1 hora
<b>Mantenimiento:</b>		Preventivo	<b>Frecuencia:</b> Mensual	
Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Desmontar la carcasa del evaporador y todos los componentes hasta llegar al motor del ventilador.</li> <li>• Desconectar los cables del motor del ventilador del evaporador.</li> <li>• Desmontar el aspa del ventilador del evaporador.</li> <li>• Limpiar los lugares en donde se encontraba el aspa en mal estado.</li> <li>• Montar la nueva aspa del ventilador.</li> <li>• Conectar los cables del motor del ventilador del evaporador.</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla según el manual de operación descrito en el literal</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del ventilador del evaporador.</li> </ul>				
Procedimiento de seguridad				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desmontarlo.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas de este.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>				
<b>Herramientas y equipos:</b>		<b>Repuestos:</b>		<b>Materiales:</b>
Caja de herramientas		Aspas del ventilador		Waipe

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Ventilador del evaporador		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-VE01	
<b>Tarea:</b>	Reemplazo de rodamientos del ventilador del evaporador		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	1 hora
<b>Mantenimiento:</b>	Correctivo	<b>Frecuencia:</b>	-----
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla</li> <li>• Cerrar todas las válvulas, para evitar una fuga masiva de refrigerante</li> <li>• Retirar las partes de la unidad que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Desconectar el motor del ventilador.</li> <li>• Desmontar el ventilador del evaporador</li> <li>• Ubicar el rodamiento del ventilador y verificar su estado, funcionamiento y lubricación del mismo.</li> <li>• Retirar el rodamiento con la ayuda de las herramientas de trabajo.</li> <li>• Limpiar todo tipo de impureza del lugar donde el rodamiento se encontraba.</li> <li>• Engrasar el eje del rodamiento.</li> <li>• Montar el nuevo rodamiento y lubricarlo.</li> <li>• Instalar el ventilador en el evaporador.</li> <li>• Conectar el motor del ventilador.</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla según el manual de operación descrito en el literal</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del ventilador del condensador.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas de este.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>		<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>
Caja de herramientas		Rodamiento	Waipe

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-
			Fecha de revisión: 10-04-2022
			Fecha de aprobación: 08-06-2022
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul	Revisa: Ing. Edison Calderón	Aprueba: Ing. Marco Ordoñez	
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.			
<b>Nombre del equipo:</b> Ventilador del evaporador		<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-VE01	
<b>Tarea:</b>	Lubricación de partes móviles del ventilador del evaporador.		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>	1 hora
<b>Mantenimiento:</b>	Preventivo	<b>Frecuencia:</b>	Mensual
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla</li> <li>• Cerrar todas las válvulas, para evitar una fuga masiva de refrigerante</li> <li>• Retirar las tapas superior y lateral de la unidad y de elementos que interfieran en el trabajo.</li> <li>• Desconectar los cables del motor del ventilador.</li> <li>• Desmontar el ventilador del evaporador.</li> <li>• Limpiar todo tipo de impureza del lugar donde el ventilador se encontraba.</li> <li>• Lubricar todas las partes móviles, ejes y rodamientos.</li> <li>• Instalar el ventilador del evaporador.</li> <li>• Conectar los cables del motor del ventilador.</li> <li>• Montar las partes de la unidad retiradas.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla según el manual de operación descrito en el literal</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento del ventilador del evaporador.</li> </ul>			
<b>Procedimiento de seguridad</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas de este.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, zapatos de seguridad.</li> <li>• No tener contacto con los elementos soldados hasta que se enfríen y puedan ser manipulables.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>			
<b>Herramientas y equipos:</b>	<b>Repuestos:</b>	<b>Materiales:</b>	
Caja de herramientas		Trapo Grasa	

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

	<b>PROCEDIMIENTO DE TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001	
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-	
			Fecha de revisión: 10-04-2022	
			Fecha de aprobación: 08-06-2022	
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul		Revisa: Ing. Edison Calderón		Aprueba: Ing. Marco Ordoñez
<b>Área:</b> Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.				
<b>Nombre del equipo:</b> Manómetros			<b>Código técnico:</b> ESP-DTE-MA01	
<b>Tarea:</b>		Reemplazo de manómetro		
<b>Personal:</b>		<b>Tiempo estimado:</b>		1 hora
<b>Mantenimiento:</b>		Correctivo	<b>Frecuencia:</b> -----	
<b>Procedimiento y detalle de la tarea de mantenimiento</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagar la unidad y desenergizarla.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas, para evitar una fuga masiva de refrigerante.</li> <li>• Desajustar los manómetros y retirarlos de su lugar.</li> <li>• Limpiar el lugar donde los manómetros se encontraban.</li> <li>• Instalar los nuevos manómetros y ajustar al torque correcto descrito en el anexo C.</li> <li>• Abrir todas las válvulas.</li> <li>• Energizar la unidad y encenderla según el manual de operación descrito en el literal</li> <li>• Verificar el correcto funcionamiento de los manómetros.</li> </ul>				
<b>Procedimiento de seguridad</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe desenergizar el equipo por completo antes de empezar a desarmarlo.</li> <li>• Cerrar todas las válvulas de paso de refrigerante para evitar fugas masivas de este.</li> <li>• Utilizar equipos de protección personal como guantes, overol, gafas de soldadura, zapatos de seguridad.</li> <li>• No tener contacto con los elementos soldados hasta que se enfríen y puedan ser manipulables.</li> <li>• Trabajar en un lugar seguro, fuera de riesgos, si es necesario movilizar la unidad a un lugar de más comodidad y seguridad de trabajo</li> <li>• Al finalizar la tarea, dejar limpio y ordenado el lugar de trabajo al igual que las herramientas utilizadas</li> </ul>				
<b>Herramientas y equipos:</b>		<b>Repuestos:</b>		<b>Materiales:</b>
Caja de herramientas		Manómetros		Waipe

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## Cronograma de mantenimiento

Cronograma de mantenimiento del condensador.

	<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001											
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-											
			Fecha de revisión: 10-04-2022											
			Fecha de aprobación: 08-06-2022											
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul			Revisa: Ing. Edison Calderón			Aprueba: Ing. Marco Ordoñez								
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.														
Nombre del equipo: Condensador									Código técnico: ESP-DTE-CN01					
Tareas de mantenimiento	Frecuencia	Número de mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Limpieza de la carcasa del condensador	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Revisión de carcasa y ajuste de pernos de anclaje.	Semestral						8							8
Verificar fuga de refrigerante en cañerías, conexiones, codos y acoples.	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Revisión del estado del serpentín.	Trimestral				8				8					8
Limpieza de corrosión del serpentín	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Peinado de las aletas del serpentín	Trimestral				8				8					8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Cronograma de mantenimiento del evaporador

	<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>		Versión: 001											
			Fecha de elaboración: 10-01-2022-											
			Fecha de revisión: 10-04-2022											
			Fecha de aprobación: 08-06-2022											
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul			Revisa: Ing. Edison Calderón			Aprueba: Ing. Marco Ordoñez								
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.														
Nombre del equipo: Evaporador									Código técnico: ESP-DTE-EV01					
Tareas de mantenimiento	Frecuencia	Número de mes												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Limpieza externa del evaporador	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Revisión de carcasa y ajuste de pernos de anclaje del evaporador	Semestral						8							8
Verificar fugas de refrigerante en codos, acoples y cañerías	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Revisión del índice de corrosión	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Verificación del aislamiento de la tubería de retorno del refrigerante.	Semestral						8							8
Limpieza de corrosión del serpentín	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Limpieza del drenaje del serpentín	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Cronograma de mantenimiento del ventilador del condensador.

