

ELABORACIÓN DE PLAN DE MEJORAMIENTO DE EQUIPOS PARA EL
LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DE
LA UNIVERSIDAD

JUAN DAVID GÓMEZ MEJÍA
JUAN DAVID PIRAGAUTA BARRERA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2018

ELABORACIÓN DE PLAN DE MEJORAMIENTO DE EQUIPOS PARA EL
LABORATORIO DE REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DE
LA UNIVERSIDAD

JUAN DAVID GÓMEZ MEJÍA
JUAN DAVID PIRAGAUTA BARRERA

Proyecto integral de grado optar al título de:
INGENIERO MECÁNICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BOGOTÁ D.C
2.018

Nota de aceptación:

Ing. Carlos Urrego Rodríguez
Presidente del Jurado

Víctor R. González

Gabriel H. Rivera

Bogotá D.C., agosto de 2018

DIRECTIVAS DE LA FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano Facultad de Ingenierías

Ing. Julio Cesar Fuentes Arismendi

Director Ingeniería Mecánica

Ing. Carlos Mauricio Veloza Villamil

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

Dedicamos este trabajo de grado en especial a nuestras familias, colegas y profesores que durante el periodo de nuestras carreras siempre fueron un apoyo incondicional para la formación de dos grandes profesionales, así como también dar gracias a Dios por darnos la fuerza y serenidad para afrontar los diferentes retos que se nos presentaron día a día.

Queremos agradecer a nuestro orientador de trabajo de grado, el Ingeniero Carlos Urrego Rodríguez, por ser una excelente guía en este proceso; de igual forma, al Ingeniero Carlos Mendoza (profesor de la Fundación Universidad de América) por compartirnos su conocimiento en esta etapa.

Adicionalmente, agradecemos el apoyo incondicional a nuestras familias que, durante este proceso de aprendizaje fueron de gran ayuda.

CONTENIDO

	pág.
1. REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	18
1.1 REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN	18
1.1.1 Compresor	19
1.1.2 Intercambiador de calor (condensador)	21
1.1.3 Mecanismo de expansión termostático	21
1.1.4 Intercambiador de calor (evaporador)	21
1.2 EL REFRIGERANTE	22
1.2.1 Clasificación de los refrigerantes	22
1.2.1.1 Refrigerantes CFC	23
1.2.1.2 Refrigerantes hidroclorofluorocarbonados HCFC	23
1.2.1.3 Refrigerantes hidrofluorocarbonados HFC	24
1.2.1.4 Naturales	24
1.3 REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA	24
1.4 REFRIGERACIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL	25
1.5. REFRIGERACIÓN PARA TRANSPORTE	26
1.6 CLIMATIZACIÓN	26
1.7 EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DENTRO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD	28
1.7.1 Módulo didáctico de refrigeración	28
1.7.2 Módulo didáctico de bomba de calor	29
1.7.3 Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	30
1.7.4 Módulo didáctico de Nevera no-frost	32
1.7.5 Módulo didáctico de congelación	33
1.7.6 Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	35
1.7.7 Prototipo de cuarto frío	35
2. MEJORAMIENTO DE LOS EQUIPOS	37
2.1 DELIMITACION PARA PROTOCOLOS DE CALIFICACIÓN	37
2.1.1 Información técnica	40
2.1.2 Operatividad para la formación	41
2.1.3 Calificación operacional	41
2.1.4 calificación de desempeño	43
2.1.5 Resultados finales	44
2.2 CALIFICACIÓN DE EQUIPOS	45
2.2.1 Prototipo de cuarto frío	45
2.2.1.1 Calificación de documentación y operatividad para formación	47
2.2.1.2 Calificación de operación	49
2.2.1.3 Calificación de desempeño	51

2.2.2 Módulo didáctico de congelación	51
2.2.2.1 Calificación de documentación y operatividad para formación	52
2.2.2.2 Calificación de operación	54
2.2.2.3 Calificación de desempeño	55
2.2.3 Módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana	64
2.2.3.1 Calificación de documentación y operatividad para formación	65
2.2.3.2 Calificación de operación	66
2.2.3.3 Calificación de desempeño	69
2.2.4 Módulo didáctico de bomba de calor	73
2.2.4.1 Calificación de documentación y operatividad para formación	75
2.2.4.2 Calificación de operación	76
2.2.4.3 Calificación de desempeño	78
2.2.5 Módulo didáctico de refrigeración	79
2.2.5.1 Calificación de documentación y operatividad para formación	79
2.2.5.2 Calificación de operación	81
2.2.5.3 Calificación de desempeño.	82
2.2.6 Módulo didáctico de nevera no-frost	89
2.2.6.1 Calificación de documentación y operatividad para formación	89
2.2.6.2 Calificación de operación	91
2.2.6.3 Calificación de desempeño	92
2.2.7 Módulo Didáctico de acondicionamiento de aire móvil	93
2.2.7.1 Calificación de documentación y operatividad para formación	93
2.2.7.2 Calificación de operación	95
2.2.7.3 Calificación de desempeño	96
2.2.8 Resultados finales	100
3. PLAN DE MEJORA Y PRESUPUESTO PARA EQUIPOS FUNCIONALES	101
3.1 DELIMITACION FORMATOS PLAN DE MEJORA	101
3.2 LISTADO DE MEJORAS DE EQUIPOS FUNCIONALES	102
3.2.1 Plan de mejora módulo de congelación	102
3.2.2 Plan de mejora módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana	103
3.2.3 Plan de mejora módulo didáctico de refrigeración	104
3.2.4 Plan de mejora módulo de acondicionamiento de aire móvil	106
3.3 PRESUPUESTO PLAN DE MEJORA PARA EQUIPOS FUNCIONALES	107
3.3.1 Presupuesto plan de mejora para módulo didáctico de congelación	108
3.3.2 Presupuesto plan de mejora para módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana	109
3.3.3 Presupuesto plan de mejora para módulo didáctico de refrigeración	111
3.3.4 Presupuesto plan de mejora para módulo de acondicionamiento de aire móvil	112
3.3.5 Presupuesto total del proyecto	112

3.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS FUNCIONALES	114
3.4.1 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de refrigeración	115
3.4.2 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de congelación	120
3.4.3 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	123
3.4.4 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	126
4. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO Y RECOMENDACIONES PARA GUÍAS DE LABORATORIO DE EQUIPOS FUNCIONALES	131
4.1 ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO	131
4.2.2 Módulo didáctico de congelación	141
4.2.3 Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	142
4.2.4 Acondicionamiento de aire móvil	142
5. CONCLUSIONES	144
6. RECOMENDACIONES	145
BIBLIOGRAFIA	146
ANEXOS	147

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Clasificación de los refrigerantes CFC	23
Tabla 2. Clasificación de los sistemas de refrigeración	26
Tabla 3. Datos de temperatura Módulo Didáctico de Congelación	56
Tabla 4. Resultados iniciales y finales de carta psicrométrica	60
Tabla 5. Resultados finales del Módulo Didáctico de Congelación	63
Tabla 6. Resultados iniciales y finales de carta psicrométrica	71
Tabla 7. Resultados iniciales Módulo Didáctico de A/C Tipo Ventana	72
Tabla 8. Resultados iniciales y finales de carta psicrométrica	85
Tabla 9. Resultados iniciales Módulo Didáctico de Refrigeración	86
Tabla 10. Resultados finales Módulo Didáctico de Refrigeración	88
Tabla 11. Parámetros iniciales y finales de la carta psicrométrica	98
Tabla 12. Resultados finales módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	99
Tabla 13. Cálculo de valor de hora laboral de un ingeniero y un técnico en refrigeración	107
Tabla 14. Comparación de costos	113

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema básico del proceso de un sistema de refrigeración por compresión	18
Figura 2. Compresor hermético recíprocante	20
Figura 3. Compresor semihermético recíprocante	20
Figura 4. Compresor Scroll	21
Figura 5. Sistema de refrigeración doméstico	25
Figura 6. Módulo didáctico de refrigeración	29
Figura 7. Módulo didáctico de Bomba de Calor	30
Figura 8. Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	31
Figura 9. Componentes del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	31
Figura 10. Módulo didáctico de nevera No-frost. Exterior	32
Figura 11. Módulo didáctico de nevera No-Frost, Interior	33
Figura 12. Módulo didáctico de congelación vista frontal	34
Figura 13. Módulo didáctico de Congelación vista trasera	34
Figura 14. Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	35
Figura 15. Prototipo de cuarto frío	36
Figura 16. Proceso de calificación de equipos	38
Figura 17. Sistema eléctrico del prototipo de cuarto frío	46
Figura 18. Compresor del prototipo de cuarto frío	47
Figura 19. Captura de pantalla de aplicativo regla de refrigerantes	56
Figura 20. Igualación de presiones en el sistema	64
Figura 21. Encabezado de formato para manual de mantenimiento	115
Figura 22. Calentamiento de la superficie de la Tierra por parte del Sol	132
Figura 23. Valores de evaluación para análisis cuantitativo de impactos ambientales	136
Figura 24. Matriz cuantitativa grado de importancia de impactos ambientales para plan de mejora de equipos funcionales	138
Figura 25. Estrategias para la gestión de SAO	139

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación de los refrigerantes HCFC	23
Cuadro 2. Características del compresor	36
Cuadro 3. Escala de calificación de equipos	39
Cuadro 4. Cuadro de porcentajes para protocolos de calificación	44
Cuadro 5. Rangos para calificación de equipos	45
Cuadro 6. Propiedades termodinámicas del aire a presión atmosférica (101,3KPa)	59
Cuadro 7. Datos de compresor del módulo didáctico de congelación	62
Cuadro 8. Datos de temperatura y presión Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	69
Cuadro 9. Datos del compresor Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	71
Cuadro 10. Datos iniciales de temperatura para el módulo didáctico de refrigeración	83
Cuadro 11. Datos del compresor Módulo didáctico de Refrigeración	86
Cuadro 12. Datos finales de temperatura para el Módulo Didáctico de Refrigeración	86
Cuadro 13. Datos de temperatura módulo didáctico de acondicionamiento de aire vehicular	97
Cuadro 14. Calificación de los Equipos	100
Cuadro 15. Selección de equipos funcionales	100
Cuadro 16. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de congelación	108
Cuadro 17. Análisis de tiempos para actividades de mantenimiento del módulo de congelación	108
Cuadro 18. Listado de repuestos e insumos para plan de mejora del módulo didáctico de congelación	109
Cuadro 19. Costo del plan de mejora para el módulo didáctico de congelación	109
Cuadro 20. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	109
Cuadro 21. Análisis de tiempos para actividades de mantenimiento del módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana	110
Cuadro 22. Listado de repuestos e insumos para plan de mejora de módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	110
Cuadro 23. Costo del plan de mejora para módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	110
Cuadro 24. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de refrigeración	111
Cuadro 25. Análisis de tiempos para actividades de mantenimiento del módulo didáctico de refrigeración	111

Cuadro 26. Listado de repuestos e insumos para plan de mejora de módulo didáctico de refrigeración	111
Cuadro 27. Costo del plan de mejora para módulo didáctico de refrigeración	112
Cuadro 28. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	112
Cuadro 29. Costo del plan de mejora para módulo de acondicionamiento de aire móvil	112
Cuadro 30. Costo total para el proyecto de mejora de los equipos del laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire	113
Cuadro 31. Cuerpo de formato para manual de mantenimiento (sistema mecánico hidráulico)	115
Cuadro 32. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de refrigeración	116
Cuadro 33. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de refrigeración	118
Cuadro 34. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de refrigeración	119
Cuadro 35. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de congelación	120
Cuadro 36. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de congelación	121
Cuadro 37. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de congelación	122
Cuadro 38. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	123
Cuadro 39. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	125
Cuadro 40. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	126
Cuadro 41. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	127
Cuadro 42. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	128
Cuadro 43. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	130
Cuadro 44. Factores de evaluación para análisis cuantitativo de impactos ambientales	136
Cuadro 45. Matriz cuantitativa grado de importancia de impactos ambientales para proceso de intervención de los equipos	137
Cuadro 46. Criterios para determinar los resultados del análisis ambiental del proyecto	139

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Cotización Almacenes de Refrigeración	149
Anexo B. Tablero de aire acondicionado	150
Anexo C. Circuito de refrigeración	157
Anexo D. Carga de refrigerante	164

RESUMEN

Para el desarrollo del proyecto que tiene como nombre elaboración de plan de mejoramiento de equipos para el laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire de la universidad; inicialmente se realizó un diagnóstico de los 7 equipos involucrados en el proyecto los cuales son: Modulo didáctico de refrigeración, Modulo didáctico de bomba de calor, Modulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana, Modulo didáctico de nevera no-frost, Modulo didáctico de congelación y módulo de acondicionamiento de aire móvil; para así poder determinar el estado inicial de cada uno. Al momento de realizar el diagnóstico y toma inicial de datos en los equipos se determinaron varias inconsistencias tanto visualmente como en su funcionamiento razón por la cual se procedió a realizar un procedimiento de intervención el cual consistía en un barrido del sistema por medio de nitrógeno gaseoso, y una recarga haciendo uso del mismo tipo de refrigerante, para posteriormente realizar una nueva toma de datos y así poder determinar la correcta funcionalidad tanto del sistema como de cada uno de sus componentes.

Para la realización de la calificación de cada uno de los equipos se siguió como base la metodología de Calificación y Validación de equipos y procesos aprobada por la guía internacional según la FDA, y el Manual de Calificación y Validación en entornos regulados de la compañía BINDER; con los que se estableció una calificación de diagnóstico, operacional y de desempeño como protocolos de evaluación, que posteriormente permitieron realizar la selección de equipos funcionales.

Teniendo en cuenta los protocolos de calificación se determinaron como equipos funcionales el módulo didáctico de refrigeración, módulo didáctico de congelación, módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana y el módulo de acondicionamiento de aire móvil con la finalidad de diseñar el plan de mejora para cada uno que liste cada una de las recomendaciones y actividades a realizar para su mantenimiento.

Posteriormente se calculó un presupuesto de cada uno de los planes de mejora para los equipos seleccionados como funcionales donde se tuvieron en cuenta cada uno de los procedimientos, repuestos e insumos necesarios para la realización del mismo y así poder determinar un presupuesto total del proyecto.

Utilizando como base la metodología CONESA para la evaluación de impactos ambientales de un proyecto se determinó la posible afectación ambiental que se podría generar y se plantearon posibles alternativas de solución para mitigar dichos impactos.

Palabras clave: Calificación, Diagnostico, Refrigeración, Operación, Desempeño, Evaluación

INTRODUCCIÓN

En una universidad, la aplicación de los conocimientos aprendidos en clase es de vital importancia para completar el ciclo de aprendizaje de una forma satisfactoria y efectiva, en el campo de la ingeniería mecánica la aplicación de dichos conocimientos puede ser considerado como un abre bocas a lo que un ingeniero puede encontrarse en la industria. Para poder recurrir a una buena implementación de dichos conocimientos es indispensable contar con excelentes espacios de trabajo, así como equipos en condiciones óptimas de operación y guías metodológicas para dar seguimiento a dichas prácticas.

Actualmente el laboratorio de refrigeración cuenta con diferentes bancos de prueba y equipos diseñados para el proceso de enseñanza de la cátedra, pero dichos equipos no se encuentran en capacidad de operar correctamente debido a la falta de mantenimiento lo cual genera un incorrecto proceso de aprendizaje y un riesgo de daño para los mismos.

Con la finalidad de realizar un correcto desarrollo del proyecto se determinaron los siguientes objetivos los cuales se listan a continuación:

- Elaborar un diagnóstico de la situación actual y estado de los equipos
- Seleccionar equipos funcionales y no funcionales utilizando metodología establecida
- Elaborar propuesta de mejoramiento para los equipos funcionales del laboratorio
- Diseñar un manual de mantenimiento preventivo para los equipos funcionales
- Elaborar presupuesto del proyecto de mejora
- Realizar recomendaciones para guías de laboratorio para equipos funcionales
- Elaborar un análisis ambiental del proyecto

Para diagnosticar los equipos de forma correcta, se tomó como base la metodología de calificación y validación de equipos y procesos industriales aprobada por la FDA y el manual de calificación y validación en entornos regulados de la empresa BINDER, la cual enfoca el análisis teniendo en cuenta aspectos como diseño, instalación, operación y desempeño. De acuerdo a esta metodología cada calificación varía dependiendo a la necesidad y a la situación, razón por la cual para los equipos involucrados en este proyecto se evaluaron aspectos como estado inicial, operación y de desempeño.

Es importante aclarar que a pesar de que se realizó un procedimiento de intervención para la limpieza del sistema y componentes de algunos equipos, el proyecto no abarca la ejecución del mantenimiento propuesto por los autores, únicamente involucra recomendaciones a seguir para poner en puesta a punto los equipos.

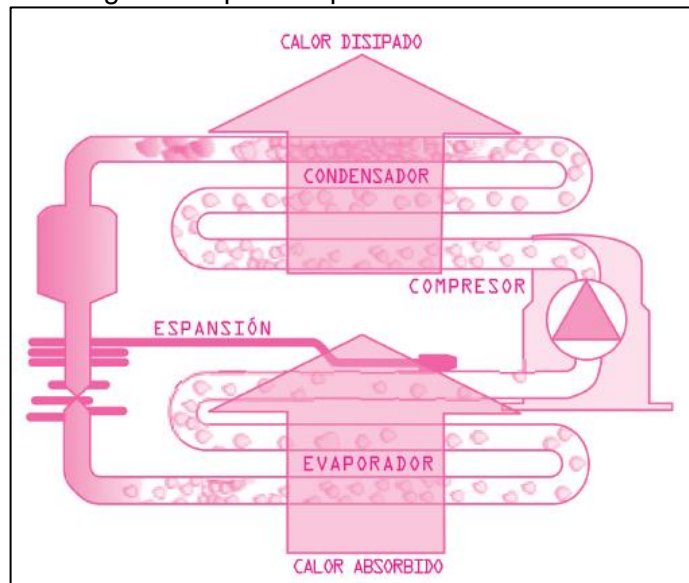
1. REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Se define refrigeración como el proceso de extracción de calor, se habla de dos sistemas utilizados para la producción de bajas temperaturas conocidos como sistemas de refrigeración por absorción y por compresión. Dentro de la Universidad, los equipos del laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire cuentan con sistemas de refrigeración por compresión.

1.1 REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN

En los sistemas de refrigeración o climatización por compresión, el calor es bombeado desde un recinto cerrado hacia el exterior por medio de cuatro operaciones: Evaporación, compresión, expansión y condensación.¹

Figura 1. Esquema básico del proceso de un sistema de refrigeración por compresión



Fuente. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 26 p.

El refrigerante en fase gaseosa es succionado por el compresor comprimiéndolo y aumentando su presión. El gas a alta presión va a un intercambiador de calor, el cual cumple la función de condensador que, por sus condiciones de presión y temperatura condensa el fluido refrigerante por la acción del ambiente aire o agua. A la salida del intercambiador de calor, el refrigerante en fase líquida y alta presión

¹ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 25 p.

es conducido hacia un mecanismo de expansión que realiza un proceso de estrangulamiento al fluido disminuyendo su presión drásticamente, dirigiéndolo a un segundo intercambiador de calor que cumple la función de evaporador, durante este proceso el calor se absorbe del aire o cualquier tipo de carga térmica, realizando un cambio de fase en el refrigerante.

El sistema de refrigeración por compresión es el más utilizado, y por esta razón es uno de los más conocidos. En el caso de la refrigeración por compresión existen dos tipos diferentes de presiones; por un lado, está la presión de evaporación o también conocida como baja presión y la presión de condensación o también conocida como alta presión.²

Este ciclo básico de refrigeración por compresión consta de seis partes fundamentales que son;

1. Compresor
2. Condensador
3. Mecanismo de expansión termostática
4. Evaporador
5. Refrigerante

1.1.1 Compresor. Los compresores son bombas de vapor que permiten el flujo de refrigerante, cargado de calor, desde el lado de baja presión del sistema (en el evaporador), al de alta presión (en el condensador), para realizar su labor estos equipos comprimen el vapor, aumentando la presión y elevando la temperatura.

En los sistemas de acondicionamiento de aire se utilizan comúnmente varios tipos de compresores; como son: reciprocante y scroll. De los dos el más usado en gran parte de las aplicaciones es el reciprocante.³

Para el caso de los equipos que se encuentran actualmente activos en la Universidad, constan de compresores alternativos utilizados en aplicaciones residenciales y de pequeño comercio, estos compresores pueden ser de tipo hermético. Los sistemas modernos residenciales que disponen de compresores alternativos, suelen estar equipados con un compresor hermético y este tipo de compresor se enfría gracias al gas de aspiración.⁴

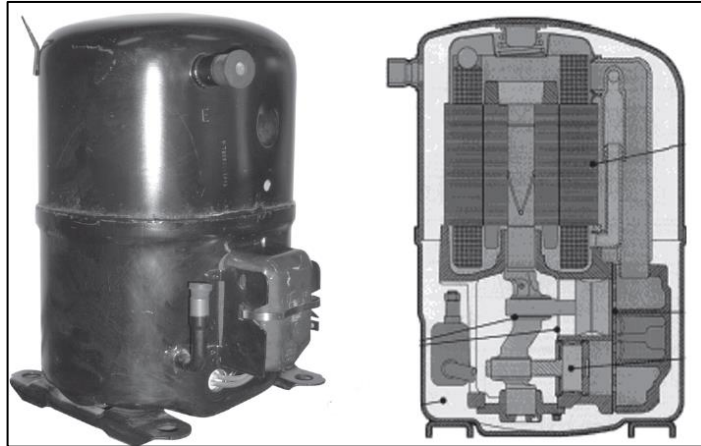
² YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Ciclo sencillo de refrigeración por compresión. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 62 p.

³ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 29 p.

⁴ William C. Whitman, William M. Johnson. Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. PARANINFO, 2011. 199 p.

- Compresores recíprocos; Fundamentan su funcionamiento en un sistema de pistones que comprimen el gas refrigerante dentro de los cilindros del equipo, gracias al trabajo de un motor eléctrico⁵

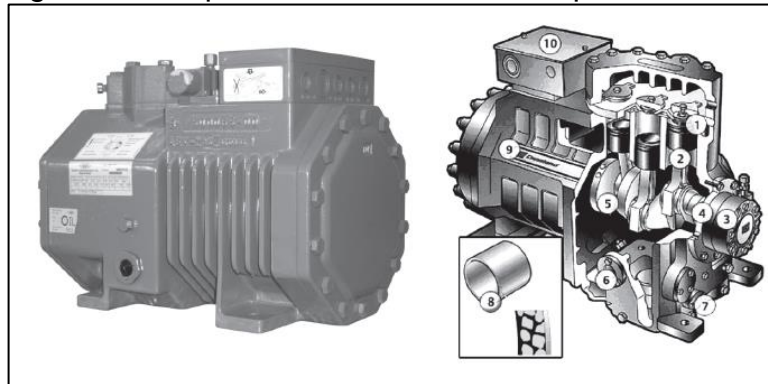
Figura 2. Compresor hermético recíproco



Fuente. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 29 p.

- Compresores semiherméticos; Estos equipos cuentan con un motor eléctrico y compresor en un mismo cuerpo, se diferencia de los anteriores debido a que cuentan con acceso a su interior para reparaciones⁶

Figura 3. Compresor semihermético recíproco



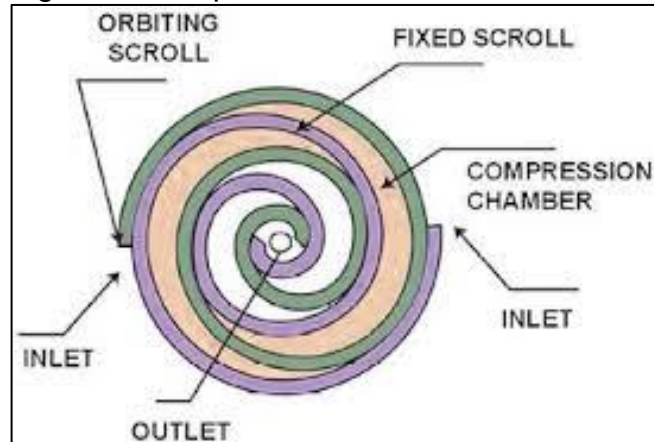
Fuente. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 30 p.

⁵ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 30 p.

⁶ Ibid., p. 29.

- Compresor Scroll; Estos equipos se basan en el funcionamiento de dos espirales, uno fijo y otro móvil que realiza un movimiento sobre el mismo eje efectuando la compresión

Figura 4. Compresor Scroll



Fuente. AHSAN. Technical theory. Scroll Compressor. En.: Technicaltheory.blogspot.com., 2015.

1.1.2 Intercambiador de calor (condensador). El condensador de un equipo de acondicionamiento de aire es el componente que expulsa el calor del sistema, la mayor parte del equipo se refrigera por aire y expulsa dicho calor hacia el ambiente. La tubería por la cual fluye el refrigerante es de cobre o de aluminio y están dotados de aletas de aluminio que aumentan la superficie de intercambio de calor.⁷

1.1.3 Mecanismo de expansión termostático. El funcionamiento de las válvulas de expansión termostáticas se basa en el recalentamiento de los vapores del fluido frigorífico que abandonan el evaporador, lo que ha motivado que ciertos autores las denominen “válvulas de expansión con recalentamiento constante”. La utilización de las válvulas de expansión termostáticas consta en remediar la insuficiencia periódica en la alimentación constante y máxima del evaporador en todo momento del ciclo funcional.⁸

1.1.4 Intercambiador de calor (evaporador). Los evaporadores son intercambiadores de calor al igual que los condensadores, en este caso, dichos componentes tienen por finalidad la evaporación del fluido líquido contenido en el interior del evaporador.⁹

⁷ William C. Whitman, William M. Johnson. Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. PARANINFO, 2011., 204 p.

⁸ RAPIN, P, J Y JACQUARD, P. Instalaciones frigoríficas. Tomo 2.: MARCOMBO, 449 p. Colección RUSTICA. ISBN 978-84-2671-0925

⁹ William C. Whitman, William M. Johnson. Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. PARANINFO, 2011., 205 p.

1.2 EL REFRIGERANTE

Un refrigerante es una sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro. Un refrigerante debe poseer propiedades físicas, químicas y termodinámicas que lo hagan seguro y económico mediante su uso, para que sea el apropiado y aplicable en el ciclo de compresión-vapor.¹⁰

Para determinar que un refrigerante es eficiente, este debe satisfacer las siguientes dos condiciones;¹¹

- Absorción del calor rápidamente, a la temperatura requerida por la carga del producto
- El sistema debe usar el mismo refrigerante constantemente, por razones de economía y para enfriamiento continuo

Muchos refrigerantes están compuestos por dos moléculas una de metano y otra de etano, estas dos moléculas contienen a su vez hidrogeno (H) y carbono que son conocidos como hidrocarburos puros (HC). Dichos hidrocarburos puros, fueron en su tiempo, considerados como buenos refrigerantes debido a su inflamabilidad, no fueron usados ni implementados hasta 1930. Más adelante los átomos de hidrógeno son removidos de las moléculas de metano o etano y reemplazadas por cloro o flúor, formando así moléculas cloradas, fluoradas o ambas, algunas de las abreviaciones para representar las moléculas más conocidas y que representan varios tipos de refrigerantes son;¹²

- Clorofluorocarbonos (CFC)
- Hidroclorofluorocarbonados (HCFC)
- Hidrofluorocarbonados (HFC)
- Naturales

1.2.1 Clasificación de los refrigerantes. Los refrigerantes, al ser fluidos que reaccionan con el calor, se clasifican en cuatro (4) tipos.

¹⁰ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 27 p.

¹¹ I Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 39 p.

¹² ARORA, Ramesh Chandra. Refrigeration and air conditioning. PHI Learning Pvt. Ltd., 2010, 216 p.

1.2.1.1 Refrigerantes CFC. Los refrigerantes clorofluorocarbonos (CFC) contienen cloro, flúor y carbono. Como no contienen hidrógeno, los refrigerantes CFC son químicamente muy estables, inclusive cuando son liberados a la atmósfera. Pero debido a que contienen cloro en su composición, están dañando la capa de ozono. El Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO) de los clorofluorocarbonos varía de 0.5 a 1.0.¹³

En la siguiente tabla se presentan algunos de los CFC que están regulados por el Protocolo de Montreal desde el 1 de julio de 1989 y por tal motivo no se comercializan, de estos, el R-11 y el R-12 se usaron comúnmente en enfriadores de líquido de baja presión y sistemas de refrigeración.

Tabla 1. Clasificación de los refrigerantes CFC

Gas	Nombre	Fórmula
R-11	Tricolofluorometano	C Cl ₃ F
R-12	Diclorodifluorometano	C Cl ₂ F ₂
R-113	triclorotrifluoroetano	C Cl ₂ F C Cl F ₂
R-114	Diclorotetrafluoroetano	C ₂ F ₄ Cl ₂
R-115	Cloropentafluoroetano	C Cl F ₂ C F ₃

Fuente. YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 42 p.

1.2.1.2 Refrigerantes hidroclorofluorocarbonados HCFC. Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) son la segunda categoría de refrigerantes que están vigentes actualmente. Aunque contienen cloro, que daña la capa de ozono, los refrigerantes HCFC también contienen hidrógeno, que los hace químicamente menos estables una vez que suben a la atmósfera. Su potencial de agotamiento es muy bajo y varía de 0.001 a 0.11. Para los países en desarrollo está permitido su uso hasta el año 2040.¹⁴

El R-22 es un ejemplo de un refrigerante HCFC que se ha utilizado en todo el mundo por muchos años. La mayoría de los equipos de acondicionamiento de aire, por ejemplo, el tipo ventana o el sistema dividido (Mini-Split), utilizan el R-22.¹⁵

Cuadro 1. Clasificación de los refrigerantes HCFC

Gas	Nombre	Composición química
R-22	Hidroclorofluorocarbono	C H Cl F ₂

Fuente. YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Refrigerante R-22. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 62 p.

¹³ YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Clases de refrigerantes. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 41 p.

¹⁴ Ibid., p. 44.

¹⁵ Ibid., p. 46.

1.2.1.3 Refrigerantes hidrofluorocarbonados HFC. Este tipo de gases se encuentran libres de cloro, pero con presencia de hidrógeno, flúor y carbono; debido a esto, no se genera ninguna afectación a la capa de ozono, con un PAO igual a cero (0), el HFC que se utiliza comúnmente es el R-134^a. Dichos refrigerantes al poseer un alto potencial de calentamiento global (PCG) afectan el planeta.¹⁶

1.2.1.4 Naturales. Los refrigerantes naturales no poseen agentes contaminantes o agotadores de ozono, entre esos fluidos de trabajo naturales se encuentra el amoníaco NH₃ conocido también como R717, considerado como un excelente refrigerante con ventajas de producir temperaturas de hasta -70°C, su punto de vaporización es bajo (-33°C).¹⁷

Adicionalmente, entre los refrigerantes naturales también se encuentra el Dióxido de carbono, conocido comúnmente como R-744 al utilizarse como refrigerante. Se considera como un fluido inodoro, incoloro y menos pesado que el aire, su PAO equivale a cero y cuenta con el mínimo valor PCG de todos los refrigerantes.¹⁸

1.3 REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA

Un refrigerador de uso doméstico es un artefacto que anualmente se produce a nivel mundial por más de 80 millones de unidades, de manera que, millones son utilizados de forma continua actualmente y por tanto el impacto mundial del consumo de energía eléctrica que estos sistemas requieren es significativo. Un refrigerador típico, consume aproximadamente 1 kWh/día de energía eléctrica, siendo un consumo unitario relativamente bajo; sin embargo, los refrigeradores domésticos y comerciales son responsables del 11% de la energía total consumida anualmente en Brasil, lo que equivale a 2,86 TWh/año. Por otro, lado si se considera la eficiencia de un refrigerador, la cual es relativamente baja, apenas llega al 15%, debido fundamentalmente a las pérdidas energéticas irreversibles ocasionadas por la mayor parte de los componentes del sistema, como el condensador, el evaporador, tubo capilar y en especial el compresor que es el elemento que consume en gran parte la energía, alrededor del 80%. El uso de refrigerantes como los CFC, HCFC, HFC contribuye al agotamiento de la capa de ozono y al aumento en el calentamiento global, razón por la cual su producción y uso han sido regulados según el Protocolo de Montreal.¹⁹

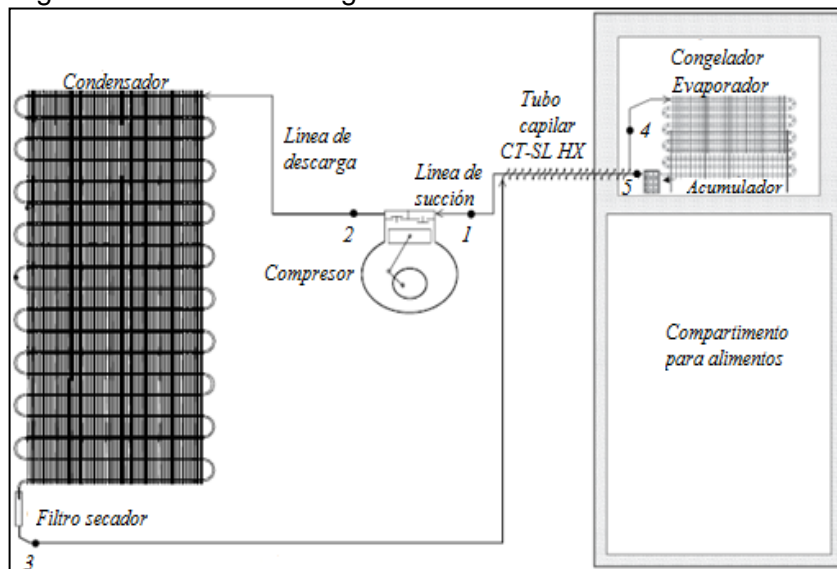
¹⁶ YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Los Hidrofluorocarbonados. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 48 p.

¹⁷ FROZTEC. Refrigerantes naturales: ¿Cuáles son y en que te benefician?, Sept 21, 2017

¹⁸ Ibid.

¹⁹ Edwin Corte. Sistemas de refrigeración doméstica - Estado del arte de las mejoras en la eficiencia energética. En: REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS. Dic 15. 19 p.

Figura 5. Sistema de refrigeración doméstico



Edwin Corte. Sistemas de refrigeración doméstica - Estado del arte de las mejoras en la eficiencia energética. En: REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS. Dic 15, 19 p.

1.4 REFRIGERACIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL

En general las aplicaciones industriales son más grandes que las comerciales. Su uso es específicamente de proceso y almacenamiento.²⁰

Los sistemas de refrigeración industrial suelen estar clasificados de la siguiente manera;

- Sistemas con refrigeración por aire / sistemas con refrigeración por agua
- Sistemas abiertos. En los sistemas abiertos, el refrigerante o el fluido a enfriar está en contacto directo con el medio ambiente
- Sistemas cerrados. En los sistemas cerrados, el refrigerante o el fluido del proceso fluye a través de tubos o serpentines y no está en contacto directo con el medio ambiente
- Sistemas directos. En un sistema directo hay un solo intercambiador de calor donde el refrigerante enfría el fluido del proceso
- Sistemas indirectos. En un sistema indirecto existen, al menos dos intercambiadores de calor y un circuito secundario de refrigeración entre el proceso y el primer refrigerante²¹

²⁰ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 32 p.

²¹ FUNDACIÓN ECOLÓGICA Y DESARROLLO. Industria-Sistema de refrigeración industrial. Zaragoza, España, 2018. En: www.ecodes.org

1.5. REFRIGERACIÓN PARA TRANSPORTE

Los sistemas de refrigeración involucrados en el transporte, se encuentran presentes en camiones de carga, contenedores refrigerados y buques frigoríficos, con un excelente funcionamiento en climas variados, desde temperaturas por debajo del cero, hasta altas temperaturas en días calurosos de verano. Los refrigerantes utilizados en los sistemas tradicionales de refrigeración en el transporte son: R134a, R404A, R407A, R407F, R422A.²²

Esta aplicación es la encargada de mantener la cadena de frío en los productos procesados en la industria hasta su punto de comercialización y en algunos casos hasta el consumidor final.²³

Tabla 2. Clasificación de los sistemas de refrigeración

Sistema de refrigeración	Refrigerante	Modo de refrigeración	Temperatura final mínima del fluido de proceso (°C)
Sistema abierto con una sola vuelta del fluido a enfriar – sistema directo	Agua	Conducción Convección	18 – 20
Sistema abierto con una sola vuelta de fluido a enfriar – sistema indirecto	Agua	Conducción Convección	21 – 25
Torre de refrigeración en circuito abierto – sistema directo	Agua - Aire	Evaporación	27 – 31
Torre de refrigeración en circuito abierto – sistema indirecto	Agua - Aire	Evaporación	30 – 36
Torre de refrigeración en circuito cerrado - agua	Agua - Aire	Evaporación Convección	28 – 35
Torre de refrigeración en circuito cerrado - aire	Aire	Convección	40 - 45

Fuente. Industria-Sistema de refrigeración industrial. Disponible en: https://ecodes.org/archivo/proyectos/aguadulce/htm/consejosdeahorro/indus_IIIrefrigindustrial.html

1.6 CLIMATIZACIÓN

La climatización consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad dentro de los espacios habitados. La climatización puede ser natural o artificial y consta de dos vertientes; por un lado, se encuentra la calefacción o climatización de invierno y por otro la refrigeración o climatización de verano.

