ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

"IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE SIMULACIÓN DE UN CLIMATIZADOR AUTOMOTRIZ PARA EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ"

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

BRIAN STEVE VEGA CORTEZ

WILSON MANUEL GUANGA QUISHPE

Riobamba – Ecuador

2022

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

"IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE SIMULACIÓN DE UN CLIMATIZADOR AUTOMOTRIZ PARA EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ"

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: BRIAN STEVE VEGA CORTEZ

WILSON MANUEL GUANGA QUISHPE

DIRECTOR: Ing. JOHNNY MARCELO PANCHA RAMOS

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Brian Steve Vega Cortez; Wilson Manuel Guanga Quishpe

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

Nosotros, BRIAN STEVE VEGA CORTEZ y WILSON MANUEL GUANGA QUISHPE declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 18 de marzo de 2022

Brian Steve Vega Cortez
050361303-6

Wilson Manuel Guanga Quishpe
060396529-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del trabajo de Integración Curricular certifica que: El trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE SIMULACIÓN DE UN CLIMATIZADOR AUTOMOTRIZ PARA EL LABORATORIO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**, realizado por los señores: **BRIAN STEVE VEGA CORTEZ** y **WILSON MANUEL GUANGA QUISHPE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	**FECHA**
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla **PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**	Firmado electrónicamente por: EDWIN RODOLFO POZO	**2022-03-18**
Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos **DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**	JOHNNY MARCELO PANCHA RAMOS Firmado digitalmente por JOHNNY MARCELO PANCHA RAMOS Nombre de reconocimiento (DN): cn=JOHNNY MARCELO PANCHA RAMOS, serialNumber=240421122937, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACIÓN DE INFORMACION, o=SECURITY DATA S.A. 2, c=EC	**2022-03-18**
Ing. Víctor David Bravo Morocho **MIEMBRO DE TRIBUNAL**	Firmado electrónicamente por: VICTOR DAVID BRAVO MOROCHO	**2022-03-18**

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón de manera especial a mi abuela Mariana, mi madre Judith y mi hermano Paúl pues sin ellos nunca hubiese alcanzado este logro; sus bendiciones a diario a lo largo de mi vida me protegen y me conducen por el camino del bien. A mis padres Segundo y Judith por sentar en mi la base de responsabilidad y deseos de superación; gracias a su ejemplo, apoyo y amor incondicional que me brindan día tras día para alcanzar mis metas. A mis hermanos Diego, Paúl y Jéssica por sus enseñanzas y gran corazón; quienes me motivan a seguir cumpliendo mis sueños. A mí abuela Mariana y a mi tía Martha por abrirme las puertas de su hogar, por el cuidado y crianza que me dieron, gracias por sus palabras de aliento y muestras de cariño que llevaré conmigo en mi mente, alma y corazón; siempre me motivaron para seguir esforzándome y seguir adelante. En memoria de mi abuela Mariana de Jesús Tello Romero, del Señor Mario Salvador Checa Villalba y mi compañero Edwin Gabriel Piedra Maza, que en paz descansen.

Brian Steve Vega Cortez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por darme fortaleza y sabiduría para seguir adelante, por brindarme todo ese cariño y confianza para ver culminada una de mis metas. Agradezco a mi director de tesis Ing. Johnny Pancha, a mi asesor de tesis Ing. Víctor Bravo y a mi asesor del proyecto Tnlgo. Jorge Yautibug por brindarme su amistad, conocimiento, tiempo y experiencia profesional. A cada una de las personas que formaron parte de mi vida estudiantil: familiares, docentes y amigos, que de una u otra manera aportaron con un granito de arena para forjar a la persona que soy hoy en día, gracias a todos he alcanzado una meta más en mi vida con la culminación de este trabajo de titulación.

Brian Steve Vega Cortez

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES xviii
ÍNDICE DE ANEXOS xix
RESUMEN xx
ABSTRACT xxi
INTRODUCCIÓN 1

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA 4
1.1. Antecedentes 4
1.2. Planteamiento del problema 6
1.3. Justificación 7
1.4. Objetivos 8
1.4.1. ***Objetivo general*** 8
1.4.2. ***Objetivos Específicos*** 8

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS 9
2.1. Estado del arte 9
2.2. Bases teóricas 12
2.2.1. ***La climatización en los vehículos*** 12
2.2.2. ***Misión de la climatización*** 12
2.2.3. ***Condiciones de confort en verano e invierno*** 12
2.2.4. ***Curvas de confortabilidad*** 13
2.2.4.1. *Carga externa* 14
2.2.4.2. *Carga interna* 15

2.2.5. ***Zona de confort*** 15
2.2.6. ***Parámetros de climatización*** 17
2.2.7. ***Escalas y unidades de temperatura*** 18
2.2.7.1. *La temperatura* 19
2.2.8. ***El calor y sus unidades*** 19
2.2.8.1. *Caloría* 20
2.2.9. ***Cambios de estado*** 20
2.2.10. ***La presión y sus unidades*** 21
2.2.10.1. *Fórmula de la presión* 22
2.2.11. ***Presión absoluta y relativa*** 23
2.2.12. ***Leyes fundamentales de los gases*** 24
2.2.12.1. *Ley de Boyle* 24
2.2.12.2. *Ley de Charles* 24
2.2.12.3. *Ley de Gay-Lussac* 25
2.2.12.4. *Ley de Avogadro* 25
2.2.12.5. *Ley de los gases ideales* 26
2.2.13. ***Ciclo frigorífico teórico sobre el diagrama de Mollier*** 26
2.2.14. ***El circuito refrigerante*** 28
2.2.15. ***Ciclo real de funcionamiento*** 32
2.2.16. ***El fluido refrigerante*** 35
2.2.17. ***Codificación internacional de los gases refrigerantes*** 36
2.2.18. ***Fluido R134a*** 37
2.2.18.1. *Otras propiedades importantes del R134a* 37
2.2.18.2. *Precauciones* 38
2.2.19. ***El gas HF01234yf*** 39
2.2.20. ***R744*** 40
2.2.20.1. *Diferencias principales con los otros tipos de freón R744* 41
2.2.21. ***Aceite lubricante*** 42
2.2.22. ***Aceite poliéster o POE*** 44
2.2.23. ***Aceite P.A.G. (polialquil-glicoles)*** 44
2.2.24. ***Origen del lubricante*** 45
2.2.25. ***Compresores*** 46
2.2.25.1. *Compresores rotativos* 47
2.2.25.2. *Compresores axiales* 48
2.2.25.3. *Compresores en espiral o scroll* 50
2.2.26. ***Embrague electromagnético*** 52
2.2.27. ***Condensador*** 52