	<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	Versión: 001											
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-											
		Fecha de revisión: 10-04-2022											
		Fecha de aprobación: 08-06-2022											
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul				Revisa: Ing. Edison Calderón				Aprueba: Ing. Marco Ordoñez					
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.													
Nombre del equipo: Ventilador del condensador.										Código técnico: ESP-DTE-VC01			
Tareas de mantenimiento	Frecuencia	Número de mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión de anclaje del ventilador y ajuste de pernos.	Trimestral				8				8				8
Revisión de las aspas	Trimestral				8				8				8
Limpieza de las aspas del ventilador	Trimestral				8				8				8
Lubricación de partes móviles del ventilador.	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Medir resistencia de devanados	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Medir voltaje de alimentación	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Verificar el sentido de giro del ventilador	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Cronograma de mantenimiento del ventilador del evaporador

	<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	Versión: 001											
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-											
		Fecha de revisión: 10-04-2022											
		Fecha de aprobación: 08-06-2022											
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul				Revisa: Ing. Edison Calderón				Aprueba: Ing. Marco Ordoñez					
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.													
Nombre del equipo: Ventilador del evaporador.										Código técnico: ESP-DTE-VE01			
Tareas de mantenimiento	Frecuencia	Número de mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión de anclaje del ventilador y ajuste de pernos.	Trimestral				8				8				8
Revisión de las aspas	Trimestral				8				8				8
Limpieza de la carcasa y aspas del ventilador	Trimestral				8				8				8
Lubricación de partes móviles del ventilador.	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Lubricación y limpieza del cojinete.	Semestral						8						8
Medición de la presión de descarga	Semestral						8						8
Medir voltaje de alimentación	Mensual	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Revisión y limpieza del impulsor	Trimestral				8				8				8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Cronograma de mantenimiento de los manómetros.

	<b>CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO</b>	Versión: 001											
		Fecha de elaboración: 10-01-2022-											
		Fecha de revisión: 10-04-2022											
		Fecha de aprobación: 08-06-2022											
Elabora: Caichug Kevin, Vacacela Paul				Revisa: Ing. Edison Calderón				Aprueba: Ing. Marco Ordoñez					
Área: Laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética de la Facultad de Mecánica.													
Nombre del equipo: Manómetros						Código técnico: ESP-DTE-MA01							
Tareas de mantenimiento	Frecuencia	Número de mes											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión y limpieza de los manómetros	Trimestral				8				8				8
Revisión y ajuste de la conexión del manómetro	Trimestral				8				8				8
Verificar la posición correcta del manómetro.	Trimestral				8				8				8
Calibración de los manómetros	Trimestral				8				8				8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

## ANEXO E: Resultados obtenidos

**Realizado por:** Vacacela M; Caichug K; 2022

Resultados tomados en la salida del evaporador en modo calefacción.

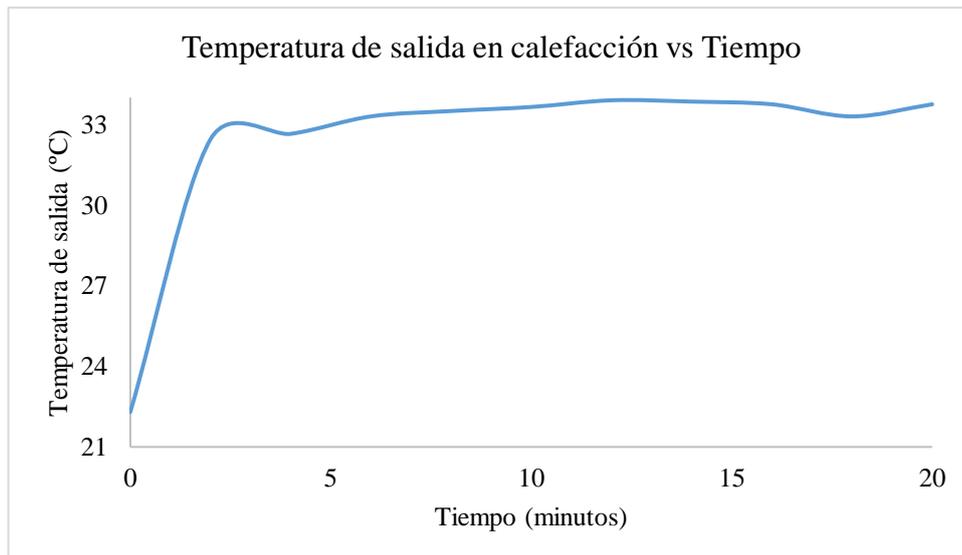
Para la toma de datos del aire a la salida del intercambiador de calor interior del módulo térmico, se lo enciende en modo calefacción siguiendo los parámetros establecidos en el manual de operación, con la ayuda de un medidor de aire ambiental y de un multímetro con una termocupla tipo K, se mide la temperatura de salida del aire y con un reloj se controla los intervalos de tiempo para la medición, tomando en cuenta que en el laboratorio donde se realiza las mediciones se encuentran 7 personas y 2 equipos con motores eléctricos funcionando, y con una temperatura exterior al laboratorio de 17,4°C, obteniendo así los siguientes resultados.

Medición de la temperatura de salida del evaporador en modo calefacción

Temperatura vs tiempo a la salida del evaporador en modo calefacción.

Tiempo (minutos)	Temperatura de salida (°C)
0	22,3
2	32,45
4	32,65
6	33,3
8	33,5
10	33,65
12	33,9
14	33,85
16	33,75
18	33,3
20	33,75

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Temperatura vs tiempo a la salida del evaporador en modo calefacción.