La comodidad térmica es importante para el bienestar y se encuentra sujeta a nueve factores;

²² THE LINDE GROUP. Gases industriales. Refrigeración para transporte., España, 2018.

²³ Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Compresores. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005. 32 p.

- El factor humano: es la manera de vestir, el nivel de actividad y el tiempo durante el cual las personas permanecen en la misma situación, influye sobre la comodidad térmica
- El espacio: la temperatura radiante media de los parámetros del local considerado y la temperatura ambiente
- El aire: su temperatura, velocidad y humedad relativa
- La temperatura del exterior: los elementos separadores del interior de los edificios con el exterior no son impermeables al paso del calor, aunque pueden aislarse convenientemente
- La radiación solar: con el desarrollo de los nuevos edificios, las nuevas técnicas han favorecido el empleo del cristal y el incremento térmico es considerable en verano cuando la radiación solar los atraviesa, pero es favorable en invierno, disminuyendo la necesidad de calefacción. El acristalamiento excesivo no es deseable en climas cálidos, pero sí en climas fríos. Incluso en cerramientos opacos, no acristalados, calienta la superficie exterior aumentando el salto térmico exterior interior y por lo tanto el paso del calor por los cerramientos opacos
- La ventilación: la introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de este, lo cual puede suponer un problema cuando el aire exterior está a 30° C
- La ocupación: el número de ocupantes aumenta en los edificios; generando cada uno entre 80 y 150 W de carga térmica, según la actividad realizada
- La ofimática: la proliferación de aparatos electrónicos, impresoras, y fotocopiadoras, que forman parte de las oficinas modernas, generan cargas térmicas importantes
- La iluminación: considerada como un factor importante debido a que se estima una carga entre 15 a 25 W/m² debido a esto muchos almacenes utilizan como calentamiento un buen sistema de iluminación²⁴

El acondicionamiento de aire es un proceso considerado como el más completo en el tratamiento de aire ambiente de los locales que se encuentran habitados; este proceso consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura ya sea calefacción o refrigeración, humedad, limpieza como renovación y filtrado y el movimiento del aire dentro de los locales. Entre los sistemas de acondicionamiento se encuentran los autónomos y los centralizados. Los primeros producen el calor o el frío y además, tratan el aire; para los centralizados, estos tienen uno o unos acondicionadores que únicamente, tratan el aire, obteniendo así, energía térmica presentada en forma de alta o baja temperatura en un sistema centralizado.

²⁴ Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Guía Técnica sobre condiciones ambientales en los lugares de trabajo. En: www.mtas.es INSHT España. Feb 14, 2008, 34 p.

En este último caso la producción de calor suele confiarse a calderas que funcionan con combustibles y la producción de bajas temperaturas a máquinas frigoríficas que funcionan por compresión o por absorción.

En ocasiones, la expresión acondicionamiento de aire suele referirse a la refrigeración, pero esto no es del todo correcto debido a que también se tiene que considerar los sistemas de calefacción siempre que se trate o acondicione todos o algunos de los parámetros del aire de la atmósfera.²⁵

1.7 EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DENTRO DEL LABORATORIO DE LA UNIVERSIDAD

El área de refrigeración y acondicionamiento de aire hoy en día, es una aplicación industrial, comercial y doméstica de gran importancia en el campo de la ingeniería mecánica, es por esta razón, que dentro de la Universidad se ofrece una cátedra en dicho programa.

La cátedra de refrigeración y acondicionamiento de aire cuenta con actividades prácticas que, de una u otra forma, hacen que el conocimiento en dicha área sea más amplio; para las prácticas se encuentran equipos con aplicaciones industriales y domésticas.

Con la finalidad de dar a conocer cada uno de los equipos contenidos en este trabajo de grado, se dará una introducción de manera general de cada uno;

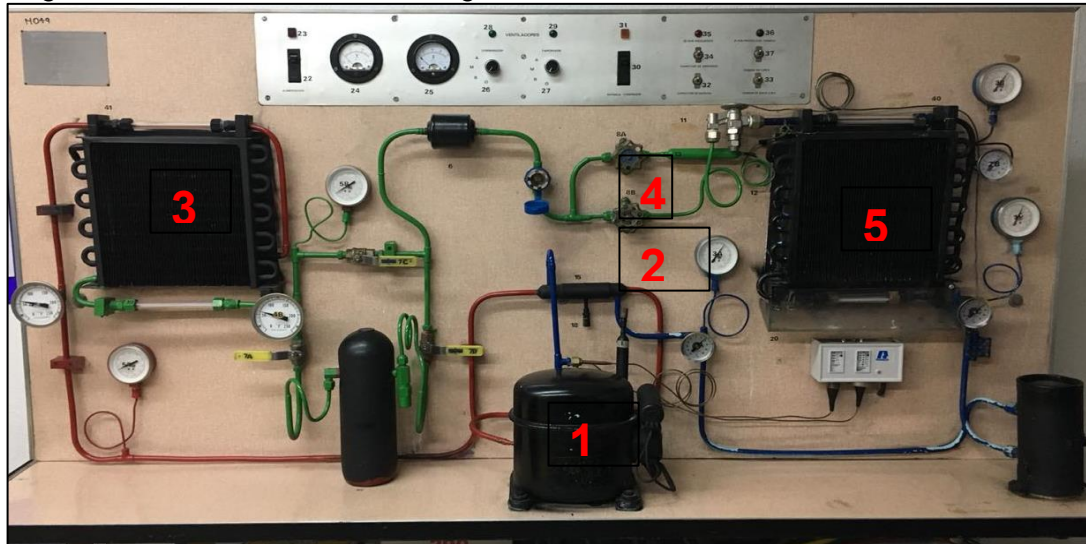
1.7.1 Módulo didáctico de refrigeración. Banco de pruebas didáctico compuesto por un compresor hermético alternativo de 1/3 HP para refrigerante MO49 el cual es encargado de aumentar la presión de este y a su vez realizar el desplazamiento. A la salida del compresor se encuentra un pequeño intercambiador de calor de doble tubo encargado de aumentar la temperatura de succión y disminuir la temperatura de descarga del compresor, posteriormente un condensador que cumple la función de realizar un intercambio de calor entre el refrigerante-aire realizando un cambio de fase de gas a líquido.

A la salida del condensador el sistema posee dos posibles caminos, uno de estos re direcciona el líquido hacia un tanque recolector con el fin de almacenar el refrigerante en caso de mantenimiento, la otra línea conduce a dos posibilidades de mecanismos de expansión con sus correspondientes filtros a la entrada de estos; la aplicación de estos dos mecanismos de expansión es determinar una diferencia en el comportamiento del sistema. Para continuar el flujo del refrigerante se encuentra un evaporador el cual cumple la función de hacer un cambio de fase de líquido a gaseoso permitiendo el ingreso al compresor.

²⁵ Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Guía Técnica sobre condiciones ambientales en los lugares de trabajo. En: www.mtas.es INSHT España. Feb 14, 2008, 27 p.

Adicionalmente el sistema tiene indicadores de presión, temperatura y flujo ubicados estratégicamente.

Figura 6. Módulo didáctico de refrigeración



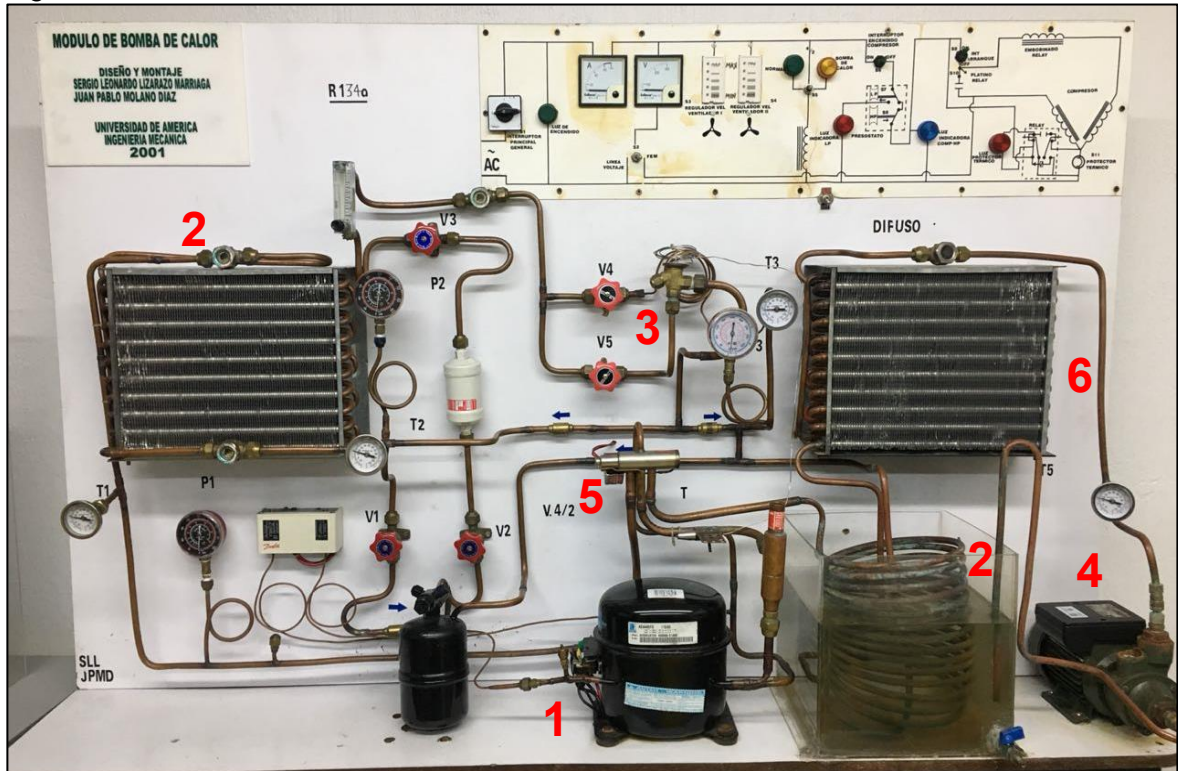
Fuente. Elaboración propia

Donde;

- Uno: Compresor
- Dos: Intercambiador de calor de doble tubo
- Tres: Condensador
- Cuatro: Mecanismos de expansión
- Cinco: Evaporador

1.7.2 Módulo didáctico de bomba de calor. Este sistema consta de un compresor hermético alternativo de 1/3 HP para refrigerante R134a, dos intercambiadores de calor que cumplen la función de evaporador y condensador; dos mecanismos de expansión, un sistema de bombeo de agua para el funcionamiento del fan-coil y una válvula de tres vías. Adicionalmente el sistema tiene indicadores de presión, temperatura, flujo y humedad, válvulas anti retorno. El sistema tiene la opción de funcionar como equipo de acondicionamiento de aire o climatización dependiendo la aplicación.

Figura 7. Módulo didáctico de Bomba de Calor



Fuente. Elaboración propia

Donde;

- Uno: Compresor
- Dos: Intercambiadores de calor
- Tres: Mecanismos de expansión
- Cuatro: Sistema de bombeo de agua
- Cinco: Válvula solenoide de tres vías
- Seis: Fan-coil

1.7.3 Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana. Este equipo consta de un sistema de compresión mecánica, dos intercambiadores de calor conectados a un motor de doble eje, en un extremo instalado un ventilador centrífugo y en el otro, un ventilador axial y un mecanismo de expansión por capilar. Adicionalmente el sistema tiene un tablero de indicadores de presión, temperatura y controladores eléctricos que accionan el compresor.

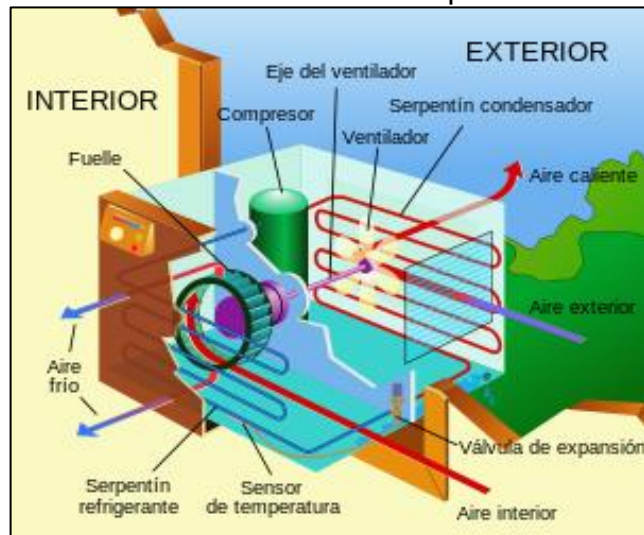
Figura 8. Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana



Fuente. Elaboración propia

Para tener una mejor percepción de cada uno de los componentes del equipo, ver la siguiente figura;

Figura 9. Componentes del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana



Fuente. CHAN, Onney. Habilidades técnicas y de vida. Principios principales de aeronave., En.: technicalprotocol.blogspot.com. 2010

1.7.4 Módulo didáctico de Nevera no-frost. Sistema de nevera no frost compuesto por un compresor hermético alternativo de 0.5HP, para un refrigerante R134a, un condensador distribuido en la parte posterior de la nevera de intercambio natural de calor, un mecanismo de expansión por capilar encargado de realizar una caída de presión en el sistema para el ingreso al evaporador que se encuentra localizado en el interior de la nevera con el fin de absorber el calor en el interior de esta y posteriormente expulsarlo al ambiente.

Figura 10. Módulo didáctico de nevera No-frost. Exterior



Fuente. Elaboración propia

Donde;

- Uno: Compresor
- Dos: Condensador

Figura 11. Módulo didáctico de nevera No-Frost, Interior



Fuente. Elaboración propia

- Tres: Mecanismo de expansión
- Cuatro: Evaporador

1.7.5 Módulo didáctico de congelación. En este sistema, el refrigerante MO49 es impulsado por el compresor hacia un sistema de condensación, que se encuentra ubicado en la parte inferior del banco de pruebas, encargado de expulsar el calor por medio de un motoventilador. Una vez el refrigerante haya cambiado de fase de gaseoso a líquido, pasa a través de un mecanismo de expansión por capilar, realizando una caída de presión y posteriormente entrando a un evaporador, que se encuentra aislado del ambiente con el fin de realizar un intercambio de calor entre el aire de ese medio y el refrigerante, congelando así el espacio; el refrigerante es absorbido nuevamente por el compresor.

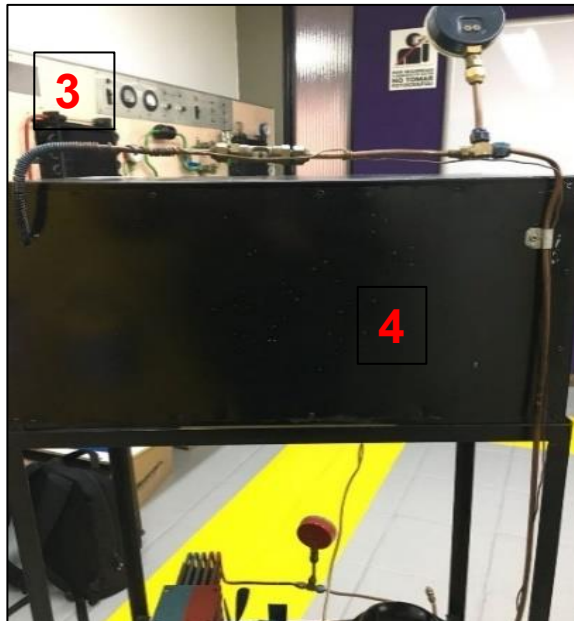
Figura 12. Módulo didáctico de congelación vista frontal



Fuente. Elaboración propia

- (Uno): Compresor
- (Dos): Condensador

Figura 13. Módulo didáctico de Congelación vista trasera



Fuente. Elaboración propia

- Tres: Mecanismos de expansión
- Cuatro: Evaporador

1.7.6 Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil. El equipo consta de un motor eléctrico que transmite su potencia a un compresor rotativo por medio de una polea. El compresor eleva la presión y la temperatura del refrigerante en forma de vapor y fluye a través del condensador (radiador) que, por medio de un ventilador, disipa su calor. El refrigerante es conducido hacia un mecanismo de expansión por capilar, en donde realiza su estrangulamiento y se produce una caída de presión y de temperatura. Finalmente, el refrigerante fluye a través del evaporador que, por medio de ventiladores centrífugos, realiza el intercambio de calor.

Figura 14. Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil



Fuente. Elaboración propia

1.7.7 Prototipo de cuarto frío. El equipo consta de una cámara frigorífica, que cuenta con una estructura sólida utilizando lámina galvanizada y poliuretano como aislante térmico.²⁶ Adicionalmente, dicho prototipo contiene un tablero de control alimentado por una fuente de 110V o 220V. El sistema, además de sus componentes mecánicos propios de un sistema de refrigeración por compresión, cuenta con un mecanismo de expansión por capilar ubicado en la parte superior de su estructura.

Este prototipo de cuarto frío o cámara frigorífica didáctica de 1,45m², cuenta con un material aislante por poliuretano expandido, que cumple con buenas características para el aislamiento debido a que tiene menor conductividad térmica (0,135 Btu*ln/h*Ft²*°F) gran impermeabilidad al vapor del agua, mayor resistencia a la compresión y es fácil de aplicar en el sitio de trabajo. Lámina galvanizada para los revestimientos de las paredes, techo y piso; un evaporador y condensador seleccionado por diseño por convección forzada con mecanismo de descarche por resistencia eléctrica; como método de expansión, este equipo consta de un sistema

²⁶ CASTILLO, Manuel y GUELDRON, Miguel A Diseño, construcción y montaje de un prototipo de cuarto frío para prácticas de laboratorio. Fundación Universidad de América, 2002. Cap 5.

por tubo capilar seleccionado por su bajo costo y fácil mantenimiento; un compresor recíprocante hermético encargado de realizar la compresión y bombeo de un refrigerante tipo HFC (refrigerante R-134a) seleccionado para el trabajo del prototipo.²⁷

Cuadro 2. Características del compresor

Fabricante	Referencia	Refrigerante	Capacidad	Capacidad de refrigeración nominal
TECUMSEH	CAE 2410 Y	R-134A	1/3 HP	259W

Fuente. TECUMSEH. Compresor hermético. Disponible en: <http://inverprimos.com> Editado por autores

Figura 15. Prototipo de cuarto frío



Fuente. Elaboración propia

²⁷ Ibid.

2. MEJORAMIENTO DE LOS EQUIPOS

Con el fin de llevar a cabo el plan de mejoramiento de cada uno de los equipos del laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire de la universidad, fue necesario realizar un diagnóstico, una calificación y una propuesta de mejora de cada uno de los equipos, y así determinar su estado operacional y de desempeño, debido a que estos son elementos claves en el desarrollo práctico de la cátedra de refrigeración y acondicionamiento de aire.

2.1 DELIMITACION PARA PROTOCOLOS DE CALIFICACIÓN

Para la realización de la propuesta de mejora de los equipos involucrados en este proyecto, es de suma importancia conocer el estado de cada uno para instaurar parámetros que se adecuen a su situación actual. Con el fin de realizar un óptimo trabajo para el análisis de los mismos, se busca emplear como principio de trabajo la condición de disponibilidad de cada uno de los equipos debido a que varios de estos aún se encuentran en servicio para las prácticas de la cátedra, así;

- Prototipo de cuarto frío
- Módulo de congelador
- Módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana
- Módulo didáctico de bomba de calor
- Módulo didáctico de refrigeración
- Módulo de nevera no-frost
- Módulo de acondicionamiento de aire móvil

Para la realización de los protocolos de calificación de los equipos citados anteriormente, se tomó como base la metodología de calificación y validación de equipos y procesos industriales aprobada por la FDA y el manual de calificación y validación en entornos regulados de la empresa BINDER, la cual enfoca el análisis teniendo en cuenta aspectos como diseño, instalación, operación y desempeño.

En el manual de la empresa BINDER el uso del término calificación hace referencia a la operación por medio de la cual se prueba que un equipo funciona correctamente y produce unos resultados previstos²⁸. De acuerdo a la metodología, posteriormente a la realización del proceso de calificación de equipamiento es recomendable realizar un proceso de validación que me certifique la homogeneidad del proceso al que van a ser sometidos los equipos previamente analizados, pero para la evaluación del equipamiento involucrado en este proyecto solo se realizara un proceso de calificación.

²⁸ KATZ, Patrick. Validación y calificación en entornos regulados. Calificación. España, 2016. 6.p

Figura 16. Proceso de calificación de equipos



Fuente. KATZ, Patrick. Validación y calificación en entornos regulados. Calificación. España, 2016. 6.p

De acuerdo con metodología de validación y calificación en entornos regulados, para realizar la revisión de equipos hay que tener en cuenta cuatro etapas las cuales son;

- Calificación del diseño (en inglés Design Qualification, DQ). En la etapa de la calificación de diseño se hace un análisis documentado de que el diseño propuesto para el equipo y para las instalaciones es el adecuado para su finalidad²⁹
- Calificación de la instalación (en inglés Installation Qualification, IQ). En esta etapa se realiza una verificación documentada de que las instalaciones, los sistemas y los equipos cumplen con los criterios de instalación del fabricante³⁰
- Calificación del funcionamiento (en inglés Operational Qualification, OQ). Verificación documentada de que los equipos, así como las instalaciones propuestas para estos funcionan de la manera deseada y en todos sus rangos de funcionamiento previstos³¹
- Calificación de la ejecución del proceso (en inglés Performance Qualification, PQ). Verificación documentada de que los equipos y/o sistemas pueden funcionar de una forma efectiva y reproducible de acuerdo a una metodología de un proceso ya previamente aprobado³²

²⁹ Ibid., 7.p.

³⁰ Ibid.

³¹ Ibid.

³² Ibid.

Debido a que no se encontró registro de la información de diseño y de instalación de cada uno de los equipos y teniendo en cuenta que los procesos de calificación de equipos se realizan de forma diferente en cada caso de acuerdo a la necesidad y a la situación a analizar, se realizó un rediseño de las etapas de calificación, pero sin salirse de los parámetros de la metodología base; donde se realiza el proceso de calificación visto desde tres aspectos los cuales son;

- Calificación de Documentación y Operatividad para Formación (DQ): En este tipo de calificación se encuentran dos subdivisiones donde la primera es un análisis de la información técnica y de diseño del equipo, la segunda parte es una revisión de las condiciones de operatividad para los procesos de formación y enseñanza para los cuales fueron diseñados los equipos
- Calificación de operación (OQ): Es una verificación documentada de que cada uno de los componentes que constituyen el equipo se encuentra operando como se definió en el diseño inicial³³
- Calificación de desempeño (PQ): Se muestra la efectividad y la reproductibilidad del proceso mediante pruebas del sistema en condiciones normales de operación, para esto se verifican los rangos de funcionamiento óptimos de operación para cada equipo³⁴

Con el fin de lograr precisar los resultados de calificación se realiza una evaluación cuantitativa de cada uno de los aspectos de calificación para cada uno de los equipos; teniendo en cuenta la siguiente escala de calificación;

Cuadro 3. Escala de calificación de equipos

1	Cumple
0	No cumple, pero es necesario
-	No cumple, pero no es necesario

Fuente. Elaboración propia

Donde;

- CUMPLE (1): hace referencia a que el criterio de calificación se cumple
- NO CUMPLE (0): hace referencia a que el criterio de calificación no se cumple, pero es necesaria su implementación, razón por la cual se realiza su evaluación
- NO CUMPLE (-): hace referencia a que el criterio de calificación no se cumple, y no es necesario su implementación, razón por la cual no se realiza su evaluación


³³ CONGRESO INTERAMERICANO PARA LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS CLÍNICOS, BANCOS DE SANGRE Y CÉLULAS PROGENITORAS HEMATOPOYETICAS. (1: 13-14, Agosto, 2015: México) Quality Consulting. Ema, 2015, 27 p.

³⁴ Ibid., 22.p.

Con el fin de realizar un completo y efectivo proceso de calificación para cada uno de los equipos presentes en este proyecto, se presenta a continuación una delimitación de cada uno de los factores de revisión y para el diligenciamiento de cada uno de los formatos se utiliza la escala de calificación explicada anteriormente.

2.1.1 Información técnica. En los protocolos de calificación de documentación y operatividad para la formación se encuentra inicialmente un espacio donde se puede diligenciar toda la información respecto a la fecha y a las personas que realizaron el proceso de calificación del equipo así como la información básica de este como nombre, fecha de fabricación y tipo de refrigerante utilizado actualmente; posteriormente a esto se realiza una revisión de toda la información técnica con la que debería contar el equipo de la siguiente manera;

Formato 1. Presentación para formato de información técnica en calificación de documentación y operatividad para formación

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		
PC-xx	Facultad de Ingeniería Mecánica		
	PROTOCOLO DE CALIFICACION DE DOCUMENTACION Y OPERATIVIDAD PARA FORMACION		
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Area de Desempeño:			
Equipo:			
Ubicacion del Equipo:			
Año de Fabricacion:			
Tipo de Refrigerante:			
INFORMACION TECNICA			
FACTOR DE CALIFICACION	CALIFICACION	OBSERVACIONES	
PLANOS DE REFRIGERACION			
PLANOS ELECTRICOS			
PLANOS ESTRUCTURALES			
MANUAL DE PARTES			
MANUAL DE MANTENIMIENTO			
MANUAL DE OPERACIÓN			
FICHA TECNICA DEL COMPRESOR			
FICHA TECNICA DEL CONDESADOR			
FICHA TECNICA DEL MECANISMO DE EXPANSION			
FICHA TECNICA DEL EVAPORADOR			
TOTAL			

Fuente. Elaboración propia

Para la obtención del total de esta sección se realiza un promedio para cada uno de los ítems a calificar con el fin de poder tener un resultado final de la información técnica del equipo y poder determinar el estado en el que se encuentra

2.1.2 Operatividad para la formación. Se realiza bajo los siguientes criterios de calificación;

- Accesibilidad Pedagógica: teniendo en cuenta que la aplicación de los equipos es de uso pedagógico, este ítem busca determinar si el equipo es o no apto para la enseñanza de una forma adecuada
- Dimensiones: el equipo tiene coherencia en sus dimensiones con el espacio dispuesto para su operación
- Ubicación del Equipo: la ubicación actual del equipo es la óptima para realizar el trabajo para el cual fue diseñado
- Ubicación espacio de trabajo: Espacio necesario por persona para realizar el trabajo o presenciar el funcionamiento del equipo
- Condiciones de seguridad del lugar de trabajo: condiciones de seguridad y salud presentes óptimas para desempeñar la actividad en una forma adecuada
- Cumple con el protocolo Montreal y sus enmiendas: Hace referencia a si el tipo de refrigerante utilizado actualmente en el equipo se encuentra dentro de la lista de refrigerante aceptados por el protocolo Montreal y sus enmiendas
- ¿El equipo funciona?: la respuesta a este ítem permite determinar si al equipo se le puede realizar calificación de desempeño o no

Formato 2. Presentación para formato de operatividad para formación

OPERATIVIDAD PARA FORMACION		
FACTOR DE CALIFICACION	CALIFICACION	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGOGICA		
DIMENSIONES		
UBICACIÓN DEL EQUIPO		
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO		
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO		
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS		
EL EQUIPO FUNCIONA?		
TOTAL		

Fuente. Elaboración propia

2.1.3 Calificación operacional. Para realizar la calificación de operación de cada uno de los equipos se tienen en cuenta los siguientes parámetros;

- ¿El componente existe en el equipo?: Indica que si el componente se encuentra actualmente en el equipo
- Ubicación: Se refiere a la ubicación del componente dentro del sistema de refrigeración y dentro del equipo como tal
- Ajuste: Determina si el componente se encuentra con un correcto ajuste con el fin de que no sea una causante de fallas

- Seguridad: Tiene en cuenta si el componente cumple unos parámetros de seguridad para la persona que lo opera adicionalmente si el componente representa algún riesgo para la óptima funcionalidad del sistema
- Averías: Tiene en cuenta si el componente presenta fugas o algún otro tipo de anomalía que impida su correcto funcionamiento
- ¿Sirve con el refrigerante utilizado?: si el componente es el indicado con el refrigerante que se usa actualmente
- ¿El componente cumple su función?: Hace referencia a que el componente desempeña la función para la cual fue diseñado

Formato 3. Presentación para formato de calificación de operación

FACTORES DE CALIFICACION OPERACIÓN	El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	Sirve con el refrigerante utilizado?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Compresor								
Condensador								
Tanque de Almacenamiento								
Valvula Solenoide								
Filtro Desecante								
Mirilla								
Indicadores de Presion								
Indicadores de Temperatura								
Indicadores de Flujo								
Valvula de Paso								
Valvula de Servicio								
Tubo Capilar								
Valvula de Expansion								
Evaporador								
Presostato								
Racores								
Motor Electrico								
Polea de Transmision								
Correra de Transmision								
TOTAL.								

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a la metodología de validación y calificación en entornos regulados tomada como base; para realizar una calificación más subjetiva, hay que realizar una subdivisión de cada uno de los sistemas en sub sistemas que para el caso de este proyecto los subsistemas son los siguientes;

- Sub sistema mecánico-hidráulicos; componentes pertenecientes a la línea de refrigeración y componentes mecánicos presentes en el sistema
- Sub sistema eléctrico; hace referencia a los componentes eléctricos que componen el equipo

- Sub sistema estructural; son los componentes que hacen parte de la estructura del equipo

Posterior a abordar dichos formatos de calificación se promedia cada uno de los factores a calificar y por cada uno de los componentes del sistema con la finalidad de determinar el estado del componente calificado y si es o no necesario realizar una mejora, adicionalmente a esto se realiza un promedio de cada uno de los sub sistemas calificados para así determinar el estado de operatividad de cada uno de los equipos.

2.1.4 calificación de desempeño. La calificación de desempeño consta de realizar una evaluación del funcionamiento de cada uno de los equipos, por esta razón, se pondrán en marcha y se tomarán datos de presiones y temperaturas. Dentro de la evaluación se establecerán criterios como;

- ¿El sistema cuenta con una cámara de acondicionamiento de aire o refrigeración independiente?: La presencia del condensador dentro de la cámara implica un aumento constante en la carga térmica, esto ocasiona pérdidas en la eficiencia del equipo y un consumo de energía mayor
- Carga del sistema: Un equipo que se encuentra bajo de carga de refrigerante no tiene un buen rendimiento en su sistema, por lo tanto, no cumplirá la función de disminuir lo suficientemente la temperatura
- Fugas en el sistema: La presencia de alguna fuga en cualquier punto del sistema, ocasionaría una pérdida de presión en esta, lo cual afecta el rendimiento del equipo y el ambiente por liberación del gas refrigerante
- ¿El evaporador cumple su función?: Para determinar este ítem, se debe poner a prueba el sistema y por medio del diagrama de Molliere del refrigerante y la carta psicrométrica del aire en Bogotá D.C., realizar una comparación entre las diferencias de entalpías de cada uno. Si la diferencia de entalpía del evaporador es mayor que la diferencia de entalpía del aire, el componente está en capacidad de realizar su función correctamente
- Después de la intervención, ¿el equipo presentó mejora?: La intervención consta de un barrido con nitrógeno y la carga de refrigerante al sistema, si el equipo presenta alguna mejora en su funcionamiento y se puede demostrar matemática y físicamente, el equipo si cumple con este ítem
- ¿El compresor cumple su función?: Dentro de las características de los compresores se encuentra la capacidad frigorífica, esta indica la capacidad de extracción de calor que tiene el compresor en el sistema. Si la capacidad frigorífica del compresor es mayor a la del evaporador, el compresor cumple su función
- ¿El equipo cumple su función?: Los equipos de refrigeración y acondicionamiento de aire están diseñados para disminuir la temperatura de una cámara dependiendo de su aplicación, si se obtienen soportes válidos del cumplimiento de este ítem, el equipo está en capacidad de cumplir su función. Dichos soportes

pueden demostrarse por medio de una comparación entre el volumen real de la cámara y el máximo, la carga térmica del aire y la capacidad de extracción de calor del evaporador, la cantidad de aire de la cámara y la capacidad de refrigeración del aire del sistema.

La metodología de calificación de desempeño de los equipos se basa en una demostración de los criterios a evaluar anteriormente con el funcionamiento de los equipos y la correspondiente asignación de valores de calificación a los formatos.

La calificación de desempeño equivale al 40% de la calificación general de los equipos. Se tiene un alto porcentaje debido a que, el rendimiento de estos es de suma importancia para las prácticas de laboratorio y junto con la calificación de operación, son los criterios de evaluación más relevantes dentro de la metodología. Los equipos que no posean dicho formato, obtendrán 0,0 en la calificación que equivale al 40%.

Se realizará el procedimiento paso a paso del soporte matemático para la calificación del primer equipo que tenga las condiciones de cumplir con su calificación de desempeño. De los siguientes equipos únicamente se establecerán las hojas de cálculo correspondientes a los resultados.

2.1.5 Resultados finales. Para determinar el estado de cada uno de los equipos, estableciendo si pueden ser seleccionados o no para el plan de mejora, se realiza un cálculo determinando una calificación final luego de realizar la calificación de documentación y operatividad para formación, operación y desempeño de cada uno de estos; debido a que cada uno de los protocolos de calificación no tienen el mismo grado de importancia para el funcionamiento del equipo se determinó el siguiente cuadro, donde se da un porcentaje a cada uno de estos de la siguiente manera;

Cuadro 4. Cuadro de porcentajes para protocolos de calificación

Tipo de Calificación	Porcentaje (%)
Calificación de Documentación y Operatividad para Formación	20
Calificación de Operación	40
Calificación de desempeño	40

Fuente. Elaboración propia

Posteriormente a calcular la calificación final de cada uno de los equipos se determina la ubicación de estas en un rango de valores que permite establecer si los equipos ingresan o no al plan de mejora y las acciones a realizar recomendadas para colocar los equipos en un óptimo funcionamiento.

Cuadro 5. Rangos para calificación de equipos

100%		
	(100%-75%). El equipo se encuentra casi en su máximo estado de operación, sin embargo, se recomienda hacer los ajustes necesarios para obtener una calificación máxima a satisfacción.	APRUEBA
75%		
	(75%-50%). El equipo requiere la realización de un mantenimiento correctivo, para obtener un estado de operación óptimo.	APRUEBA
50%		
	(50%-25%). El equipo requiere el cambio de cada uno de los componentes que en los protocolos de calificación de operación fueron evaluados con cero (0).	NO APRUEBA
25%		
	(25%-0%). Debido a la baja calificación en varios de los componentes del equipo, el costo de mantenimiento es muy alto; razón por la cual no se recomienda realizar una recuperación de este.	NO APRUEBA
0%		

Fuente. Elaboración propia

2.2 CALIFICACIÓN DE EQUIPOS

El diagnóstico general consta de realizar el ejercicio anterior para cada uno de los equipos con su metodología establecida.

2.2.1 Prototipo de cuarto frío. Actualmente la universidad cuenta con un prototipo de cuarto frío producto de un proyecto de grado realizado por unos estudiantes del programa de ingeniería mecánica en el año 2001.