2.2.28. ***Electroventilador*** 54
2.2.29. ***Filtro deshidratador*** 55
2.2.30. ***Válvula de expansión*** 56
2.2.30.1. *Válvula con regulación externa* 56
2.2.30.2. *Válvula con regulación interna* 57
2.2.31. ***Evaporador*** 59
2.2.32. ***Circuito con estrangulador*** 59
2.2.32.1. *Estrangulador* 60
2.2.32.2. *Depósito colector* 61
2.2.33. ***Tuberías y válvulas*** 61
2.2.34. ***Racores*** 62
2.2.35. ***Filtros*** 63
2.2.35.1. *Filtros de partículas* 63
2.2.35.2. *Filtro de carbón activado* 64
2.2.35.3. *El filtro de plasma y el filtro de polen* 64
2.2.36. ***Circuito de aire acondicionado en el vehículo*** 65
2.3. **Marco Legal** 65
2.3.1. ***Impacto medio ambiental por el uso de refrigerantes y su normativa*** 65
2.3.1.1. *Cambio climático* 65
2.3.1.2. *La capa de ozono* 66
2.3.1.3. *Calentamiento global* 68
2.3.2. ***Protocolos de Kioto y de Montreal*** 68
2.3.2.1. *Certificado para la manipulación* 69
2.3.2.2. *Obligaciones sobre equipos y uso de gases fluorados* 70
2.3.2.3. *Utilización de refrigerantes alternativos* 70
2.3.2.4. *Protocolo de Kioto* 71
2.3.2.5. *Protocolo de Montreal* 72

CAPÍTULO III

3. **MARCO METODOLÓGICO** 73
3.1. **Diagrama de etapas del proyecto** 73
3.2. **Metodología de investigación a realizar** 74
3.2.1. ***Tipos de investigación*** 74
3.2.2. ***Matriz metodológica*** 75

3.3. **Cronograma (Planificación de actividades)** 77
3.4. **Recursos y materiales** 79
3.4.1. ***Materiales y herramientas*** 79
3.4.2. ***Equipos*** 79
3.4.3. ***Recursos Humanos*** 80
3.4.4. ***Recursos económicos*** 81
3.4.4.1. *Gastos directos* 81
3.4.4.2. *Gastos indirectos* 82
3.4.4.3. *Gastos totales* 82
3.5. **Desarrollo del proyecto** 82
3.5.1. ***Selección de materiales*** 82
3.5.1.1. *Motor eléctrico* 83
3.5.1.2. *Compresor* 83
3.5.1.3. *Filtro deshidratador* 84
3.5.1.4. *Electroventilador* 84
3.5.1.5. *Kit del Evaporador* 85
3.5.1.6. *Condensador* 85
3.5.2. ***Bosquejo*** 86
3.5.3. ***Simulación*** 87
3.5.4. ***Construcción y ensamble*** 88
3.5.4.1. *Elaboración de la base del banco de simulación* 88
3.5.4.2. *Elaboración de la base del compresor* 89
3.5.4.3. *Elaboración de la base con abrazadera del filtro deshidratador* 90
3.5.4.4. *Elaboración de los soportes del kit del evaporador* 91
3.5.4.5. *Elaboración de los soportes del condensador* 92
3.5.4.6. *Elaboración del soporte para el árbol de carga (manómetros)* 93
3.5.4.7. *Colocación de ángulos y platinas laterales en la estructura metálica de la base del banco de simulación* 94
3.5.4.8. *Elaboración de la base del panel lateral del banco simulación* 95
3.5.4.9. *Corte de las bases de madera Triplex y MDF para el banco de simulación* 96
3.5.4.10. *Colocación de vinilo sobre las bases de madera Triplex* 97
3.5.4.11. *Montaje de los componentes del banco de simulación* 98
3.5.4.12. *Montaje del compresor* 98
3.5.4.13. *Montaje del filtro deshidratador* 99
3.5.4.14. *Montaje del kit del evaporador* 100
3.5.4.15. *Montaje del condensador y el electroventilador* 101
3.5.4.16. *Montaje del motor eléctrico* 102

3.5.4.17. *Colocación del panel lateral en la base del banco de simulación* 103
3.5.4.18. *Montaje del árbol de carga (manómetros)* 103
3.5.4.19. *Montaje de las ruedas con garruchas* 105
3.5.4.20. *Instalación de las tuberías de alta y baja presión en el sistema* 106
3.5.4.21. *Colocación de los acoples del árbol de carga* 107
3.5.4.22. *Conexiones de los circuitos eléctricos del sistema* 108
3.5.4.23. *Colocación de mandos de control, relés y el transformador voltaje* 108
3.5.4.24. *Colocación de los gráficos distintivos de identificación del banco* 109
3.5.5. ***Presentación final*** 110

CAPÍTULO IV

4. **RESULTADOS** 111
4.1. **Obtención de resultados** 111
4.1.1. ***Prueba de vaciado y carga del freón en el sistema*** 111
4.1.2. ***Prueba de vaciado en el sistema*** 111
4.1.3. ***Carga de freón en el sistema*** 114
4.1.3.1. *Precauciones de uso del refrigerante freón* 115
4.1.3.2. *Pasos para de cargar el refrigerante freón* 116
4.1.3.3. *Desmontaje del árbol de carga (manómetros)* 118
4.1.4. ***Verificación del funcionamiento del sistema*** 119
4.1.4.1. *Prueba de detección de fugas en el sistema* 119
4.1.5. ***Mejora realizada en el sistema*** 119
4.1.6. ***Averías más frecuentes en los componentes del sistema*** 120
4.1.7. ***Diagrama de causa-efecto para realizar los procesos de reparación*** 121
4.2. **Análisis de resultados** 121
4.2.1. ***Prueba de rendimiento del banco simulador*** 121