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

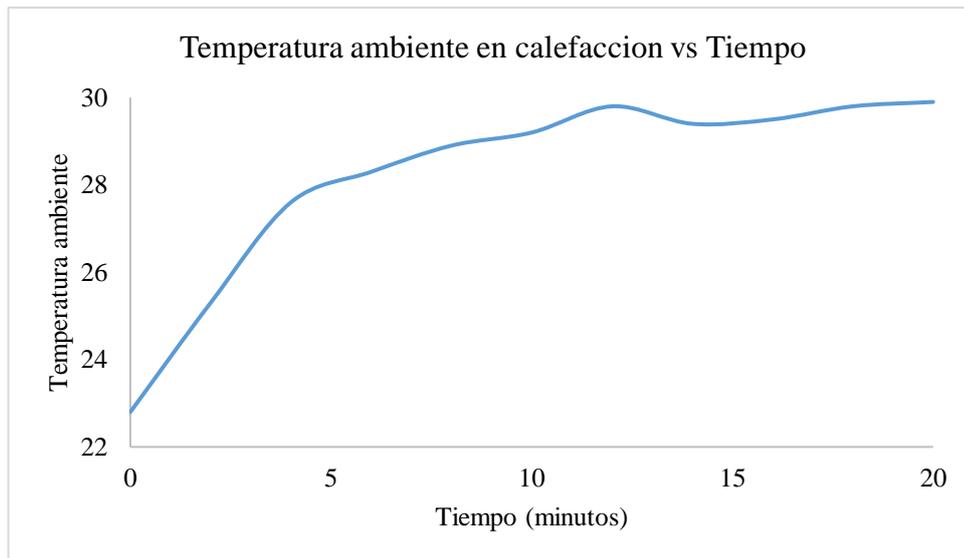
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 temperaturas, más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura inicial de salida de aire interior en el intercambiador en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 22,3°C, las temperaturas que se toman ascienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 10,15°C entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 32,45°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 5 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,6°C, el sexto dato tomado, es la temperatura de aire de salida más alta conseguida con 33,9°C, a los 12 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la temperatura ambiente en modo calefacción.

Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción

Tiempo (minutos)	Temperatura ambiente (°C)
0	22,8
2	25,3
4	27,6
6	28,3
8	28,9
10	29,2
12	29,8
14	29,4
16	29,5
18	29,8
20	29,9

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

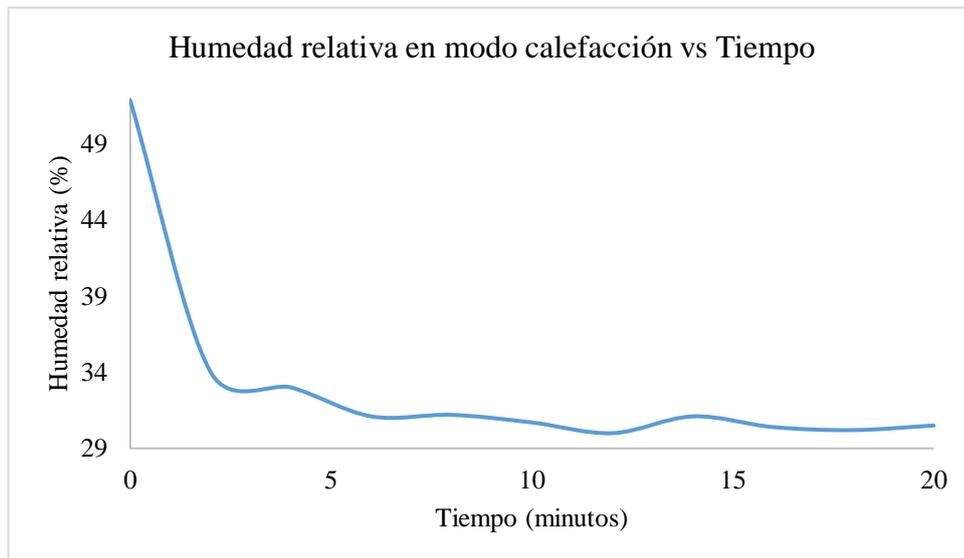
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 temperaturas más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura ambiente inicial en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 22,8°C, las temperaturas que se toman ascienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 2,5°C, entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 25,3°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 6 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,7°C, el último dato tomado es la temperatura ambiente más alta conseguida con de 29,9°C, a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

#### Medición de la humedad relativa en modo calefacción

Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción

Tiempo (minutos)	Humedad relativa (%)
0	51,8
2	34
4	33
6	31,1
8	31,2
10	30,7
12	30
14	31,1
16	30,4
18	30,2
20	30,5

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción

Realizado por: Vacacela M; Caichug K; 2022

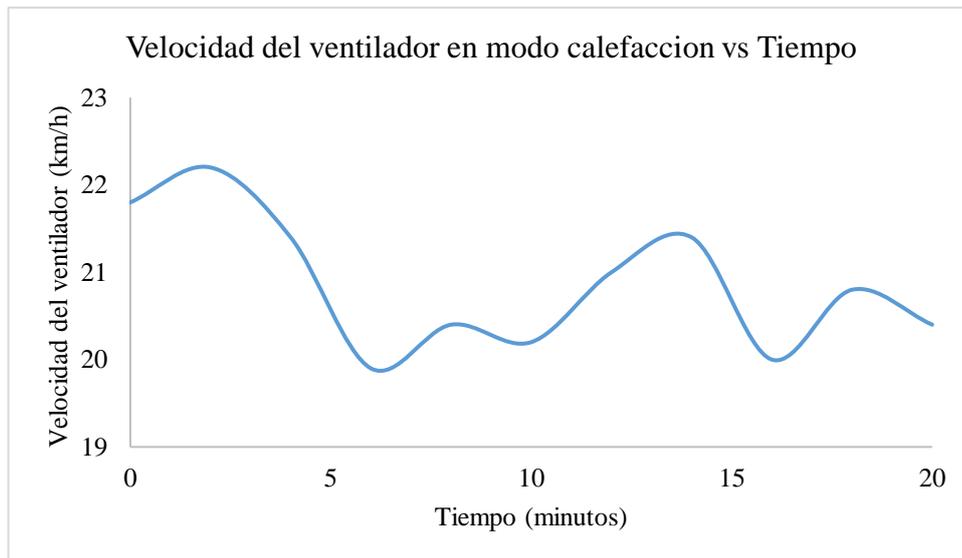
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 humedades relativas a la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la humedad relativa en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 51,8%, los valores de la humedad relativa que se toman descienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre los valores de humedades relativas fue de 17,8%, entre la humedad relativa inicial y el primer dato, que es una humedad relativa del 35%, los valores tienen cambios menores y se establecen, los 3 últimos valores se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,3%, el sexto dato tomado es la humedad relativa más baja conseguida con un valor de 30% a los 12 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la velocidad del aire del ventilador en modo calefacción

Velocidad del aire vs tiempo en modo calefacción

Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)
0	21,8
2	22,2
4	21,4
6	19,9
8	20,4
10	20,2
12	21
14	21,4
16	20
18	20,8
20	20,4

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Velocidad del aire vs tiempo en modo calefacción

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 velocidades del aire a la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la velocidad del ventilador en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 21,8 km/h, las velocidades del ventilador van descendiendo y ascendiendo poco a poco, la diferencia más grande que se observa en la velocidad del aire es de 1,4 km/h, entre la séptima velocidad de 21,4 km/h, con la octava velocidad de 20 km/h, de ahí las velocidades del aire tienen cambios menores y se van estableciendo, las 3 últimas velocidades se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,8 km/h, el segundo dato tomado es la velocidad más alta con 22,2 km/h, y la velocidad más baja es de 19,9 km/h.