Al realizar la revisión inicial del prototipo de cuarto frío, se encontró un equipo que tiene una superficie de 1,45m². Cuenta con una cámara frigorífica para almacenamiento y congelación de producto alimenticio, hecho con poliuretano y recubrimiento de lámina galvanizada calibre 24 (0,7mm)³⁵; compresor recíprocante hermético, tubo capilar como mecanismo de expansión térmica, instalado por su bajo costo y facilidad en el mantenimiento,³⁶ condensador por convección forzada y evaporador por convección forzada y descharge eléctrico.³⁷

En su sistema eléctrico se encontraron componentes completamente desconectados como su sistema de control y sus contactores. Los componentes del sistema mecánico-hidráulico también presentaron desconexiones entre sí, esto

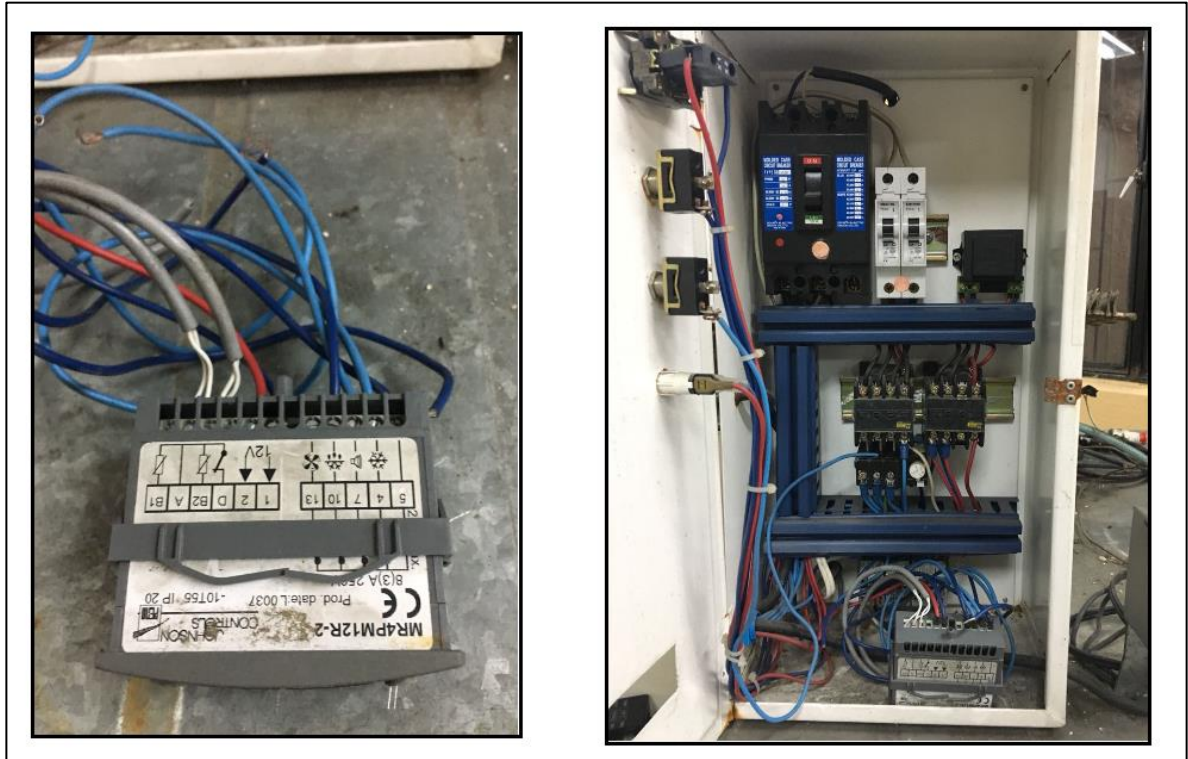
³⁵ CASTILLO, Manuel y GUELDRON, Miguel A Diseño, construcción y montaje de un prototipo de cuarto frío para prácticas de laboratorio. Fundación Universidad de América. Ingeniería del proyecto., Cap 5., 2002, 3 p.

³⁶ Ibid., p. 5

³⁷ Ibid., p. 6

evidencia la presencia de aire en el sistema causando daños en el compresor y mecanismo de expansión térmica, lo cual no hace posible la puesta a prueba del equipo.

Figura 17. Sistema eléctrico del prototipo de cuarto frío



Fuente. Elaboración propia

Dentro de los componentes más importantes de un equipo de refrigeración se encuentra el compresor, para el caso del prototipo de cuarto frío se utiliza un compresor recíprocante hermético de 1/3CV para refrigerante R-134a.

Para realizar una evaluación del compresor se debe determinar el estado actual de este, para eso es necesario preguntarse;³⁸

- ¿Qué tan limpias están las piezas?
- ¿Qué tipo de contaminación existe?

Las fallas en los compresores se pueden dividir en eléctricas y mecánicas, siendo las fallas eléctricas, casi siempre, las consecuencias de las fallas mecánicas. También, la mayoría de estas son ocasionadas por problemas en el sistema.³⁹

³⁸ SANTANA, Roberto. Gerente de producto Emerson Climate Technologies. Revista Cero Grados Celsius. Identificación y evaluación de fallas de compresores., disponible en: www.0grados.com. Agosto de 2016

³⁹ Ibid.

Dentro del mantenimiento que se da a los compresores se evalúa la aplicación y su tipo, es decir, si la aplicación es doméstica, comercial o industrial la frecuencia de mantenimiento al compresor será distinta.⁴⁰

Según ingenieros docentes de la Fundación Universidad de América, el prototipo de cuarto frío no se ha puesto en marcha desde hace varios años, conociendo la antigüedad y experiencia de ellos en la Universidad, aseguran no haberlo visto en funcionamiento durante ese tiempo de permanencia.

Los compresores herméticos se encuentran completamente soldados, por esta razón su reparación o mantenimiento no es viable y se debe recurrir a un reemplazo. Adicionalmente, un compresor que no es puesto en funcionamiento durante cierto tiempo, puede generar fallas por contaminación interna como la existencia de oxidación o partículas de cobre.⁴¹

Figura 18. Compresor del prototipo de cuarto frío



Fuente. Elaboración propia

2.2.1.1 Calificación de documentación y operatividad para formación. De acuerdo con los protocolos de calificación de documentación y operatividad para formación, se determinó que el equipo no cuenta con una información técnica completa; razón por la cual no es posible conocer las condiciones de diseño del mismo para poder determinar parámetro de funcionamiento.


Adicionalmente, se determinó que tanto la ubicación, el espacio de trabajo de los operarios y las condiciones de seguridad bajo las que se encuentra el equipo no son las óptimas, debido a que el espacio de trabajo es restringido y no se cuenta con

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ Ibid.

correctos sistemas de ventilación para permitir el flujo de gases refrigerantes al exterior, de acuerdo con esto, a la calificación de documentación y operatividad para formación se le atribuyo un resultado de 0,37 y teniendo en cuenta que el grado de importancia para los protocolos de documentación y operatividad para formación es de un 20%; la el resultado de esta calificación es de 0.07.

Formato 4. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para prototipo de cuarto frio

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
PC-01	Facultad de Ingeniería Mecánica		
	PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y OPERATIVIDAD PARA FORMACIÓN		
Fecha: ---			
Auditor: Juan Piragauta - Juan Gomez			
Supervisor: ---			
Area de Desempeño: Refrigeracion y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Prototipo de Cuarto Frio			
Ubicacion del Equipo: Laboratorio de Tranferencia de Calor			
Año de Fabricacion: 2001			
Tipo de Refrigerante: R134A			
INFORMACIÓN TECNICA			
FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
PLANOS DE REFRIGERACIÓN	1	Se debe corregir la dirección del flujo del sistema	
PLANOS ELÉCTRICOS	1		
PLANOS ESTRUCTURALES	0		
MANUAL DE PARTES	0		
MANUAL DE MANTENIMIENTO	0		
MANUAL DE OPERACIÓN	0		
FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR	1		
FICHA TÉCNICA DEL CONDESADOR	1		
FICHA TECNICA DEL MECANISMO DE EXPANSIÓN	1		
FICHA TECNICA DEL EVAPORADOR	1		
TOTAL	0,6		

Fuente. Elaboración propia

Formato 4. (Continuación)

FACTOR DE CALIFICACION	CALIFICACION	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGÓGICA	0	
DIMENSIONES	1	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	0	
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO	0	
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO	0	
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	0	
¿EL EQUIPO FUNCIONA?	0	Debido a que el equipo se encontró en estado no funcional, NO es posible realizar calificación de operación y desempeño
TOTAL	0,1	

Fuente. Elaboración propia

2.2.1.2 Calificación de operación. Teniendo en cuenta los protocolos de calificación de operación de cada uno de los subsistemas del equipo se determinó que tanto los componentes mecánico-hidráulicos y eléctricos presentan averías como fugas, desconexiones, rupturas, y desgaste que impiden su funcionamiento; en cuanto a los componentes estructurales, aunque la mayoría se encuentra en buen estado se encontraron averías en la caja de instrumentos.

Formato 5. Protocolo de calificación de operación para componentes mecánico hidráulicos para prototipo de cuarto frio

FACTORES DE CALIFICACION	El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿Sirve con el refrigerante utilizado?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Compresor	1	1	1	1	0	1	0,83	Presencia de fugas, desconexiones, rupturas y desgaste en cada uno de los componentes mecánico-hidráulicos. Realizar el diseño de un By-Pass para la instalación de una válvula de expansión
Condensador	1	1	1	1	0	1	0,83	
Tanque de Almacenamiento	1	1	1	1	0	1	0,83	
Válvula Solenoide	1	1	1	1	0	1	0,83	
Filtro Desecante	1	1	1	1	0	1	0,83	
Mirilla	1	1	1	1	0	1	0,83	
Indicadores de Presión	1	1	1	1	0	1	0,83	
Indicadores de Temperatura	1	1	1	1	0	1	0,83	
Indicadores de Flujo	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Paso	1	1	1	1	0	1	0,83	
Válvula de Servicio	-	-	-	-	-	-	-	
Tubo Capilar	1	1	1	1	0	1	0,83	
Válvula de Expansión	0	0	0	0	0	0	0,00	
Evaporador	1	1	1	1	0	1	0,83	
Presostato	1	1	1	1	0	1	0,83	
Racores	1	1	1	1	0	1	0,83	
TOTAL.							0,77	

Fuente. Elaboración propia

Formato 6. Protocolo de calificación de operación para componentes eléctricos para prototipo de cuarto frío

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Contactores	1	1	1	1	0	1	0,83	Desconexiones, rupturas, ausencia y desgaste de los componentes
Cableado	1	1	1	1	0	1	0,83	
Controlador Logico	1	1	1	1	0	1	0,83	
Transformador	1	1	1	1	0	1	0,83	
Sist. Alimentacion Electrico	1	1	1	1	0	1	0,83	
Interruptores	1	1	1	1	0	1	0,83	
Testigos Luminosos	1	1	1	1	0	1	0,83	
Motor Ventilador Condensador	1	1	1	0	0	1	0,67	
Motor Ventilador Evaporador	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL.							0,81	

Fuente. Elaboración propia

Formato 7. Protocolo de calificación de operación para componentes estructurales para prototipo de cuarto frío

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Paredes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Piso y Base	1	1	1	1	1	1	1,00	
Techo	1	1	1	1	1	1	1,00	
Puerta	1	1	1	1	1	1	1,00	
Anclajes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cerradura Puerta	1	1	1	1	1	1	1,00	
Bisagras	1	1	1	1	1	1	1,00	
Kit Pernos de Ajuste	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Instrumentos y Conexiones	1	1	1	1	0	1	0,83	Cajas de conexiones con averías por desajuste y desgaste de las mismas que la componen
Caja de Componentes Electricos	1	1	1	1	0	1	0,83	
TOTAL.							0,97	

Fuente. Elaboración propia

El resultado de la calificación de operación del equipo, se obtuvo promediando los resultados de cada uno de subsistemas y multiplicándolos por el 40%, debido a que es el grado de importancia para el funcionamiento del equipo, dando como resultado 0,34 en la calificación de operación del equipo.

2.2.1.3 Calificación de desempeño. El equipo al tener sus componentes mecánico-hidráulicos y eléctricos desconectados, al igual que el estado actual del compresor, no fue posible ponerlo en marcha; por esta razón, el prototipo de cuarto frío no cuenta con un formato de calificación de desempeño.

2.2.2 Módulo didáctico de congelación. La Universidad cuenta con un sistema de congelador, el cual fue diseñado e implementado como un trabajo realizado por un grupo de estudiantes.

Al realizar el diagnóstico del equipo, no se visualizó el paso de refrigerante MO49 por la mirilla de vidrio. Por protección a sus componentes, el equipo inicialmente no se puso en marcha, por tal motivo no fue posible realizar la toma de datos.

Se realizó un procedimiento de limpieza y carga de refrigerante para poder evaluar el funcionamiento del sistema.

La intervención se realizó con el fin de suplir la ausencia de refrigerante y suciedad dentro del sistema. Inicialmente al equipo se le realizó un barrido con nitrógeno con la finalidad de efectuar una limpieza interna por posibles partículas de suciedad con la que podría contar el sistema.

Posteriormente, se realiza un procedimiento de vacío en el sistema para retirar cualquier tipo de impureza o presencia de humedad en el sistema.

En un sistema de refrigeración que use aceite sintético, las mediciones de vacío deberán disminuir hasta los 200 micrones, pero si en lugar, utiliza aceite mineral este bajará hasta 500 micrones.⁴²

Este proceso de vacío comenzó con una toma de 23700 micrones mostrada en el vacuómetro, el cual permitió disminuir hasta los 820 micrones. Para determinar la presencia de fugas en su sistema, se realizó un proceso de sostenimiento del vacío: se apaga la bomba y se cierra el paso de las válvulas de los manómetros para realizar otra toma de datos de vacío, si este valor aumenta con respecto a la magnitud inicial es una señal de presencia de fugas en el sistema, dicho aumento no puede ser mayor a un (10%) del valor inicial tomado en el proceso de

⁴² YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 96 p.

sostenimiento de vacío. Pasado un tiempo aproximado de 15 minutos se tomaron los datos arrojados por el vacuómetro y registró un valor de 950 micrones, confirmando la irregularidad del sistema. Adicionalmente, con el fin de confirmar la presencia de fugas, por medio de un detector de halógenos se realizó un seguimiento a lo largo del sistema, este presentó una fuga en la entrada de la mirilla de vidrio.

Para finalizar el procedimiento de intervención, se desconecta la bomba de vacío del sistema y se conecta el cilindro de gas refrigerante MO49 para su correspondiente carga. Se da inicio a la marcha del compresor para que el gas sea succionado.

Una vez el equipo es puesto en funcionamiento y se verifica el paso de refrigerante por la mirilla de vidrio, se realiza la correspondiente toma de datos.

2.2.2.1 Calificación de documentación y operatividad para formación. Teniendo en cuenta los protocolos de calificación de documentación y operatividad para formación se determinó que el equipo no cuenta con su respectiva información técnica razón por la cual no es posible conocer todas las condiciones de diseño iniciales, adicionalmente se determinó que los espacios destinados para el equipo no son los óptimos tanto para la operación del mismo como para los operarios que lo utilizan.

Por esta razón para la sección de información técnica el equipo tuvo una calificación de cero y en la sección de operatividad para formación la calificación fue de 0.57, posteriormente realizando el cálculo total de la calificación de documentación y operatividad para formación y teniendo en cuenta que el grado de importancia para esta calificación de del 20%, esta sección tuvo una calificación final de 0,06.

Formato 8. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de congelación

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
PC-02	Facultad de Ingeniería Mecánica		
	PROTOCOLO DE CALIFICACION DE DOCUMENTACION Y OPERATIVIDAD PARA FORMACION		
Fecha: ---			
Auditor: Juan Piragauta - Juan Gomez			
Supervisor: ---			
Area de Desempeño: Refrigeracion y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Modulo Didactico de Congelacion			
Ubicacion del Equipo: Laboratorio de Refrigeracion y AA			
Año de Fabricacion: ---			
Tipo de Refrigerante: MO-29			
INFORMACION TECNICA			
FACTOR DE CALIFICACION	CALIFICACION	OBSERVACIONES	
PLANOS DE REFRIGERACION	0,00	Se debe realizar el planteamiento de las condiciones técnicas del equipo	
PLANOS ELECTRICOS	0,00		
PLANOS ESTRUCTURALES	0,00		
MANUAL DE PARTES	0,00		
MANUAL DE MANTENIMIENTO	0,00		
MANUAL DE OPERACIÓN	0,00		
FICHA TECNICA DEL COMPRESOR	0,00		
FICHA TECNICA DEL CONDESADOR	0,00		
FICHA TECNICA DEL MECANISMO DE EXPANSION	0,00		
FICHA TECNICA DEL EVAPORADOR	0,00		
TOTAL	0,00		

Fuente. Elaboración propia

Formato 9. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de congelación

FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGÓGICA	1,00	
DIMENSIONES	1,00	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	0,00	
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO	0,00	Se debe realizar el cambio de ubicación del equipo y mejorar las condiciones para la operación
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO	0,00	
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	1,00	
¿EL EQUIPO FUNCIONA?	1,00	
TOTAL	0,57	

Fuente. Elaboración propia

2.2.2.2 Calificación de operación. De acuerdo a los protocolos de calificación de operación realizado al equipo se determinaron fugas en componentes como filtro desecante, mirillas de vidrio y racores; adicionalmente los indicadores de presión del equipo se encontraron des calibrados, y se debe realizar la instalación de indicadores de temperatura en las líneas de succión y de descarga.

El moto-ventilador del condensador no cuenta con un sistema de protección de seguridad para el operario razón por la cual puede generar riesgo de accidente como por atrapamiento; adicionalmente el empaque de sello de la puerta no se encuentra en condiciones óptimas de operación y no permite un correcto ajuste. A la calificación de operación del equipo se le atribuyo un total de 0.36 teniendo en cuenta que el grado de importancia en el equipo de es de 40%.

Formato 10. Protocolo de calificación de operación para componentes mecánico hidráulicos para módulo didáctico de congelación

FACTORES DE CALIFICACION OPERACIÓN	El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	Sirve con el refrigerante utilizado?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Compresor	1	1	1	1	1	1	1,00	
Condensador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Tanque de Almacenamiento	-	-	-	-	-	-	-	
Valvula Solenoide	-	-	-	-	-	-	-	
Filtro Desecante	1	1	1	1	0	1	0,83	Fugas presentadas
Mirilla	1	1	1	1	0	1	0,83	
Indicadores de Presion	1	1	1	1	0	1	0,83	Descalibración
Indicadores de Temperatura	0	0	0	0	0	0	0,00	Se debe realizar la instalación de indicadores de temperatura en línea de succión y descarga del sistema
Indicadores de Flujo	-	-	-	-	-	-	-	
Valvula de Paso	-	-	-	-	-	-	-	
Valvula de Servicio	-	-	-	-	-	-	-	
Tubo Capilar	1	1	1	1	0	1	0,83	Se debe realizar cambio del componente por taponamiento interno
Valvula de Expansion	-	-	-	-	-	-	-	
Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Presostato	-	-	-	-	-	-	-	
Racores	1	1	1	0	0	1	0,67	Fugas presentadas
TOTAL.							0,78	

Fuente. Elaboración propia

Formato 11. Protocolo de calificación de operación para componentes eléctricos para módulo didáctico de congelación

FACTORES DE CALIFICACIÓN	El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Contactores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cableado	1	1	1	1	1	1	1,00	
Controlador Logico	-	-	-	-	-	-	-	
Transformador	-	-	-	-	-	-	-	
Sist. Alimentacion Electrico	1	1	1	1	1	1	1,00	
Interruptores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Testigos Luminosos	-	-	-	-	-	-	-	
Motor Ventilador Condensador	1	1	1	0	1	1	0,83	Componente no cuenta con malla protectora de seguridad
Motor Ventilador Evaporador	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL.							0,97	

Fuente. Elaboración propia

Formato 12. Protocolo de calificación de operación para componentes estructurales para módulo didáctico de congelación

FACTORES DE CALIFICACIÓN	El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Paredes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Piso y Base	1	1	1	1	1	1	1,00	
Techo	1	1	1	1	1	1	1,00	
Puerta	1	1	1	1	1	1	1,00	
Anclajes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cerradura Puerta	1	1	0	1	0	1	0,67	Cambiar empaque de la puerta
Bisagras	1	1	1	1	1	1	1,00	
Kit Pernos de Ajuste	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Instrumentos y Conexiones	-	-	-	-	-	-	-	
Caja de Componentes Eléctricos	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL.							0,96	

Fuente. Elaboración propia

2.2.2.3 Calificación de desempeño. Para realizar la correspondiente calificación es necesario poner el equipo a prueba y tomar datos de temperatura en la entrada y salida de cada componente. Esto se hace para determinar la carga térmica capaz de retirar el equipo; los datos obtenidos son;

Tabla 3. Datos de temperatura
Módulo Didáctico de Congelación

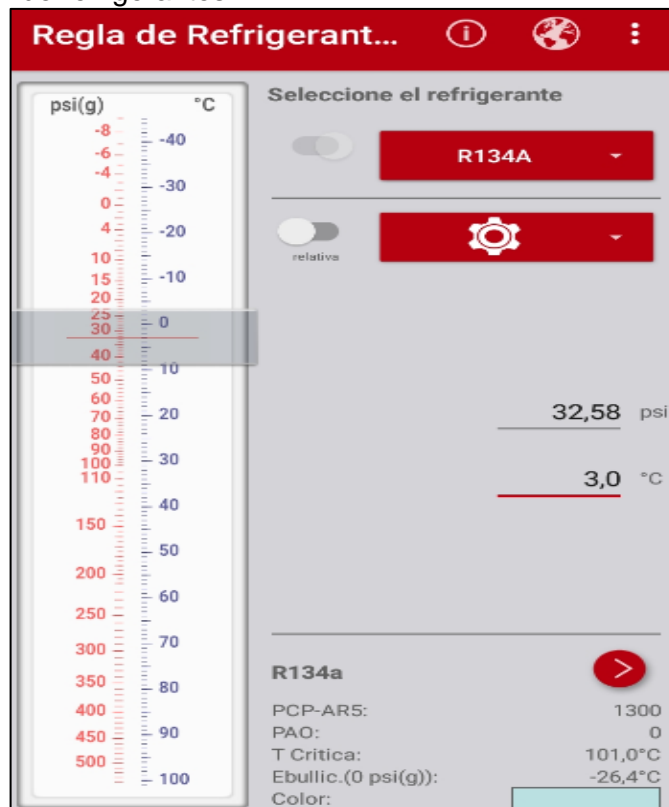
Componente	Entrada	Ssalida
Compresor	3°C	27°C
Condensador	23.4°C	18.2°C
Evaporador	-10°C	2.2°C

Fuente. Elaboración propia

Al tener los datos de temperaturas y con ayuda de un aplicativo para sistema iOS y Android, se obtienen los datos de presión del refrigerante en los puntos censados de la siguiente forma;

Al descargar el aplicativo “Regla de Refrigerantes” de Danfoss, se realiza la búsqueda del refrigerante a utilizar, en este caso, R413A también conocido como MO49. Una vez se hace la selección del refrigerante, se introduce el valor de la temperatura obtenida en cada uno de los puntos censados para determinar su correspondiente presión.

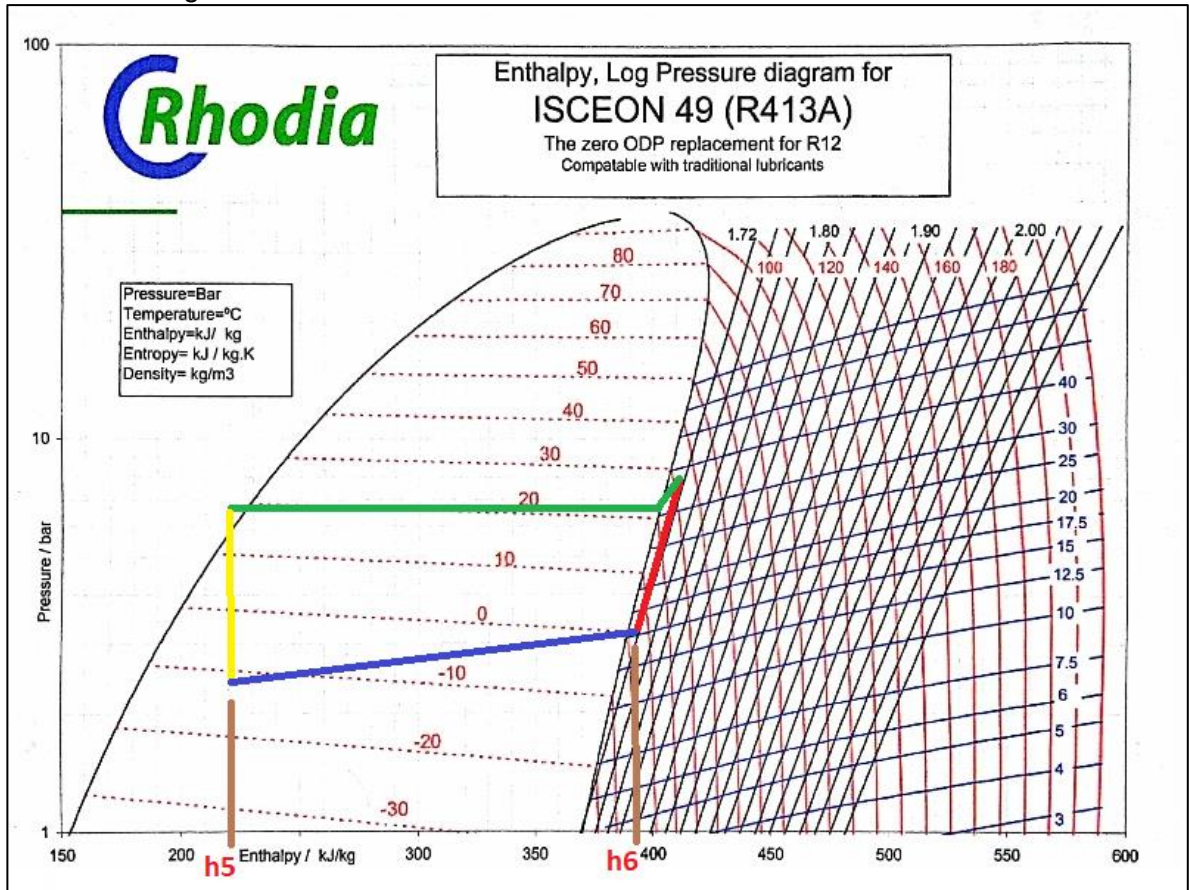
Figura 19. Captura de pantalla de aplicativo regla de refrigerantes



Fuente. Elaboración propia. Software: Danfoss. Regla de refrigerantes.

En la figura anterior, se ingresa la temperatura a la entrada del compresor (3°C) y la respuesta arrojada por el aplicativo, es la presión correspondiente a dicha temperatura (32,58 psi). Se realiza dicho procedimiento para obtener las presiones, y así poder realizar el correspondiente diagrama de Molliere para el refrigerante.

Gráfico 1. Diagrama de Molliere MO49



Fuente. RHODIA. Diagrama de Molliere para el refrigerante ISCEON R413A. Editado por autores

Del gráfico 1, se obtienen los datos de entalpía a la entrada y salida de cada componente, en este caso, es importante obtener la diferencia de entalpías en la evaporación para así determinar la carga térmica que el sistema es capaz de extraer.

$$\Delta h = h_6 - h_5$$

$$\Delta h = 380 \text{ KJ/Kg} - 230 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h = 150 \text{ KJ/Kg}$$

Al tener el diferencial de entalpías en el evaporador, se verifican por medio de un flexómetro las medidas internas de la cámara de congelación del sistema. Dichas medidas son:

- Altura: 22cm
- Ancho: 50cm
- Profundidad: 34cm

$$V = (0,22m)(0,5m)(0,34m)$$

$$V = 0,0374m^3$$

Para calcular la masa de aire dentro de la cámara, inicialmente se toma la temperatura interior con un termómetro digital, este arroja un valor de 19°C con el equipo apagado, dicha temperatura esta igualada con la temperatura ambiente. Una vez se tiene el valor de la temperatura al interior, se toman los datos de densidad y volumen especifico a dicha temperatura.

Cuadro 6. Propiedades termodinámicas del aire a presión atmosférica (101,3KPa)

TEMP. °C	Volumen Específico m³/kg	Densidad kg/m³	Contenido de Humedad		Entalpia (cont. de calor) kcal/kg		
			g/kg	granos/lb	aire seco (sensible)	humedad (latente)	Total
-10	0.7472	1.3383	0.725	11.19	1.8778	0.9613	2.8391
-9	0.7501	1.3332	0.793	12.24	2.1179	1.0512	3.1691
-8	0.7515	1.3307	0.841	12.98	2.3580	1.1467	3.5047
-7	0.7561	1.3226	0.945	14.58	2.5980	1.2522	3.8502
-6	0.7595	1.3167	1.026	15.83	2.8391	1.3623	4.2014
-5	0.7628	1.3110	1.124	17.35	3.0835	1.4835	4.5670
-4	0.7656	1.3062	1.224	18.89	3.3235	1.6124	4.9359
-3	0.7690	1.3004	1.333	20.57	3.5636	1.7556	5.3192
-2	0.7720	1.2953	1.450	22.38	3.8035	1.9102	5.7137
-1	0.7751	1.2902	1.577	24.34	4.0447	2.0757	6.1204
0	0.7785	1.2845	1.716	26.48	4.2892	2.2557	6.5449
1	0.7812	1.2801	1.845	28.47	4.5292	2.4246	6.9538
2	0.7846	1.2745	1.983	30.60	4.7692	2.4879	7.2571
3	0.7880	1.2690	2.13	32.87	5.0148	2.7890	7.8038
4	0.7913	1.2637	2.287	35.29	5.2548	2.9957	8.2505
5	0.7947	1.2583	2.454	37.87	5.4948	3.2113	8.7061
6	0.7981	1.253	2.632	40.62	5.7404	3.4402	9.1806
7	0.8014	1.2478	2.823	43.56	5.9804	3.6832	9.6639
8	0.8048	1.2425	3.024	46.67	6.2204	3.9436	10.1640
9	0.8082	1.2373	3.239	49.98	6.4615	4.2203	10.6818
10	0.8116	1.2321	3.467	53.50	6.7060	4.5114	11.2174
11	0.8154	1.2264	3.708	57.22	6.9460	5.1414	12.0874
12	0.8189	1.2212	3.967	61.22	7.1860	5.1581	12.3441
13	0.8250	1.2121	4.237	65.38	7.3983	5.5359	12.9342
14	0.8263	1.2102	4.529	69.89	7.6716	5.8715	13.5431
15	0.8303	1.2044	4.835	74.61	7.9116	6.2671	14.1787
16	0.8336	1.1996	5.161	79.64	8.1183	6.7204	14.8387
17	0.8376	1.1939	5.408	83.45	8.3972	7.1260	15.5232
18	0.8416	1.1882	5.873	90.63	8.6372	7.5961	16.2333
19	0.8458	1.1823	6.260	96.60	8.8772	8.0917	16.9689
20	0.8496	1.1770	6.672	102.96	9.1228	8.6117	17.7345
21	0.8541	1.1708	7.109	109.71	9.3628	9.1662	18.5290

Fuente. VALYCONTROL S.A., Manual de refrigeración Valycontrol. Propiedades de mezclas de aire seco y vapor de agua saturado, Jun, 2013, 173.p.

Para 19°C;

- Volumen específico: 0,8458m³/Kg
- Densidad: 1,1823Kg/m³

Teniendo el valor de densidad, se puede calcular la cantidad en kilogramos, del aire dentro de la cámara de congelación.

$$\delta = \frac{m}{V}$$

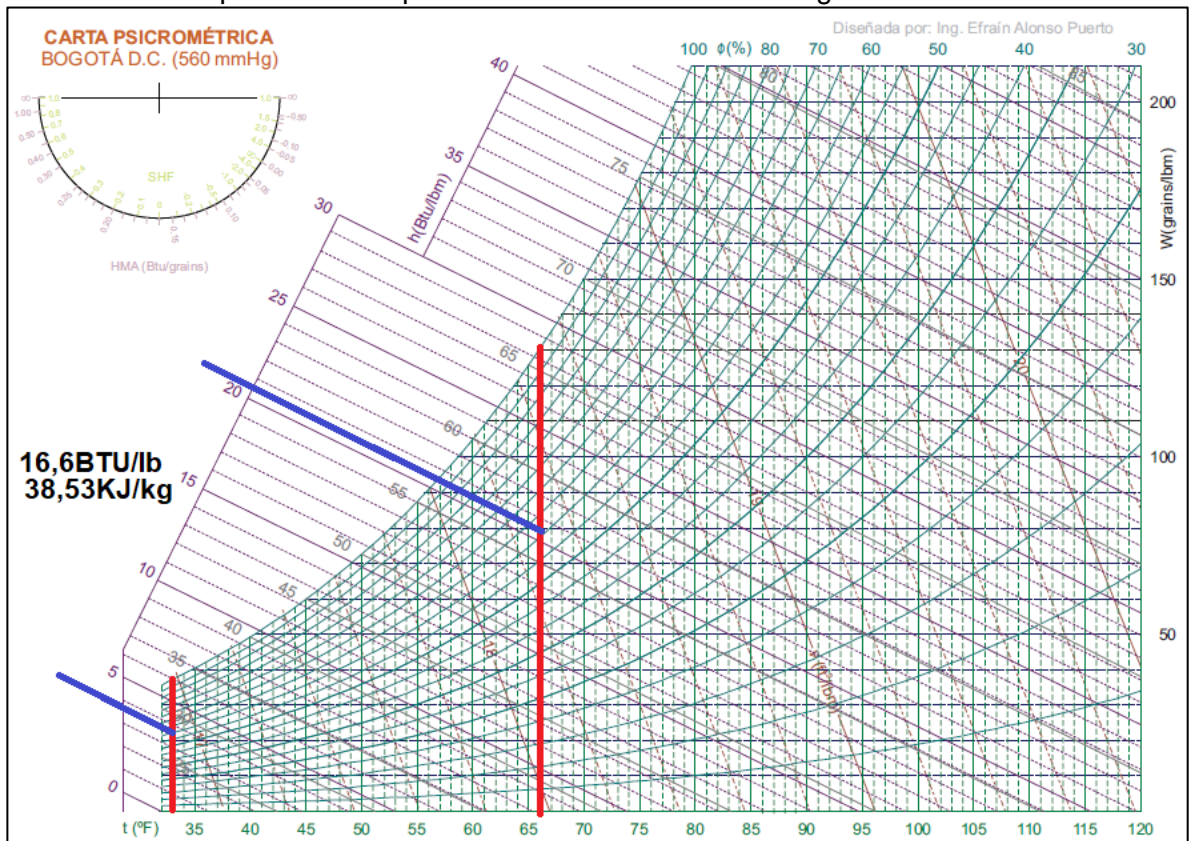
$$m = \delta * V$$

$$m = (1,1823 \text{ Kg}/\text{m}^3)(0,0374\text{m}^3)$$

$$m = 0,0442\text{Kg}$$

Una vez se obtienen dichos cálculos y con ayuda de la carta psicrométrica para Bogotá D.C, se obtienen los valores de la entalpía para disminuir la temperatura desde 19°C hasta 1°C, una vez se enciende el equipo.

Gráfico 2. Carta psicrométrica para el módulo didáctico de congelación



Fuente. Correa. M, Felipe. Balance de energía y masa. En: <http://efrainpuerto.wordpress.com/>. Jun 18, 2015. Editado por autores.

Tabla 4. Resultados iniciales y finales de carta psicrométrica

Parametro	Sistema Inglés		Sistema Internacional	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Temperatura	66,2°F	33,79°F	19°C	1°C
Densidad	0,1135lb/ft ³	0,0797lb/ft ³	1,823Kg/m ³	1,2801Kg/m ³
Volumen específico	8,8105ft ³ /lb	12,547ft ³ /lb	0,8458m ³ /Kg	0,7812m ³ /Kg
Entalpía	20,5BTU/lb	3,9KJ/Kg	47,5805KJ/Kg	9,0519KJ/Kg

Fuente. Elaboración propia

De la Tabla anterior se puede obtener la diferencia de entalpías de la siguiente manera;

$$\Delta h = h_{inicial} - h_{final}$$

$$\Delta h = 47,5805 \text{ KJ/kg} - 9,0519 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h = 38,5286 \text{ KJ/Kg}$$

La carga térmica generada dentro de la cámara de congelación es generada por el aire; teniendo el valor de la entalpia a retirar y la masa del aire dentro del espacio, se calcula dicho valor a retirar.

$$Q = m * \Delta h$$

$$Q = (0,0442 \text{ Kg})(38,5286 \text{ KJ/Kg})$$

$$Q = 1,7029 \text{ KJ}$$

Con la carga térmica del aire dentro de la cámara calculada anteriormente, se calcula la carga térmica capaz de retirar el equipo para realizar una comparación de la capacidad del equipo. Se debe tener en cuenta que la cantidad de refrigerante que se introdujo al sistema fue 226,8g.

$$Q = m * \Delta h$$

$$Q = (0,2268 \text{ Kg})(150 \text{ KJ/Kg})$$

$$Q = 34,02 \text{ KJ}$$

De lo anterior, se puede concluir que el aire dentro de la cámara produce una energía en forma de calor de 1,7029KJ y que el módulo didáctico de congelación está en capacidad de retirar 34,02KJ, esto quiere decir que, el equipo puede retirar 19,9 veces la energía en forma de calor encontrada dentro de la cámara.