CONCLUSIONES 124
RECOMENDACIONES 125
GLOSARIO
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Temperatura de un vehículo de turismo después de circular durante una hora a temperatura ambiente de 30 °C y una radiación solar directamente incidente.....13
Tabla 2-2: Escalas de temperatura.....18
Tabla 3-2: Características de los agentes frigoríficos R12 y R134a 35
Tabla 4-2: Características de los agentes frigoríficos R1234yf y R744.....36
Tabla 5-2: Propiedades físicas del fluido R134a 37
Tabla 6-2: Condiciones de inflamabilidad del gas HFO1234yf.....40
Tabla 7-2: Características del agente refrigerante R744.....40
Tabla 1-3: Matriz metodológica.....75
Tabla 2-3: Lista de equipos utilizados.....79
Tabla 3-3: Recursos Humanos 80
Tabla 4-3: Matriz de asignación de responsabilidades 80
Tabla 5-3: Gastos directos.....81
Tabla 6-3: Gastos indirectos.....82
Tabla 7-3: Gastos totales.....82
Tabla 8-3: Especificaciones del motor eléctrico.....83
Tabla 9-3: Especificaciones del compresor 83
Tabla 10-3: Especificaciones del filtro deshidratador 84
Tabla 11-3: Especificaciones del electroventilador 84
Tabla 12-3: Especificaciones del kit del evaporador 85
Tabla 13-3: Especificaciones del condensador.....85
Tabla 1-4: Averías más frecuentes en los componentes del sistema.....120
Tabla 2-4: Recolección de datos de temperatura y presión 122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Humedad en el aire 18
Figura 2-2: Transferencia de calor 20
Figura 3-2: Procesos de cambio de estado 20
Figura 4-2: Aparatos de presión 23
Figura 5-2: Circuito del fluido refrigerante 28
Figura 6-2: Componentes del sistema 28
Figura 7-2: Compresor 29
Figura 8-2: Condensador 30
Figura 9-2: Válvula de expansión 31
Figura 10-2: Evaporador, ... 32
Figura 11-2: Proceso de los ciclos de refrigeración 33
Figura 12-2: Variación de la temperatura (condensador) 33
Figura 13-2: Variación de la temperatura (evaporador) 34
Figura 14-2: Gas refrigerante R-134a 35
Figura 15-2: Significado de la denominación de los gases refrigerantes 36
Figura 16-2: Tubería con refuerzo de tubo corrugado (Audi) 41
Figura 17-2: Conjunto de unión de las tuberías corrugado (Audi) 42
Figura 18-2: Diagrama de distribución del aceite en el sistema 43
Figura 19-2: Aceite lubricante 44
Figura 20-2: Aceites de poliéster o POE 44
Figura 21-2: Aceite P.A.G. 45
Figura 22-2: Obtención de los aceites básicos minerales en una refinería petrolera 45
Figura 23-2: Continuación del proceso del refinamiento de los aceites básicos minerales en una planta petroquímica 46
Figura 24-2: Compresores 46
Figura 25-2: Compresor rotativo de paletas y sus partes 47
Figura 26-2: Fases de funcionamiento del compresor rotativo 47
Figura 27-2: Partes de un compresor axial 48
Figura 28-2: Placa de válvulas y fase de aspiración 48
Figura 29-2: Comprensor de cilindrada variable 49
Figura 30-2: Máxima cilindrada 49
Figura 31-2: Mínima cilindrada 50
Figura 32-2: Compresor rotativo de espiral seccionado 50
Figura 33-2: Compresor en espiral 51

Figura 34-2: Fases de funcionamiento del compresor en espiral o scroll. 51
Figura 35-2: Despiece del embrague electromagnético, (1) Disco de presión, (2) Polea, (3) Bobina 52
Figura 36-2: Intercambio térmico de un condensador 53
Figura 37-2: Ventilador y condensadores 53
Figura 38-2: Condensador con dos ventiladores 54
Figura 39-2: Electroventilador doble y simple 54
Figura 40-2: Diferentes tipos filtros deshidratadores 55
Figura 41-2: Filtro deshidratador 55
Figura 42-2: Visor del filtro deshidratador.....56
Figura 43-2: Válvula con regulación externa 57
Figura 44-2: Apertura de la válvula con regulación interna 58
Figura 45-2. Cierre de la válvula con regulación interna.....58
Figura 46-2: Evaporador 59
Figura 47-2: Circuito con estrangulador 60
Figura 48-2: Tubo de orificio fijo 60
Figura 49-2: Depósito colector 61
Figura 50-2: Válvula rápida para R134a 61
Figura 51-2: Racor.....62
Figura 52-2: Racores (a) baja presión, (b) alta presión 62
Figura 53-2: Racor (c) baja presión.....63
Figura 54-2: Racor (d y e) alta presión con y sin tapón.....63
Figura 55-2: Filtro de partículas.....64
Figura 56-2: Filtro de carbón activado 64
Figura 57-2: Filtro de plasma y el filtro de polen.....64
Figura 58-2: Componentes del aire acondicionado del vehículo 65
Figura 59-2: Calentamiento atmosférico 66
Figura 60-2: Capa de ozono entre 15.000 - 36.000 m de altitud.....66
Figura 61-2. Formación y destrucción del ozono a causa de la radiación UV 67
Figura 62-2: Efecto invernadero 68
Figura 1-3: Diagrama de flujo de las etapas del proyecto 73
Figura 2-3: Diagrama de Gantt del cronograma de actividades.....78
Figura 3-3: Bosquejo del banco de simulación realizado en Adobe Illustrator 86
Figura 4-3: Modelado 3D del banco de simulación en SolidWorks 87
Figura 5-3: Proceso del cortado del perfil con la amoladora y la sierra manual 88
Figura 6-3: Base del banco de simulación.....88
Figura 7-3: Modelado de la base del compresor en SolidWorks 89

Figura 8-3: Base para el compresor.....89
Figura 9-3: Modelado de la base con abrazadera del filtro deshidratador en SolidWorks.....90
Figura 10-3: Base con abrazadera para el filtro deshidratador 90
Figura 11-3: Modelado de los soportes del kit del evaporador en SolidWorks 91
Figura 12-3: Soportes para el kit del evaporador 91
Figura 13-3: Modelado de los soportes del condensador en SolidWorks 92
Figura 14-3: Soportes para condensador 92
Figura 15-3: Modelado del soporte del árbol de carga en SolidWorks.....93
Figura 16-3: Soporte para el árbol de carga 93
Figura 17-3: Modelado de la base metálica del banco de simulación con los soportes laterales en SolidWorks.....94
Figura 18-3: Soportes laterales colocados en la base metálica del banco de simulación 95
Figura 19-3: Modelado de la base del panel lateral del banco de simulación en SolidWorks ..96
Figura 20-3: Base del panel lateral del banco de simulación.....96
Figura 21-3: Modelado de las bases de madera en SolidWorks 97
Figura 22-3: Modelado de la estructura metálica del banco con las bases de madera Triplex en SolidWorks.....97
Figura 23-3: Modelado del montaje del compresor en SolidWorks 98
Figura 24-3: Montaje del compresor.....98
Figura 25-3: Modelado del montaje del filtro deshidratador en SolidWorks.....99
Figura 26-3: Montaje del filtro deshidratador 99
Figura 27-3: Modelado del montaje del kit del evaporador en SolidWorks 100
Figura 28-3: Montaje del kit del evaporador.....100
Figura 29-3: Modelado del condensador y electroventilador en SolidWorks.....101
Figura 30-3: Montaje del condensador y electroventilador 101
Figura 31-3: Modelado del motor eléctrico en SolidWorks 102
Figura 32-3: Montaje del motor eléctrico.....102
Figura 33-3: Modelado de la colocación del panel lateral en la base del banco simulador en SolidWorks.....103
Figura 34-3: Modelado del árbol de carga en SolidWorks 104
Figura 35-3: Montaje del árbol de carga 104
Figura 36-3: Modelado de las ruedas con garruchas en SolidWorks.....105
Figura 37-3: Montaje de los manómetros de baja y alta presión 105
Figura 37-3: Modelado de las tuberías de alta y baja presión en SolidWorks 106
Figura 38-3: Tuberías de baja y alta presión 106
Figura 39-3: Acoples de alta y baja presión 107
Figura 40-3: Colocación de los acoples de alta y baja presión 107