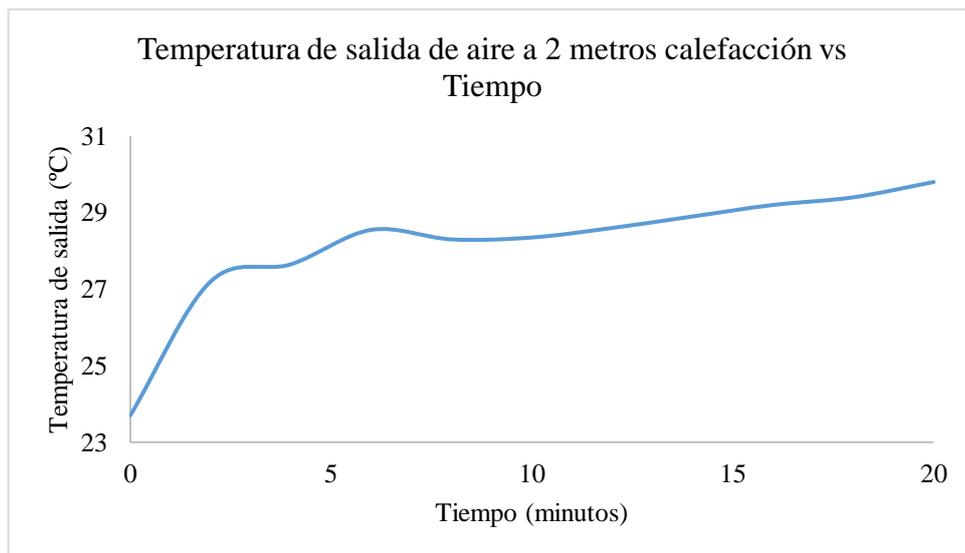
Resultados tomados a dos metros de distancia de la salida del evaporador en modo calefacción. Para la toma de datos del aire a 2 metros de distancia de la salida del intercambiador de calor interior del módulo térmico, se lo enciende en modo calefacción siguiendo los parámetros establecidos en el manual de operación, con la ayuda de un medidor de aire ambiental y de un multímetro con una termocupla tipo K, se mide la temperatura de salida del aire y con un reloj se controla los intervalos de tiempo para la medición, tomando en cuenta que en el laboratorio donde se realiza las mediciones se encuentran 7 personas y 2 equipos con motores eléctricos funcionando, y con una temperatura exterior al laboratorio de 17,4°C, obteniendo así los siguientes resultados.

Medición de la temperatura de salida del evaporado a dos metros de distancia en modo calefacción.

Temperatura vs tiempo a 2 metros de distancia de la salida del evaporador a en modo calefacción.

Tiempo (minutos)	Temperatura de aire de salida a 2 metros del módulo (°C)
0	23,7
2	27,2
4	27,65
6	28,55
8	28,3
10	28,35
12	28,6
14	28,9
16	29,2
18	29,4
20	29,8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Temperatura vs tiempo a 2 metros de distancia de la salida del evaporador a en modo calefacción.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

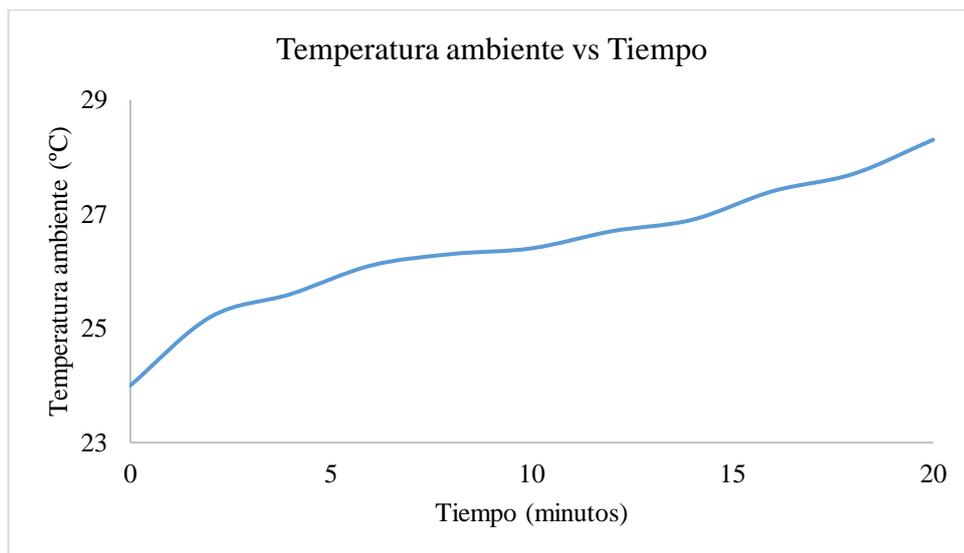
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 temperaturas, más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura inicial de salida de aire interior en el intercambiador en modo calefacción a 2 metros de distancia con la que el módulo empieza a trabajar es de 23,7°C, las temperaturas que se toman ascienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 3,5°C entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 27,2°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 3 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,6°C, el último dato tomado, es la temperatura de aire de salida más alta conseguida con 29,8°C, a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la temperatura ambiente en modo calefacción.

### Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción

Tiempo (minutos)	Temperatura ambiente (°C)
0	24
2	25,2
4	25,6
6	26,1
8	26,3
10	26,4
12	26,7
14	26,9
16	27,4
18	27,7
20	28,3

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



### Temperatura ambiente vs tiempo en modo calefacción

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

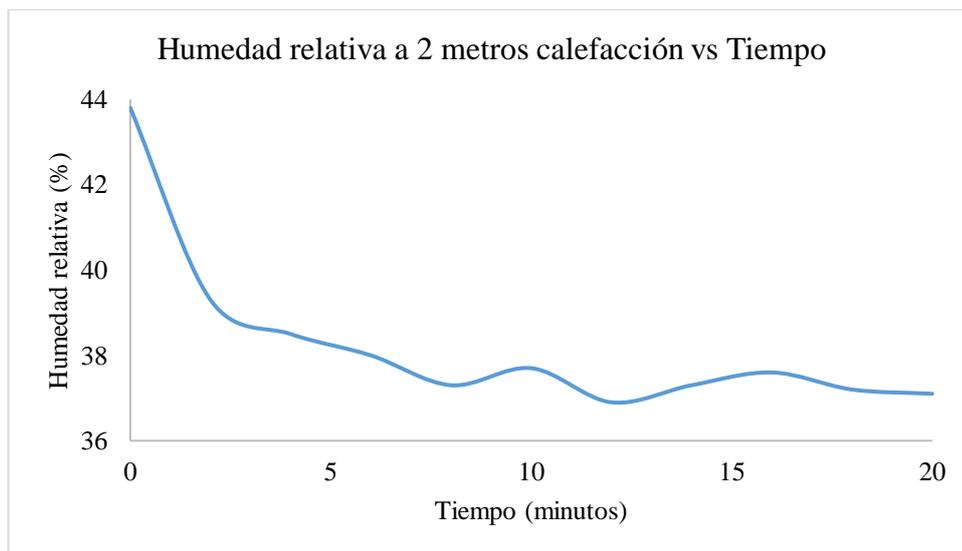
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 temperaturas más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura ambiente inicial en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 24°C, las temperaturas que se toman ascienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 1,2°C, entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 25,2°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 3 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,9°C, el último dato tomado es la temperatura ambiente más alta conseguida con de 28,3°C, a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la humedad relativa a dos metros de distancia en modo calefacción

Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia.