Para obtener otro criterio de calificación del equipo, se calcula el volumen máximo de aire (este corresponde al volumen máximo de la cámara) que es capaz de refrigerar el equipo y se compara con el volumen de la cámara actual.

$$Q = m * \Delta h$$

$$m = \frac{Q}{\Delta h_{aire}}$$

$$m = \frac{34,02KJ}{38,5286 \text{ KJ}/Kg}$$

$$m = 0,883Kg$$

$$V_{max} = \frac{m}{\delta}$$

$$V_{max} = \frac{0,883Kg}{1,823 \text{ Kg}/m^3}$$

$$V_{max} = 0,4843m^3$$

Si la cámara tiene un volumen interior de 0,0374m³ y el equipo tiene la capacidad de refrigerar 0,4843m³ de aire, quiere decir que el equipo si se encuentra en capacidad de cumplir la función de disminuir la temperatura hasta 1°C, siempre y cuando no se modifique la cámara de congelación a un volumen mayor a 0,4843m³.

Finalmente, se realiza una verificación de los datos del compresor por medio de la ficha técnica, esto para determinar el funcionamiento del componente en el sistema.

Cuadro 7. Datos de compresor del módulo didáctico de congelación

TECUMSEH AE 140-AS556	
Composición	1:5
Desplazamiento	7,55cm ³ /rev
Rpm	600
Capacidad frigorífica	650 BTU/h
Cop	0,9
Refrigerante	R12

Fuente. TECUMSEH. Compresores y unidades condensadoras. Disponible en: www.tecumseh.com Editado por autores

El cálculo de la capacidad frigorífica del compresor está dada por un aumento del 5% al 10% de la capacidad frigorífica del evaporador, por lo tanto;

$$CF_C = 1.05 * CF_E$$

$$CF_C = (1,05) \left(\frac{150KJ}{Kg} \right)$$

$$CF_C = 157,5KJ$$

De lo anterior se puede concluir que, el compresor tiene una capacidad frigorífica de 685,75KJ/h (650BTU/h) y en el ciclo de refrigeración mostrado en el diagrama de Molliere del refrigerante, el componente absorbe 150KJ por cada hora, esto quiere decir que el compresor si está cumpliendo correctamente su función.

Tabla 5. Resultados finales del Módulo Didáctico de Congelación

Criterio	Valores
Temperatura inicial	19°C
Temperatura final	1°C
Diferencia de entalpía del refrigerante	150KJ/Kg
Diferencia de entalpía del aire	38,5286KJ/Kg
Carga térmica del aire	1,7029KJ
Carga térmica capaz de retirar el sistema	34,02KJ
Volumen de la cámara	0,0374m ³
Volumen máximo	0,4843m ³

Fuente. Elaboración propia

Formato 13. Formato de calificación de desempeño del módulo didáctico de congelación.

Factores de calificación	Calificación	Parámetros	
		Reales	Permisible
¿El sistema cuenta con una cámara de acondicionamiento de aire o refrigeración independiente?	1,0	0,0374m ³	≤ 0,4843m ³
Carga del sistema	1,0	226,8g	226,8g
Fugas en el sistema	0,0	-	-
¿El evaporador cumple su función?	1,0	150KJ/Kg	≥ 38,5286KJ/Kg
Después de la intervención, ¿el equipo presentó mejora?	1,0	Después de la intervención, el equipo permitió realizar la toma de datos.	
¿El compresor cumple su función?	1,0	150KJ/Kg	≤ 650BTU/h
¿El equipo cumple su función?	1,0	34,02KJ	≥ 1,7029KJ
TOTAL	0,86		

Fuente. Elaboración propia

Al momento de realizar la presurización del sistema con nitrógeno en la intervención, se pudo observar una fuga de refrigerante en la entrada a la mirilla de vidrio; a pesar de que los cálculos demuestran un buen funcionamiento del sistema, una fuga en el sistema hace que el rendimiento del equipo disminuya. Por este motivo, dicho

criterio en el formato de calificación de desempeño del equipo tuvo una calificación de 0,0.

De acuerdo con los criterios de evaluación presentados y soportados anteriormente, el desempeño del equipo tuvo una calificación de 0,86, el cual demuestra un buen funcionamiento del sistema.

2.2.3 Módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana. Como herramienta para realizar una aplicabilidad práctica de los métodos de acondicionamiento de aire, la universidad cuenta con un sistema de acondicionamiento de aire tipo ventana, que fue implementado como proyecto de grado.

Un equipo de refrigeración doméstico que no presenta ningún tipo de obstrucción en su sistema, sus presiones se igualan al momento de apagarse, obteniendo así un valor de presión en la línea de alta y baja iguales.

Como se observa en la siguiente figura, en los manómetros de alta y baja presión tanto en la línea de líquido como de vapor, se evidencia una igualación de presiones a 106psi. Se verifica la calibración de los cuatro manómetros al indicar la misma presión del sistema.

Figura 20. Igualación de presiones en el sistema



Fuente. Elaboración propia

El equipo se pone a prueba y se realiza la correspondiente toma de datos para determinar el estado de su funcionamiento.

2.2.3.1 Calificación de documentación y operatividad para formación. de acuerdo con la calificación de documentación y operatividad para formación, el equipo no cuenta con información como planos del sistema, manuales de operación y mantenimiento y fichas técnicas de componentes como compresor, evaporador, condensador y mecanismo de expansión; adicionalmente los espacios dispuestos para la operación del equipo no son recomendables tanto para este como para los operarios que lo manipulan.

De la calificación de documentación y operatividad para formación se obtuvo un resultado de 0,07 teniendo en cuenta un grado de importancia para el equipo de 20%.

Formato 14. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
PC-03	Facultad de Ingeniería Mecánica		
	PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y OPERATIVIDAD PARA FORMACIÓN		
Fecha: ---			
Auditor: Juan Piragauta - Juan Gomez			
Supervisor: ---			
Area de Desempeño: Refrigeracion y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Modulo Didactico de Acondicionamiento de Aire Tipo Ventana			
Ubicacion del Equipo: Laboratorio de Refrigeracion y AA			
Año de Fabricacion: ---			
Tipo de Refrigerante: MO-29			
INFORMACION TECNICA			
FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
PLANOS DE REFRIGERACIÓN	0,00	Realizar diseño e implementación de toda la información técnica del equipo	
PLANOS ELÉCTRICOS	0,00		
PLANOS ESTRUCTURALES	0,00		
MANUAL DE PARTES	0,00		
MANUAL DE MANTENIMIENTO	0,00		
MANUAL DE OPERACIÓN	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR	1,00		
FICHA TÉCNICA DEL CONDESADOR	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL MECANISMO DE EXPANSIÓN	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL EVAPORADOR	0,00		
TOTAL	0,10		

Fuente. Elaboración propia

Formato 14. (Continuación)

FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGÓGICA	0,00	El equipo no cuenta con accesibilidad pedagógica, debido a que no es posible acceder a varios de los componentes
DIMENSIONES	1,00	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	0,00	
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO	0,00	Realizar una reubicación del equipo mejorando las condiciones de seguridad para los operarios
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO	0,00	
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	1,00	
¿EL EQUIPO FUNCIONA?	1,00	
TOTAL	0,43	

Fuente. Elaboración propia

2.2.3.2 Calificación de operación. De acuerdo con la calificación de operación realizada al módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana, se determinaron varias averías en forma de fugas en la tubería del intercambiador de calor que cumple la función de evaporador, y en los racores de línea de succión y adicionalmente se encontraron descalabrados los manómetros que componen el equipo.

Varios de los componentes que forman parte de la estructura se encontraron en mal estado con rupturas y oxidados, la calificación de operación final para este equipo dio como resultado 0.36 teniendo en cuenta un grado de importancia de este protocolo para el funcionamiento del equipo de 40%.

Formato 15. Protocolo de calificación de operación para componentes mecánico hidráulicos para módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿Sirve con el refrigerante utilizado?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Compresor	1	1	1	1	1	1	1,00	
Condensador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Tanque de Almacenamiento	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula Solenoide	-	-	-	-	-	-	-	
Filtro Deseccante	1	1	1	1	0	1	0,83	
Mirilla	0	0	0	0	0	0	0,00	Instalar mirillas de vidrio para chequear el paso de refrigerante
Indicadores de Presión	1	1	1	1	0	1	0,83	Descalibrados
Indicadores de Temperatura	1	1	1	1	1	1	1,00	
Indicadores de Flujo	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Paso	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Servicio	-	-	-	-	-	-	-	
Tubo Capilar	1	1	1	1	1	1	1,00	
Válvula de Expansión	-	-	-	-	-	-	-	
Evaporador	1	1	1	1	0	1	0,83	Fugas presentadas
Presostato	-	-	-	-	-	-	-	
Racores	1	1	1	1	0	1	0,83	
TOTAL.							0,81	

Fuente. Elaboración propia

Formato 16. Protocolo de calificación de operación para componentes eléctricos para módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Contactores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cableado	1	1	1	1	1	1	1,00	
Controlador Logico	-	-	-	-	-	-	-	
Transformador	-	-	-	-	-	-	-	
Sist. Alimentación Eléctrico	1	1	1	1	1	1	1,00	
Interruptores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Testigos Luminosos	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Ventilador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Condensador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Ventilador Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
TOTAL.							1,00	

Fuente. Elaboración propia

Formato 17. Protocolo de calificación de operación para componentes estructurales para módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Paredes	1	1	1	1	0	1	0,83	Mal estado
Piso y Base	1	1	1	1	1	1	1,00	
Techo	1	1	1	1	0	1	0,83	Ruptura
Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Anclajes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cerradura Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Bisagras	-	-	-	-	-	-	-	
Kit Pernos de Ajuste	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Instrumentos y Conexiones	1	1	1	1	0	1	0,83	Mal estado
Caja de Componentes Electricos	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL.							0,92	

Fuente. Elaboración propia

2.2.3.3 Calificación de desempeño. Se realizó una toma de datos de temperaturas en la zona de condensación y evaporación, para establecer el estado operacional actual del sistema, el Cuadro 8 indica dichos datos.

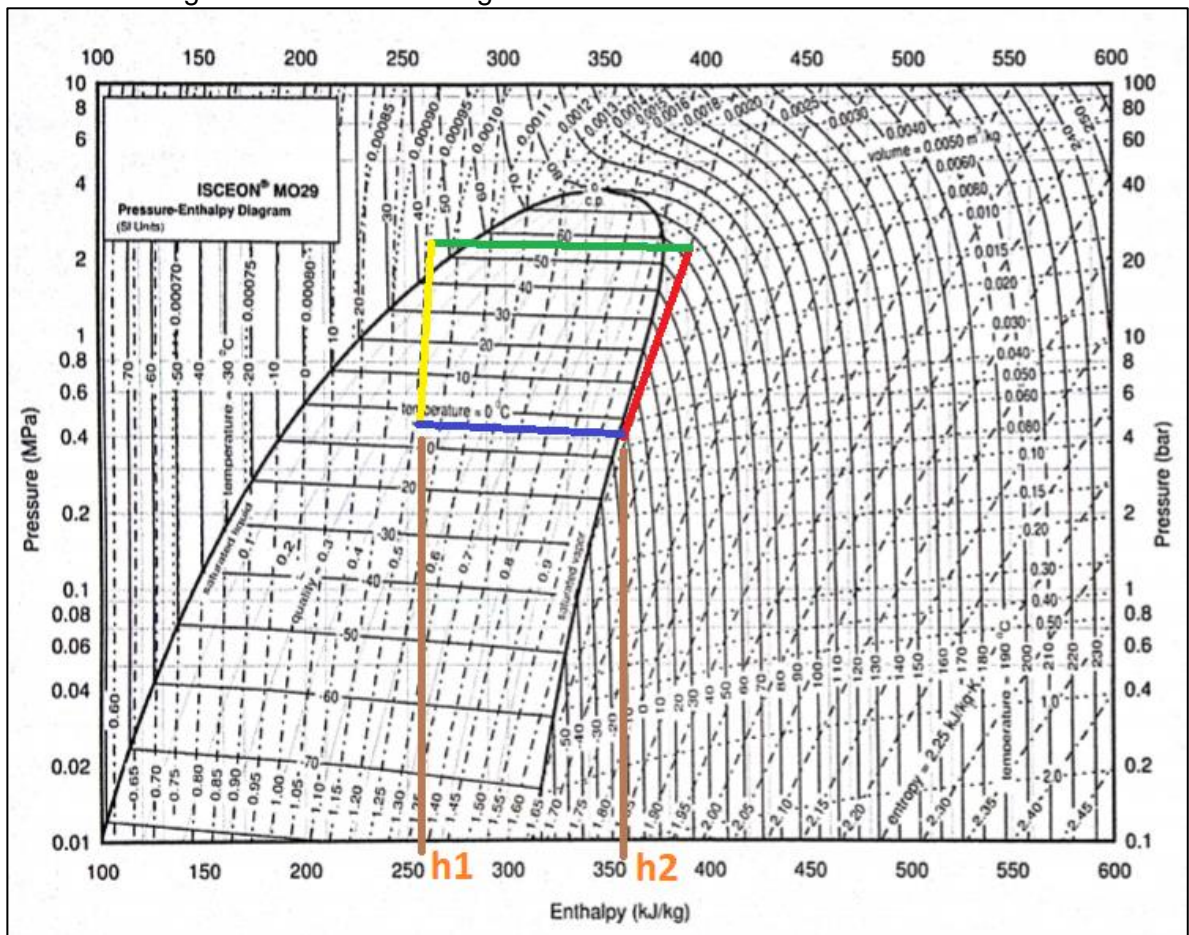
Cuadro 8. Datos de temperatura y presión Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Componente	Temperatura	Presión
Condensador	58°C	330.86 psi
Evaporador	-3.1°C	48.01 psi

Fuente. Elaboración propia

Al obtener los datos de temperaturas de condensación y evaporación, se puede graficar en el diagrama de Molliere el comportamiento del refrigerante en el paso de cada uno de sus componentes de la siguiente forma;

Gráfico 3. Diagrama de Molliere refrigerante MO29



Fuente. SALVADOR ESCODA S.A., Diagrama de Molliere para el refrigerante ISCEON MO29. Editado por autores.

Del gráfico 3 se obtienen los datos de entalpía a la entrada y la salida de cada componente y se determina la diferencia de la siguiente forma;

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

$$\Delta h = 355 \text{ KJ/kg} - 255 \text{ KJ/kg}$$

$$\Delta h = 100 \text{ KJ/kg}$$

El equipo al ser una aplicación para fines de acondicionamiento de aire doméstico o en oficinas, cuenta con una cámara a acondicionar de 4,3m de largo, 2,1m de alto y 4m de ancho. Dicha cámara hace referencia al espacio en el que se encuentra ubicado el equipo (laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire).

El aire se encuentra a una temperatura de 19°C y por medio del módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana, se desea disminuir a 15°C; para esto se toman los datos de la densidad del aire por medio del cuadro 10.

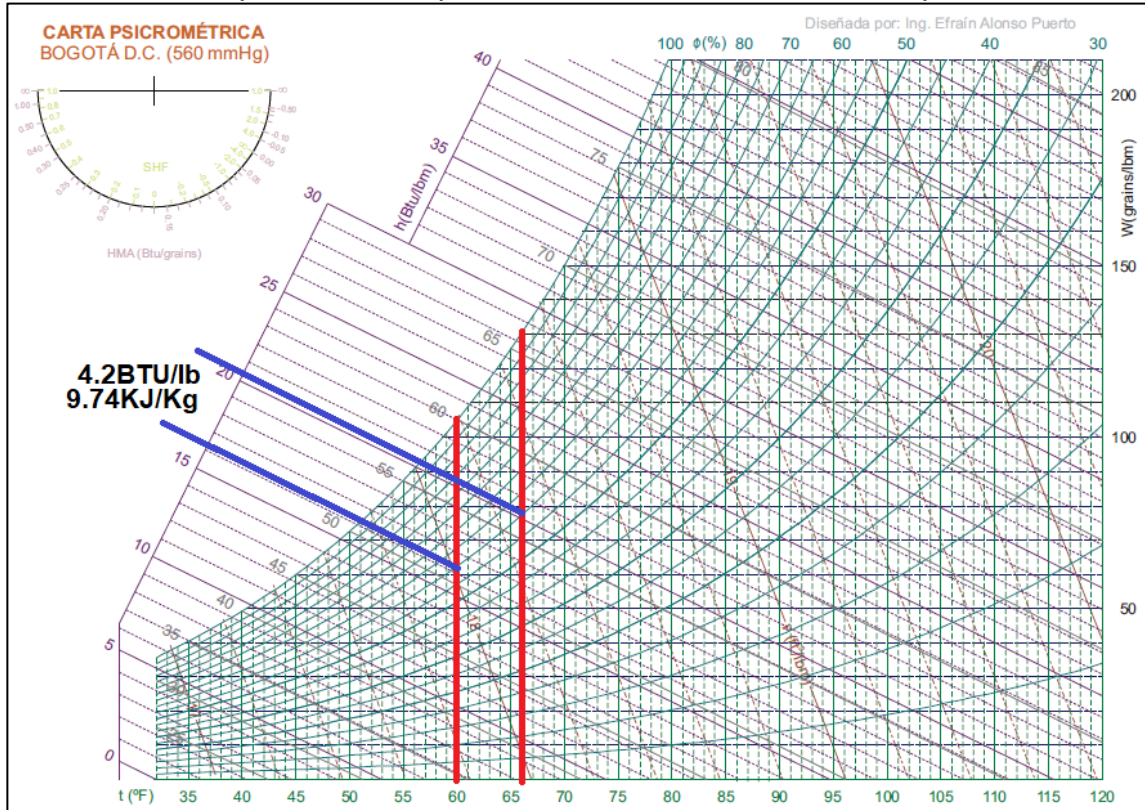
Para 19°C;

- Volumen específico: 0,8458m³/kg
- Densidad: 1,1823kg/m³

Teniendo los anteriores valores, se calcula la cantidad en kilogramos (kg) de aire que hay dentro de la cámara, sabiendo que su volumen interno es de 36,12m³.

$$m = 42,7046 \text{ kg}$$

Gráfico 4. Carta psicrométrica para el Módulo Didáctico de A/C tipo ventana



Fuente. Correa. M, Felipe. Balance de energía y masa. En: <http://efraínpuerto.wordpress.com/>. Jun 18, 2015. Editado por autores.

Tabla 6. Resultados iniciales y finales de carta psicrométrica

PARAMETROS	SISTEMA INGLES		SISTEMA INTERNACIONAL	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
Temperatura	66,2°F	58,9°F	19°C	15°C
Densidad	0,1135lb/ft ³	0,075lb/ft ³	1,823Kg/m ³	1,2044Kg/m ³
Volumen específico	8,8105ft ³ /lb	13,33ft ³ /lb	0,8458m ³ /Kg	0,8303m ³ /Kg
Entalpía	20,5BTU/lb	16,3BTU/lb	47,5805KJ/Kg	37,8323KJ/Kg

Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente, el compresor cuenta con las siguientes especificaciones.

Cuadro 9. Datos del compresor Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Referencia	TECUMSEH RK 258 AT-002
Desplazamiento	11.7cm ³ /rev
RPM	700
Capacidad frigorífica	12.000BTU/h
Refrigerante	R22

Fuente. TECUMSEH. Compresor hermético. Disponible en: <http://inverprimos.com>, Editado por autores

Al realizar los correspondientes cálculos, se obtienen los resultados hechos en una hoja de cálculo, organizados en la siguiente tabla;

Tabla 7. Resultados iniciales Módulo Didáctico de A/C Tipo Ventana

Criterios	Valores
Temperatura inicial	19°C
Temperatura final	15°C
Diferencia de entalpía del refrigerante	100KJ/Kg
Diferencia de entalpía del aire	9,74KJ/Kg
Carga térmica del aire	415,9428KJ
Carga térmica capaz de retirar el sistema	20KJ
Volumen de la cámara	36,12m ³
Volumen máximo	1,1263m ³

Fuente. Elaboración propia

De los resultados anteriores, se puede observar que el equipo cumpliría su función si el volumen de la cámara de acondicionamiento de aire no superara 1,1263m³, lo cual es un criterio de evaluación relevante debido a que el volumen de la cámara actual es muy superior al ideal.

Para soportar lo anterior, se observa que el equipo tiene la capacidad de retirar 20KJ de carga térmica, mientras que el aire cuenta con 415,9428KJ, esto quiere decir que el equipo está retirando únicamente un 4,8% de la carga térmica del aire en el laboratorio.

Para reducir la temperatura de la cámara desde 19°C a 15°C, se requiere tener un equipo que tenga la capacidad de reducir la energía interna por encima de 9,74KJ/kg, en este caso, el evaporador tiene una diferencia de entalpía de 100KJ/kg, esto indica que, el evaporador si cumple su función.

Otros criterios de evaluación que permiten que el equipo no se desempeñe correctamente, son las fugas y la instalación del evaporador y el condensador dentro de la misma cámara, que agrega energía en forma de calor a la cámara que se quiere acondicionar. Dentro del evaporador se pudo determinar un escape de refrigerante que ocasiona pérdidas en la eficiencia del sistema por una disminución en la presión de este.

Formato 18. Formato de calificación de desempeño del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana.

Factores de Calificación	Calificación	Parámetros	
		Reales	Permisible
¿El sistema cuenta con una cámara de acondicionamiento de aire o refrigeración independiente?	0,0	36,12m ³	≤ 1,1263m ³
Carga del sistema	1,0	200g	200g
Fugas en el sistema	0,0	-	-
¿El evaporador cumple su función?	1,0	100KJ/Kg	≥ 9,74KJ/Kg
Después de la intervención, ¿el equipo presentó mejora?	-	Al equipo no se realizó intervención	
¿El compresor cumple su función?	1,0	100KJ/Kg	≤ 12.000BTU/h
¿El equipo cumple su función?	0,0	20KJ	≥ 415,9428KJ
TOTAL	0,50		

Fuente. Elaboración propia

Para concluir, el equipo obtuvo una calificación de desempeño de 0,50, teniendo en cuenta todos los criterios evaluados en el formato presentado anteriormente.

Se detectaron fugas en la tubería del evaporador, por esta razón, la calificación del ítem “Fugas en el sistema” fue 0,0. Adicionalmente, el sistema cuenta con la ubicación del condensador y el evaporador en la misma zona, por tal motivo su calificación fue 0,0 debido a que afecta el rendimiento del sistema.

2.2.4 Módulo didáctico de bomba de calor. Dicho módulo didáctico esquematiza la conformación de un equipo real de climatización, así como las características de cada uno de los componentes del módulo.⁴³

Con este simulador didáctico de bomba de calor es posible la extracción de calor del aire y llevarlo a un tanque con agua o viceversa, es decir, extraer calor del agua y llevarlo al aire. A su vez el calor que se encuentra almacenado en el agua puede transportarse mediante una bomba hacia un intercambiador de agua–aire o también denominado fan coil, con el fin de simular el transporte de calor hacia unidades ubicadas en puntos lejanos del lugar de producción.

El sistema está compuesto por un compresor hermético de 1/3 de HP que realiza el bombeo de refrigerante R134a; la inversión del ciclo se realiza mediante la activación de una válvula solenoide de cuatro vías la cual permite invertir los ciclos en el sistema, de un ciclo de refrigeración a un ciclo de climatización o viceversa.⁴⁴

Al poner a prueba el funcionamiento del equipo en configuración de climatización, se observa una intermitencia de encendido del compresor cada 10 segundos; esto

⁴³ LIZARAZO, Sergio y MOLANO, Juan P. Diseño y construcción de un módulo didáctico de bomba de calor para laboratorio. Fundación Universidad de América, 2001. p. 1.

⁴⁴ Ibid., 27.p.

puede ser producto de un posible taponamiento de refrigerante en el filtro deshidratador o en el tubo capilar.

El sistema, al encontrarse sin carga de refrigerante, se conecta a un manómetro de presión suministrado por la Universidad, en donde el extremo de la línea de servicio, se conecta a la salida del regulador enlazado directamente al cilindro de nitrógeno; la línea de baja presión de dicho manómetro, se conecta a la línea de servicio del compresor. Se abre el paso de la válvula del manómetro de baja presión y en un proceso lento y cuidadoso de apertura de la válvula del cilindro de nitrógeno, se da paso al flujo de éste con el fin de proteger el regulador y su indicador de presión.

Una vez se finaliza el proceso de limpieza, se debe realizar un debido procedimiento de vacío en el sistema. Para esto, se debe cerrar la válvula de baja presión en el manómetro y en la salida del cilindro de nitrógeno; se desconecta el extremo de la manguera de servicio (color amarillo), que se encuentra enlazada al regulador de presión y se conecta directamente a la bomba de vacío. El otro extremo, se desconecta del manómetro de presión y por medio de una "T", se conecta a dicho manómetro; la otra salida del elemento conectado (T), es dirigida hacia un vacuómetro electrónico con el fin de tener un valor cuantitativo del vacío a realizar. Finalmente, se verifica que la zona de descarga de la bomba de vacío no se encuentre obstruida ni taponada.

Una vez se tenga el sistema debidamente conectado, se enciende la bomba de vacío y se abre la válvula del manómetro de baja. Inicialmente, el vacuómetro muestra una lectura de 24350 micrones; a medida que pasa el tiempo, dicha lectura va disminuyendo. Después de aproximadamente 20 minutos de vacío en el sistema, el vacuómetro mostró una lectura de 650 micrones, esto quiere decir que el equipo se encuentra relativamente limpio, pero presenta fugas en su sistema. Para corroborar dicho análisis, se apaga la bomba de vacío y se cierran las válvulas de los manómetros, realizando un sostenimiento del vacío.

Al realizar el sostenimiento de vacío en aproximadamente 20 minutos, el vacuómetro muestra una lectura final de 860 micrones. Para dicho tiempo, se debe tener una variación normal del 10% debida a la estabilización del sistema; esto quiere decir, que la lectura final no debería superar los 693 micrones. La lectura final, al estar por encima de la permitida, nos comprueba la existencia de una fuga en el sistema.

Una vez se ejecuta el proceso de limpieza y de vacío, se debe concluir el procedimiento cargando correctamente el equipo. Para esto es necesario desconectar la bomba de vacío y el vacuómetro del sistema, y conectar la manguera de servicio al tanque de refrigerante. Se abre nuevamente la válvula del manómetro de baja, y por diferencial de presión el refrigerante fluye desde su tanque hacia el sistema. Mientras el éste se va cargando de refrigerante, se evidencia un incremento de presión en los manómetros del sistema. En el momento en que se

igualan las presiones (sistema y ambiente), es necesario encender el compresor para hacer fluir el refrigerante, y crear una diferencia de presiones entre el sistema y el medio ambiente, para absorber el refrigerante restante en el tanque.

Al momento de poner en marcha el sistema, nuevamente se presentó la intermitencia de encendido del compresor, esto podría corroborar un taponamiento en el sistema, haciendo que la presión de succión disminuya y el presostato desenergice el compresor.

2.2.4.1 Calificación de documentación y operatividad para formación. Con base a los protocolos de calificación de documentación y operatividad para formación diseñados e implementados en el módulo didáctico de bomba de calor se determinó que este no cuenta con la suficiente información técnica como manuales de operación, mantenimiento y las diferentes fichas técnicas de sus componentes principales, razón por la cual no es posible conocer las condiciones iniciales para las cuales fue diseñado este.

Adicionalmente se determinó que la ubicación dispuesta para la operación del equipo y los espacios requeridos por los operarios para realizar su labor con el mismo no son los óptimos haciendo muy limitado e incorrecto su funcionamiento; como un resultado final para esta calificación se obtuvo 0,73 teniendo en cuenta un grado de importancia para el funcionamiento del equipo de 20%.

Formato 19. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de bomba de calor

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
PC-04	Facultad de Ingeniería Mecánica		
	PROTOCOLO DE CALIFICACION DE DOCUMENTACION Y OPERATIVIDAD PARA FORMACION		
Fecha: --			
Auditor:			
Supervisor: --			
Area de Desempeño: Refrigeracion y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Modulo Didactico de Bomba de Calor			
Ubicacion del Equipo: Laboratorio de Refrigeracion y AA			
Año de Fabricacion: --			
Tipo de Refrigerante: R-134a			
INFORMACION TECNICA			
	FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
	PLANOS DE REFRIGERACIÓN	1,00	Realizar el planteamiento de información técnica faltante del equipo
	PLANOS ELÉCTRICOS	1,00	
	PLANOS ESTRUCTURALES	0,00	
	MANUAL DE PARTES	1,00	
	MANUAL DE MANTENIMIENTO	1,00	
	MANUAL DE OPERACIÓN	1,00	
	FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR	1,00	
	FICHA TÉCNICA DEL CONDESADOR	0,00	
	FICHA TÉCNICA DEL MECANISMO DE EXPANSIÓN	0,00	
	FICHA TECNICA DEL EVAPORADOR	0,00	
	TOTAL	0,60	

Fuente. Elaboración propia

Formato 19. (Continuación)

FACTOR DE CALIFICACION	CALIFICACION	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGÓGICA	1,00	
DIMENSIONES	1,00	La ubicación del equipo no es la óptima para su operación y la de los operarios
UBICACIÓN DEL EQUIPO	0,00	
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO	0,00	
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO	0,00	
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	1,00	
¿EL EQUIPO FUNCIONA?	0,00	
TOTAL	0,43	

Fuente. Elaboración propia

2.2.4.2 Calificación de operación. Teniendo en cuenta el protocolo de calificación de operación aplicado al equipo se determinaron varias averías en los componentes mecánico-hidráulicos como fugas en el intercambiador de calor que cumple la función de condensador, adicionalmente se encontró que el relay del motor de arranque del compresor no se encontraba en condiciones óptimas de funcionamiento arriesgando la vida útil del componente; se determinó presencia de fuga en componentes como mirillas de vidrio y racores en línea de descarga, las válvulas de servicio que hacen parte del equipo se encuentra en mal estado debido a que no permiten regular de forma correcta el paso de refrigerante en el sistema; en los componentes como el tubo capilar y la válvula de expansión se determinó posible taponamiento debido a suciedad interna por falta de mantenimiento preventivo.

Formato 20. Protocolo de calificación de operación para componentes mecánico hidráulicos para módulo didáctico de bomba de calor

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES MECÁNICO HIDRÁULICOS	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿Sirve con el refrigerante utilizado?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Condensador	1	0	1	1	0	1	0,67	
Tanque de Almacenamiento	1	1	1	1	0	1	0,83	
Valvula Solenoide	1	1	1	1	1	1	1,00	
Filtro Desecante	1	1	1	1	0	1	0,83	Cambio de componente
Mirilla	1	1	1	1	0	1	0,83	Fuga presentada
Indicadores de Presión	1	1	1	1	0	1	0,83	Descalibrados
Indicadores de Temperatura	1	1	1	1	0	1	0,83	
Indicadores de Flujo	1	1	1	1	0	1	0,83	Componente no funcional
Válvula de Paso (check)	1	1	1	1	1	1	1,00	
Válvula de Servicio	1	1	0	1	0	1	0,67	Componente en mal estado
Tubo Capilar	1	1	1	1	0	1	0,83	Posible taponamiento
Válvula de Expansión	1	1	1	1	0	1	0,83	
Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Presostato	1	1	1	1	1	1	1,00	
Racores	1	1	0	0	0	1	0,50	Fugas presentadas por falta de sello
Bomba Centrífuga	1	1	1	1	1	1	1,00	
Fan Coil	1	1	1	1	1	1	1,00	
TOTAL.							0,85	

Fuente. Elaboración propia

Formato 21. Protocolo de calificación de operación para componentes eléctricos para módulo didáctico de bomba de calor

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES ELÉCTRICOS	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Cableado	1	1	1	1	1	1	1,00	
Controlador Lógico	-	-	-	-	-	-	-	
Transformador	-	-	-	-	-	-	-	
Sist. Alimentación Eléctrico	1	1	1	1	1	1	1,00	
Interruptores	1	1	1	1	0	0	0,67	No presentaron funcionamiento al realizar revisión
Testigos Luminosos	1	1	1	1	0	0	0,67	
Motor Ventilador Condensador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Ventilador Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
TOTAL.							0,90	

Fuente. Elaboración propia

Formato 22. Protocolo de calificación de operación para componentes estructurales para módulo didáctico de bomba de calor

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES ESTRUCTURALES	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Piso y Base	1	1	1	1	1	1	1,00	
Techo	-	-	-	-	-	-	-	
Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Anclajes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cerradura Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Bisagras	-	-	-	-	-	-	-	
Kit Pernos de Ajuste	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Instrumentos y Conexiones	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Componentes Electricos	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL.							1,00	

Fuente. Elaboración propia

2.2.4.3 Calificación de desempeño. El equipo, al no ser posible su correcta puesta en marcha y la toma de datos, no cuenta con formatos de calificación de desempeño. Por tal motivo su calificación es 0,0.


2.2.5 Módulo didáctico de refrigeración. El sistema cuenta con un intercambiador que aprovecha el calor de la descarga para generar un sobre calentamiento en la entrada del compresor y así evitar el ingreso de líquido en este. Adicionalmente, el equipo cuenta con el condensador y el evaporador ubicados en la misma zona, esto afectaría su rendimiento.

Al poner en funcionamiento el equipo, se determinó por medio de las mirillas de vidrio, un bajo flujo de refrigerante y una fuga de mezcla de refrigerante y aceite a la salida de este componente. Se tomaron datos iniciales al equipo y posteriormente se realizó el proceso de limpieza, con el fin de determinar teóricamente la mejora del equipo con dicha intervención.

Para el proceso de limpieza y carga de refrigerante, el sistema es cargado con nitrógeno realizando una apertura de la válvula del cilindro lentamente para proteger el regulador junto con su manómetro de baja presión. Una vez se ha hecho el procedimiento de limpieza, se vacía el sistema y por medio de un vacuómetro electrónico, se toma la medida de vacío en micrones. El sistema inicia con 25000 micrones y finaliza en 1000 micrones; su proceso de vacío fue muy lento debido a fugas presentadas que hacen que capte la humedad del ambiente.

2.2.5.1 Calificación de documentación y operatividad para formación. Con base a la calificación realizada el módulo didáctico se determinó que se debe realizar el planteamiento e implementación de la información técnica faltante con la finalidad de conocer las condiciones iniciales de ingeniería para así garantizar un correcto funcionamiento, adicionalmente se debe realizar una reubicación del equipo y del espacio dispuesto para su trabajo; como resultado final de esta sección del equipo se obtuvo 0,09 teniendo en cuenta un grado de importancia de 20%.

Formato 23. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de refrigeración

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
PC-05	Facultad de Ingeniería Mecánica		
	PROTOCOLO DE CALIFICACION DE DOCUMENTACION Y OPERATIVIDAD PARA FORMACION		
Fecha: ---			
Auditor:			
Supervisor: ---			
Area de Desempeño: Refrigeracion y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Modulo Didactico de Refrigerancion			
Ubicacion del Equipo: Laboratorio de Refrigeracion y AA			
Año de Fabricacion: 1980			
Tipo de Refrigerante: MO-49			
INFORMACION TECNICA			
FACTOR DE CALIFICACION	CALIFICACION	OBSERVACIONES	
PLANOS DE REFRIGERACION	1,00		
PLANOS ELECTRICOS	1,00		
PLANOS ESTRUCTURALES	0,00		
MANUAL DE PARTES	0,00		
MANUAL DE MANTENIMIENTO	0,00		
MANUAL DE OPERACIÓN	0,00		
FICHA TECNICA DEL COMPRESOR	1,00		
FICHA TECNICA DEL CONDESADOR	0,00		
FICHA TECNICA DEL MECANISMO DE EXPANSION	0,00		
FICHA TECNICA DEL EVAPORADOR	0,00		
TOTAL	0,30		

Fuente. Elaboración propia

Formato 24. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de refrigeración

FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGOGICA	1,00	
DIMENSIONES	1,00	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	0,00	
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO	0,00	
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO	0,00	
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	1,00	
¿EL EQUIPO FUNCIONA?	1,00	
TOTAL	0,57	

Fuente. Elaboración propia

2.2.5.2 Calificación de operación. Al momento de realizar en análisis y calificación de operación del equipo se encontró en buen estado a excepción de algunos componentes que presentaban fugas como las mirillas de vidrio y los racores de la línea de succión, adicionalmente se determinó un posible taponamiento en los mecanismo de expansión como lo son el tubo capilar y la válvula de expansión por razón de un sobre escarchado sobre la tubería, se debe realizar una mejora de los componentes que tuvieron una calificación menor a uno para que el quipo este en óptimas condiciones operacionales.