Figura 41-3: Conexiones de los circuitos eléctricos del sistema 108
Figura 42-3: Mandos de control de los componentes.....108
Figura 43-3: Modelado de la colocación de los gráficos distintivos del banco de simulación109
Figura 44-3: Banco de simulación de un climatizador automotriz.....110
Figura 1-4: Racores adicionales de las líneas de alta y baja presión 112
Figura 2-4: Válvulas de alta y baja presión del árbol de carga.....113
Figura 3-4: Prueba de vaciado en el sistema de aire acondicionado automotriz.....114
Figura 4-4: Refrigerante HFC-134a.....115
Figura 4-4: Carga del refrigerante R-134a en el sistema.....117
Figura 5-4: Tapas de los racores. 118
Figura 6-4: Cambio de placa de los mandos de control.....119
Figura 7-4: Diagrama de causa-efecto para realizar los procesos de reparación.....121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Curvas de confortabilidad ambiental....14
Gráfico 2-2: Curvas de la carga externa climatológica....14
Gráfico 3-2: Zona de confort atendiendo a los factores principales: temperatura y humedad relativa. 16
Gráfico 4-2: Esquema de aportación de calor....21
Gráfico 5-2: Presión atmosférica, relativa y absoluta....23
Gráfico 6-2: Diagrama de Mollier....27
Gráfico 7-2: Diagramas P-V y T-S de las transformaciones termodinámicas que se producen en el circuito refrigerante 29
Gráfico 8-2: Diagramas P-V y T-S compresión adiabática 30
Gráfico 9-2: Diagramas P-V y T-S condensación isobárica 30
Gráfico 10-2: Diagramas P-V y T-S expansión adiabática....31
Gráfico 11-2: Diagramas P-V y T-S evaporación isobárica 32
Gráfico 1-4: Curva de enfriamiento del sistema 122
Gráfico 2-4: Curvas de presión de baja y alta....123

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2: Fórmula de grados Celcius a Kelvin....19
Ecuación 2-2: Fórmula de grados Celcius a Fahrenheit....19
Ecuación 3-2: Equivalencia de una caloría....20
Ecuación 4-2: Equivalencia de un joule....20
Ecuación 5-2: Fórmula de la presión....22
Ecuación 6-2: Equivalencia de un hectopascal....22
Ecuación 7-2: Equivalencia de un bar....22
Ecuación 8-2: Equivalencia de un milibar....22
Ecuación 9-2: Equivalencia de una atmósfera....22
Ecuación 10-2: Equivalencia de una libra por pulgada cuadrada....22
Ecuación 11-2: Fórmula de la presión absoluta....23
Ecuación 12-2: Ley de Boyle....24
Ecuación 13-2: Fórmula de la ley de Boyle....24
Ecuación 14-2: Ley de Charles....24
Ecuación 15-2: Fórmula de la ley de Charles....25
Ecuación 16-2: Ley de Gay-Lussac....25
Ecuación 17-2: Fórmula de la ley de Gay-Lussac....25
Ecuación 18-2: Ley de Avogadro....25
Ecuación 19-2: Fórmula de la ley de Avogadro....26
Ecuación 20-2: Fórmula de la ley de los gases ideales....26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Selección del motor eléctrico

ANEXO B: Selección de la polea del motor eléctrico

ANEXO C: Selección de la banda que conecta el motor eléctrico con el compresor

ANEXO D: Diagrama de los circuitos eléctricos del banco de simulación del sistema de aire acondicionado automotriz

ANEXO E: Manual de usuario

ANEXO F: Manual de mantenimiento

ANEXO G: Guía de práctica

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue implementar un banco de simulación para el estudio del sistema de climatización automotriz, en el laboratorio de sistemas de aire acondicionado de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH, para fortalecer los conocimientos teórico-prácticos, habilidades, destrezas, mejorar el entorno de aprendizaje y que los alumnos tengan un entrenamiento previo antes de llegar al vehículo. Con la utilización del software CAD - SolidWorks, se realizó el modelado 3D del banco de simulación y se procedió a la construcción de los siguientes componentes: estructura metálica del banco de simulación con ruedas con garruchas, base del compresor, base con abrazadera del filtro deshidratador, soportes del kit del evaporador, soportes del condensador y árbol de carga y la base del panel lateral. La investigación fue basada en el funcionamiento del sistema de aire acondicionado, cuyos principios termodinámicos implican la conversión o intercambio de calor, temperatura, presión y estado de los fluidos. La prueba de funcionamiento se realizó en una habitación de 3 x 5 x 2 metros, con puertas y ventadas cerradas, al medio día con una temperatura ambiente de 33 °C, la prueba duró alrededor de 60 minutos, y el banco de simulación tardo aproximadamente 20 minutos para enfriar la habitación y mantenerla a una temperatura confortable de 22 °C. Con esto se concluyó que el banco de simulación de un sistema de climatización automotriz funcionó correctamente dentro de los parámetros establecidos, sin presentar ningún tipo de fuga o falla. El mantenimiento preventivo de los componentes que conforman el sistema de aire climatización es fundamental para mantenerlo en óptimas condiciones de funcionamiento para las prácticas que efectúen los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz.

Palabras clave: <BANCO DE SIMULACIÓN> <SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN> <PRESIÓN DE ALTA> <PRESIÓN DE BAJA> <PRINCIPIOS TERMODINÁMICOS>.

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
DBRA
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
ESPOCH

Firmado electrónicamente por:
HOLGER GERMAN RAMOS UVIDIA

0777-DBRA-UPT-2022

2022-04-25

ABSTRACT

The objective of this project was to implement a simulation bench for the study of the automotive air conditioning system, in the air conditioning systems laboratory of the ESPOCH Automotive Engineering career, to strengthen the theoretical-practical knowledge, abilities, skills, improve the learning environment and that the students have a previous training before arriving at the vehicle. With the use of CAD - SolidWorks software, the 3D modeling of the simulation bench was carried out and the following components were built: metallic structure of the simulation bench with wheels with pulleys, base of the compressor, base with clamp of the dehydrator filter, evaporator kit brackets, condenser and charging shaft brackets, and side panel base. The research was based on the operation of the air conditioning system, whose thermodynamic principles involve the conversion or exchange of heat, temperature, pressure, and state of fluids. The test run was carried out in a room of 3 x 5 x 2 meters, with doors and windows closed, at noon with an ambient temperature of 33 °C, the test lasted about 60 minutes, and the simulation bench took approximately 20 minutes to cool down the room and keep it at a comfortable temperature of 22°C. With this, it was concluded that the simulation bench of an automotive air conditioning system worked correctly within the established parameters, without presenting any type of leak or failure. The preventive maintenance of the components that make up the air conditioning system is essential to keep it in optimal operating conditions for the practices carried out by the students of the Automotive Engineering career.