Tiempo (minutos)	Humedad relativa (%)
0	43,8
2	39,3
4	38,5
6	38
8	37,3
10	37,7
12	36,9
14	37,3
16	37,6
18	37,2
20	37,1

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Humedad relativa vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

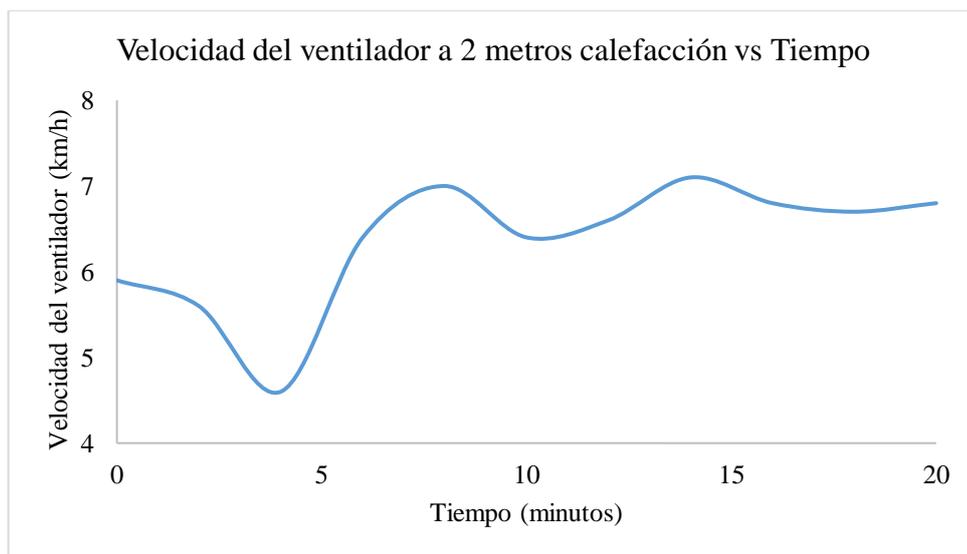
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 humedades relativas a 2 metros de distancia de la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la humedad relativa en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 43,8%, los valores de la humedad relativa que se toman descienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre los valores de humedades relativas fue de 4,5%, entre la humedad relativa inicial y el primer dato, que es una humedad relativa del 39,3%, los valores tienen cambios menores y se establecen, los 4 últimos valores se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,5%, el séptimo dato tomado es la humedad relativa más baja conseguida con un valor de 36,9% a los 14 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la velocidad del aire del ventilador a dos metros de distancia en modo calefacción

Velocidad del aire vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia.

Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)
0	5,9
2	5,6
4	4,6
6	6,4
8	7
10	6,4
12	6,6
14	7,1
16	6,8
18	6,7
20	6,8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Velocidad del aire vs tiempo en modo calefacción a 2 metros de distancia.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 velocidades del aire a 2 metros de la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la velocidad del ventilador en modo calefacción con la que el módulo empieza a trabajar es de 5,9 km/h, las velocidades del ventilador van descendiendo y ascendiendo poco a poco, la diferencia más grande que se observa en la velocidad del aire es de 1,8 km/h, entre la tercera velocidad de 4,6 km/h, con la cuarta velocidad de 6,4 km/h, de ahí las velocidades del aire tienen cambios menores y se van estableciendo, las 3 últimas velocidades se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,1 km/h, el séptimo dato tomado es la velocidad más alta con 7,1 km/h, y la velocidad más baja es de 4,6 km/h.h.

Resultados tomados en la salida del evaporador en modo refrigeración

Para la toma de datos del aire a la salida del intercambiador de calor interior del módulo térmico,

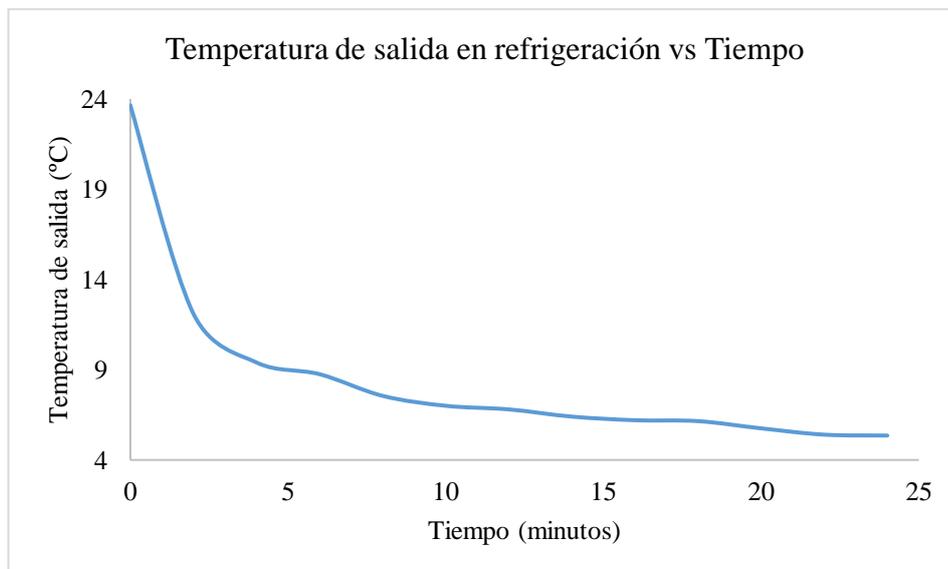
se lo enciende en modo refrigeración siguiendo los parámetros establecidos en el manual de operación, con la ayuda de un medidor de aire ambiental y de un multímetro con una termocupla tipo K, se mide la temperatura de salida del aire y con un reloj se controla los intervalos de tiempo para la medición, tomando en cuenta que en el laboratorio donde se realiza las mediciones se encuentran 5 personas y 3 equipos con motores eléctricos funcionando, y con una temperatura exterior al laboratorio de 16,8°C, obteniendo así los siguientes resultados.

Medición de la temperatura de salida del evaporador en modo refrigeración

Temperatura vs tiempo a la salida del evaporador en modo refrigeración.