Formato 25. Protocolo de calificación de operación para componentes mecánico hidráulicos para módulo didáctico de refrigeración

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES MECÁNICO HIDRÁULICOS	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿Sirve con el refrigerante utilizado?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Compresor	1	1	1	1	1	1	1,00	
Condensador	1	0	1	1	0	1	0,67	Ubicación errónea que afecta el rendimiento del sistema
Tanque de Almacenamiento	1	1	1	1	0	1	0,83	
Valvula Solenoide	-	-	-	-	-	-	-	
Filtro Desecante	1	1	1	1	0	1	0,83	
Mirilla	1	1	1	1	0	1	0,83	Fuga presentada
Indicadores de Presion	1	1	1	1	0	1	0,83	Descalibrados
Indicadores de Temperatura	1	1	1	1	0	1	0,83	
Indicadores de Flujo	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Paso	1	1	1	1	1	1	1,00	
Válvula de Servicio	-	-	-	-	-	-	-	
Tubo Capilar	1	1	1	1	0	1	0,83	Posible taponamiento
Válvula de Expansión	1	1	1	1	0	1	0,83	
Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Presostato	1	1	1	1	1	1	1,00	
Racores	1	1	1	1	0	1	0,83	Fuga presentada
TOTAL.							0,87	

Fuente. Elaboración propia

Formato 26. Protocolo de calificación de operación para componentes eléctricos para módulo didáctico de refrigeración

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Contactores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cableado	1	1	1	1	1	1	1,00	
Controlador Logico	-	-	-	-	-	-	-	
Transformador	-	-	-	-	-	-	-	
Sist. Alimentación Electrico	1	1	1	1	1	1	1,00	
Interruptores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Testigos Luminosos	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Ventilador Condensador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Ventilador Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
TOTAL.							1,00	

Fuente. Elaboración propia

Formato 27. Protocolo de calificación de operación para componentes estructurales para módulo didáctico de refrigeración

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Paredes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Piso y Base	1	1	1	1	1	1	1,00	
Techo	-	-	-	-	-	-	-	
Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Anclajes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cerradura Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Bisagras	-	-	-	-	-	-	-	
Kit Pernos de Ajuste	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Instrumentos y Conexiones	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Componentes Electricos	1	1	1	1	1	1	1,00	
TOTAL.							1,00	

Fuente. Elaboración propia

2.2.5.3 Calificación de desempeño. Para obtener su correspondiente calificación, se realiza toma de datos de temperaturas a la entrada y salida de cada componente, los resultados fueron los siguientes;

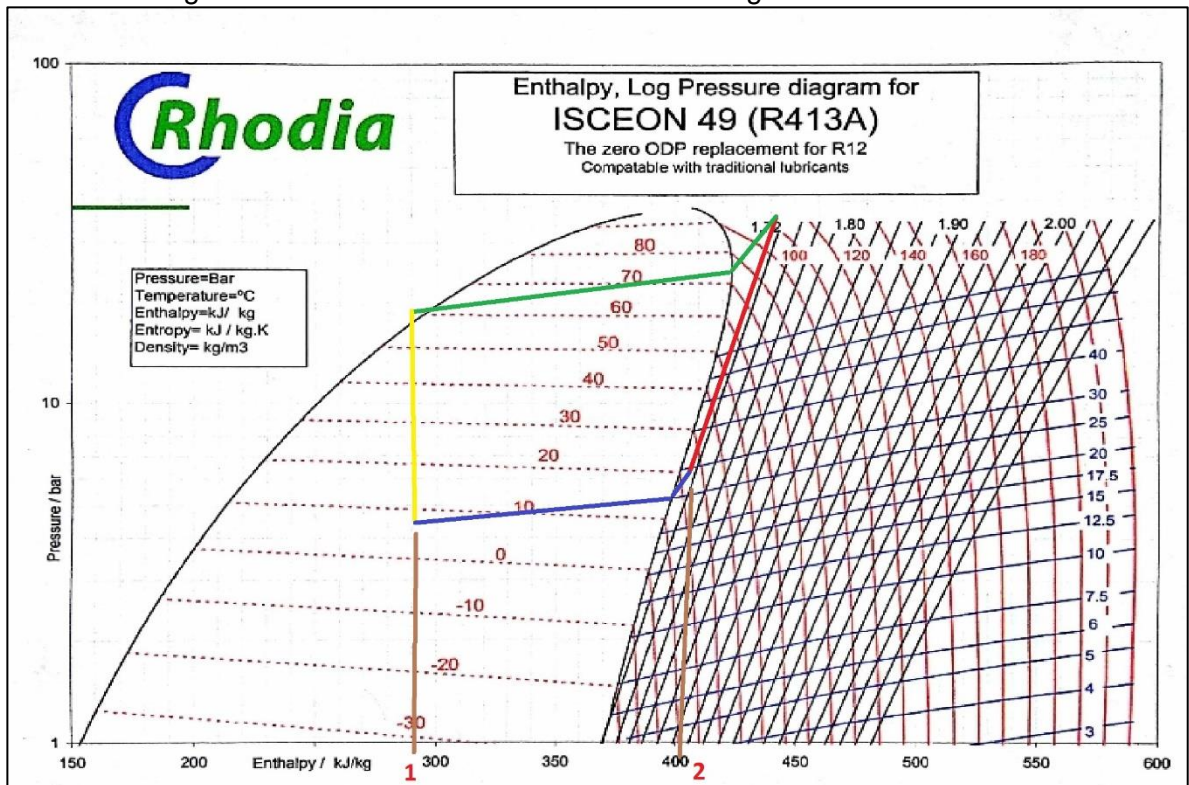
Cuadro 10. Datos iniciales de temperatura para el módulo didáctico de refrigeración

Componente	Entrada	Salida
Compresor	22°C	101°C
Condensador	75,5°C	60°C
Evaporador	8,7°C	14,9°C

Fuente. Elaboración propia

Al realizar un breve análisis inicial de dicha toma de datos, se puede observar un notorio incremento de temperatura entre la salida del evaporador y la entrada del compresor, esto es debido a un intercambiador de calor tubular posicionado estratégicamente para aumentar la temperatura del vapor que ingresa al compresor y a su vez, disminuir la temperatura del vapor expulsado por este mismo, ayudando a la condensación del refrigerante. Para observar con mayor facilidad este fenómeno, es necesario realizar el diagrama de Molliere para el refrigerante.

Gráfico 5. Diagrama de Molliere módulo didáctico de refrigeración inicial



Fuente. RHODIA. Diagrama de Molliere para el refrigerante ISCEON R413A. Editado por autores

Del Gráfico anterior se pueden obtener los datos de diferencia de entalpías en la evaporación, para la realización del ejercicio. Dichos datos fueron los siguientes;

- Entalpía entrada evaporador (1): 295 KJ/kg

- Entalpía entrada compresor (2): 405 KJ/Kg

$$\Delta h = h_2 - h_1$$

$$\Delta h = 405 \text{ KJ/Kg} - 295 \text{ KJ/Kg}$$

$$\Delta h = 110 \text{ KJ/Kg}$$

La cámara a climatizar tiene un volumen de 36,12m³, que hace referencia al volumen del laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire de la Universidad, esto porque el equipo se encuentra ubicado en ese espacio.

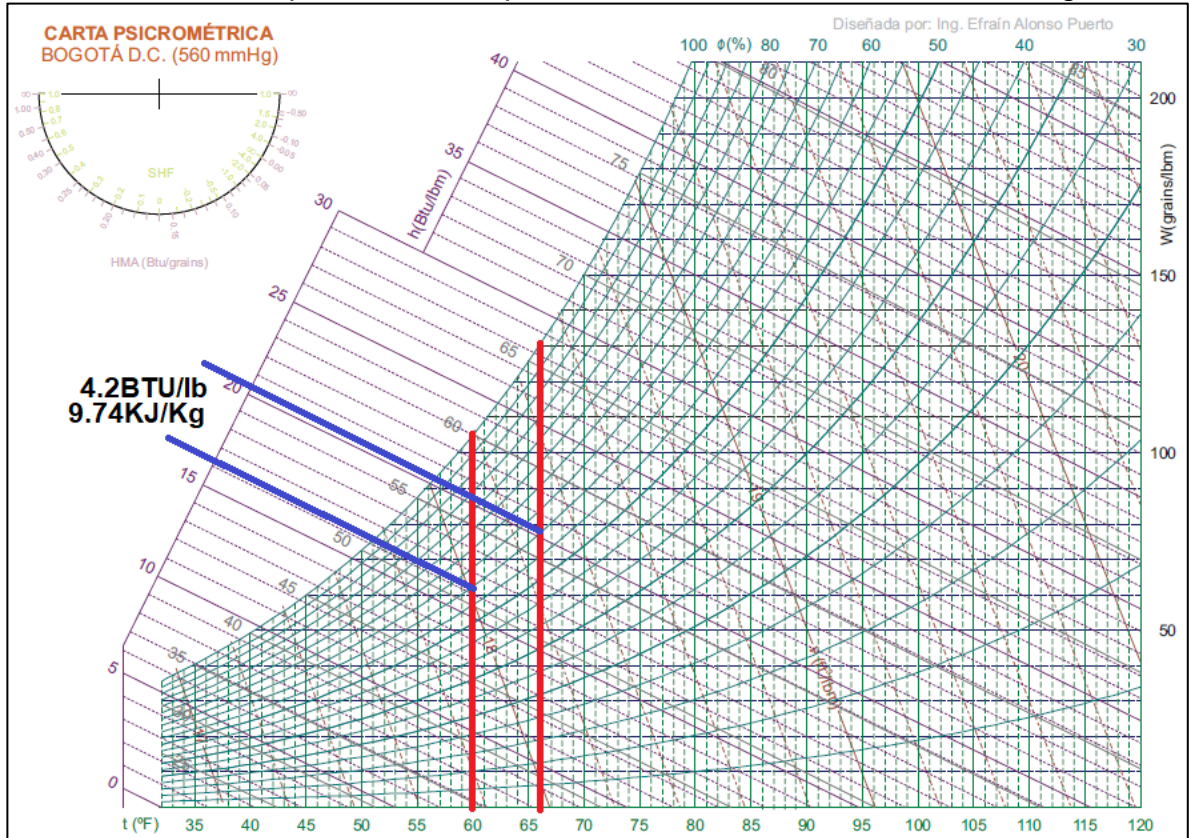
El aire se encuentra a una temperatura de 19°C y por medio del módulo didáctico de refrigeración, se desea reducir dicha temperatura a 15°C, para esto se toman los datos de densidad y volumen específico del cuadro 10.

Para 19°C;

- Volumen específico: 0,8458m³/kg
- Densidad: 1,1823kg/m³

Por medio de la carta psicrométrica se obtienen los valores termodinámicos del aire para las temperaturas de 19°C y 15°C.

Gráfico 6. Carta psicrométrica para el Módulo Didáctico de Refrigeración



Fuente. Correa. M, Felipe. Balance de energía y masa. En: <http://efrainpuerto.wordpress.com/>. Jun 18, 2015. Editado por autores.

Del gráfico anterior se obtienen los siguientes resultados;

Tabla 8. Resultados iniciales y finales de carta psicrométrica

Parámetros	Sistema Inglés		Sistema Internacional	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Temperatura	66,2°F	58,9°F	19°C	15°C
Densidad	0,1135lb/ft ³	0,075lb/ft ³	1,823Kg/m ³	1,2044Kg/m ³
Volumen específico	8,8105ft ³ /lb	13,33ft ³ /lb	0,8458m ³ /Kg	0,8303m ³ /Kg
Entalpía	20,5BTU/lb	16,3BTU/lb	47,5805KJ/Kg	37,8323KJ/Kg

Fuente. Elaboración propia

Adicionalmente, el compresor cuenta con las siguientes características;

Cuadro 11. Datos del compresor Módulo didáctico de Refrigeración

Referencia	TECUMSEH AE 140 AT-556
Desplazamiento	12,04cm ³ /rev
RPM	650
Capacidad Frigorífica	7.500BTU/h
Refrigerante	R12

Fuente. TECUMSEH. Compresor hermético. Disponible en: <http://inverprimos.com>, Editado por autores

Al realizar los correspondientes cálculos, se obtienen los resultados hechos en una hoja de cálculo, organizados en la siguiente tabla;

Tabla 9. Resultados iniciales Módulo Didáctico de Refrigeración

Criterios	Valores
Temperatura inicial	19°C
Temperatura final	15°C
Diferencia de entalpía del refrigerante	110KJ/Kg
Diferencia de entalpía del aire	9,74KJ/Kg
Carga térmica del aire	415,9428KJ
Carga térmica capaz de retirar el sistema	11KJ
Volumen de la cámara	36,12m ³
Volumen máximo	0,6195m ³

Fuente. Elaboración propia

Con los datos anteriores, se observa que el equipo no cumpliría su función debido a que requiere de un volumen de cámara mucho menor al que se tiene. El evaporador tiene la capacidad de cumplir su funcionamiento debido a que la energía interna del aire es relativamente baja con respecto a la entalpía del componente, pero la carga térmica es mucho mayor.

Una vez se hizo la limpieza con nitrógeno y carga del sistema, se tomaron datos nuevamente para poder determinar una mejora en el sistema después de la intervención. Los datos obtenidos son los siguientes;

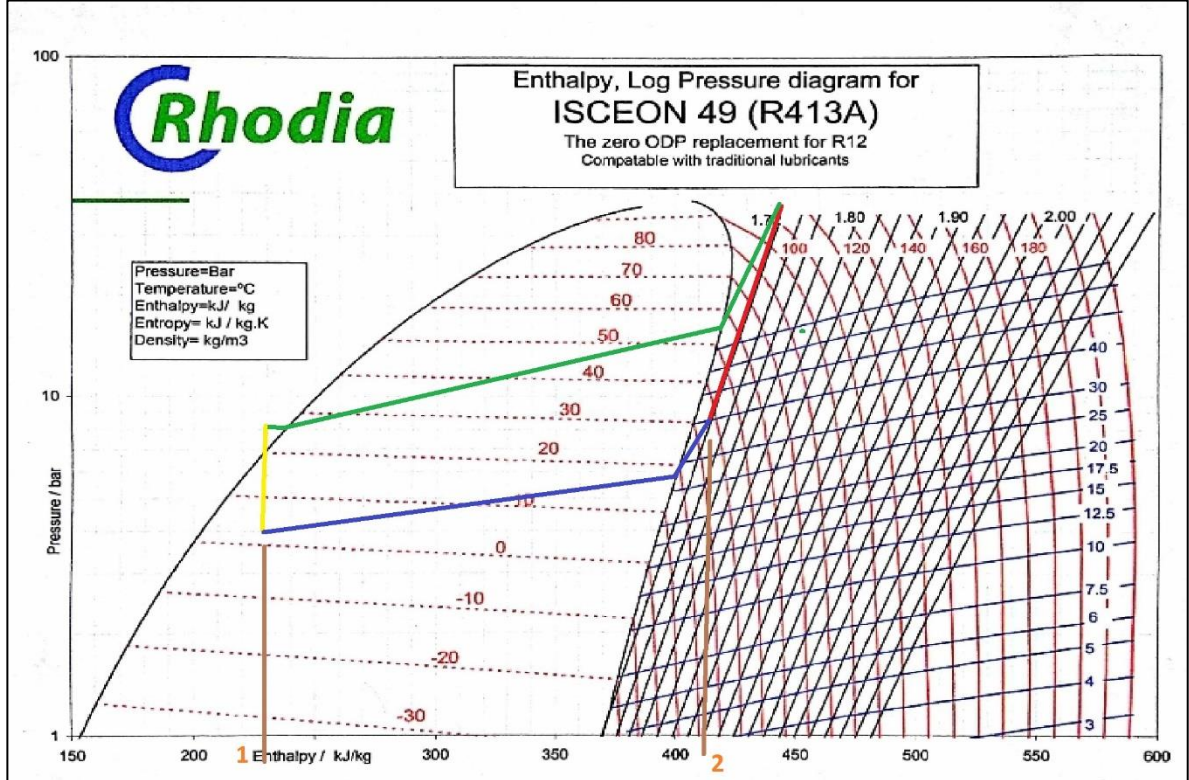
Cuadro 12. Datos finales de temperatura para el Módulo Didáctico de Refrigeración

Componente	Entrada	Salida
Compresor	37°C	102°C
Condensador	55,9°C	26,6°C
Evaporador	5,2°C	18,7°C

Fuente. Elaboración propia

Se puede observar una gran diferencia en la temperatura del fenómeno explicado anteriormente ocasionado por el intercambiador de calor tubular, para esto, se realiza el diagrama de Molliere y se obtienen datos del calor absorbido por el refrigerante en el evaporador.

Gráfico 7. Diagrama de Molliere módulo didáctico de refrigeración final



Fuente. RHODIA. Diagrama de Molliere para el refrigerante ISCEON R413A. Editado por autores

Del Gráfico 6 se obtienen los siguientes datos;

- Entalpía entrada evaporador (1): 237.5 KJ/kg
- Entalpía entrada compresor (2): 412.5 KJ/Kg

Los datos anteriores presentan una diferencia de entalpía de 175 KJ/Kg, esto quiere decir que, con el equipo cargado, el evaporador tiene mayor capacidad de absorber el calor al interior de la cámara; esto ayuda a la eficiencia del equipo.

Los resultados finales que se obtienen por medio de la hoja de cálculo correspondiente, son los siguientes;

Tabla 10. Resultados finales Módulo Didáctico de Refrigeración

Criterios	Valores
Temperatura inicial	19°C
Temperatura final	15°C
Diferencia de entalpía del refrigerante	175KJ/Kg
Diferencia de entalpía del aire	9,74KJ/Kg
Carga térmica del aire	415,9428KJ
Carga térmica capaz de retirar el sistema	39,292KJ
Volumen de la cámara	36,12m ³
Volumen máximo	2,2128m ³

Fuente. Elaboración propia

Al realizar una comparación entre la Tabla 9 y 10, se puede concluir que, una vez se realizó el procedimiento mencionado en la calificación anterior, presentó una mejora en la capacidad de transferencia de calor por parte del evaporador y del condensador.

Se observa un aumento en la capacidad de retirar la carga térmica por parte del evaporador, esto debido a que se realizó el proceso de carga del sistema.

El equipo, al presentar una notable mejora después de la intervención, aún no cuenta con la suficiente capacidad de disminuir la temperatura de la cámara a 15°C, esto es debido a que se tiene la presencia del condensador ubicado en la misma zona del evaporador, esto hace que se presente una carga térmica constante por parte de dicho intercambiador de calor. Adicionalmente, se encontraron fugas de aceite en la entrada de la mirilla de vidrio.

Formato 28. Formato de calificación de desempeño del módulo didáctico de refrigeración.

Factores de Calificación	Calificación	Parámetros	
		Reales	Permisible
¿El sistema cuenta con una cámara de acondicionamiento de aire o refrigeración independiente?	0,0	36,12m ³	≤ 2,2128m ³
Carga del sistema	1,0	340g	340g
Fugas en el sistema	0,0	-	-
¿El evaporador cumple su función?	1,0	175KJ/Kg	≥ 9,74KJ/Kg
Después de la intervención, ¿el equipo presentó mejora?	1,0	Ver tablas 10 y 12	
¿El compresor cumple su función?	1,0	175KJ/Kg	≤ 7.500BTU/h
¿El equipo cumple su función?	0,0	20KJ	≥ 415,9428KJ
TOTAL	0,57		

Fuente. Elaboración propia

Para concluir, el equipo obtuvo una calificación de desempeño de 0,57, teniendo en cuenta todos los criterios evaluados en el formato de calificación, que se soportaron anteriormente. Adicionalmente, el equipo presentó un escape de aceite en una de las mirillas de vidrio ubicada en la salida del condensador.

2.2.6 Módulo didáctico de nevera no-frost. Inicialmente al equipo se le descargó el poco refrigerante con el que contaba para posteriormente ser cargado con nitrógeno, con el fin de realizar un correspondiente barrido de impurezas y suciedad con el que podía contar el sistema; luego se le realizó un proceso de vacío y con ayuda de un vacuómetro electrónico, se tomaron medidas de vacío, esto con el fin de determinar posibles fugas en el sistema. Dicho proceso de vacío tuvo una duración de 10 minutos, comenzando en 13900 micrones y finalizando en 590 micrones.


Con el fin de realizar un proceso de verificación de las anomalías en el sistema debido a posibles fugas, se realizó un proceso de sostenibilidad de vacío con una duración de aproximadamente 20 minutos iniciando en 590 micrones y finalizando en 970 micrones. Un sostenimiento de vacío no debe sobrepasar el 10% de su valor inicial, y para este caso, dicho sistema tuvo un incremento considerable en poco tiempo, esto nos quiere decir que se presentan fugas de refrigerante.

Para finalizar la intervención realizada, el sistema nuevamente es cargado con refrigerante R134a y una precarga hasta 30psi por condiciones atmosféricas; las presiones del sistema y el refrigerante se igualan, por tal motivo, es necesario crear un diferencial de presión para transportarlo al sistema.

2.2.6.1 Calificación de documentación y operatividad para formación. De acuerdo con los protocolos de calificación aplicados a este equipo, se determinó la ausencia de información técnica útil para conocer las condiciones óptimas de operación para las que fue diseñado el equipo, adicionalmente el espacio dispuesto para que el equipo cumpla su función no es recomendable debido a que no cumple con las condiciones de seguridad óptimas para los sistemas de refrigeración y seguras para los operarios del mismo.

EL resultado final de la calificación de documentación y operatividad para formación del equipo fue 0,07 teniendo en cuenta un grado de importancia para el funcionamiento del equipo de un 20%.

Formato 29. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de nevera no-frost

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
PC-06	Facultad de Ingeniería Mecánica		
	PROTOCOLO DE CALIFICACION DE DOCUMENTACION Y OPERATIVIDAD PARA FORMACION		
Fecha: ---			
Auditor:			
Supervisor: ---			
Area de Desempeño: Refrigeracion y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Modulo Didactico de Nevera No-Frost			
Ubicacion del Equipo: Laboratorio de Refrigeracion y AA			
Año de Fabricacion: ---			
Tipo de Refrigerante: R-134a			
INFORMACION TECNICA			
FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
PLANOS DE REFRIGERACIÓN	1,00		
PLANOS ELÉCTRICOS	1,00		
PLANOS ESTRUCTURALES	0,00		
MANUAL DE PARTES	0,00		
MANUAL DE MANTENIMIENTO	0,00		
MANUAL DE OPERACIÓN	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR	1,00		
FICHA TÉCNICA DEL CONDESADOR	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL MECANISMO DE EXPANSIÓN	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL EVAPORADOR	0,00		
TOTAL	0,30		

Fuente. Elaboración propia

Formato 30. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de nevera no-frost

FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGÓGICA	1,00	
DIMENSIONES	1,00	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	0,00	
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO	0,00	
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO	0,00	
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	1,00	
¿EL EQUIPO FUNCIONA?	0,00	
TOTAL	0,43	

Fuente. Elaboración propia

2.2.6.2 Calificación de operación. Con base a los protocolos de calificación de operación aplicados al equipo se determinó que varios de sus componentes tanto mecánico hidráulicos como eléctricos se encontraban averiados, debido a que, al momento de realizar el análisis y revisión de cada uno no encendieron; adicionalmente, las paredes y techo del equipo no se encuentran en óptimas condiciones debido a que presentan rupturas y no permite un correcto aislamiento del interior con el exterior.

Formato 31. Protocolo de calificación de operación para componentes mecánico hidráulicos para módulo didáctico de nevera no-frost

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES MECÁNICO HIDRÁULICOS	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿Sirve con el refrigerante utilizado?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Condensador	1	1	1	1	0	1	0,83	Fugas presentadas
Tanque de Almacenamiento	-	-	-	-	-	-	-	
Valvula Solenoide	-	-	-	-	-	-	-	
Filtro Desecante	1	1	1	1	0	1	0,83	Cambio de componente por presencia de impurezas
Mirilla	1	1	1	1	0	1	0,83	Fugas presentadas
Indicadores de Presion	1	1	1	1	0	1	0,83	Descalibrados
Indicadores de Temperatura	1	1	1	1	0	1	0,83	
Indicadores de Flujo	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Paso	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Servicio	-	-	-	-	-	-	-	
Tubo Capilar	1	1	1	1	0	1	0,83	Posible taponamiento
Válvula de Expansión	-	-	-	-	-	-	-	
Evaporador	1	1	1	1	0	1	0,83	Fugas presentadas
Presostato	-	-	-	-	-	-	-	
Racores	1	1	1	1	0	1	0,83	Averías en empaques
TOTAL.							0,85	

Fuente. Elaboración propia

Formato 32. Protocolo de calificación de operación para componentes eléctricos para módulo didáctico de nevera no-frost

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES ELÉCTRICOS	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Cableado	1	1	1	1	1	1	1,00	
Controlador Logico	-	-	-	-	-	-	-	
Transformador	-	-	-	-	-	-	-	
Sist. Alimentacion Electrico	1	1	1	1	1	1	1,00	
Interruptores	1	1	1	1	0	0	0,67	Contactores averiados
Testigos Luminosos	-	-	-	-	-	-	-	
Motor Ventilador Condensador	-	-	-	-	-	-	-	
Motor Ventilador Evaporador	1	1	1	1	0	0	0,67	Componente sin funcionamiento
TOTAL.							0,80	

Fuente. Elaboración propia

Formato 33. Protocolo de calificación de operación para componentes estructurales para módulo didáctico de nevera no-frost

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES ESTRUCTURALES	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Piso y Base	1	1	1	1	1	1	1,00	
Techo	1	1	1	1	1	1	1,00	
Puerta	1	1	1	1	1	1	1,00	
Anclajes	1	1	1	1	0	1	0,83	
Cerradura Puerta	1	1	1	1	1	1	1,00	
Bisagras	1	1	1	1	1	1	1,00	
Kit Pernos de Ajuste	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Instrumentos y Conexiones	-	-	-	-	-	-	-	
Caja de Componentes Electricos	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL.							0,92	

Fuente. Elaboración propia

2.2.6.3 Calificación de desempeño. El equipo al no presentar alguna mejora después de su intervención, no fue posible realizar su puesta en marcha. Por esta razón el módulo didáctico de nevera no-frost no cuenta con formatos de calificación de desempeño.

2.2.7 Módulo Didáctico de acondicionamiento de aire móvil. Dentro de la climatización y el acondicionamiento de aire, también se encuentran los sistemas de acondicionamiento móvil que consisten en realizar una reducción de temperatura al interior de un vehículo utilizando la misma metodología de un acondicionamiento de aire doméstico; por esta razón la universidad cuenta con un prototipo de este sistema que muestra sus componentes y una metodología didáctica para una toma de datos.

Al realizar el diagnóstico del módulo didáctico, se encontró un equipo en buenas condiciones para su funcionamiento, sus manómetros de alta y baja presión se encuentran calibrados junto con sus termómetros. La única novedad presentada y la recomendación propuesta por los autores, es realizar un mantenimiento, o en su defecto, el cambio del estabilizador eléctrico, ya que los conectores de entrada de corriente presentan averías; por este motivo, cuando el sistema se puso en funcionamiento, después de aproximadamente 10 minutos, dicho elemento presentó problemas.

Una vez se puso a prueba el sistema, se tomaron datos de temperatura a la entrada y a la salida del compresor, esto debido a que el sistema únicamente cuenta con esos dos indicadores.

2.2.7.1 Calificación de documentación y operatividad para formación. Teniendo en cuenta la calificación de documentación y operatividad para formación aplicada al equipo se determinó que no se cuenta con la información técnica necesaria para conocer las condiciones de funcionalidad para las cuales fue diseñadas este, y al no contar con esta información no se puede determinar los espacios permisibles para su óptimo trabajo sin que generen ningún Riesgo para las personas que lo operan.

Formato 34. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Forma:	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
PC-07	Facultad de Ingeniería Mecánica		
PROTOCOLO DE CALIFICACIÓN DE DOCUMENTACIÓN Y OPERATIVIDAD PARA FORMACIÓN			
Fecha: --			
Auditor:			
Supervisor: --			
Area de Desempeño: Refrigeración y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Módulo Didáctico de Acondicionamiento de Aire Móvil			
Ubicación del Equipo: Laboratorio de Refrigeración y AA			
Año de Fabricación: --			
Tipo de Refrigerante: R-134a			
INFORMACION TÉCNICA			
FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES	
PLANOS DE REFRIGERACIÓN	0,00		
PLANOS ELECTRICOS	0,00		
PLANOS ESTRUCTURALES	0,00		
MANUAL DE PARTES	0,00		
MANUAL DE MANTENIMIENTO	0,00		
MANUAL DE OPERACIÓN	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL COMPRESOR	1,00		
FICHA TÉCNICA DEL CONDESADOR	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL MECANISMO DE EXPANSION	0,00		
FICHA TÉCNICA DEL EVAPORADOR	0,00		
TOTAL	0,10		

Fuente. Elaboración propia

Formato 35. Protocolo de calificación de documentación y operatividad para formación para módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

FACTOR DE CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	OBSERVACIONES
ACCESIBILIDAD PEDAGÓGICA	1,00	
DIMENSIONES	1,00	
UBICACIÓN DEL EQUIPO	0,00	
UBICACIÓN DEL ESPACIO DE TRABAJO	0,00	
CONDICIONES DE SEGURIDAD DEL LUGAR DE TRABAJO	0,00	
CUMPLE CON EL PROTOCOLO MONTREAL Y SUS ENMIENDAS	1,00	
¿EL EQUIPO FUNCIONA?	1,00	
TOTAL	0,57	

Fuente. Elaboración propia

2.2.7.2 Calificación de operación. De acuerdo a los protocolos de calificación realizado al equipo se determinó que, aunque el equipo se encontró en muy buenas condiciones de operación se deben realizar varios cambios como la instalación de una caja protectora para la polea de transmisión del motor.

Formato 36. Protocolo de calificación de operación para componentes mecánico hidráulicos para módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿Sirve con el refrigerante utilizado?	PROMEDIO	OBSERVACIONES
Compresor	1	1	1	1	1	1	1,00	
Condensador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Tanque de Almacenamiento	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula Solenoide	-	-	-	-	-	-	-	
Filtro Desecante	1	1	1	1	0	1	0,83	Cambio de componente
Mirilla	-	-	-	-	-	-	-	
Indicadores de Presión	1	1	1	1	1	1	1,00	
Indicadores de Temperatura	1	1	1	1	1	1	1,00	
Indicadores de Flujo	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Paso	-	-	-	-	-	-	-	
Válvula de Servicio	-	-	-	-	-	-	-	
Tubo Capilar	1	1	1	1	1	1	1,00	
Válvula de Expansión	-	-	-	-	-	-	-	
Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Presostato	1	1	1	1	1	1	1,00	
Racores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Eléctrico	1	1	1	1	1	1	1,00	
Polea de Transmisión	1	1	1	0	1	1	0,83	
Correra de Transmision	1	1	1	0	1	1	0,83	
TOTAL.							0,96	

Fuente. Elaboración propia

Formato 37. Protocolo de calificación de operación para componentes eléctricos para módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES ELÉCTRICOS	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Cableado	1	1	1	1	1	1	1,00	
Controlador Lógico	-	-	-	-	-	-	-	
Transformador	-	-	-	-	-	-	-	
Sist. Alimentación Eléctrica	1	1	1	1	1	1	1,00	
Interruptores	1	1	1	1	1	1	1,00	
Testigos Luminosos	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Ventilador Condensador	1	1	1	1	1	1	1,00	
Motor Ventilador Evaporador	1	1	1	1	1	1	1,00	
TOTAL.							0,98	

Fuente. Elaboración propia

Formato 38. Protocolo de calificación de operación para componentes estructurales para módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

FACTORES DE CALIFICACIÓN OPERACIÓN COMPONENTES ESTRUCTURALES	¿El componente existe en el equipo?	Ubicación	Ajuste	Seguridad	Averías	¿El componente funciona?	P R O M E D I O	OBSERVACIONES
Estructura	1	1	1	1	1	1	1,00	
Techo	-	-	-	-	-	-	-	
Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Anclajes	1	1	1	1	1	1	1,00	
Cerradura Puerta	-	-	-	-	-	-	-	
Bisagras	-	-	-	-	-	-	-	
Kit Pernos de Ajuste	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Instrumentos y Conexiones	1	1	1	1	1	1	1,00	
Caja de Componentes Eléctricos	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL.							0,80	

Fuente. Elaboración propia

2.2.7.3 Calificación de desempeño. El equipo inicialmente fue puesto a prueba y se obtuvo los siguientes datos;

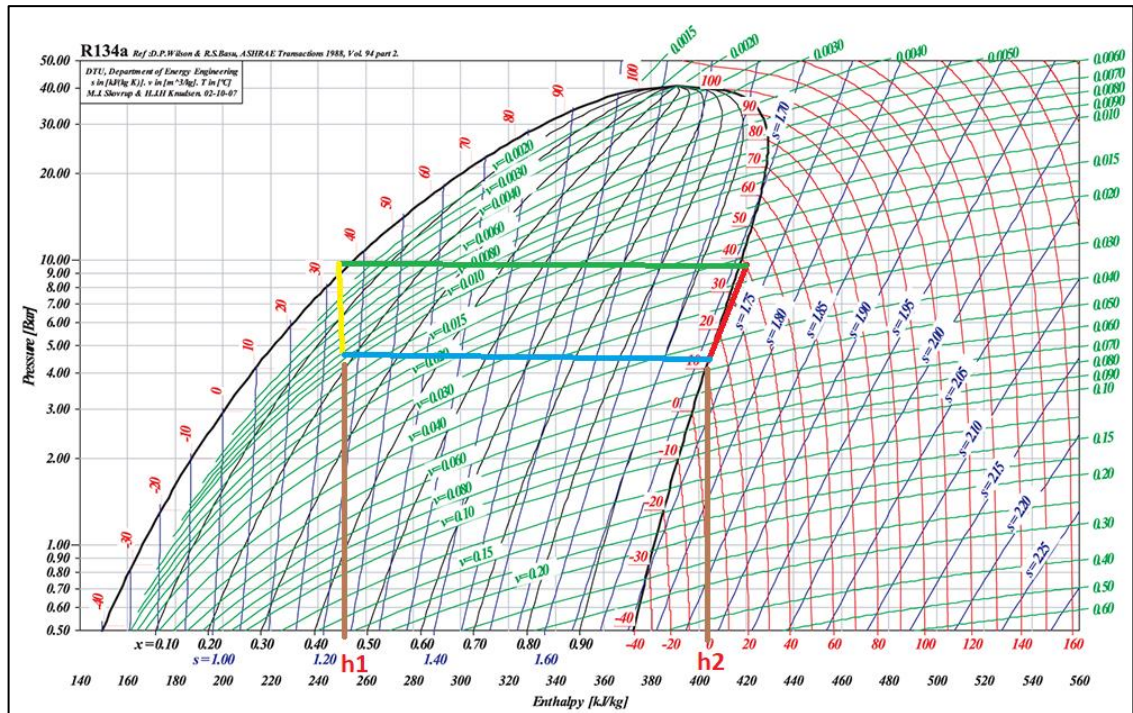
Cuadro 13. Datos de temperatura módulo didáctico de acondicionamiento de aire vehicular

Componente	Entrada	Salida
Compresor	12°C	40°C

Fuente. Elaboración propia

Para obtener una mejor visión de los datos mostrados en la Tabla 13, se realiza el diagrama de Molliere para el refrigerante R134a.

Gráfico 8. Diagrama de Molliere R134a para Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil



Fuente. SWEP. Appendix B – Log P/h diagrams for refrigerants. Refrigerante R134a. En: www.swep.net Editado por autores

Del gráfico anterior se obtienen datos de entalpía h1 y h2.