Keywords: <SIMULATION BENCH> <AIR CONDITIONING SYSTEM> <HIGH PRESSURE> <LOW PRESSURE> <THERMIDYNAMIC PRINCIPLES>.

LUIS FRANCISCO MANTILLA CABRERA

Firmado digitalmente por LUIS FRANCISCO MANTILLA CABRERA
Fecha: 2022.05.31 19:53:18 -05'00'

INTRODUCCIÓN

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo forma profesionales con aptitudes para solucionar problemas dentro de su especialidad, por ello se motiva al estudiante a investigar, trabajar en equipo y a resolver problemas que se presenten con mayor frecuencia, utilizando los conocimientos, habilidades y destrezas obtenidas en el proceso de formación académica. Basándonos en todo esto y al estar a punto de concluir nuestra formación como futuros ingenieros automotrices, estamos preparados para asumir con responsabilidad esta actividad, para lo cual implementamos un banco de simulación de un climatizador automotriz.

En la actualidad las personas utilizan con mucha frecuencia el vehículo para movilizarse, sin importar que sean trayectos de conducción largos o cortos, el vehículo va a estar expuesto a diferentes factores de calor: ya sea el calor emitido por los ocupantes del automotor, el calor producido por el propio motor, la radiación solar o el calor que proviene de la calzada por donde circula el automóvil, todos estos factores generan un incremento en la temperatura del habitáculo, provocando que el conductor y los ocupantes del automóvil sientan una sensación de agotamiento, pesadez del cuerpo o sueño.

En los últimos años, los fabricantes han desarrollado métodos y sistemas de climatización que suministran un entorno térmico cómodo y placentero al conductor y a los ocupantes del automóvil, uno de los métodos más eficaces es el sistema de aire acondicionado que se ha transformado en un complemento de seguridad y comodidad, ofreciendo temperaturas de aire frío y limpio, agradables, en el interior del habitáculo.

Según la norma (ASHRAE 62.1, 2013), el acondicionamiento del aire es el proceso de tratar el aire, controlando de manera simultánea su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para conseguir los requerimientos de un espacio acondicionado.

El control de temperatura tiene como función principal brindar confort climático mediante el tratamiento del aire del habitáculo, conservando lúcido al conductor e incidir en el cuidado de la salud de todos sus ocupantes y permitiendo su regulación mediante controles de fácil manipulación (ASHRAE 55, 2013).

Una parte importante de la seguridad activa es el bienestar del conductor, ya que influye en su capacidad de concentración, a la vez sobre su resistencia metal y física debido a largos períodos

de conducción, reduciendo de esta forma la fatiga y somnolencia de manera significativa por la propia conducción del vehículo (PELÁEZ, 2003, p. 9).

El conductor debe poder controlar el sistema climatizador, para permitir la modificación de las condiciones del aire descargado en el vehículo adaptándolo a su fisiología específica, porque cada persona tiene cualidades diferentes para soportar temperaturas extremas, en función de la temperatura corporal, capacidad de sudoración, entre otros factores (PELÁEZ, 2003, p. 10).

De acuerdo con las normas de seguridad e higiene en el trabajo, en relación con la tarea de conducir un vehículo, se deben definir ciertas condiciones ambientales de confort, dentro del habitáculo la temperatura debe fluctuar de 18 a 24 ℃ y un grado de humedad de 40 a 70 %. Si estos valores se incrementan pueden generar fatiga al conductor, provocando fallos o accidentes (MARTÍ, 2000).

En cambio, el cuerpo humano tiene una temperatura interna que varía de 36,5 a 37 ℃. De acuerdo con el equilibrio térmico del cuerpo la temperatura debe mantenerse dentro de este rango, si la temperatura aumenta o disminuye puede ocasionar lesiones graves (MENDOZA, 2016, p. 32).

La temperatura del aire debe estar dentro de un valor adecuado que no cause riesgo de congestión a los ocupantes del vehículo, y al mismo tiempo lograr un salto térmico suficiente, con una diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura interior del vehículo de 15 a 20 °C, provocando un intercambio de calor adecuado para crear un ambiente confortable para los pasajeros (PELÁEZ, 2003, p. 9).

Hay que tener en cuenta que no todas las personas reaccionan de la misma manera ante determinadas características del ambiente térmico, hay personas que sienten el calor en mayor o menor intensidad o extensión. En este sentido, se ha definido la PMV o Predicted Mean Vote (Opinión Media Estimada), que es un índice establecido para reflejar la opinión media estadística de un grupo amplio de personas respecto a la sensación térmica percibida en un determinado ambiente, definido por un conjunto de parámetros (ASHRAE 55, 2013).

Según la norma (ASHRAE 55, 2013) desde el punto de vista térmico, es imposible satisfacer a todas las personas con un conjunto de valores, de determinados parámetros. Por lo tanto, el índice se considera que se acerca a cero, en un rango de $-0,5<PMV<+0,5$ con valores adecuados que indican una zona de confort para las personas.

De acuerdo con (PELÁEZ, 2003, p. 10), el funcionamiento del sistema de aire acondicionado se basa en principios termodinámicos que implican conversión o intercambio de calor. La conversión termodinámica está relacionada con el concepto de cambios de temperatura, presión y estado de los fluidos, todos los cuales buscan lograr el máximo confort posible de los pasajeros del vehículo. Por esta razón, el sistema debe actuar ajustando la temperatura, la humedad y la calidad del aire en el vehículo.

El banco de simulación va dirigido hacia los alumnos de la carrera de Ingeniería Automotriz, con el propósito de que esta herramienta contribuya a mejorar los conocimientos teórico-prácticos acerca del funcionamiento del sistema de aire acondicionado y que puedan tener un adiestramiento previo antes llegar al vehículo; Además, el banco de simulación permite identificar los componentes del sistema, observar y analizar su funcionamiento, realizar varias mediciones y comprobaciones.

El desarrollo del presente proyecto técnico está dividido en cuatro capítulos, detallados a continuación:

CAPÍTULO I: Diagnóstico del Problema
Se expone el origen de la problemática que se planteó, su importancia y el alcance que tiene; la contribución que se pretende alcanzar con la implementación del banco de simulación y los objetivos planteados para lograrlo.