Tiempo (minutos)	Temperatura de salida (°C)
0	23,65
2	12,1
4	9,4
6	8,75
8	7,55
10	7
12	6,8
14	6,4
16	6,2
18	6,15
20	5,75
22	5,4
24	5,35

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Temperatura vs tiempo a la salida del evaporador en modo refrigeración.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para la toma de datos, se realiza el análisis de 12 temperaturas, más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura inicial de salida de aire interior en el

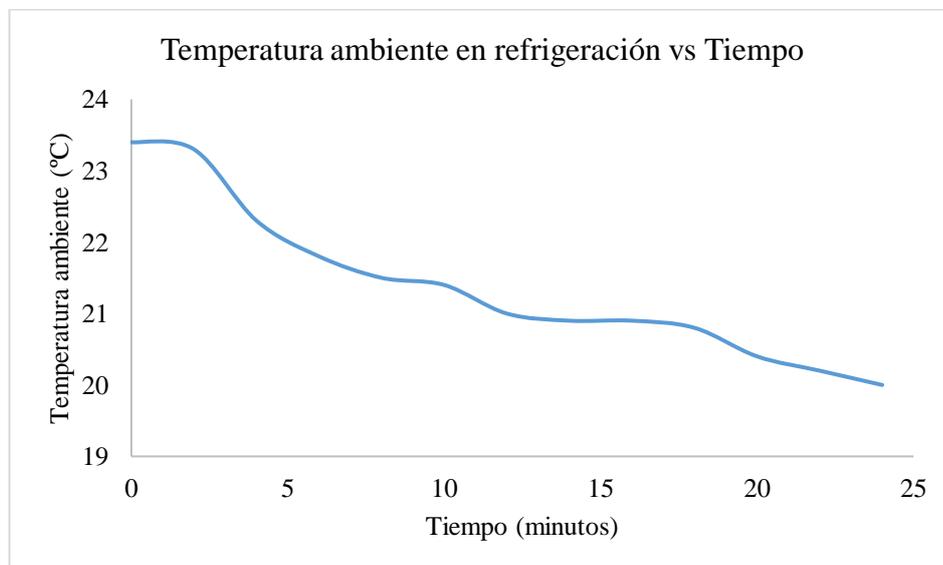
intercambiador en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 23,65°C, las temperaturas que se toman descienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 11,55°C entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 12,1°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 3 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,35°C, el último dato tomado, es la temperatura de aire de salida más baja conseguida con 5,35°C, a los 24 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la temperatura ambiente en modo refrigeración.

Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración

Tiempo (minutos)	Temperatura ambiente (°C)
0	23,4
2	23,3
4	22,3
6	21,8
8	21,5
10	21,4
12	21
14	20,9
16	20,9
18	20,8
20	20,4
22	20,2
24	20

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración

Realizado por: Vacacela M; Caichug K; 2022

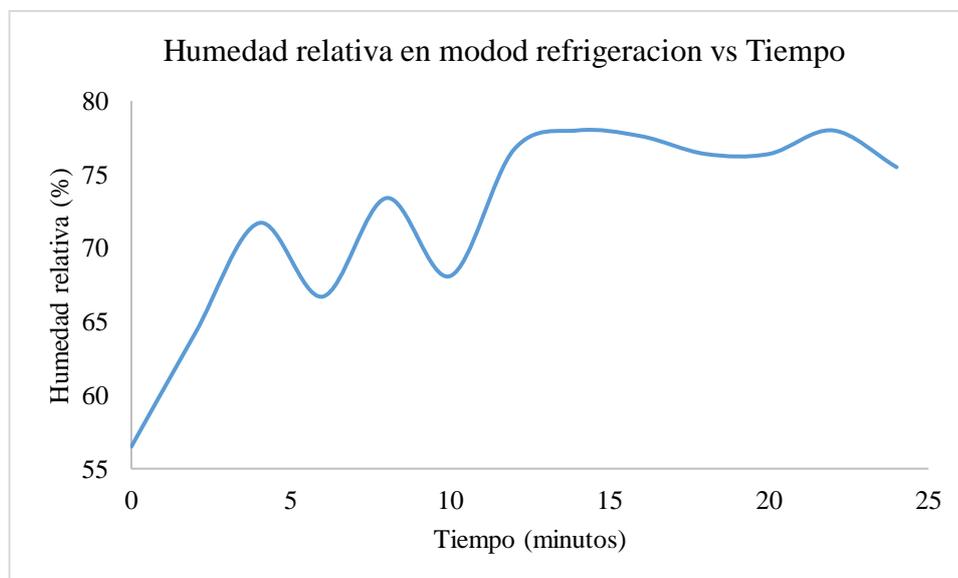
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 12 temperaturas más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura ambiente inicial en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 23,4°C, las temperaturas que se toman descienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 1°C, entre la primera temperatura con 23,3°C y el segundo dato, que es una temperatura de 22,3°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 6 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,9°C, el último dato tomado es la temperatura ambiente más baja conseguida con de 20°C, a los 24 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la humedad relativa en modo refrigeración.

Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración.

Tiempo (minutos)	Humedad relativa (%)
0	56,5
2	64,2
4	71,7
6	66,7
8	73,4
10	68,1
12	76,7
14	78
16	77,6
18	76,4
20	76,4
22	78
24	75,5

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

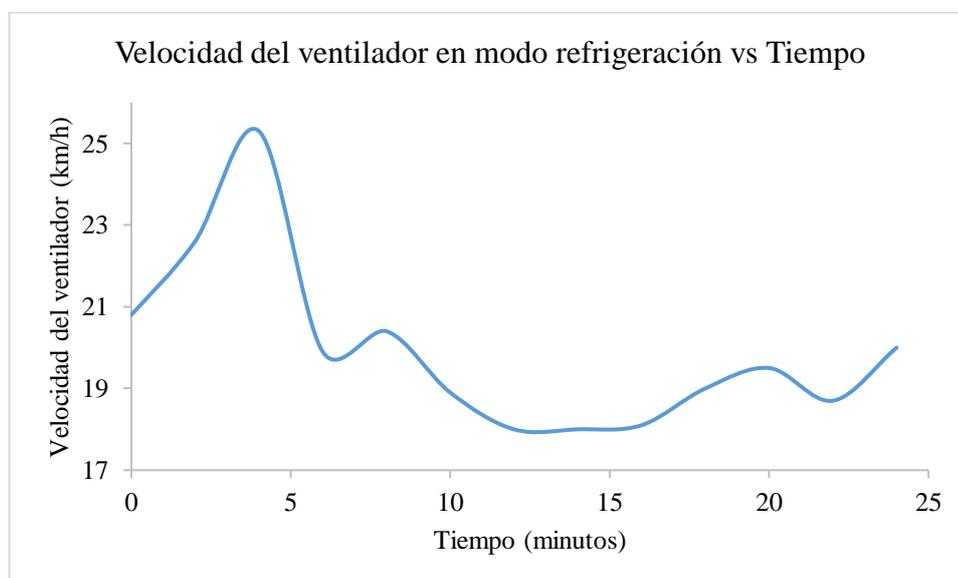
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 12 humedades relativas a la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la humedad relativa en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 56,5%, los valores de la humedad relativa que se toman ascienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre los valores de humedades relativas fue de 8,6%, entre la quinta humedad relativa con 68,1% y el sexto dato, que es una humedad relativa del 76,7%, los valores tienen cambios menores y se establecen, los 6 últimos valores se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 1,6%, el séptimo y onceavo dato tomado es la humedad relativa más alta conseguida con un valor de 78% a los 14 y 22 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la velocidad del aire del ventilador en modo refrigeración.