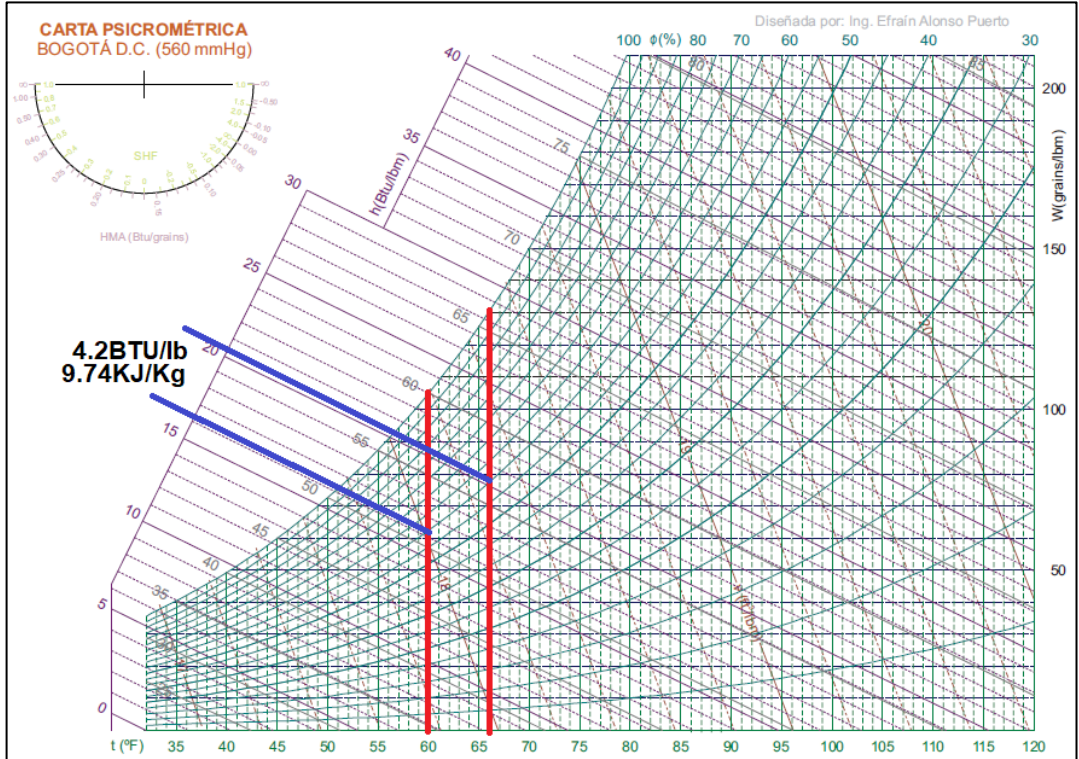
$$h_2 - h_1 = \Delta h$$

$$405 \text{ KJ/Kg} - 250 \text{ KJ/Kg} = \Delta h$$

$$\Delta h = 155 \text{ KJ/Kg}$$

Al ser una aplicación de un sistema de acondicionamiento de aire móvil, toma como criterio inicial una temperatura de 19°C en el ambiente y una temperatura final de 15°C. Se tomó como prueba para la dimensión de un vehículo, un Renault Clío 2016, que consta de un volumen al interior de 3,6m³.⁴⁵ Por medio de la carta psicrométrica, se toman los datos termodinámicos del aire a 19°C y a 15°C en Bogotá D.C.

Gráfico 9. Carta psicrométrica para el Módulo Didáctico de Acondicionamiento de Aire Móvil



Fuente. Correa. M, Felipe. Balance de energía y masa. En: <http://efrainpuerto.wordpress.com/>. Jun 18, 2015. Editado por autores.

Del gráfico anterior, se obtienen los siguientes resultados;

Tabla 11. Parámetros iniciales y finales de la carta psicrométrica

Parámetros	Sistema Inglés		Sistema Internacional	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Temperatura	66,2°F	58,9°F	19°C	15°C
Densidad	0,1135lb/ft ³	0,075lb/ft ³	1,823Kg/m ³	1,2044Kg/m ³
Volumen específico	8,8105ft ³ /lb	13,33ft ³ /lb	0,8458m ³ /Kg	0,8303m ³ /Kg
Entalpía	20,5BTU/lb	16,3BTU/lb	47,5805KJ/Kg	37,8323KJ/Kg

Fuente. Elaboración propia

⁴⁵ RENAULT. Medidas y dimensiones de coches nuevos de todas las marcas. En: medidasycoches.com, 2018.

Una vez se tienen dichos datos, se realiza la hoja de cálculo correspondiente de la cual se obtienen los siguientes resultados;

Tabla 12. Resultados finales módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Criterios	Valores
Temperatura inicial	19°C
Temperatura final	15°C
Diferencia de entalpía del refrigerante	155KJ/Kg
Diferencia de entalpía del aire	9,74KJ/Kg
Carga térmica del aire	63,9216KJ
Carga térmica capaz de retirar el sistema	31KJ
Volumen de la cámara	3,6m ³
Volumen máximo	1,7458m ³

Fuente. Elaboración propia

De los resultados anteriores, se puede observar que el equipo cumpliría su función si el volumen de la cámara de acondicionamiento de aire no superara 1,7458m³, lo cual no cumple con este criterio, debido a que el volumen de la cámara es de 3,6m³.

Para soportar lo anterior, se observa que el equipo tiene la capacidad de retirar 31KJ de carga térmica, mientras que el aire cuenta con 63,9216KJ, esto quiere decir que el equipo está retirando únicamente un 48,5% de la carga térmica del aire en el laboratorio.

Para reducir la temperatura de la cámara desde 19°C a 15°C, se requiere tener un equipo que tenga la capacidad de reducir la energía interna por encima de 9,74KJ/kg, en este caso, el evaporador tiene una diferencia de entalpía de 155KJ/kg, esto indica que, el evaporador si cumple su función.

Formato 39. Formato de calificación de desempeño del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Factores de Calificación	Calificación	Parámetros	
		Reales	Permisible
¿El sistema cuenta con una cámara de acondicionamiento de aire o refrigeración independiente?	0,0	3,6m ³	≤ 1,7458m ³
Carga del sistema	1,0	200g	200g
Fugas en el sistema	1,0	-	-
¿El evaporador cumple su función?	1,0	155KJ/Kg	≥ 9,74KJ/Kg
Después de la intervención, ¿el equipo presentó mejora?	-	Al equipo no se le realizó intervención	
¿El compresor cumple su función?	1,0	155KJ/Kg	≤ 7.500BTU/h
¿El equipo cumple su función?	0,0	31KJ	≥ 63,9216KJ
TOTAL	0,68		

Fuente. Elaboración propia

Para concluir, el equipo tuvo una calificación en su desempeño de 0,68 que se refleja en el formato, sustentado y soportado anteriormente.

2.2.8 Resultados finales. Al obtener cada uno de los criterios de evaluación completos (Calificación de documentación y operatividad para formación, operación y desempeño) con sus correspondientes formatos, se realiza el proceso de calificación de los equipos, teniendo en cuenta la información presentada en el cuadro 5.

Una vez se realice el cálculo de cada una de las calificaciones, se obtiene una calificación general, la cual corresponde a la calificación total del equipo. Dicha calificación determina el estado de los equipos.

Cuadro 14. Calificación de los Equipos

Equipo	Calificación
Prototipo de cuarto frío	0,41
Módulo Didáctico de Congelación	0,76
Módulo Didáctico de Acondicionamiento de Aire tipo ventana	0,62
Módulo Didáctico de Bomba de Calor	0,47
Módulo Didáctico de Refrigeración	0,70
Módulo Didáctico de Nevera No-Frost	0,42
Módulo Didáctico de Acondicionamiento de Aire Móvil	0,68

Fuente. Elaboración propia

Según el Cuadro 5 presentado en la delimitación que establece los rangos para la calificación de equipos, la selección de equipos funcionales se determinó de la siguiente forma;

Cuadro 15. Selección de equipos funcionales

Equipo	Calificación	Rango	Estado
Módulo didáctico de congelación	0,76	75%-100%	APRUEBA
Módulo didáctico de refrigeración	0,70	50%-75%	APRUEBA
Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	0,68	50%-75%	APRUEBA
Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	0,62	50%-75%	APRUEBA
Módulo didáctico de bomba de calor	0,47	25%-50%	NO APRUEBA
Módulo didáctico de nevera No-Frost	0,42	25%-50%	NO APRUEBA
Prototipo de cuarto frío	0,41	25%-50%	NO APRUEBA

Fuente. Elaboración propia


3. PLAN DE MEJORA Y PRESUPUESTO PARA EQUIPOS FUNCIONALES

3.1 DELIMITACION FORMATOS PLAN DE MEJORA

De acuerdo con los objetivos planteados en el proyecto, posteriormente a la calificación y selección de los equipos funcionales, se presenta un plan de mejora y recomendaciones para cada uno de éstos, con el fin de determinar posteriormente un presupuesto total del proyecto.

Este plan de mejora se presenta por medio de un formato que tiene por nombre “Informe de fallas, anomalías y mejoras de equipos” el cual consta de dos secciones, en donde la primera evidencia la información básica del equipo y de las personas que realizan el informe, de la siguiente forma;

Formato 40. Encabezado de formato del plan de mejora

Forma	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA	
IME-07	Facultad de Ingeniería Mecánica	
Versión:	INFORME DE FALLAS, ANOMALIAS Y MEJORAS DE EQUIPOS	
Abril-30		
Fecha:		
Auditor:		
Supervisor:		
Área de Desempeño:		
Equipo:		
Ubicación del Equipo:		
Año de Fabricación:		
Tipo de Refrigerante:		

Fuente. Elaboración propia

Para la segunda parte se encuentra un listado en donde se relacionan los ítems revisados con la calificación obtenida y sus respectivas recomendaciones de mejora de la siguiente forma;

Formato 41. Cuerpo de formatos del plan de mejora

ITEM CALIFICADO	CALIF	MEJORA
PLANOS DE REFRIGERACION	0	Elaborar planos de refrigeración del sistema
PLANOS ELECTRICOS	0	Elaborar planos eléctricos del sistema
PLANOS ESTRUCTURALES	0	Elaborar planos estructurales del sistema
MANUAL DE PARTES	0	Diseñar manual de partes
MANUAL DE MMT0	0	Diseñar plan de mmt0
MANUAL DE OPERACION	0	Diseñar manual de operación
FICHA TECNICA COMPRESOR	0	Investigar fichas técnicas del equipo
FICHA TECNICA MECANISMO EXPANSION	0	
FICHA TECNICA EVAPORADOR	0	


Fuente. Elaboración propia

3.2 LISTADO DE MEJORAS DE EQUIPOS FUNCIONALES

De acuerdo con lo planteado en los objetivos, la presentación del plan de mejora solo se va a realizar para los equipos seleccionados como funcionales en el proceso de calificación.

3.2.1 Plan de mejora módulo de congelación. En el plan de mejora para el equipo de congelación se relacionan varios de los aspectos que posterior a su proceso de calificación se consideraron como no óptimos para el correcto funcionamiento del sistema.

Formato 42. Información general plan de mejora de módulo didáctico de congelación

Forma_	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
IME-02	Facultad de Ingeniería Mecánica		
Versión:	INFORME DE FALLAS, ANOMALIAS Y MEJORAS DE EQUIPOS		
Abril-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Área de Desempeño:			
Equipo:			
Ubicación del Equipo:	Lab. Refrigeración y AA		
Año de Fabricación:	1993		
Tipo de Refrigerante:	MO-29		
ITEM CALIFICADO	MEJORA		
PLANOS DE REFRIGERACION	Elaborar planos de refrigeración del sistema		
PLANOS ELECTRICOS	Elaborar planos eléctricos del sistema		
PLANOS ESTRUCTURALES	Elaborar planos estructurales del sistema		
MANUAL DE PARTES	Diseñar manual de partes		
MANUAL DE MMTO	Diseñar plan de mto		
MANUAL DE OPERACIÓN	Diseñar manual de operación		
FICHA TECNICA COMPRESOR	Investigar fichas técnicas del equipo		
FICHA TECNICA MECANISMO EXPANSION			
FICHA TECNICA EVAPORADOR			
UBICACIÓN DEL EQUIPO	Realizar estudio de factibilidad para la ubicación del equipo y espacio de trabajo óptimo.		
UBICACIÓN ESPACIO DE TRABAJO			
CONDICIONES DE SEGURIDAD LUGAR DE TRABAJO			

Fuente. Elaboración propia


Formato 42. (Continuación)

FILTRO DESECANTE	Se debe cambio del componente, debido a que el que se encuentra actualmente, no es compatible con el refrigerante utilizado.
MIRILLAS	Cambio de mirillas con el fin de asegurar la correcta funcionalidad del sistema.
INDICADORES DE PRESION	Cambio de manómetros por des calibración determinada al momento de realizar la calificación de operación.
INDICADORES DE TEMPERATURA	
TUBO CAPILAR	Cambio de tubo capilar
RACORES	Cambio de racores y empaques.
CONTACTORES	Se debe revisar estado y conexiones de contactores para evitar fallas por corto eléctrico.
MOTO VENTILADOR DEL CONDENSADOR	Se debe realizar la revisión del estado operacional del componente, así como la instalación de rejillas de protección en el ventilador.
CERRADURA DE PUERTA	Realizar cambio de empaque de la puerta de la cámara de congelación, por infiltración de aire caliente que afecta el desempeño del equipo.

Fuente. Elaboración propia

3.2.2 Plan de mejora módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana. A continuación, se presenta un informe con un listado de recomendaciones y mejoras para el módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana.

Formato 43. Información general plan de mejora de módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Forma_	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
IME-03	Facultad de Ingeniería Mecánica		
Versión:	INFORME DE FALLAS, ANOMALIAS Y MEJORAS DE EQUIPOS		
Abril-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Área de Desempeño:			
Equipo:			
Ubicación del Equipo:			
Año de Fabricación:			
Tipo de Refrigerante:			
ITEM CALIFICADO	MEJORA		
PLANOS DE REFRIGERACIÓN	Se debe realizar un diseño de planos del sistema y manuales correspondientes al equipo, así como la investigación de fichas técnicas correspondientes a los componentes.		
PLANOS ELÉCTRICOS			
PLANOS ESTRUCTURALES			
MANUAL DE PARTES			
MANUAL DE MMT0			
MANUAL DE OPERACIÓN			
FICHA TÉCNICA MECANISMO EXPANSION			
FICHA TÉCNICA EVAPORADOR			

Fuente. Elaboración propia

Formato 43. (Continuación)

UBICACIÓN DEL EQUIPO	Se debe realizar un replanteamiento de la ubicación óptima de trabajo del equipo, así como determinar un buen espacio de trabajo que cumpla con condiciones de seguridad apropiadas para los operarios.
UBICACIÓN ESPACIO DE TRABAJO	
CONDICIONES DE SEGURIDAD LUGAR DE TRABAJO	
ACCESIBILIDAD PEDAGÓGICA	Acondicionar componentes para permitir el acceso físico y visual.
FILTRO DESECANTE	Se debe realizar cambio de filtro, una vez se realice el cambio de aceite del sistema, teniendo en cuenta el tipo de refrigerante utilizado.
MIRILLAS	Con el fin de conocer el nivel de humedad dentro del sistema, se recomienda realizar la instalación de mirillas teniendo en cuenta el tipo de refrigerante utilizado.
INDICADORES DE PRESIÓN	Se debe cambiar de manómetros por descalibración determinada al momento de realizar la calificación de operación.
EVAPORADOR	Realizar el correspondiente sello de las fugas presentadas.
CONDENSADOR	Ubicar el componente en un lugar aislado del evaporador para no afectar el rendimiento del sistema.
RACORES	Se debe realizar cambio de empaques y válvulas tipo gusanillo con el fin de evitar fugas en puntos de carga.
CABLEADO	Se debe agrupar cableado del equipo organizadamente con el fin de evitar problemas eléctricos futuros.
PAREDES	Se debe realizar un rediseño e implementación de la caja estructural del equipo teniendo en cuenta puntos de acceso a los componentes para realizar proceso de mantenimiento.
TECHO	

3.2.3 Plan de mejora módulo didáctico de refrigeración. De acuerdo al proceso de calificación del módulo didáctico de refrigeración se determinaron las siguientes recomendaciones para el plan de mejora.

Formato 44. Información general plan de mejora de módulo didáctico de refrigeración

Forma_	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA		 UNIVERSIDAD DE AMERICA
IME-05	Facultad de Ingeniería Mecánica		
Versión:	INFORME DE FALLAS, ANOMALIAS Y MEJORAS DE EQUIPOS		
Abril-30			
Fecha: 30-abril-2018			
Auditor:			
Supervisor:			
Área de Desempeño: Refrigeración y Acondicionamiento de Aire			
Equipo: Modulo didáctico de refrigeración			
Ubicación del Equipo: Lab. Refrigeración y AA			
Año de Fabricación: 1980			
Tipo de Refrigerante: MO-49			
ITEM CALIFICADO		MEJORA	
PLANOS ESTRUCTURALES		<p>Se debe realizar un diseño de planos del sistema y manuales correspondientes del equipo, así como la investigación de fichas técnicas correspondientes a los componentes.</p>	
MANUAL DE PARTES			
MANUAL DE MMTO			
MANUAL DE OPERACIÓN			
FICHA TECNICA MECANISMO EXPANSIÓN			
FICHA TÉCNICA CONDENSASADOR			
FICHA TÉCNICA EVAPORADOR			
UBICACIÓN DEL EQUIPO		<p>Se debe realizar un replanteamiento de la ubicación óptima de trabajo del equipo, así como determinar un buen espacio de trabajo que cumpla con condiciones de seguridad apropiadas para los operarios.</p>	
UBICACIÓN ESPACIO DE TRABAJO			
CONDICIONES DE SEGURIDAD LUGAR DE TRABAJO			
TANQUE DE ALMACENAMIENTO		<p>Se debe desmontar los tanques del equipo con el fin de realizarles un proceso de limpieza y descarga del refrigerante acumulado.</p>	
FILTRO DESECANTE		<p>Se debe realizar cambio del filtro al momento de realizar el cambio de aceite en el sistema y teniendo en cuenta el tipo de refrigerante utilizado, con el fin de asegurar un óptimo trabajo futuro.</p>	
MIRILLAS		<p>Se debe realizar un cambio de todas las mirillas del sistema teniendo en cuenta el tipo de refrigerante utilizado debido a presencia de fugas o no funcionalidad del componente.</p>	

Fuente. Elaboración propia


Formato 44. (Continuación)

INDICADORES DE PRESIÓN	Se debe cambiar los manómetros por des calibración determinada al realizar la calificación de operación.
INDICADORES DE TEMPERATURA	Se debe realizar cambio de componente por termómetros digitales.
VALVULA DE EXPANSION	Se debe realizar un cambio del componente teniendo en cuenta el tipo de refrigerante utilizado.
TUBO CAPILAR	Se debe realizar cambio del componente por posible taponamiento.

Fuente. Elaboración propia

3.2.4 Plan de mejora módulo de acondicionamiento de aire móvil. Teniendo en cuenta los protocolos de calificación del equipo el siguiente formato contiene el listado de recomendaciones de mejora.

Formato 45. Información general plan de mejora módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Forma_	FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA	 UNIVERSIDAD DE AMERICA
IME-07	Facultad de Ingeniería Mecánica	
Versión:	INFORME DE FALLAS, ANOMALIAS Y MEJORAS DE EQUIPOS	
Abril-30		
Fecha: 30-Abril-2018		
Auditor:		
Supervisor:		
Área de Desempeño: Refrigeración y Acondicionamiento de Aire		
Equipo: Modulo de acondicionamiento de aire móvil		
Ubicación del Equipo: Lab. Refrigeración y AA		
Año de Fabricación: ----		
Tipo de Refrigerante: R-134A		
ITEM CALIFICADO	MEJORA	
PLANOS REFRIGERACION	Se debe realizar un diseño de planos del sistema y manuales correspondientes del equipo, así como la investigación de fichas técnicas correspondientes a los componentes.	
PLANOS ELECTRICOS		
PLANOS ESTRUCTURALES		
MANUAL DE PARTES		
MANUAL DE MMT0		
MANUAL DE OPERACIÓN		
FICHA TECNICA MECANISMO EXPANSION		
FICHA TECNICA CONDENSASADOR		
FICHA TECNICA EVAPORADOR		
UBICACIÓN DEL EQUIPO	Se debe realizar un replanteamiento de la ubicación óptima de trabajo del equipo, así como determinar un buen espacio de trabajo que cumpla con condiciones de seguridad apropiadas para los operarios.	
UBICACIÓN ESPACIO DE TRABAJO		
CONDICIONES DE SEGURIDAD LUGAR DE TRABAJO		

Fuente. Elaboración propia

Formato 45. (Continuación)

FILTRO DESECANTE	Cambiar filtro por posible taponamiento en el sistema.
CONTACTORES	Cambiar conector eléctrico por falla en la puesta en marcha del equipo.
PAREDES	Acondicionar acrílico para evitar lesiones a quienes operan el equipo.

Fuente. Elaboración propia

3.3 PRESUPUESTO PLAN DE MEJORA PARA EQUIPOS FUNCIONALES

De acuerdo con las recomendaciones dadas en el plan de mejora, a continuación, se hace un presupuesto para cada uno de los equipos seleccionados como funcionales, en donde, además de relacionar los repuestos e insumos requeridos para el procedimiento, también se relacionan los costos operacionales.

El análisis presupuestal para el procedimiento de mejora de cada uno de los equipos seleccionados como funcionales consta de dos etapas donde, la primera denominada diseño de ingeniería involucra toda la realización de la información técnica de cada uno de estos, ya sean por diseño de planos de ingeniería y elaboración de manuales la cual será ejecutada por un ingeniero; la segunda etapa hace referencia a los procedimientos operativos necesarios para realizar el plan de mejora la cual se encuentra dispuesta para su elaboración por un técnico en sistemas de refrigeración.

Para determinar el valor de la hora trabajada en el caso del ingeniero, se consideró el salario base de este, teniendo en cuenta que, para las labores de diseño de ingeniería a realizar, es suficiente contar con un ingeniero recién graduado que tenga conocimiento en diseño de planos de ingeniería y diseño de manuales de mantenimiento y operacionales de un equipo; debido a esto según un censo realizado por el observatorio laboral una persona recién graduada está recibiendo aproximadamente 2 salarios mínimos mensuales laborales vigentes fuera de todas las prestaciones de ley (1 SMMLV= 781.242 COP).

Para el caso del técnico en refrigeración se realizó el mismo procedimiento con la diferencia que el salario base para este se determinó de acuerdo con una búsqueda realizada en varias bolsas de empleo para un técnico en sistemas de refrigeración.

Tabla 13. Cálculo de valor de hora laboral de un ingeniero y un técnico en refrigeración

	Salario base	Parafiscales y S.S.	Subsidio de transporte	Total	Vlr Trabajo/h
Salario de un ingeniero	\$1.562.484	\$796.867	\$83.000	\$2.442.351	\$10.176
Salario de un técnico	\$1.200.000	\$612.000	\$83.000	\$1.895.000	\$7.896

Fuente. Elaboración propia

Posteriormente, se calcularon los costos de parafiscales y seguridad social para el mismo aproximando éste a un 51%; con este porcentaje obtenido se determina el costo de la hora del trabajador sabiendo que el tiempo laboral por día son 8 horas y los días laborados por mes son 26 días. Teniendo en cuenta las recomendaciones de mejora para cada uno de los equipos se determina un análisis de tiempos para cada uno de estos, con el fin de establecer la duración que tomará realizar el mantenimiento de los mismos y poder calcular el costo de la mano de obra relacionando el valor de hora trabajada ya sea para el ingeniero o para el técnico; con estos datos, el costo total de los repuestos y el costo total de los insumos se determina el valor total del mantenimiento de cada uno de los equipos y posteriormente el valor total del proyecto de mejora para los equipos funcionales del laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire de la universidad.

3.3.1 Presupuesto plan de mejora para módulo didáctico de congelación. A continuación, se realiza el presupuesto para el plan de mejora del módulo de congelación teniendo en cuenta cada uno de las actividades recomendadas en el plan de mejora del mismo, así como los repuestos e insumos necesarios para realizar el procedimiento.

Cuadro 16. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de congelación

Descripción	Cantidad	Horas	Total
Diseño planos de refrigeración	1	24	24
Diseño planos eléctricos	1	24	24
Diseño planos estructurales	1	24	24
Diseño manual de partes	1	40	40
Diseño manual de mto	1	40	40
Diseño manual de operación	1	40	40
TOTAL			192

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 17. Análisis de tiempos para actividades de mantenimiento del módulo de congelación

Descripción	Cantidad	Horas	Total
Cambio filtro desecante	1	1,5	1,5
Cambio mirilla de vidrio	1	1	1
Cambio manómetro	2	0,5	1
Instalación termómetro	2	1	2
Cambio tubo capilar	1	2	2
Intalación rejilla para moto-ventilador	1	1	1
Cambio válvula de gusanillo y tapón	1	0,5	0,5
Cambio de aceite	1	2	2
Carga de refrigerante	1	2	2
Tiempo para actividades de mantenimiento (horas)			13
Tiempo total para mejoras del equipo (horas)			205

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 18. Listado de repuestos e insumos para plan de mejora del módulo didáctico de congelación

Repuestos	Valor Unitario	Valor Total
Filtro desecante	\$5.882	\$5.882
Mirilla de vidrio	\$63.025	\$63.025
Manómetro	\$45.000	\$90.000
Termómetro digital	\$29.412	\$58.824
Tubo capilar (3m)	\$6.030	\$6.030
Rejilla de seguridad para moto-ventilador	\$5.042	\$5.042
Válvula tipo gusanillo y tapón	\$1.261	\$1.261
TOTAL		\$230.064
Insumos	Valor Unitario	Valor Total
Aceite sintético (500cc)	\$7.893	\$7.893
Refrigerante ISCEON MO49 (600Gr)	\$26.000	\$26.000
TOTAL		\$33.893

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 19. Costo del plan de mejora para el módulo didáctico de congelación

Costos mantenimiento	\$102.646
Total repuestos	\$230.064
Total insumos	\$33.893
Utilidad	\$464.097
IVA	\$509.568
Costos diseño de ingeniería	\$1.953.881
TOTAL	\$3.294.148

Fuente. Elaboración propia

3.3.2 Presupuesto plan de mejora para módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana. A continuación, se realiza el presupuesto para el plan de mejora del módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana teniendo en cuenta cada una de las actividades recomendadas del mismo, así como los repuestos e insumos necesarios para realizar el procedimiento.

Cuadro 20. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Descripción	Cantidad	Horas	Total
Diseño de planos de refrigeración	1	24	24
Diseño de planos eléctricos	1	24	24
Diseño de planos estructurales	1	24	24
Diseño de manual de partes	1	40	40
Diseño de manual de mtto	1	40	40
Diseño de manual de operación	1	40	40
TOTAL			192

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 21. Análisis de tiempos para actividades de mantenimiento del módulo de acondicionamiento de aire tipo ventana

Descripción	Cantidad	Horas	Total
Instalación de punto de carga para línea de alta presión	1	3	3
Reparación de fugas en el condensador	1	2	2
Cambio de filtro desecante	1	1,5	1,5
Instalación de mirilla de vidrio	1	2	2
Cambio de manómetro	4	1	4
Cambio de tubo capilar	1	2	2
Cambio de válvula de gusanillo y tapones	2	0,5	1
Reparación estructura del equipo	1	24	24
Cambio de aceite del sistema	1	2	2
Carga de refrigerante del sistema	1	2	2
Tiempo para actividades mtto (horas)			43,5
Tiempo total para mejoras del equipo (horas)			235,5

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 22. Listado de repuestos e insumos para plan de mejora de módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Repuestos	Valor Unitario	Valor Total
Filtro desecante	\$5.882	%5.882
Mirilla de vidrio	\$63.025	\$63.025
Manómetro	\$45.000	\$180.000
Tubo capilar (3m)	\$6.030	\$6.030
Válvula tipo gusanillo y tapón	\$1.261	\$2.522
TOTAL		\$257.459
Insumos	Valor Unitario	Valor Total
Aceite sintético (500cc)	\$7.893	\$7.893
Refrigerante ISCEON MO29 (600gr)	\$26.000	\$26.000
TOTAL		\$33.893

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 23. Costo del plan de mejora para módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Costos mantenimiento	\$343.469
Total repuestos	\$257.459
Total insumos	\$33.893
Utilidad	\$517.740
IVA	\$590.224
Costos diseño de ingeniería	\$1.953.881
TOTAL	\$3.696.666

Fuente. Elaboración propia

3.3.3 Presupuesto plan de mejora para módulo didáctico de refrigeración. A continuación, se realiza el presupuesto para el plan de mejora del módulo didáctico de refrigeración teniendo en cuenta cada uno de las actividades recomendadas en el plan de mejora del mismo, así como los repuestos e insumos necesarios para realizar el procedimiento.

Cuadro 24. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de refrigeración

Descripción	Cantidad	Horas	Total horas
Diseño de planos estructurales	1	24	24
Diseño manual de partes	1	40	40
Diseño manual de mto	1	40	40
Diseño manual de operación	1	40	40
TOTAL			144

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 25. Análisis de tiempos para actividades de mantenimiento del módulo didáctico de refrigeración

Descripción	Cantidad	Horas	Observaciones
Cambio filtro desecante	1	1,5	1,5
Cambio mirilla de vidrio	5	1	5
Cambio manómetro	5	0,5	2,5
Instalación termómetro digital	5	1	5
Cambio tubo capilar	1	2	2
Limpieza tanque de almacenamiento	2	2	4
Cambio de válvula de expansión	1	2	2
Cambio de aceite	1	2	2
Carga de refrigerante	1	2	2
Tiempo para actividades de mto (horas)			26
Tiempo para mejoras del equipo (horas)			170

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 26. Listado de repuestos e insumos para plan de mejora de módulo didáctico de refrigeración

Repuestos	Valor Unitario	Valor Total
Filtro desecante	\$5.882	\$5.882
Mirilla de vidrio	\$63.025	\$315.125
Manómetro	\$45.000	\$225.000
Termómetro digital	\$45.000	\$147.060
Tubo capilar (3m)	\$6.030	\$6.030
Válvula de expansión	\$92.437	\$92.437
TOTAL		\$791.534
Aceite sintético (500cc)	\$7.893	\$7.893
Refrigerante ISCEON MO49 (600gr)	\$26.000	\$26.000

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 27. Costo del plan de mejora para módulo didáctico de refrigeración

Costos mantenimiento	\$205.292
Total repuestos	\$791.534
Total insumos	\$33.893
Utilidad	\$499.226
IVA	\$569.117
Costos diseño de ingeniería	\$1.465.411
TOTAL	\$3.564.472

Fuente. Elaboración propia

3.3.4 Presupuesto plan de mejora para módulo de acondicionamiento de aire móvil. A continuación, se realiza el presupuesto para el plan de mejora del módulo de acondicionamiento de aire móvil teniendo en cuenta cada uno de las actividades recomendadas en el plan de mejora del mismo, así como los repuestos e insumos necesarios para realizar el procedimiento.

Cuadro 28. Análisis de tiempos para mejoras de diseño e ingeniería del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Descripción	Cantidad	Horas	Total (horas)
Diseño de planos estructurales	1	24	24
Diseño de manual de partes	1	40	40
Diseño manual de mtto	1	40	40
Diseño manual de operación	1	40	40
Diseño de planos de refrigeración	1	24	24
Diseño de planos eléctricos	1	24	24
TOTAL			192

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 29. Costo del plan de mejora para módulo de acondicionamiento de aire móvil

Costos mantenimiento	\$0
Total repuestos	\$0
Total insumos	\$0
Utilidad	\$390.776
IVA	\$445.485
Costos diseño de ingeniería	\$1.953.881
TOTAL	\$2.790.142

Fuente. Elaboración propia

3.3.5 Presupuesto total del proyecto. Posteriormente a tener todos los presupuestos para el plan de mejora de cada uno de los equipos seleccionados como funcionales, se procedió a realizar el cálculo del presupuesto total del proyecto de la siguiente manera;

Cuadro 30. Costo total para el proyecto de mejora de los equipos del laboratorio de refrigeración y acondicionamiento de aire

Equipo	Duración plan de mejora (horas)	Costo total de plan de mejora
Módulo didáctico de congelación	205	\$3.294.148
Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	235,5	\$3.696.666
Módulo didáctico de refrigeración	170	\$3.564.472
Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil	192	\$2.790.142
Costo total del proyecto		\$13.345.428

Fuente. Elaboración propia

Una vez se obtienen los costos totales del plan de mejoramiento de los equipos funcionales, se realiza una comparación de dichos valores con los costos de los equipos nuevos; esto para determinar la viabilidad del plan de mejora.

El costo estimado de los equipos nuevos se obtuvo de la empresa INDUSTRIAS REFRIDCOL S.A., teniendo en cuenta las condiciones de trabajo del compresor, evaporador y parámetros de trabajo establecidos en la calificación desempeño.

Tabla 14. Comparación de costos

Equipo	Costo de plan de mejora	Costo estimado de equipo nuevo
Módulo didáctico de congelación	\$3'294.148	\$2'537.437
Módulo de didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana	\$3'696.666	\$1'353.025
Módulo didáctico de refrigeración	\$3'564.472	\$4'273.000
Módulo de didáctico acondicionamiento de aire móvil	\$2'790.142	\$3'255.400

Fuente. Elaboración propia

Como se observa en la Tabla anterior, se puede determinar que para los módulos didácticos de congelación y de acondicionamiento de aire tipo ventana, los costos estimados para la adquisición de un equipo nuevo son menores a los costos del plan de mejora. Se recomienda realizar la compra de dichos equipos por la viabilidad económica y ambiental que podrían tener.

3.4 MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EQUIPOS FUNCIONALES

Para evitar daños catastróficos y pérdida de dinero por cambio de piezas en los equipos, es necesario planear acciones que involucren mejoras en estos.

Todas las piezas, máquinas y mecanismos sufren desgaste, ya sea por cualquier tipo de esfuerzo que se esté ejerciendo; es por esto que, se ve la necesidad de realizar mantenimientos preventivos y correctivos, con el fin de evitar cualquier tipo de daño en la máquina o paro en producción, dependiendo del caso.

Dentro de los equipos que se determinaron anteriormente como funcionales, se incluyen unos formatos de mantenimiento preventivo con la finalidad de lograr disminuir el tiempo de pérdida de vida de cada uno de los equipos. Dichos formatos se dividen de la siguiente forma;

- Mecánico hidráulico: Se refiere a cada uno de los componentes que hagan parte de las líneas operacionales del sistema y que involucren flujo de refrigerante por las mismas
- Eléctrico: Hace referencia a cada uno de los componentes que hagan parte de la red eléctrica del equipo
- Estructural: Tiene en cuenta cada una de las partes que funcionan como soporte del equipo

Es de suma importancia aclarar que los formatos realizados hacen referencia únicamente a mantenimientos preventivos para los equipos seleccionados como funcionales.

Con la finalidad de determinar la periodicidad para la realización del mantenimiento de los equipos se tuvieron en cuenta dos factores los cuales son;


- Tiempo de operación de los equipos corto; esto debido a que los equipos son únicamente utilizados al momento de realizar prácticas en los laboratorios. Lo que quiere decir que cada equipo opera dos veces en el semestre, teniendo en cuenta que en la asignatura se encuentran inscritos dos grupos de estudio
- Realizar revisiones a cada uno de los equipos una vez éstos se encuentren en funcionamiento, ayuda a mantener en óptimas condiciones cada uno de los sistemas. Adicionalmente, dentro del mantenimiento se encuentran factores que se establecen únicamente con el equipo en operación; es por esta razón, que dentro de la periodicidad se establecieron algunos criterios para determinar dichos mantenimientos

Para la realización de los respectivos procesos de mantenimiento preventivo es de suma importancia aclarar que el técnico o la persona encargada de efectuarlos debe

contar con sus implementos de protección personal como gafas de seguridad, guantes de nitrilo, tapabocas, botas de seguridad (dieléctricas) y bata blanca con el fin de evitar posibles accidentes con los componentes de los equipos; adicionalmente se recomienda realizar los procedimientos de mantenimiento con los equipos apagados y encenderlos para realizar tomas operativas como consumo de energía, temperaturas o presiones.

Los formatos de mantenimiento constarán de dos partes; la primera se relaciona con el encabezado basado en información básica de quienes van a realizar los correspondientes procedimientos e información del equipo. En el encabezado también se encuentra un código “MMEF”, en donde sus siglas quieren decir “Manual de mantenimiento para equipos funcionales”. La segunda parte hace referencia al cuerpo de los formatos, ahí se encontrarán las actividades a realizar según su periodicidad, para cada uno de los componentes relacionados con el sistema a trabajar.