CAPÍTULO II: Revisión de la literatura o fundamentos teóricos
Se definen los principios y fundamentos teóricos del sistema de aire acondicionado automotriz: los antecedentes, las bases teóricas, la definición de los conceptos, el funcionamiento y componentes que conforma el sistema.

CAPÍTULO III: Marco metodológico
Se detalla la planificación de la construcción del banco de simulación, que consta el cronograma de trabajo, el presupuesto utilizado, la selección de materiales y componentes, las máquinas y herramientas que se usaron, y el desarrollo de la implementación del proyecto en orden cronológico hasta su culminación.

CAPÍTULO IV: Resultados
Se detalla los resultados alcanzados y cómo dichos resultados permitieron cumplir con cada uno de los objetivos planteados.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En la actualidad, los sistemas de climatización se utilizan cada vez más para adaptarse a los cambios externos y las condiciones climáticas, debido a su capacidad para brindar confort durante el desarrollo de las actividades diarias de las personas. La aplicación de sistemas de climatización se ha vuelto imprescindible, porque el aire acondicionado no es solo un lujo como las personas suelen pensar, más bien es una necesidad, ya que no solo tiene como propósito brindar confort térmico a los ocupantes, sino también preservar la salud humana.

Desde la antigüedad, el ser humano ha buscado tener comodidad en el vehículo a la hora de conducir y gracias al avance tecnológico se han desarrollado sistemas de climatización que han hecho todo esto posible. Los primeros vehículos eran abiertos y contaban únicamente con un capó como techo para protegerse de la lluvia, por lo que en ese entonces nadie pensaría en instalar un sistema de climatización dentro del vehículo.

El sistema de aire acondicionado se creó debido a los primeros vehículos que se ensamblaron, ya que en el invierno los ocupantes debían abrigarse del frío, y en el verano sentían la necesidad de refrescarse con la brisa fresca del viento generado por la propia conducción del vehículo.

Por esta razón, en sus inicios el sistema de aire acondicionado era un invento rudimentario que consistía en colocar una cubeta con hielo en el piso del vehículo, y con la ayuda de un ventilador hacer que sople el aire en el habitáculo, permitiendo que los ocupantes se sientan frescos en días calurosos.

Después de algunos años, el primer vehículo con un sistema de aire acondicionado integrado fue el modelo Packard Super Eight, que no era más que un evaporador muy largo que envolvía todo el habitáculo del vehículo, era controlado mediante el interruptor de un ventilador y de esta manera el aire en forma de espiral enfriaba todo el interior (RODRÍGUEZ, 2020).

Unos años más adelante, el compresor apareció como parte del sistema de aire acondicionado. Fueron incluidos en el modelo Cadillac, pero el principal problema era que el compresor no tenía un embrague electromagnético como los modelos actuales.

Por lo que el sistema siempre estaba activo mientras el vehículo estaba en marcha, para desactivarlo se debía apagar el vehículo, abrir el capó y retirar la banda que conecta el compresor al motor de combustión interna, para volver a poner el sistema en funcionamiento se debía repetir el mismo procedimiento y colocar nuevamente la banda (RODRÍGUEZ, 2020).

Fue el propio Cadillac quien solucionó el problema, integrando controles del sistema de aire acondicionado en sus vehículos, los cuales estaban ubicados en los asientos traseros. Por lo que, si el conductor quería apagar el aire acondicionado, debía estirarse para hacerlo, pero era mejor que apagar el vehículo y bajarse a retirar la banda (RODRÍGUEZ, 2020).

Desde ese entonces, el sistema de aire acondicionado de los vehículos ha ido evolucionado hasta el día de hoy, con compresores y controles electrónicos que son más pequeños, pero al mismo tiempo más eficientes.

Sin embargo, en el pasado no existía un criterio responsable en cuanto al cuidado y conservación del medio ambiente, sólo se buscaba aumentar el confort dentro del vehículo, mediante la utilización de aceites y agentes refrigerantes altamente contaminantes en los elementos del sistema de aire acondicionado (CALM, 2008).

Pero, con la evolución de los elementos de los sistemas de aire acondicionado, también los refrigerantes evolucionaron, según (CALM, 2008) los primeros refrigerantes utilizados fueron los CFC, pero contenían cloro que daña la capa de ozono, por lo que, fueron reemplazados por otros refrigerantes como el R-134a, que no contiene cloro en su estructura y contiene flúor, por tanto, no afecta a la capa de ozono.

La tecnología ha avanzado a pasos agigantados, permitiendo realizar mejoras que benefician enormemente a los sistemas de aire acondicionado al hacerlos más eficientes, con la utilización de mejores componentes, aún más pequeños, con aceites y agentes refrigerantes que contaminan menos y ayudan a preservar el medio ambiente.

1.2. Planteamiento del problema

Los ingenieros automotrices deben tener una sólida base formativa, tanto teórica como práctica, es muy importante tener una buena formación teórica, amplia y general, así como una formación básica profesional que ayude a resolver la relación entre la teoría y la práctica, ya que sin práctica no hay formación profesional.

Por ello, la carrera de Ingeniaría Automotriz a lo largo de sus períodos académicos ordinarios combina aprendizajes teórico-prácticos en las asignaturas que fomentan el perfil profesional, a través del desarrollo simultáneo, la interacción continua y sistemática entre la teórica y la práctica en su proceso de formación, ayudando a promover el desarrollo del entorno de aprendizaje del estudiante a través de prácticas de aplicación y experimentación, con el fin de obtener la capacidad laboral.

Todos los vehículos automotrices están formados por una serie de dispositivos y mecanismos, que a su vez, forman un conjunto de sistemas, que hacen que el vehículo funcione correctamente, muchos de estos sistemas como el sistema de aire acondicionado es infravalorado y se le da poca importancia, ya que la mayoría de las personas tiene un criterio equivocado sobre el sistema, piensan que simplemente es un lujo y que ocasiona un alto consumo de combustible, debido a esto muchas de las veces no lo utilizan.

Una desventaja es que las personas desconocen el funcionamiento e importancia que aporta el sistema de aire acondicionado, cuando en la realidad es una parte integral del vehículo, es uno de los sistemas más relevantes y complejos que lleva incorporado el vehículo, como señala (ROJAS, et al., 2020), ayuda a enfriar el aire, eliminando la humedad y el polvo, mediante controles fáciles de operar y bajando la temperatura interior del habitáculo. Todo ello encaminado a lograr el mayor confort posible y preservar la salud de los ocupantes del vehículo.