Velocidad del aire vs tiempo en modo refrigeración.

Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)
0	20,8
2	22,6
4	25,3
6	19,9
8	20,4
10	18,9
12	18
14	18
16	18,1
18	19
20	19,5
22	18,7
24	20

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Velocidad del aire vs tiempo en modo refrigeración.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para la toma de datos, se realiza el análisis de 12 velocidades del aire a la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la velocidad del ventilador en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 20,8 km/h, las velocidades del ventilador van descendiendo y ascendiendo poco a poco, la diferencia más grande que se observa en la velocidad del aire es de 4,4 km/h, entre la segunda velocidad de 25,3 km/h, con la tercera velocidad de 19,9 km/h, de ahí las velocidades del aire tienen cambios menores y se van estableciendo, las 4 últimas velocidades se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 1,3 km/h, el segundo dato tomado es la velocidad más alta con 25,3 km/h, y la velocidad más baja es de 18 km/h.

Resultados tomados a dos metros de distancia de la salida del evaporador en modo refrigeración.

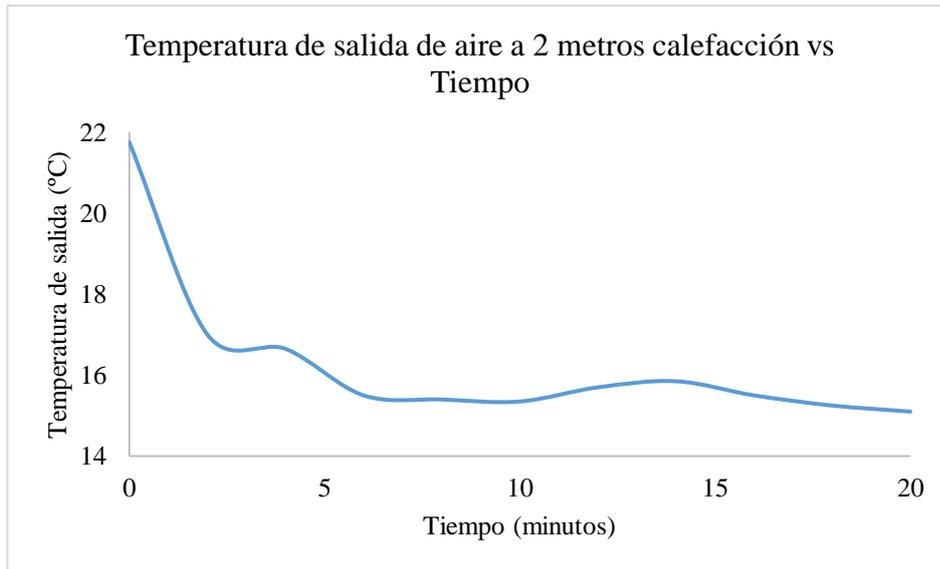
Para la toma de datos del aire a 2 metros de distancia de la salida del intercambiador de calor interior del módulo térmico, se lo enciende en modo refrigeración siguiendo los parámetros establecidos en el manual de operación, con la ayuda de un medidor de aire ambiental y de un multímetro con una termocupla tipo K, se mide la temperatura de salida del aire y con un reloj se controla los intervalos de tiempo para la medición, tomando en cuenta que en el laboratorio donde se realiza las mediciones se encuentran 5 personas y 3 equipos con motores eléctricos funcionando, y con una temperatura exterior al laboratorio de 16,8°C, obteniendo así los siguientes resultados.

Medición de la temperatura a dos metros de distancia de la salida del evaporador en modo refrigeración

Temperatura vs tiempo a 2 metros de distancia de la salida del evaporador en modo refrigeración

Tiempo (minutos)	Temperatura de salida (°C)
0	21,75
2	17
4	16,65
6	15,5
8	15,4
10	15,35
12	15,7
14	15,85
16	15,5
18	15,25
20	15,1

**Realizado por:** Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Temperatura vs tiempo a 2 metros de distancia de la salida del evaporador en modo refrigeración

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

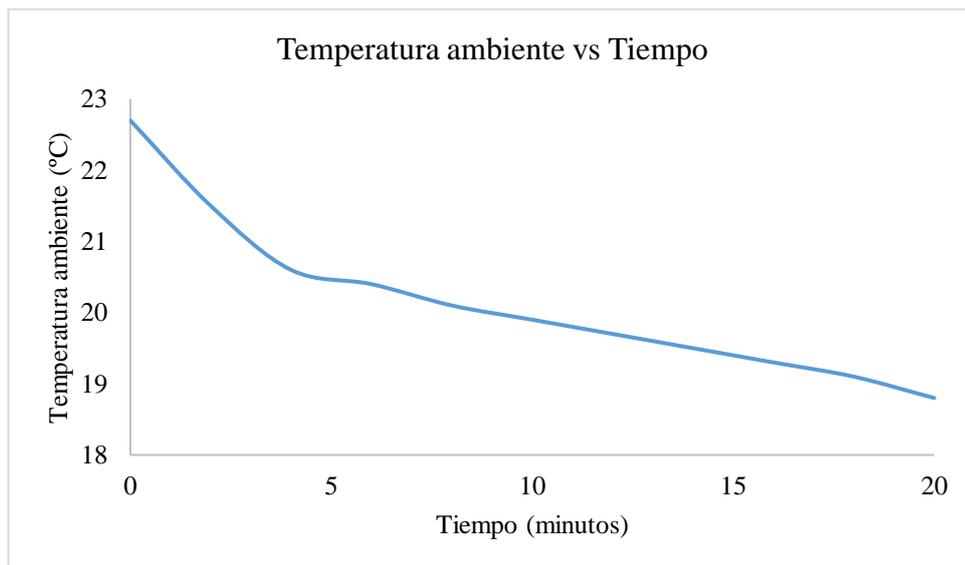
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 temperaturas, más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura inicial a 2 metros de distancia de la salida de aire interior en el intercambiador en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 21,75°C, las temperaturas que se toman descienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 4,75°C entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 17°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 3 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,4°C, el último dato tomado, es la temperatura de aire de salida más baja conseguida con 15,1°C, a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la temperatura ambiente en modo refrigeración.

Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración

Tiempo (minutos)	Temperatura ambiente (°C)
0	22,7
2	21,5
4	20,6
6	20,4
8	20,1
10	19,9
12	19,7
14	19,5
16	19,3
18	19,1
20	18,8

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Temperatura ambiente vs tiempo en modo refrigeración

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

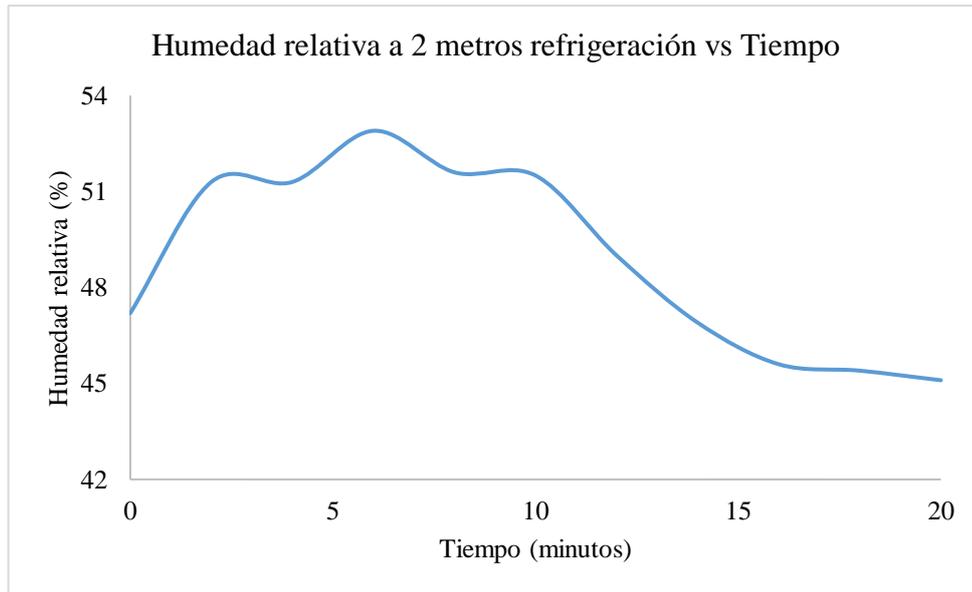
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 temperaturas más la temperatura inicial, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la temperatura ambiente inicial en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 22,7°C, las temperaturas que se toman descienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre temperaturas es de 1,2°C, entre la temperatura inicial y el primer dato, que es una temperatura de 21,5°C, las temperaturas tienen cambios menores y se establecen, las 5 últimas temperaturas se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,9°C, el último dato tomado es la temperatura ambiente más baja conseguida con de 18,8°C, a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la humedad relativa en modo refrigeración a dos metros de distancia

Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración a 2 metros de distancia.

Tiempo (minutos)	Humedad relativa (%)
0	47,2
2	51,3
4	51,3
6	52,9
8	51,6
10	51,5
12	49
14	46,9
16	45,6
18	45,4
20	45,1

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Humedad relativa vs tiempo en modo refrigeración a 2 metros de distancia.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

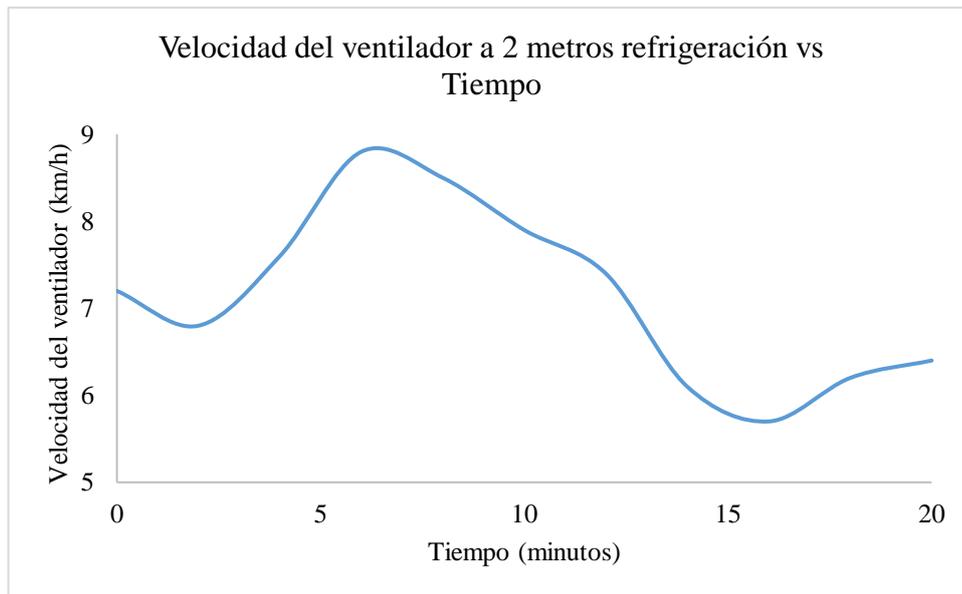
Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 humedades relativas a 2 metros de distancia a la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la humedad relativa en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 47,2%, los valores de la humedad relativa que se toman ascienden poco a poco, la diferencia más grande que se observa entre los valores de humedades relativas fue de 4,1%, entre humedad relativa inicial y el primer dato, que es una humedad relativa del 51,3%, los valores tienen cambios menores y se establecen, los 4 últimos valores se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,7%, el último dato tomado es la humedad relativa más baja conseguida con un valor de 45,1% a los 20 minutos desde que se enciende el módulo.

Medición de la velocidad del aire del ventilador en modo refrigeración a dos metros de distancia.

Velocidad del aire vs tiempo en modo refrigeración a dos metros de distancia.

Tiempo (minutos)	Velocidad (km/h)
0	7,2
2	6,8
4	7,6
6	8,8
8	8,5
10	7,9
12	7,4
14	6,1
16	5,7
18	6,2
20	6,4

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.



Velocidad del aire vs tiempo en modo refrigeración a dos metros de distancia.

Realizado por: Vacacela, M.; Caichug, K., 2022.

Para la toma de datos, se realiza el análisis de 10 velocidades del aire a dos metros de distancia desde la salida del evaporador, con un intervalo de tiempo de cada 2 minutos, la velocidad del ventilador en modo refrigeración con la que el módulo empieza a trabajar es de 7,2 km/h, las velocidades del ventilador van descendiendo y ascendiendo poco a poco, la diferencia más grande que se observa en la velocidad del aire es de 1,3 km/h, entre la sexta velocidad de 7,4 km/h, con la séptima velocidad de 6,1 km/h, de ahí las velocidades del aire tienen cambios menores y se van estableciendo, las 4 últimas velocidades se mantienen en un rango de diferencia no mayor a 0,7 km/h, el tercer dato tomado es la velocidad más alta con 8,8 km/h, y la velocidad más baja es de 5,7 km/h.