Figura 21. Encabezado de formato para manual de mantenimiento

Forma N°1	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA	 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica	
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO	
may-30		
Fecha:		
Auditor:		
Supervisor:		
Equipo:		
Sistema:		

Fuente. Elaboración propia


Cuadro 31. Cuerpo de formato para manual de mantenimiento (sistema mecánico hidráulico)

Componente	Actividad	Descripción	Figura	Periodicidad
Compresor				
Condensador				
Mecanismo de expansión				
Indicadores de temperatura				

Fuente. Elaboración propia

3.4.1 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de refrigeración. A continuación, se presenta el procedimiento de mantenimiento a seguir para el módulo didáctico de refrigeración, teniendo en cuenta cada una de las actividades a realizar para sus diferentes sistemas.

Cuadro 32. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de refrigeración

Forma N°1	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de refrigeración			
Sistema: Mecánico hidráulico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Compresor	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del componente	Semanal
	Inspeccionar posibles fugas en tubería de succión y descarga	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Chequeo de todas las uniones roscadas y de anclaje	Revisar ajuste de los elementos de anclaje	6 meses
Condensador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo y suciedad en las aletas y tubería del componente	Semanal
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Tanque de vapor	Verificar la existencia de posibles fugas en la entrada y salida	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del componente	Semanal
Tanque de líquido	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del componente	Semanal
Filtro desecante N°6	Cambio	-	Al realizar cualquier apertura al sistema que involucre ingreso de humedad
Filtro desecante N°13	Cambio	-	


Fuente. Elaboración propia

Cuadro 32. (Continuación)

Mirilla	Inspección de fugas a la entrada y salida	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Verificar el color del indicador	Inspeccionar visualmente el estado del indicador, en caso de presentar humedad en el sistema el componente se debe sustituir	6 meses
	Cambio	-	Una vez el indicador presenta humedad
Indicadores de presión	Realizar limpieza	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
	Verificar calibración		6 meses
Indicadores de temperatura	Realizar limpieza	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
	Verificar calibración		6 meses
Válvulas de paso	Inspección de fugas en las conexiones o en el vástago	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar las válvulas	6 meses
Tubo capilar	Inspeccionar posibles fugas	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Válvula de expansión	Inspeccionar posibles fugas	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Evaporador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Presostato	Verificar la existencia de posibles fugas en alta y baja presión	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Verificar rangos de presiones establecidos para encendido y apagado del compresor	Inspeccionar visualmente la posición del controlador de presión	6 meses
Racores	Inspeccionar si existen posibles escapes de refrigerante	Revisar ajuste de cada uno de sus componentes	Equipo en funcionamiento

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 33. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de refrigeración

Forma N°2	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de refrigeración			
Sistema: Eléctrico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Contadores	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
Cableado	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
	Verificar estado visual del encauchetado	El cableado no debe presentar ningún tipo de daño y preferiblemente ningún tipo de enmendadura	6 meses
Sistema alimentación	Verificar continuidad en el cableado	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
	Inspeccionar la conexión de la clavija para evitar corto	Desarmar la clavija y verificar el estado de la conexión	6 meses
Interruptores	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
Testigos luminosos	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo en los indicadores	Semanal


Fuente. Elaboración propia

Cuadro 33. (Continuación)

Motoventilador condensador	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del motor, aspas y rejilla de seguridad	Semanal
	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
Motoventilador evaporador	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del motor, aspas y rejilla de seguridad	Semanal

Fuente. Elaboración propia


Cuadro 34. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de refrigeración

Forma N°3	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de refrigeración			
Sistema: Estructural			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Base	Realizar limpieza rutinaria	Remover el polvo	2 meses
Anclajes	Verificar los puntos de apoyo	Revisar estado de los puntos de anclaje	6 meses
Perfiles estructurales	Realizar limpieza rutinaria	Remover el polvo	2 meses
	Verificar puntos de uniones	Revisar estado de los puntos o cordones de soldaduras, tornillos y remaches	12 meses
Caja de componentes eléctricos	Realizar limpieza rutinaria	Remover el polvo	12 meses

Fuente. Elaboración propia

3.4.2 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de congelación. A continuación, se presenta el procedimiento de mantenimiento a seguir para el módulo didáctico de congelación, teniendo en cuenta cada una de las actividades a realizar para sus diferentes sistemas.

Cuadro 35. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de congelación

Forma N°1	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de congelación			
Sistema: Mecánico hidráulico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Compresor	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del componente	Semanal
	Inspeccionar posibles fugas en tubería de succión y descarga	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Chequeo de todas las uniones roscadas y de anclaje	Revisar ajuste de los elementos de anclaje	6 meses
Condensador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo y suciedad en las aletas y tubería del componente	Semanal
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Filtro desecante	Cambio	-	Al realizar cualquier apertura al sistema que involucre ingreso de humedad
Mirilla	Inspección de fugas a la entrada y salida	-	Equipo en funcionamiento
	Verificar el color del indicador	Inspeccionar visualmente el estado del indicador, en caso de presentar humedad en el sistema el componente se debe sustituir	6 meses

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 35. (Continuación)

Indicadores de presión	Realizar limpieza	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
	Verificar calibración		6 meses
Indicadores de temperatura	Realizar limpieza	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
Tubo capilar	Inspeccionar posibles fugas	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Evaporador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Racores	Inspeccionar si existen posibles escapes de refrigerante	Revisar ajuste de cada uno de sus componentes	Equipo en funcionamiento

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 36. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de congelación

Forma N°2	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de congelación			
Sistema: Eléctrico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Contactores	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida del contacto	6 meses
Cableado	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida del contacto	6 meses


Fuente. Elaboración propia

Cuadro 36. (Continuación)

Cableado	Verificar estado visual del encauchetado	El cableado no debe presentar ningún tipo de daño y preferiblemente ningún tipo de enmendadura	6 meses
Sistema alimentación	Verificar continuidad en el cableado	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida del contacto	6 meses
	Inspeccionar la conexión de la clavija para evitar corto	Desarmar la clavija y verificar el estado de la conexión	6 meses
Interruptores	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
Motoventilador condensador	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del motor, aspas y rejilla de seguridad	Semanal
	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida del contacto	6 meses
	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 37. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de congelación

Forma N°3	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de congelación			
Sistema: Estructural			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Base	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Paredes	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Techo	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Puerta	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 37. (Continuación)

Bisagras	Engrasar	Aplicar grasa al elemento para evitar desgaste por fricción	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Cerradura de puerta	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Anclajes	Verificar los puntos de apoyo	Revisar estado de los puntos de anclaje	6 meses
Perfiles estructurales	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
	Verificar puntos de uniones	Revisar estado de los puntos o cordones de soldaduras, tornillos y remaches	12 meses
Caja de componentes eléctricos	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
	Verificar puntos de uniones	Revisar estado de los puntos o cordones de soldaduras, tornillos y remaches	12 meses

Fuente. Elaboración propia

3.4.3 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil. A continuación, se presenta el procedimiento de mantenimiento a seguir para el módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil, teniendo en cuenta cada una de las actividades a realizar para sus diferentes sistemas.

Cuadro 38. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Forma N°1	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil			
Sistema: Mecánico hidráulico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Compresor	Realizar limpieza rutinaria	Remover el polvo en la carcasa del componente	6 meses
	Inspeccionar posibles fugas en tubería de succión y descarga	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento


Fuente. Elaboración propia

Cuadro 38. (Continuación)

Compresor	Chequeo de todas las uniones roscadas y de anclaje	Revisar ajuste de los elementos de anclaje	6 meses
Condensador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo y suciedad en las aletas y tubería del componente	Semanal
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Filtro desecante	Cambio	-	Al realizar cualquier apertura al sistema que involucre ingreso de humedad
Indicadores de presión	Realizar limpieza	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
	Verificar calibración		6 meses
Indicadores de temperatura	Realizar limpieza	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
Tubo capilar	Inspeccionar posibles fugas	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Evaporador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Racores	Inspeccionar si existen posibles escapes de refrigerante	Revisar ajuste de cada uno de sus componentes	Equipo en funcionamiento


Fuente. Elaboración propia

Cuadro 39. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Forma N°2	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil			
Sistema: Eléctrico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Contactores	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada conector	6 meses
Cableado	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada conector	6 meses
	Verificar estado visual del encauchetado	El cableado no debe presentar ningún tipo de daño y preferiblemente ningún tipo de enmendadura	6 meses
Sistema alimentación	Verificar continuidad en el cableado	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada conector	6 meses
	Inspeccionar la conexión de la clavija para evitar corto	Desarmar la clavija y verificar el estado de la conexión	6 meses
Interruptores	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
Motoventilador condensador	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del motor, aspas y rejilla de seguridad	Semanal
	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada conector	6 meses
	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses

Fuente. Elaboración propia


Cuadro 40. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil

Forma N°3	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil			
Sistema: Estructural			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Base	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Paredes	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Techo	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Puerta	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Bisagras	Engrasar	Aplicar grasa al elemento para evitar desgaste por fricción	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Cerradura de puerta	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Anclajes	Verificar los puntos de apoyo	Revisar estado de los puntos de anclaje	6 meses
Perfiles estructurales	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
	Verificar puntos de uniones	Revisar estado de los puntos o cordones de soldaduras, tornillos y remaches	12 meses
Caja de componentes eléctricos	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
	Verificar puntos de uniones	Revisar estado de los puntos o cordones de soldaduras, tornillos y remaches	12 meses

Fuente. Elaboración propia

3.4.4 Manual de mantenimiento para el módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana. A continuación, se presenta el procedimiento de mantenimiento a seguir para el módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana, teniendo en cuenta cada una de las actividades a realizar para sus diferentes sistemas.

Cuadro 41. Manual de mantenimiento para el sistema mecánico hidráulico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Forma N°1	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana			
Sistema: Mecánico hidráulico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Compresor	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del componente	Semanal
	Inspeccionar posibles fugas en tubería de succión y descarga	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Chequeo de todas las uniones roscadas y de anclaje	Revisar ajuste de los elementos de anclaje	6 meses
Condensador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo y suciedad en las aletas y tubería del componente	Semanal
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Filtro desecante	Cambio	-	Al realizar cualquier apertura al sistema que involucre ingreso de humedad
Indicadores de presión	Realizar limpieza rutinaria	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
	Verificar calibración	-	6 meses
Indicadores de temperatura	Realizar limpieza	Remover el polvo en el exterior del componente	Semanal
	Verificar calibración	-	6 meses


Fuente. Elaboración propia

Cuadro 41. (Continuación)

Tubo capilar	Inspeccionar posibles fugas	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Evaporador	Chequeo a las fijaciones de las conexiones a las mirillas de entrada y salida	Revisar ajuste de las conexiones	6 meses
	Inspeccionar posibles fugas en la tubería	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
Presostato	Verificar la existencia de posibles fugas en alta y baja presión	Por medio de un detector de fugas electrónico o metodología de agua y jabón, inspeccionar la tubería	Equipo en funcionamiento
	Verificar rangos de presiones establecidos para encendido y apagado del compresor	Inspeccionar visualmente la posición del controlador de presión	6 meses
Racores	Inspeccionar si existen posibles escapes de refrigerante	Revisar ajuste de cada uno de sus componentes	Equipo en funcionamiento

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 42. Manual de mantenimiento para el sistema eléctrico del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Forma N°2	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana			
Sistema: Eléctrico			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Contactores	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses


Fuente. Elaboración propia

Cuadro 42. (Continuación)

Cableado	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
	Verificar estado visual del encauchetado	El cableado no debe presentar ningún tipo de daño y preferiblemente ningún tipo de enmendadura	6 meses
Sistema alimentación	Verificar continuidad en el cableado	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada cable	6 meses
	Inspeccionar la conexión de la clavija para evitar corto	Desarmar la clavija y verificar el estado de la conexión	6 meses
Interruptores	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
Testigos luminosos	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo en los indicadores	Semanal
Motoventilador condensador	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del motor, aspas y rejilla de seguridad	Semanal
	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
Motoventilador evaporador	Verificar conexiones	Revisar estado de la conexión que no presente discontinuidad ni corto circuito	6 meses
	Verificar continuidad	Por medio de un multímetro, verificar continuidad de corriente a la entrada y salida de cada contacto	6 meses
	Realizar limpieza	Remover el polvo en la carcasa del motor, aspas y rejilla de seguridad	Semanal

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 43. Manual de mantenimiento para el sistema estructural del módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana

Forma N°3	FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA		 Fundación Universidad de América
MMEF	Facultad de ingeniería mecánica		
Versión 1 de 1	MANUAL DE MANTENIMIENTO		
may-30			
Fecha:			
Auditor:			
Supervisor:			
Equipo: Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana			
Sistema: Estructural			
COMPONENTE	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PERIODICIDAD
Base	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Paredes	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Techo	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Cerradura de puerta	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
Anclajes	Verificar los puntos de apoyo	Revisar estado de los puntos de anclaje	6 meses
Perfiles estructurales	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
	Verificar puntos de uniones	Revisar estado de los puntos o cordones de soldaduras, tornillos y remaches	12 meses
Caja de componentes eléctricos	Realizar limpieza	Remover el polvo	Semanal
	Verificar puntos de uniones	Revisar estado de los puntos o cordones de soldaduras, tornillos y remaches	12 meses

Fuente. Elaboración propia

4. ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO Y RECOMENDACIONES PARA GUÍAS DE LABORATORIO DE EQUIPOS FUNCIONALES

4.1 ANÁLISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO

Hoy en día, es de vital importancia evaluar el impacto ambiental de cada uno de los procesos ya sea industrial o doméstico; para este caso, al manipular equipos que utilizan refrigerantes, es necesario seguir al pie de la letra los procedimientos a realizar.

Dentro del protocolo de Montreal se encuentran listadas las sustancias agotadoras de ozono (SAO), dichas sustancias son básicamente hidrocarburos clorados, fluorados o bromados.⁴⁶

Estas sustancias químicas tienen la capacidad de agotar la capa de ozono conocida como Potencial de Agotamiento de Ozono (PAO), a cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC R-11, cuyo PAO por definición tiene el valor de 1.⁴⁷ Para tranquilidad de las personas quienes operan los equipos de refrigeración en el laboratorio de la Universidad, los refrigerantes utilizados tienen un potencial de agotamiento de ozono igual a cero (0), esto quiere decir que en el momento en que el refrigerante sea expulsado al ambiente, este no tendrá ningún efecto en la capa de ozono y por lo tanto no aportará a su destrucción.

Los refrigerantes utilizados (MO49, MO29 y R134a) están clasificados en el grupo de los HFC, los cuales tienen un gran impacto en el calentamiento global. En octubre del 2016, cerca de 200 países llegaron a un acuerdo para la eliminación progresiva de dichos gases, dicho acuerdo adoptado en Kigali (Ruanda), modifica el protocolo de Montreal firmado en 1987, para preservar la capa de ozono y evitar un calentamiento global de 0.5°C durante ese siglo.⁴⁸

El vapor de agua, el dióxido de carbono y el gas metano forman una capa neutral en la atmosfera terrestre que retiene parte de la energía proveniente del Sol. El uso de combustibles fósiles y la deforestación han provocado un aumento de las concentraciones de CO₂ y metano, lo que ha incrementado el efecto invernadero.

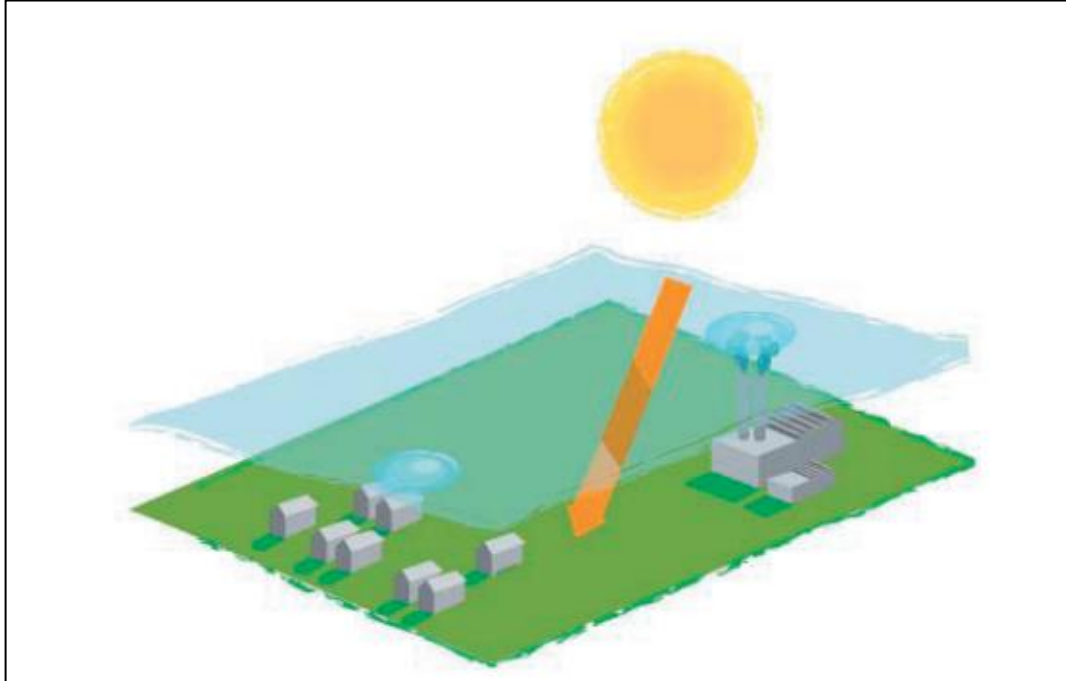
La superficie de la Tierra es calentada por el Sol, pero ésta no absorbe toda la energía, sino que refleja parte de ella hacia la atmosfera.

⁴⁶YÁÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 12 p.

⁴⁷ Ibid., 13.p.

⁴⁸ Tierra viva: Clima, sostenibilidad y medio ambiente. En: 20 MINUTITOS. Oct 15, 2016.

Figura 22. Calentamiento de la superficie de la Tierra por parte del Sol



Fuente. YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006. 27 p.

Alrededor del 70% de la energía proveniente del Sol que llega a la superficie de la Tierra, es devuelta al espacio, pero parte de la radiación infrarroja es retenida por los gases que producen el efecto invernadero y se queda en la superficie terrestre.

Con la finalidad de establecer un correcto equilibrio entre el desarrollo de la vida humana y el ambiente, sin ser una figura de obstrucción sino por el contrario ser un instrumento operativo para evitar la sobreexplotación del medio natural, cada proyecto, obra o actividad que ocasione perturbación del entorno debe ser minimizada con base en un estudio de impacto ambiental con el fin de llevar al cabo las actividades pertinentes de una forma correcta.⁴⁹

Al momento de realizar la implementación de un proyecto, se hace indispensable la realización de una evaluación ambiental con el fin de detener el proceso degenerativo, evitar inconvenientes ecológicos futuros, permitir realizar una mejora del entorno y de la calidad de vida, realizar una amplia perfección del proyecto que de una u otra forma genere una afectación mínima al ambiente, involucrar la participación ciudadana y generar concientización acerca de la problemática ecológica, entre otras.⁵⁰

⁴⁹ CONESA F, Vicente. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 2 Ed, MUNDI PRENSA. Madrid España., 1993, 144 p.

⁵⁰ Ibid., p. 145

Haciendo uso de una matriz cualitativa y una cuantitativa tomada como referencia de la guía ambiental Conesa, se hace la evaluación de los diferentes impactos ambientales generados en el procedimiento de intervención realizado a cada uno de los equipos del laboratorio, dicho análisis cualitativo consiste en un cuadro de doble entrada matriz, donde se relacionan como columnas los factores ambientales que generan afectación al medio y como filas las acciones que van a tener lugar en el desarrollo del proyecto o la actividad⁵¹.

Posteriormente a la realización de análisis cuantitativo realizado al proyecto queda como resultado el grado de importancia que cada uno de los impactos tiene sobre el ambiente.

El procedimiento realizado a los equipos consistió en 5 fases que se presentan a continuación, con la finalidad de determinar los impactos que afectan al medio ambiente:

- Fase de recuperación de refrigerante; Así como su nombre lo indica la fase de recuperación de refrigerante consiste en recuperar o remover un gas refrigerante en cualquier condición ya sea líquido o gas, de un sistema y almacenarlo en un contenedor externo sin realizar un análisis ni un proceso posterior.⁵²

Este procedimiento de recuperación de refrigerante se realizó haciendo uso de una maquina recuperadora de gas y un cilindro recuperador respectivamente, con el fin de extraer la mayoría del contenido del gas del equipo. La forma de conexión del sistema de recuperación representada en la Figura 17 muestra la disposición de cada una de las válvulas para realizar el procedimiento, además de la forma correcta de realizar las conexiones.

Este procedimiento de recuperación de refrigerante se realizó haciendo uso de una maquina recuperadora de gas y un cilindro recuperador respectivamente, con el fin de extraer la mayoría del contenido del gas del equipo. La forma de conexión del sistema de recuperación se realiza con la conexión de la maquina recuperadora directamente a un manómetro de con válvulas de paso de alta y de baja presión con la finalidad de ir regulando la salida de refrigerante del sistema, posteriormente a la maquina se realiza la conexión de un primer cilindro recuperador con la finalidad de realiza la separación de condensado y posteriormente a otro cilindro para obtener el gas refrigerante.

⁵¹ Ibid., p.168

⁵² Ibid., p.102

- Fase de limpieza del sistema; con el fin de determinar irregularidades en el sistema, se realizó una prueba de fugas por medio del burbujeo de agua jabón a lo largo de las líneas del sistema para poder expulsar la mayor cantidad de humedad posible, se realizó un barrido con nitrógeno aprovechando la higroscopicidad del mismo (propiedad de algunos cuerpos de realizar absorción de humedad) el cual al ingresar es puesto en contacto con las moléculas de vapor de agua, absorbiéndolas del aceite de los materiales aislantes y gases no condensables contenidos en este⁵³
- Prueba de vacío; para poder realizar y corroborar irregularidades en el sistema presentada por fugas, el procedimiento de sostenibilidad de vacío, como su nombre lo indica consiste en realizar vacío en el sistema hasta 500 micrones si se trabaja con aceite mineral y 250 micrones si se trabaja con aceite sintético, posteriormente se debe esperar al menos 15 minutos y si el vacío se empieza a perder, se tiene fuga o presencia de humedad en el sistema⁵⁴
- Fase de carga del sistema; para poder dejar el equipo en condiciones operacionales, se procedió a realizar la carga del equipo con nuevo gas refrigerante

A continuación, se presenta la matriz cualitativa de identificación de los impactos ambientales para el proceso de intervención realizado a los equipos involucrados en este proyecto, así como del plan de mejora para los equipos seleccionados como funcionales, con base a la matriz Conesa, para este análisis cualitativo hay que tener en cuenta los sistemas más sensibles que pueden llegar a ser afectados en el proyecto como los son agua, aire, ecosistema, entorno social y el entorno económico.

⁵³ Ibid., p.92

⁵⁴ Ibid., p.84

Formato 46. Matriz cualitativa de identificación de impactos ambientales para proceso de intervención a los equipos

PROCESO	COMPONENTE	AGUA	AIRE		ECOSISTEMA	SOCIAL	ECONOMICO	
	IMPACTO AMBIENTAL		Emisiones de gas refrigerante	Emisiones de Nox			Perdida de materia prima	Generación de empleo
ACTIVIDAD		Vertimientos de aguas grises			Contribucion al calentamiento global	Quemaduras por gas		
Recuperacion de refrigerante	Conexión maquina recuperadora de gas refrigerante y componentes al sistema		X		X	X	X	X
	recuperacion de refrigerante		X		X	X	X	X
	desconexion del sistema de recuperacion		X		X	X	X	X
Limpieza del sistema	Conexión del cilindro de nitrógeno al regulador de presión			X		X	X	X
	Conexión del regulador de presión al sistema por medio de manómetros			X		X	X	X
	Presurización del sistema con nitrógeno			X		X	X	X
	Prueba de fugas por detección de burbuja	X		X		X	X	X
	Limpieza	X		X		X	X	X
Prueba de vacío	Conexión de la bomba de vacío al sistema							X
	Vaciado del sistema							X
	Sostenibilidad de vacío							X
Carga de sistema	Conexión de la botella de refrigerante al sistema		X		X	X	X	X
	Puesta en marcha del sistema		X		X	X	X	X
	Desconexión de la botella de refrigerante al sistema		X		X	X	X	X

Fuente. Elaboración propia

Con el fin de realizar una correcta evaluación de los impactos ambientales, a continuación, se presenta un análisis cuantitativo de los mismos con la finalidad de determinar el grado de importancia de afectación en el medio ambiente; estos diferentes impactos serán evaluados de acuerdo a diferentes factores que se presentan a continuación;

Cuadro 44. Factores de evaluación para análisis cuantitativo de impactos ambientales

Intensidad	IN	Grado de destrucción del factor
Extensión	EX	Área de influencia del impacto
Momento	MO	Tiempo que transcurre (Tm) entre la aparición de la acción (To) y el comienzo del efecto (Tj)
Duración	PE	tiempo que permanecería el efecto
Reversibilidad	RV	posibilidad de retomar las condiciones iniciales
Sinergia	SI	Reforzamiento de dos o más simples
Acumulación	AC	Incremento progresivo de la acumulación del efecto
Efecto	EF	Forma de manifestación del efecto
Periodicidad	PR	Regularidad de manifestación del efecto
Recuperabilidad	MC	Posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor
Importancia	I	$I = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$

Fuente. Elaboración propia

Figura 23. Valores de evaluación para análisis cuantitativo de impactos ambientales

POR VARIACIÓN EN CALIDAD		INTENSIDAD (IN)	
Impacto positivo	+	Baja	1
Impacto negativo	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX) (area de influencia)		MOMENTO (MO) (Plazo de manifestación)	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		
PERSISTENCIA (PE) (Permanencia del efecto)		REVERSIBILIDAD (RV) (Por medidas naturales)	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
RECUPERABILIDAD (MC) (Relación causa-efecto)		ACUMULACIÓN (AC) (Regularidad de la manifestación)	
Indirecto	1	Irregular o aperiódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Contínuo	4
IMPORTANCIA (I)			
$(I) = \pm(3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$			

Fuente. Elaboración propia

Los valores numéricos de calificación propuestos en el cuadro numero 50 fueron obtenidos de la guía de evaluación de impactos ambientales Conesa para así poder determinar el grado de importancia ambiental en las matrices tanto del proceso de intervención como de los equipos.

Cuadro 45. Matriz cuantitativa grado de importancia de impactos ambientales para proceso de intervención de los equipos

PROCESO	COMPONENTE	IMPACTO AMBIENTAL	+/-	I	N	E	M	P	R	S	A	E	P	M	I	Valoración	
Recuperación de gas refrigerante	AGUA	Vertimiento de aguas grises	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	2		-21	Irrelevante	
	AIRE	Emisiones de gas refrigerante	-	2	2	1	4	4	4	4	4	4	1	4		-36	Moderado
		Emisiones de Nox	-	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	4		-31	Moderado
	ECOSISTEMA	Contribucion al calentamiento global	-	4	2	1	4	4	4	4	4	4	1	8		-46	Moderado
	SOCIAL	Quemaduras por gas	-	2	2	4	2	2	2	1	4	1	2			-28	Moderado
	ECONOMICO	Perdida de materia prima	-	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1		-18	Irrelevante
Generacion de empleo		+	4	4	4	2	2	2	4	4	2	1			41	Moderado	
Limpieza del sistema	AGUA	Vertimiento de aguas grises	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	2		-21	Irrelevante	
	AIRE	Emisiones de gas refrigerante	-	2	1	1	4	4	4	4	4	4	1	4		-34	Moderado
		Emisiones de Nox	-	2	2	1	4	4	4	4	4	4	1	4		-36	Moderado
	ECOSISTEMA	Contribucion al calentamiento global	-	2	1	1	4	4	4	4	4	1	8		-38	Moderado	
	SOCIAL	Quemaduras por gas	-	2	1	4	2	2	2	1	4	1	2			-26	Moderado
	ECONOMICO	Perdida de materia prima	-	2	2	4	1	1	1	4	1	1	1			-24	Irrelevante
Generacion de empleo		+	4	4	4	2	2	2	4	4	2	1			41	Moderado	
Prueba de vacio	AGUA	Vertimiento de aguas grises	-	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1		-16	Irrelevante	
	AIRE	Emisiones de gas refrigerante	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		-13	Irrelevante	
		Emisiones de Nox	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		-13	Irrelevante	
	ECOSISTEMA	Contribucion al calentamiento global	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		-13	Irrelevante	
	SOCIAL	Quemaduras por gas	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		-13	Irrelevante	
	ECONOMICO	Perdida de materia prima	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		-13	Irrelevante	
Generacion de empleo		+	4	4	4	2	2	2	4	4	1	2			41	Moderado	
Carga de sistema	AGUA	Vertimiento de aguas grises	-	1	1	2	1	1	2	1	4	1	2		-19	Irrelevante	
	AIRE	Emisiones de gas refrigerante	-	4	2	1	4	4	4	4	4	4	1	4		-42	Moderado
		Emisiones de Nox	-	1	1	1	4	4	4	4	4	4	1	4		-31	Moderado
	ECOSISTEMA	Contribucion al calentamiento global	-	2	2	1	4	4	4	4	4	1	8		-40	Moderado	
	SOCIAL	Quemaduras por gas	-	4	2	4	2	2	2	4	4	1	2			-37	Moderado
	ECONOMICO	Perdida de materia prima	-	2	2	4	1	1	2	4	4	1	2			-29	Moderado
Generacion de empleo		+	4	4	4	1	2	2	1	4	2	2			38	Moderado	

Fuente. Elaboración propia

Figura 24. Matriz cuantitativa grado de importancia de impactos ambientales para plan de mejora de equipos funcionales

PROCESO	EQUIPOS	IMPACTO AMBIENTAL	+/-	I N	E X	M O	P E	R V	S I	A C	E F	P R	M C	I	Valoración
PLAN DE MEJORA PARA EQUIPOS FUNCIONALES	Modulo didactico de refrigeracion	Emision de gas refrigerante	-	2	2	1	4	4	4	4	4	1	4	-36	Moderado
		Calentamiento global	-	4	2	1	4	4	4	4	4	1	8	-46	Moderado
		Vertimiento de aguas residuales	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	2	-21	Irrelevante
		Quemaduras por gas refrigerante	-	2	2	4	2	2	2	1	4	1	2	-28	Moderado
		Perdida de materia prima	-	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-18	Irrelevante
		Generacion de empleo	+	4	4	4	2	2	2	4	4	2	1	41	Moderado
	Modulo de congelacion	Emision de gas refrigerante	-	2	2	1	4	4	4	4	4	1	4	-36	Moderado
		Calentamiento global	-	4	2	1	4	4	4	4	4	1	8	-46	Moderado
		Vertimiento de aguas residuales	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	2	-21	Irrelevante
		Quemaduras por gas refrigerante	-	2	2	4	2	2	2	1	4	1	2	-28	Moderado
		Perdida de materia prima	-	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-18	Irrelevante
		Generacion de empleo	+	4	4	4	2	2	2	4	4	2	1	41	Moderado
	Modulo de AA tipo ventana	Emision de gas refrigerante	-	2	2	1	4	4	4	4	4	1	4	-36	Moderado
		Calentamiento global	-	4	2	1	4	4	4	4	4	1	8	-46	Moderado
		Vertimiento de aguas residuales	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	2	-21	Irrelevante
		Quemaduras por gas refrigerante	-	2	2	4	2	2	2	1	4	1	2	-28	Moderado
		Perdida de materia prima	-	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-18	Irrelevante
		Generacion de empleo	+	4	4	4	2	2	2	4	4	2	1	41	Moderado
	Modulo de AA movil	Emision de gas refrigerante	-	2	2	1	4	4	4	4	4	1	4	-36	Moderado
		Calentamiento global	-	4	2	1	4	4	4	4	4	1	8	-46	Moderado
		Vertimiento de aguas residuales	-	1	1	4	1	1	2	1	4	1	2	-21	Irrelevante
		Quemaduras por gas refrigerante	-	2	2	4	2	2	2	1	4	1	2	-28	Moderado
		Perdida de materia prima	-	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	-18	Irrelevante
		Generacion de empleo	+	4	4	4	2	2	2	4	4	2	1	41	Moderado

Fuente. Elaboración propia

Cuadro 46. Criterios para determinar los resultados del análisis ambiental del proyecto

Resultado	Calificación
< 25	Irrelevante
26-50	Moderado
51-75	Severo
>75	Crítico

Fuente. Elaboración propia.

De acuerdo al cuadro de criterios para determinar los resultados del análisis ambiental del proyecto se establecieron los siguientes parámetros:

- Irrelevante: No genera daños ambientales
- Moderado: Produce daños mínimos ambientales con posibilidad de recuperación
- Severo: Genera afectación al ambiente con poca posibilidad de recuperación
- Crítico: Origina daños ambientales irreparables

Debido a que la evaluación general de impactos ambientales dio una valoración moderada, el plan de manejo ambiental va enfocado a la emisión de gases que contribuyen al calentamiento global.

De acuerdo con la Unidad Técnica Ozono (UTO) las estrategias correctas para la gestión de las SAO es la siguiente:

Figura 25. Estrategias para la gestión de SAO



Fuente. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO. Manejo ambiental de los gases refrigerantes SAO. [diapositivas] Bogotá D.C. UNIDAD TÉCNICA DE OZONO. 39 diapositivas, color.

- Prevención y minimización de la generación en el origen; a través de la capacitación y certificación de las buenas prácticas de refrigeración con la finalidad de disminuir la cantidad y por consiguiente la peligrosidad de los residuos que se generan⁵⁵
- Aprovechamiento y valorización; realizar buenas prácticas de recuperación y reciclaje de los refrigerantes⁵⁶
- Tratamiento y transformación; proceso por medio del cual se realiza la destrucción final de las SAO⁵⁷
- Disposición final; las cenizas generadas⁵⁸

4.2 RECOMENDACIONES PARA GUÍAS DE EQUIPOS FUNCIONALES

Como ya se ha venido documentando, dentro de la asignatura se tiene como objetivo realizar prácticas de laboratorio con los equipos mencionados anteriormente, los lineamientos de dichas prácticas se hacen a través de sus correspondientes guías, dando a conocer el funcionamiento del equipo y el procedimiento de la práctica a realizar.

Al realizar una propuesta de modificación de los equipos que se determinaron como funcionales, es necesario crear recomendaciones de mejora para las guías base utilizadas en las prácticas de laboratorio. En este caso, se listarán una serie de recomendaciones a realizar, dando a conocer las guías actuales mostradas en los anexos B, C y D.

4.2.1 Módulo didáctico de refrigeración. El equipo cuenta con dos prácticas de laboratorio en sesiones diferentes, la primera es un reconocimiento de cada uno de los componentes y su método de evaluación (Diagrama de Molliere); en la segunda práctica se pone a prueba el equipo en donde se registran datos de presión y temperatura a la entrada y salida, con la finalidad de calcular el trabajo realizado por el compresor y determinar su eficiencia.

Como punto de vista de los autores, se recomienda realizar una unión de ideas entre ambas guías de la siguiente forma;

⁵⁵ Fuente. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO. Manejo ambiental de los gases refrigerantes SAO. [diapositivas] Bogotá D.C. UNIDAD TÉCNICA DE OZONO. 39 diapositivas, color.

⁵⁶ Ibid.

⁵⁷ Ibid.

⁵⁸ Ibid.

- De acuerdo al procedimiento del anexo B se puede extraer el primero, esto debido a que, en el momento de iniciar el sistema, se debe tener claro su funcionamiento
- En la sección 4 del anexo C (métodos y procedimientos) es recomendable agregar un ítem que tenga en cuenta la verificación del estado de cada una de las válvulas, esto para determinar la entrada o no del refrigerante al tanque recolector de vapor
- Incluir la realización del Diagrama de Molliere una vez se tengan los datos de temperatura y presión hallados. Esto con el fin de realizar un análisis del comportamiento del refrigerante al paso por cada uno de los componentes del sistema
- En la sección 5 del anexo B (cálculos y resultados) se puede extraer el ítem 2, si se tiene un plano a blanco y negro del sistema, indicando únicamente el nombre del componente. La metodología a utilizar sería la misma, simplemente agregando el plano del sistema a la guía. Se recomienda realizar el plano del sistema. En la misma sección, también sería recomendable salvar el ítem 4 (conclusiones), debido a que presenta preguntas que hacen la actividad más completa

4.2.2 Módulo didáctico de congelación. La práctica de laboratorio para dicho equipo tiene como objetivo realizar el procedimiento de carga de refrigerante en el sistema. Aunque en la sección 4 se refiera a “métodos y procedimientos”, no se tiene un procedimiento del ejercicio a realizar, simplemente se encuentran señaladas las normas básicas de seguridad y los ejercicios a realizar para dicho informe.