Otra de las razones por las cuales las personas no utilizan el sistema de aire acondicionado, es por el aumento del consumo de combustible, esto es cierto, pero no en las dimensiones que se cree, ya que se ocupan entre 2 y 15 Hp para mover el compresor (OTERO, 2019), los cuales no están disponibles para mover el vehículo en ese momento, entonces hay que usar un poco más de revoluciones del motor, para lograrlo debe existir mayor apertura del acelerador, entra más aire y se aporta más combustible, por lo que el consumo es mayor, pero siempre justificado, ya que el sistema de aire acondicionado cumple una función vital de seguridad, al viajar a temperatura ideal se disminuye los riesgos durante la conducción.

1.3. Justificación

La elaboración del presente trabajo de titulación trae consigo el afán de fortalecer los conocimientos, habilidades y destrezas de los alumnos de la carrera de Ingeniería Automotriz, a través de la implementación de un banco de simulación de un climatizador automotriz, diseñado para ayudar a los estudiantes a tener un buen entorno de aprendizaje, donde se combinen las bases teóricas con prácticas de laboratorio adecuadas, y de esta manera fomentar la formación profesional durante los períodos académicos ordinarios.

Este trabajo comprende los principales componentes presentes en un sistema de aire acondicionado automotriz, capaces de cumplir con los requerimientos para obtener los resultados esperados, así como el correcto funcionamiento, precauciones para una adecuada manipulación y mantenimiento del sistema, para evitar averías y preservar la vida útil del banco de simulación.

El banco de simulación está diseñado con una disposición sistemática de tal forma que los estudiantes pueden interactuar, identificar y manipular con facilidad, todos y cada uno de los elementos del sistema de aire acondicionado automotriz, procurando de esta manera, que los alumnos desarrollen un vasto conocimiento práctico acerca del sistema junto con la teoría.

Es muy importante que los estudiantes tengan una sólida comprensión y compromiso acerca del manejo del sistema de aire acondicionado automotriz, que se basa en principios termodinámicos que involucran la transformación o intercambio de calor y conceptos relacionados con la temperatura, la presión y cambios de estado de los fluidos, por lo que el sistema utiliza aceites y agentes frigoríficos deben ser manipulados con medidas de seguridad para prevenir riesgos o accidentes, y no causar algún tipo de contaminación al medio ambiente.

En el pasado, a las personas no les importaba proteger el medio ambiente, solo buscaban obtener confort dentro del vehículo, sin importar el daño que ocasionaba el uso indiscriminado de productos nocivos en el sistema de aire acondicionado automotriz, pero a medida que ha avanzado la tecnología, se ha desarrollado productos amigables con el medio ambiente, como los aceites y agentes frigoríficos HFC los cuales no destruyen la capa de ozono, pero de igual forma se debe tener la protección apropiada para manipular estos productos, además deben ser recuperados y reciclados con el equipo adecuado, en pro de preservar nuestro planeta.

Por lo tanto, el propósito de este proyecto técnico es diseñar y construir un banco de simulación para que los estudiantes puedan desenvolverse de mejor manera en sus estudios académicos con prácticas en el laboratorio de Sistemas de Aire Acondicionado, para adquirir experiencia y

conocimientos prácticos que promuevan la formación profesional, además que el banco ayudará a preservar el medio ambiente ya que utiliza productos que no dañan la capa de ozono.

Es importante señalar que el banco de simulación construido no climatizará ningún espacio cerrado, solo se utilizará para realizar prácticas de laboratorio que demuestren su funcionamiento y aplicación.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

Implementar un banco de simulación para el estudio del sistema de climatización automotriz, para que los alumnos de la carrera de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH puedan utilizarlos en el laboratorio de sistemas de aire acondicionado.

1.4.2. *Objetivos Específicos*

- Recopilar información acerca del sistema de aire acondicionado automotriz, mediante revisiones bibliográficas e investigación de artículos científicos, manuales y trabajos de titulación, para conocer a detalle todo lo concerniente al funcionamiento del sistema y sus componentes.

- Diseñar la base del banco de simulación y los soportes de los componentes del sistema, con la ayuda de un software CAD, para su posterior elaboración.

- Ensamblar el banco de simulación, con la distribución de los principales componentes del sistema, tuberías, mandos de control y conexiones eléctricas, para realizar la carga de freón R-134a de forma correcta, respetando los estándares de seguridad, y usando los equipos adecuados.

- Realizar las pruebas de funcionalidad del banco de simulación, mediciones de temperatura y presión, verificando que el sistema este sellado herméticamente para que no existan fugas o fallas, demostrando el correcto funcionamiento.

- Elaborar guías de prácticas de laboratorio, estableciendo los procedimientos a seguir, para que los alumnos desarrollen conocimientos, habilidades y destrezas práctico-experimental en el banco de simulación.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Estado del arte

En esta sección se presenta un breve resumen de los trabajos de investigación que se usaron como guía para el desarrollo e implementación de nuestro banco de simulación de un climatizador automotriz, en este apartado se detalla: el objetivo que se plantearon, los materiales y métodos utilizados para la construcción, con el fin de representar el funcionamiento del sistema de aire acondicionado automotriz de forma didáctica.

[1] **CARVAJAL AUMALA, Víctor Hugo; et al.** Construcción de un sistema de aire acondicionado automotriz agregándole un habitáculo [En línea] (Proyecto Tecnológico). (Tecnología) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2011. Disponible en: https://www.coursehero.com/file/94498729/ProyectoCarvajalpdf/

La elaboración del proyecto de (CARVAJAL, et al., 2011), toma como base un trabajo de grado anterior para mejorarlo, agregando un habitáculo a un banco de pruebas del sistema de aire acondicionado automotriz, específicamente la cabina con el panel de instrumentos de un vehículo Chevrolet Malibu, además se implementó un sistema de calefacción, con el fin de simular el funcionamiento de estos sistemas de forma más realista.

Cada sistema funciona de manera independiente alimentados por una batería de 12 V, el sistema de aire acondicionado es accionado con un motor trifásico eléctrico de 5 Hp, que mueve el compresor a través de un sistema por polea, que se encarga de comprimir el gas refrigerante y hacerlo circular por el sistema, en el recorrido por los componentes del sistema el gas es sometido a procesos termodinámicos, que producen una temperatura de frío agradable en el habitáculo.

Por otra parte, el sistema de calefacción funciona por medio de una bomba de agua doméstica, que hace circular el agua del depósito hacia dos resistencias eléctricas de 5,6 Ohm conectadas en paralelo, que suministran la potencia calorífica adecuada para calentar el agua, su temperatura es controlada por medio de un termostato, que al alcanzar los 50 ºC cortará la alimentación a las

resistencias, produciendo de esta forma aire caliente y enviándolo por los respectivos canales hacia el habitáculo.

Para evitar la entrada y salida de calor del habitáculo, se colocó material aislante en el piso y la cabina fue sellada herméticamente, además los sistemas son controlados desde el interior del habitáculo mediante mandos eléctricos instalados en el panel de instrumentos, con los cuales se puede regular la producción de frío o calor, simulando los controles de un vehículo común.