Al no tener ningún tipo de especificación del procedimiento a seguir, no cuenta como una guía de laboratorio, simplemente lo haría una guía de informe para presentación al docente.

Para este caso, se recomienda realizar cada uno de los pasos a seguir para realizar el procedimiento de carga de refrigerante al sistema.

Dentro del informe a entregar por parte de los estudiantes, contemplar la idea de plantear un esquema indicando el procedimiento realizado en la práctica, lo que haría un proceso de aprendizaje aún más interesante y completo, debido a que requiere mucha atención y una interacción entre los estudiantes dentro del laboratorio.

En la guía de laboratorio para dicho equipo también es necesario tener en cuenta las siguientes preguntas;

- ¿Qué otros métodos de recuperación de refrigerante existen y en cuáles casos son utilizados?
- ¿Cuál es la función de la máquina recuperadora de refrigerante?
- ¿En qué fase el refrigerante entra al sistema?
- ¿En caso de que se presente escape de refrigerante, que consecuencias tendría en su salud y el ambiente? ¿Usted qué haría?

4.2.3 Módulo didáctico de acondicionamiento de aire tipo ventana. El equipo actualmente se encuentra ubicado en el laboratorio de refrigeración, pero no cuenta con una guía práctica, esto quiere decir que el equipo no es utilizado en el laboratorio como enseñanza para los estudiantes.

Dentro del proyecto realizado, dicho módulo didáctico fue catalogado como funcional, para esto se recomienda realizar la guía de procedimiento para las prácticas de laboratorio que incluyan lo siguiente;

- Análisis visual de cada uno de los ventiladores utilizados
- Toma de datos en altas y bajas presiones y temperaturas
- Diagrama de Molliere del refrigerante
- Cálculos de trabajo de cada uno de los componentes del sistema
- Cálculo de eficiencia del compresor

Adicionalmente, las guías de laboratorio deben incluir preguntas como;

- ¿Cuál es la diferencia entre un sistema de acondicionamiento de aire tipo ventana y un mini Split? Enuncie tres ventajas y desventajas de cada uno
- ¿Por qué es necesario diseñar un sistema de acondicionamiento de aire tipo ventana con dos ventiladores diferentes utilizando el mismo eje?
- ¿Cuál es la razón por la que un sistema pequeño de refrigeración o acondicionamiento de aire la cual no cuenta con un tanque recolector, al apagarse se eleva la presión en las líneas de baja y alta?

4.2.4 Acondicionamiento de aire móvil. El equipo no es utilizado para las prácticas de laboratorio debido a que no se encontraron guías de procedimiento, igual que para el sistema anterior, se recomienda realizar dichas guías que incluyan los siguientes parámetros.

- Esquema del funcionamiento de un sistema de acondicionamiento de aire móvil o vehicular
- Funcionamiento de un compresor de émbolos axiales

- Toma de datos de presiones y temperaturas según los manómetros y termómetros
- Funcionamiento del ventilador del evaporador vehicular
- Comportamiento del refrigerante en cada componente del sistema por medio del Diagrama de Molliere
- Procedimiento de encendido del módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil
- Cálculo de trabajo en cada uno de los componentes del sistema y eficiencia del compresor
- Relación de transmisión del motor eléctrico y el compresor

Adicionalmente, la guía práctica del laboratorio debería incluir las siguientes preguntas;

- ¿Por qué no se emplea un compresor hermético alternativo en un sistema de acondicionamiento de aire móvil o automotriz?
- Explique el funcionamiento del tipo de ventilador utilizado en el sistema de evaporación del sistema
- ¿Qué otros refrigerantes son utilizados para un sistema de acondicionamiento de aire móvil?

5. CONCLUSIONES

- De los siete equipos de refrigeración del laboratorio de la Universidad, se encontraron cuatro unidades funcionales, de ellos amerita poner en operación el módulo didáctico de refrigeración y el módulo didáctico de acondicionamiento de aire móvil
- Se presenta impacto ambiental debido a la presencia de gases refrigerantes en la atmósfera porque los equipos analizados presentan fugas en sus sistemas
- El costo del plan de mejora de dos de los equipos seleccionados como funcionales es mayor a la adquisición de equipos nuevos, debido a que se determinaron fallas en su sistema y en sus componentes que pueden afectar el rendimiento

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar el manual de mantenimiento presentado en el trabajo de grado, para disminuir el riesgo de fallas de los equipos, daños o afectación ambiental
- Las ejecuciones de los procedimientos establecidos en los manuales de mantenimiento se deben realizar bajo medidas estrictas de seguridad, para el operario y el medio ambiente
- Realizar adquisición de equipos de refrigeración de la Universidad más actualizados y cercana a la realidad de la cadena de frío
- Cambiar la ubicación del evaporador y el condensador, debido a la presencia de una carga térmica constante que afecta el rendimiento del sistema

BIBLIOGRAFIA

ARORA, Ramesh Chandra. Refrigeration and air conditioning. PHI Learning Pvt. Ltd., 2010.

CAMPOS L, Francisco. Principios de mantenimiento. Fundación Universidad de América.

Carrier Air Conditioning Co. Handbook of air conditioning system design. New York (u.a.): McGraw-Hill, 1965.

CASTILLO LOZANO, Manuel Ignacio; GUALDRÓN TARACHE, Miguel Ángel y LEÓN CHACÓN, Víctor Hugo. Diseño, construcción y montaje de un prototipo de cuarto frío para prácticas de laboratorio. Bogotá: Fundación Universidad de América, 2001.

CATEDRA y "MAQUINAS TERMICAS". UNIVERSIDAD TECNOLOGICA NACIONAL FACULTAD REGIONAL MENDOZA.

CONGRESO INTERAMERICANO PARA LA ACREDITACIÓN DE LABORATORIOS CLÍNICOS, BANCOS DE SANGRE Y CÉLULAS PROGENITORAS HEMATOPOYETICAS. (1: 13-14, Agosto, 2015: México) Quality Consulting. Ema, 2015.

CORTE, Edwin. Sistemas de refrigeración doméstica - Estado del arte de las mejoras en la eficiencia energética. En: REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS. Dic 15.

ELETTRONICAVENETA. Manual General de Refrigeración. Rev 0 ed. TERMOTRÓNICA, 2002.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. NTC. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá D.C.: ICONTEC. 2008. (NTC 1486).

_____. Referencias bibliográficas. Contenido, forma y estructura. Bogotá D.C ICONTEC, 2008. (NTC 5613).

_____. Referencias documentales para fuentes de información electrónicas. Bogotá D.C.: ICONTEC, 1998. (NTC 4490).

LIZARAZO, Sergio y MOLANO, Juan P. Diseño y construcción de un módulo didáctico de bomba de calor para laboratorio. Fundación Universidad de América, 2001.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIA. Buenas prácticas de refrigeración y reciclaje de refrigerantes. Colombia.: Unidad Técnica de Ozono (UTO), agosto de 2005.

RAPIN, P,J Y JACQUARD, P. Instalaciones frigoríficas. Tomo 2.: MARCOMBO, 449 p. Colección RUSTICA. ISBN 978-84-2671-0925

Sr. Manlio F. Coviello. PROYECTO OLADE/CEPAL/GTZ
Estudio para la Evaluación del Entorno del
Proyecto Geotérmico Binacional "Tufiño-ChilesCerro
Negro".: 2000.

TECUMSEH. Compresor hermético. Disponible en: <http://inverprimos.com>

William C. Whitman andWilliam M. Johnson. Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. Paraninfo, 2011.

YAÑEZ, Gildardo. Buenas Prácticas en Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado. Ciclo sencillo de refrigeración por compresión. 1 ed. México.: SEMARNAT, 2006

ANEXOS

ANEXO A

Cotización Almacenes de Refrigeración



ALMACENES
<< REFRIGERACION >>

CARMELO MINERVINE Y CIA S.A.S.




NIT 900.001.676.8
email: almacen5@almacenesrefrigeracion.net

SEÑORES: TECNOSERVICIOS LPY
ST. JUAN DAVID PIRAGALTA
REF. COT. HERRAMIENTAS DE REFRIGERACION

ABRIL 30 2010

DESCRIPCION	CANT	REFERENCIA	PRECIO \$	SUBTOTAL \$
MANOMETRO DE REFRIGERACION AMERICANO, CON JUNDO DE MANGUERAS	1	UNIVELD	\$163,866	\$163,866
TERMOMETRO DIGITAL DE UNA SONDA	1	SPART NET	\$28,412	\$28,412
VALVULA DE EXPANSION CON TUERCAS Y TOBERA	1	SANHUA	\$92,437	\$92,437
CAPILAR X METRO	3		\$2,101	\$6,303
REJILLA PLASTICA PARA MOTOR VENTILADOR	1		\$5,042	\$5,042
VISOR (MIRILLA) ROSCAR	1	SANHUA	\$63,028	\$63,028
ACEITE SINTETICO X 90000	1	POLLESTER	\$7,893	\$7,893
REFRIGERANTE 18 CEN/023 X 500 GR	1		\$26,032	\$26,032
VALVULA DE GUBANILLO DE 14	1		\$1,261	\$1,261
SOLDADURA HARRIS ALDR(VARILLA)	1		\$1,261	\$1,261
FILTRO SECADOR DE 1/4 BODAR TIPO HERCULES	1		\$5,892	\$5,892
SUBTOTAL				\$998,488
IVA				\$76,896
TOTAL				\$1,075,384

VALIDEZ DE LA OFERTA: 6 DIAS CALENDARIO, PRECIO VENTA CONTADO, NO INCLUYE INSTALACION

Elaborado: Jorge Hernandez Cegena / Asesor Comercial /
Celular: 3109991629

CALLE 19 N° 17 - 76 BOGOTA COLOMBIA -2825473 2812851 2812843
e.mail: almacen5@almacenesrefrigeracion.net

ANEXO B

Tablero de aire acondicionado

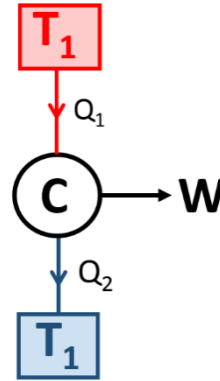
PROGRAMA: MECÁNICA	DEPARTAMENTO:
NOMBRE ASIGNATURA: Refrigeración & Aire Acondicionado	CODIGO: 34832-EL
PRÁCTICA No. 1	NOMBRE DE LA PRÁCTICA: Tablero de Aire Acondicionado

1	INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO:
<p>INTRODUCCION</p> <p>El área de Refrigeración & aire acondicionado, se constituye en uno de los sectores que en el país demanda un buen número de ingenieros mecánicos, de esta manera, en el proceso de construcción del conocimiento es importante que cada uno de los estudiantes tenga conocimientos propios más allá del sentido teórico que la asignatura misma ofrece, sino la práctica y el que hacer en los distintos procedimientos que este tipo de sistemas demanda.</p> <p>En esta primera práctica de laboratorio, se instruye al estudiante en la ubicación que cada uno de los componentes que tiene el sistema, su composición, su funcionamiento y la forma como se puede ver y representar cada uno de los componentes en los diagramas termodinámicos, y la forma como es controlado el sistema.</p> <p>FUNDAMENTO TEORICO</p> <p>Ciclo de Carnot</p> <p>El ciclo de Carnot es un ciclo termodinámico ideal reversible entre dos fuentes de temperatura, en el cual el rendimiento es el máximo posible. Fue estudiado por Sadi Carnot en su trabajo "Reflections sur la puissance motrice de feu et sur les machines propres à developper cette puissance", de 1824.</p> <p>Una máquina térmica que realiza este ciclo se denomina máquina de Carnot. Trabaja absorbiendo una cantidad de calor Q_1 de la fuente de alta temperatura y cede un calor Q_2 a la de baja temperatura produciendo un trabajo sobre el exterior. El rendimiento viene definido, como en todo ciclo, por</p>	

2. (Continuación)

Figura 1.

Esquema de una máquina de Carnot. La máquina absorbe calor desde la fuente caliente T_1 y cede calor a la fría T_2 produciendo trabajo.



$$n_{\text{térmico}} = \frac{W}{Q_1}$$

$$n_{\text{térmico}} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

Como todos los procesos que tienen lugar en el ciclo ideal son reversibles, el ciclo puede invertirse. Entonces la máquina absorbe calor de la fuente fría y cede calor a la fuente caliente, teniendo que suministrar trabajo a la máquina. Si el objetivo de esta máquina es extraer calor de la fuente fría se denomina máquina frigorífica, y si es aportar calor a la fuente caliente bomba de calor.

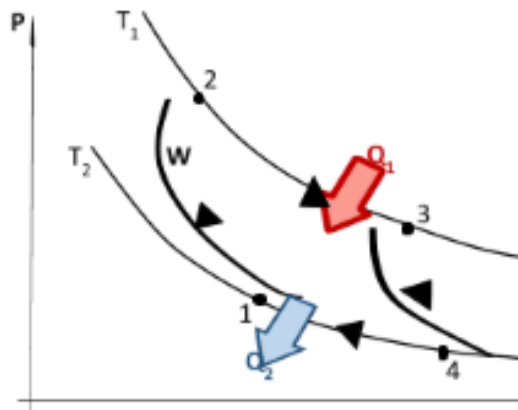


Figura 2.

Diagrama del ciclo de Carnot en función de la presión y el volumen.

Q_1 = Calor cedido al medio exterior por el condensador.

Q_2 = Calor tomado del medio el evaporador.

W = Trabajo Realizado por el compresor

El ciclo de Carnot consta de cuatro etapas: dos procesos isotérmicos y dos procesos adiabáticos.

- Expansión isotérmica 2 - 3
- Expansión adiabática 3 - 4
- Compresión isotérmica 4 - 1
- Compresión adiabática 1-2

2. (Continuación)

2 OBJETIVO(S):

OBJETIVO PRINCIPAL:

Conocer el ciclo de refrigeración discriminando cada uno de los componentes indicando la función que desempeña dentro del ciclo, su representación y las características del trabajo termodinámico desarrolla.

OBJETIVOS SECUNDARIOS:

- Realizar un diagrama del flujo del proceso representado en el banco de refrigeración, indicando cada uno de los componentes que en él intervienen.
- Desarrollar una descripción clara de cada uno de los componentes que integran el sistema, esta debe incluir, descripción técnica y simbología.
- Representar en un diagrama T-s y en un diagrama P-h, el trabajo de cada uno de los componentes realiza.
- Indicar en el diagrama del flujo de proceso desarrollado, cual es el circuito de alta presión, baja presión, la zona de condensación, zona de evaporación, zonas de almacenamiento.
- Realizar un diagrama del circuito de control, que permite el funcionamiento coordinado de cada uno de los componentes del sistema de refrigeración.

3 EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y/O MATERIALES:

EQUIPOS A EMPLEAR.



- Para el desarrollo de esta práctica los estudiantes emplearán el banco principal de Refrigeración de Aire acondicionado.
- En esta práctica se hace el reconocimiento de cada uno de los componentes del sistema, por este motivo esta práctica no requiere ningún tipo de herramienta.

2. (Continuación)

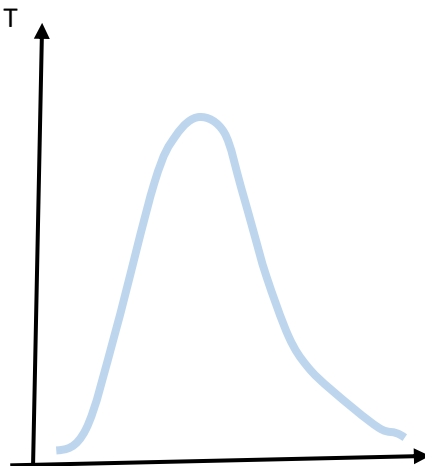
4	MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS:			
NORMAS DE SEGURIDAD:				
Para un adecuado funcionamiento de la práctica de laboratorio se sugiere a los estudiantes:				
<ul style="list-style-type: none"> • Entrar al laboratorio con bata, y guantes. • Prestar atención a las indicaciones del profesor. • Cuando realice procedimientos de manipulación de refrigerantes, el uso de protección visual es de estricto cumplimiento. 				
PROCEDIMIENTO:				
<ol style="list-style-type: none"> 1. El docente hará una exposición del funcionamiento del sistema de refrigeración en el prototipo establecido para tal fin. En ella indicará la disposición de cada uno de los componentes, su funcionamiento y el tipo de trabajo que realiza. El estudiante deberá estar atento para resolver posteriormente las actividades propuestas. 2. Coloque la información de cada uno de los componentes de flujo de refrigerante del equipo, llenando los espacios con la indicación solicitada 				
Item	NOMBRE DEL COMPONENTE	IMAGEN DEL COMPONENTE	DESCRIPCION DEL COMPONENTE	SIMBOLO
1	COMPRESOR			
2	EVAPORADOR			
3	CONDENSADOR			
4	FILTRO DESECANTE			
5	VÁLVULA DE EXPANSIÓN			
6	PRESÓSTATO DE ALTA Y BAJA			
7	MIRILLAS			
8	TERMOSTATOS			
9	CAPILAR			
10	LÍNEA DE ALTA PRESIÓN			

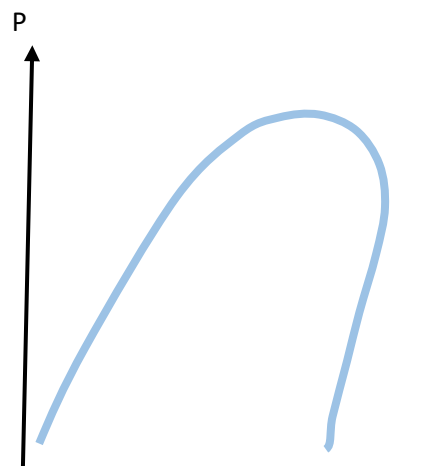
2. (Continuación)

11	LÍNEA DE BAJA PRESIÓN			
12	VÁLVULAS DE CARGA			
13	ACUMULADOR			

5 CÁLCULOS Y RESULTADOS:

- Registre en los diagramas termodinámicos T-s y P-h las zonas donde se realiza trabajo Mecánico y Térmico, separe cada una de estas zonas por medio de un número (Ejemplo: El compresor genera un trabajo mecánico, y está comprendido entre los puntos 1-2).





- Utilizando la simbología referenciada en el punto 2 del procedimiento indique en un diagrama, el circuito del flujo de refrigerante; en este represente las zonas al alta presión (indíquela con color rojo) y la zona de baja presión (indíquela con color azul), zona de condensación (amarillo), zona de evaporación (verde), zonas de almacenamiento (Violeta).
- En la siguiente matriz determine qué tipo de trabajo realiza cada uno de los componentes, tenga en cuenta la exposición realizada por el docente al inicio de la práctica.

Item	Componente	W mecánico	W térmico	E. Transición	E. Control
1	COMPRESOR				
2	EVAPORADOR				
3	CONDENSADOR				

2. (Continuación)

4	FILTRO DESECANTE				
5	VÁLVULA DE EXPANSIÓN				
6	PRESÓSTATO DE ALTA Y BAJA				
7	MIRILLAS				
8	TERMOSTATOS				
9	CAPILAR				
10	LÍNEA DE ALTA PRESIÓN				
11	LÍNEA DE BAJA PRESIÓN				
12	VÁLVULAS DE CARGA				
13	ACUMULADOR				

4. CONCLUSIONES

- a. *Revisando el diagrama termodinámico, ¿qué característica presenta los componentes que desarrollan trabajo mecánico y cuál es la razón?*

- b. *¿Qué característica presentan los componentes que desarrollan trabajo térmico y cuál es la razón?*

- c. *¿Cuáles son las variables que manejan los instrumentos de control?*

- d. *¿Cuáles son las razones por la cual se indica que el circuito de aire acondicionado poseen un circuito de lazo Abierto y otro de lazo cerrado?*

- e. *¿Cuál es la función que cumple el Acumulador en un circuito de refrigeración?*

¿Cuáles son las fallas más comunes que se pueden presentar en un sistema de Refrigeración, y por qué?

2. (Continuación)

6	REFERENCIAS:
----------	---------------------

- Manual de climatización, editorial Marcombo
- Termodinámica, Yunus Cengel
- Manual de aire acondicionado, Carrier

ANEXO C

Circuito de refrigeración

	Elaboró	Revisó	Autorizó
Cargo	<i>Docente</i>	<i>Director Programa</i>	<i>Decanatura o Dirección Ciencias</i>
Nombre	<i>I.M. Carlos A. Mendoza</i>	<i>Msc. IM Álvaro Hernández</i>	
Firma			
PROGRAMA: MECANICA		DEPARTAMENTO: INGENIERÍA	
NOMBRE ASIGNATURA: REFRIGERACION & AIRE ACONDICIONADO		CODIGO: 34832-EL	
PRÁCTICA No. 2	NOMBRE DE LA PRÁCTICA: CIRCUITO DE REFRIGERACION		

1	INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO:
<p>INTRODUCCION</p> <p>Los circuitos de refrigeración son la aplicación del principio de Carnot. En esta aplicación en particular se podrá comprender como los diversos componentes del circuito desarrollan un proceso termodinámico absorbiendo y cediendo calor simultáneamente. En este laboratorio el estudiante deberá comprender el trabajo mecánico ó térmico que puede desarrollar cada uno de los componentes, para ello deberá comprobar por medio de la toma de datos de las diversas variables que intervienen en el proceso y compararlos con el comportamiento del circuito ideal de refrigeración de esta forma ver las variaciones que puede sufrir este circuito en la realidad.</p> <p>Para desarrollar de forma adecuada este laboratorio se recomienda al estudiante, que en el momento de realizar la toma de datos tenga la precaución de hacer la medición simultanea de cada una de las variables, esto se debe a la calibración que tiene el equipo, pues los tiempos de ciclado del mismo son muy cortos, para ello, se sugiere que uno de los estudiantes tome el liderazgo para indicarles a sus compañeros el momento indicado para leer las variables en la instrumentación del sistema. Las indicaciones para realizar estas mediciones las realizará el docente al iniciar la práctica en donde les indicará cuales son los momentos adecuados para realizar las mediciones.</p> <p>Al Finalizar esta práctica el estudiante deberá estar en capacidad de interpretar el tipo de trabajo que desarrolla cada uno de los componentes que integran el sistema y de la misma forma deberá tener la capacidad para concluir de qué forma se puede mejorar la eficiencia COP que puede desarrollar un equipo.</p> <p>Esta es una de las ramas de la ingeniería que son de exclusivo uso de los ingenieros mecánicos, por lo cual es de fundamental importancia la buena disposición de los estudiantes para la comprensión y entendimiento del principio físico aplicado a este circuito.</p>	

3. (Continuación)

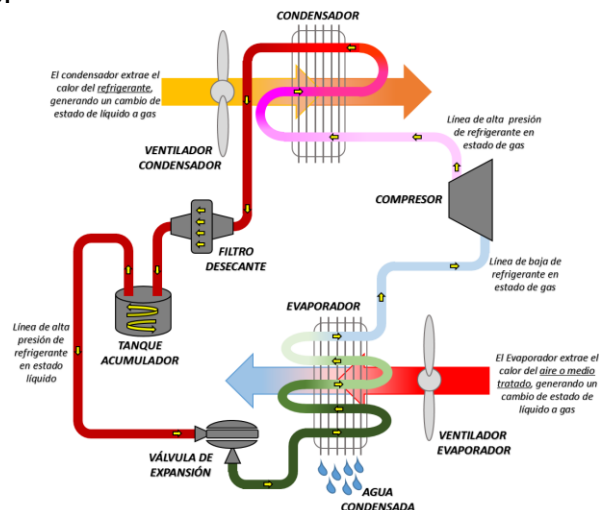
FUNDAMENTO TEORICO

Cuando los diversos componentes del circuito de refrigeración se ensamblan forman un sistema de lazo cerrado, esto quiere decir que existirá una frontera que delimita el movimiento con respecto al medio ambiente, con el cual, no existirá ningún tipo de mezcla de fluido, dicho en otras palabras el fluido refrigerante no deberá estar en contacto con el medio ambiente, de otra parte circula el aire a través del circuito de refrigeración, el aire es la materia prima, objetivo a tratar en este proceso termodinámico. Para que el sistema comience a retirar calor del aire, el evaporador provoca la condensación del vapor de agua contenida en este, generando la condensación del mismo, El proceso que cumple el aire se cataloga con circuito de lazo abierto, pues este en cualquier momento podrá estar en contacto con el medio ambiente exterior.

Descripción del circuito de lazo cerrado (Refrigerante)

Se describe a continuación el proceso que tiene el refrigerante dentro del ciclo de refrigeración.

1. El compresor eleva la presión del refrigerante el cual se encuentra en estado de gas sobrecalentado, el fluido es transportado en estado alta presión hacia el condensador.
2. En el condensador cede calor latente Q_L , lo cual hace que cambie de estado, de tal forma que cuando sale de este componente entra en estado líquido.
3. El refrigerante en estado líquido pasa a través de un filtro desecante, el cual retira todo tipo de partícula en suspensión que se haya podido generar por la acción mecánica del compresor, así mismo contiene desecante en forma de pellet el cual retiene cualquier partícula de agua que se haya generado por la succión de aire por alguno de los acoples de la tubería del sistema. Cuando el filtro es taponado la presión del sistema sube en la línea de alta presión por lo cual exige el cambio de dicho filtro.



3. (Continuación)

1. El flujo de refrigerante en estado líquido es conducido por la tubería a alta presión, para ser almacenado en el tanque receptor de refrigerante, y estar disponible a los requerimientos del sistema.
2. El refrigerante es conducido por la línea de alta presión, a gas hasta la válvula de expansión, en donde se produce una caída de presión provocando que el refrigerante cambie su estado de líquido a mezcla líquido-vapor; esta caída de presión se produce por el paso del fluido a través de un diminuto agujero lo cual produce la atomización del fluido, a este componente también se le llama válvula termostática. El objetivo de esta válvula no es solo generar cambio en el estado del fluido, si no garantizar el sobrecalentamiento del gas en el evaporador para que cambie totalmente de estado dentro de él.
3. El evaporador es el encargado de transformar las condiciones de humedad y temperatura del aire así como de cambiar el estado del refrigerante para llevarlo al estado de gas sobrecalentado.

DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO DE LAZO ABIERTO (aire tratado)

El aire, como se mencionó anteriormente es la materia prima en los procesos de climatización, este participa activamente en dos partes en la extracción de calor del refrigerante en el condensador, sin embargo las condiciones en estas no son relevantes pues lo más importante es la capacidad del área de transferencia que tiene el condensador para que el refrigerante llega a las condiciones de líquido saturado; de otra parte está el aire que es tratado por el evaporador este tiene mucha importancia debido a que este aire es el objetivo del circuito para llevarlo a unas condiciones de calidad en humedad y temperatura. De este modo, se presenta el siguiente proceso:

1. El aire del medio tratado es forzado a pasar por el evaporador, en donde se presenta un proceso de convección forzada entre el aire y las lamas del evaporador, las cuales entre mayor área de contacto tengan mayor transferencia de calor va a generar.
2. El aire que tiene una carga térmica al entrar en contacto con las lamas del evaporador cuya temperatura es considerablemente más baja, produce la condensación del aire que pasa a través de él, de esta forma disminuye la temperatura y humedad del aire.
3. El agua condensada se elimina del sistema de tal forma que evite

3. (Continuación)

2 OBJETIVO(S):

OBJETIVO PRINCIPAL

Identificar el comportamiento mecánico y termodinámico de cada uno de los componentes en un sistema de refrigeración, con el cual se determine el cálculo de potencia de cada uno de los componentes.

OBJETIVOS SECUNDARIOS

Los Objetivos que el estudiante debe alcanzar, al desarrollar el presente laboratorio son los que se listan a continuación:

- Determinar cómo se realiza el trabajo mecánico desarrollado por el sistema.
- Determinar cómo se realiza el trabajo térmico desarrollado por el sistema.
- Determinar el consumo de potencia eléctrica y térmica desarrollado por los componentes del sistema.
- Identificar claramente el comportamiento termodinámico de cada uno de los componentes en los diagramas P-h y T-s

3 EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y/O MATERIALES:


Para desarrollar este laboratorio se empleará el banco de refrigeración, diseñado por estudiantes del programa de ingeniería mecánica en años anteriores.



Antes de iniciar el procedimiento de toma de datos es muy importante conocer:

- Presión mínima del sistema.
- Presión alta del sistema.
- Tipo de refrigerante que tiene el sistema.

3. (Continuación)

<p>4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS:</p> <p>Para iniciar el funcionamiento del banco es necesario tener en cuenta las siguientes recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determine por medio de cual dispositivo a disminuir la presión del sistema por válvula de expansión o por capilar - Verifique que el ventilador se encuentre encendido antes de iniciar la práctica - Realice las mediciones a diferentes velocidades del ventilador, para que pueda determinar qué efecto tiene la velocidad del aire con el cambio termodinámico del refrigerante. - Tome las mediciones requeridas en la tabla, de acuerdo con la instrumentación del banco. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Las tomas de datos deben ser realizadas en alta, media y baja, velocidad. - De acuerdo con las mediciones realizadas en determine el trabajo generado por el compresor y por los dispositivos termodinámicos del banco de refrigeración. - Procure la toma de datos antes del inicio de ciclado del sistema. 	

<p>5 CÁLCULOS Y RESULTADOS:</p> <p>Una vez hallados los datos determine los trabajos desarrollados por los componentes del banco de refrigeración. Para dicho propósito determine los cálculos con base en las siguientes fórmulas:</p>	
Trabajo del Compresor	$W_{cpm} = m (h_1 - h_4)$
Trabajo de la Válvula de Expansión	$W_{exp} = m (h_2 - h_3)$
Trabajo del evaporador	$W_{evp} = m (h_4 - h_3)$
Trabajo del condensador	$W_{cnd} = m (h_1 - h_2)$
Eficiencia del compresor	$ncmp = \frac{h_4 - h_3}{h_1 - h_4}$

3. (Continuación)

Durante el desarrollo de la práctica deberá tomar la lectura bajo condiciones al alta media y baja velocidad del flujo de aire, esto le servirá para determinar la influencia de este sobre el cambio de estado del refrigerante. Compare los trabajos obtenidos en cada estado y determine el efecto.

6 ANEXOS:									
Tabla de datos a baja velocidad									
Temp. Ent. Cnd.			Temp Sal. cnd			Temp. Ent. Evp			Temp
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Promedio			Promedio			Promedio			Prom
Presión. Ent. Cnd.			Presión Sal. cnd			Presión. Ent. Evp			Presión
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Promedio			Promedio			Promedio			Prom
Tabla de datos a media velocidad									
Temp. Ent. Cnd.			Temp Sal. cnd			Temp. Ent. Evp			Temp
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Promedio			Promedio			Promedio			Prom
Presión. Ent. Cnd.			Presión Sal. cnd			Presión. Ent. Evp			Presión
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Promedio			Promedio			Promedio			Prom
Tabla de datos a alta velocidad									
Temp. Ent. Cnd.			Temp Sal. cnd			Temp. Ent. Evp			Temp
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Promedio			Promedio			Promedio			Prom
Presión. Ent. Cnd.			Presión Sal. cnd			Presión. Ent. Evp			Presión
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Promedio			Promedio			Promedio			Prom

7 REFERENCIAS:									
<ul style="list-style-type: none"> • Manual de climatización, editorial Marcombo • Termodinámica, Yunus Cengel • Manual de aire acondicionado, Carrier 									

3. (Continuación)

	Elaboró	Revisó	Autorizó
Cargo	<i>Docente</i>	<i>Director de Programa o Coordinador de Área</i>	<i>Decanatura o Dirección Ciencias</i>
Nombre	<i>IM Carlos Arturo Mendoza Neira</i>	<i>Msc. Álvaro Hernández</i>	
Firma			

ANEXO D

Carga de refrigerante

PROGRAMA: INGENIERÍA	DEPARTAMENTO: MECÁNICA
NOMBRE ASIGNATURA: REFRIGERACIÓN & AIRE ACONDICIONADO	CODIGO: 34832-EL
PRÁCTICA No. 05	NOMBRE DE LA PRÁCTICA: CARGA DE REFRIGERANTE

1	INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO:
<p>INTRODUCCION</p> <p><i>En la industria, el cálculo de refrigerante empleado en circuitos de refrigeración está ligado directamente a los tiempos de ciclado para los cuales ha sido diseñado el sistema de una parte y por otra parte, a la capacidad que tenga el compresor, estos dos factores determinará la carga del sistema de refrigeración. Actualmente existe en la industria equipos especializados que calculan la carga exacta del refrigerante manejando estas dos variables, simplificando el trabajo del operario. Estos equipos tienen un circuito de refrigeración parcial que el estudiante debe comprender, para realizar de forma adecuada el proceso de recuperación de refrigerante.</i></p> <p>FUNDAMENTO TEORICO</p> <p><i>El cálculo de carga de refrigerante en la industria es una variable que el ingeniero debe estar en capacidad de determinar. Para ello es indispensable conocer la carga térmica del Evaporador.</i></p> $h_{inicial} - h_{final}$ <p><i>Con esta expresión se debe determinar la potencia que tiene el compresor, esta se puede realizar por medio de la siguiente expresión.</i></p> $P_{cmp} = m \cdot (h_{inicial} - h_{final})$ <p><i>El Flujo de masa m está dado en kg/sg, se debe determinar el tiempo de ciclado que debe tener el equipo para realizar la carga respectiva en unidad de tiempo.</i></p>	

2	OBJETIVO(S):
<p>OBJETIVO PRINCIPAL:</p> <p><i>Deducir el circuito de una recuperadora de Refrigerante, identificando los puntos de los puntos de acople entre la recuperadora y el sistema de refrigeración.</i></p> <p>OBJETIVOS SECUNDARIOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Establecer los componentes que tiene una máquina recuperadora de refrigerante.</i> • <i>Identificar cuáles es el punto de acople que debe tener la máquina recuperadora con el sistema de refrigeración.</i> • <i>Deducir el circuito de carga de un sistema de refrigeración.</i> 	

4. (Continuación)

3 EQUIPOS, INSTRUMENTOS Y/O MATERIALES:
<i>EQUIPOS A EMPLEAR.</i> <ul style="list-style-type: none">• Congelador Didáctico

4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS:																												
<p><i>NORMAS DE SEGURIDAD</i></p> <p><i>Para un adecuado funcionamiento de la práctica de laboratorio se sugiere a los estudiantes:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• Entrar al laboratorio con bata, y guantes.• Prestar atención a las indicaciones del profesor.• Cuando realice procedimientos de manipulación de refrigerantes, el uso de protección visual es de estricto cumplimiento. <p><i>PROCEDIMIENTO:</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. <i>Identifique cada uno de los componentes del equipo de recarga de refrigeración</i>																												
<table border="1"><thead><tr><th>Item</th><th>IMAGEN DEL COMPONENTE</th><th>DESCRIPCION DEL COMPONENTE</th><th>SIMBOLO</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>	Item	IMAGEN DEL COMPONENTE	DESCRIPCION DEL COMPONENTE	SIMBOLO																								
Item	IMAGEN DEL COMPONENTE	DESCRIPCION DEL COMPONENTE	SIMBOLO																									
<ol style="list-style-type: none">2. <i>Elabore un esquema de la disposición de cada uno de los componentes que tiene el equipo de recuperación.</i>																												

4. (Continuación)

5	CÁLCULOS Y RESULTADOS:
3. <i>En un diagrama P-h determine cuál es la forma como se debe acoplar la máquina recuperadora al circuito de refrigeración</i>	

6	REFERENCIAS:
<ul style="list-style-type: none">• Manual de climatización, editorial Marcombo• Termodinámica, Yunus Cengel• Manual de aire acondicionado, Carrier	

	Elaboró	Revisó	Autorizó
Cargo	<i>Docente</i>	<i>Director de Programa</i>	<i>Decanatura o Dirección Ciencias</i>
Nombre	<i>I.M. Carlos A. Mendoza</i>	<i>Msc. I.M. Álvaro Hernández</i>	
Firma			