[2] **VALLEJO ECHEVERRÍA, Julio Bolívar.** Elaboración de Banco de pruebas de climatización automotriz para la aplicación de prácticas dentro de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. 2013. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/4846

El proyecto de (VALLEJO, 2013), se elabora con el fin de proporcionar una herramienta didáctica para los estudiantes, que ayude a desarrollar sus habilidades mediante prácticas de laboratorio, los componentes del banco de pruebas están correctamente distribuidos para que los estudiantes tengan libre acceso y puedan realizar ensayos.

El trabajo se lo realizó mediante investigaciones y recopilación de datos para mostrar el funcionamiento de sistema de aire acondicionado automotriz, la estructura del banco de pruebas está construida con tubo cuadrado de 20 mm por lado y 2 mm de espesor, con dos bases de madera triplex de 20 mm de grosor sujetas por pernos a la estructura metálica, los componentes del sistema están correctamente distribuidos y fijados con pernos a la estructura por medio de bases creadas con perfiles y ángulos.

Los componentes del sistema son básicos, con un motor eléctrico trifásico de 2 Hp, que por medio de un sistema de poleas, hace girar al compresor que comprime el refrigerante R-134a por las cañerías hacia el condensador, el refrigerante es condensado y luego purificado al pasar por el filtro secador, luego se dirige a la válvula de expansión que lo pulveriza y finalmente por el evaporador que lleva incorporado un ventilador, haciendo fluir el aire frío condensado al exterior, el refrigerante regresa al compresor repitiendo de esta forma el ciclo de climatización del banco de pruebas.

Los componentes del banco son alimentados por una batería de 12 V, el encendido y apagado del sistema es controlado por medio de un switch con una luz testigo, consta con un fusible que se encarga de cuidar los componentes de un corto circuito y un relé que al activarse permite el paso de corriente a todos los componentes del sistema, también lleva incorporado un termostato que se

activa dependiendo de la señal de la resistencia que tenga el embrague del compresor, además de un switch de presión que cortará la corriente apagando el banco de pruebas al detectar que no exista presión en el sistema, cabe resaltar que el motor eléctrico trifásico es el único componente que trabaja con una tensión de 220 V.

[3] **FIALLOS SANTAMARÍA, Marco Eduardo.** Implementación de un banco didáctico para el estudio y funcionamiento del aire acondicionado del Hyundai Accent para la Escuela de Ingeniería Automotriz [En línea] (Trabajo de grado). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3363

La elaboración del proyecto de (FIALLOS, 2014), tiene como finalidad, implementar un banco didáctico para demostrar el funcionamiento de un sistema de aire acondicionado automotriz, con los componentes de un automóvil Hyundai Accent, y realizar pruebas de los distintos estados de funcionamiento del sistema y también simular fallas.

Según con base de información recopilada, se construyó el banco didáctico con una estructura de metal como base y recubierta por madera MDF, diseñado en forma de un panel lateral en el que se encuentran montados los componentes del sistema, el banco tiene incorporado los siguientes componentes: una batería de 12 V, un cargador de batería, un motor eléctrico monofásico de 2 Hp, un compresor, un condensador, un evaporador, una válvula de expansión, un blower, sensores de temperatura y manómetros de presión, algo que indicar es que el cargador de la batería funciona con una corriente alterna de 110 V y la presión de funcionamiento adecuada del sistema debe estar comprendida en un rango de: presión de baja de 20 a 45 PSI y presión de alta de 175 a 250 PSI.

El banco didáctico tiene instalados dos botoneras de mando en el panel, que sirven para controlar el sistema por medio de circuitos eléctricos y simular las fallas más comunes, en esta herramienta práctica se puede realizar la carga y descarga del gas o líquido refrigerante, además los componentes requieren de un riguroso mantenimiento preventivo, para lo cual se elaboraron guías de prácticas y mantenimiento, para conservarlo en condiciones óptimas de funcionamiento y para que tenga un período de vida útil adecuado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *La climatización en los vehículos*

(ACEDO, 2014), argumenta que el sistema de climatización o de aire acondicionado es una parte esencial del vehículo, ya que ayuda a mantener el confort en el habitáculo. Para entender su funcionamiento, es necesario comprender los parámetros que afectan en la variación de las condiciones ambientales en el interior del habitáculo y los procesos que tienen lugar dentro del sistema de climatización, por lo que también se explican los conceptos referentes a principios físicos, estos se basan en las transformaciones que tienen lugar en las sustancias contenidas en el sistema y las propiedades físicas de las sustancias involucradas en estos procesos.

2.2.2. *Misión de la climatización*

Según (ACEDO, 2014), la climatización en el mundo del vehículo cumple con algunas funciones que siempre son controladas o gestionadas por el conductor y los ocupantes del vehículo dependiendo también de la ubicación de los mandos de climatización.

Una de estas misiones está directamente ligada a lograr una conducción más segura para los ocupantes del vehículo y para el resto de los usuarios de la vía, tanto conductores como peatones.

(ACEDO, 2014), menciona a continuación las misiones que cumple la climatización:

- Brinda confort a los ocupantes del vehículo.
- Logra una mejor circulación y de mayor alcance para el circuito de refrigeración.
- Elimina el vaho concentrado en los cristales según las condiciones meteorológicas exteriores, facilitando y mejorando la conducción.

2.2.3. *Condiciones de confort en verano e invierno*

De acuerdo con (ACEDO, 2014), las personas se sienten mejor cuando su entorno se encuentra a una temperatura y humedad del aire determinadas, es decir, el ambiente que los rodea es confortable. Por ello, estos factores forman parte de la seguridad activa, sobre la que ejerce una influencia positiva. Un determinado grado de temperatura y humedad del aire, afectan la seguridad al conducir y reducen la existencia de agotamiento.

Tabla 1-2: Temperatura de un vehículo de turismo después de circular durante una hora a temperatura ambiente de 30 °C y una radiación solar directamente incidente

Área del cuerpo		Con climatizador	Sin climatizador
Cabeza		23 °C	42 °C
Tórax		24 °C	40 °C
Pie		28 °C	35 °C

Fuente: (ACEDO, 2014)

Como plantea (ACEDO, 2014), las condiciones de confort son diferentes en invierno y verano. A continuación, se explica cuáles deben ser las condiciones interiores en función de la temperatura exterior:

- Para conseguir un buen confort, si la temperatura exterior es de -20 °C, la temperatura interior debe bordear los 28 °C y con el caudal de aire de 8 Kg/min, equivalente a 6 m^3/min.

- Si la temperatura exterior es alrededor de 11 °C, la temperatura interior se debe aproximar a 20 °C y con el caudal de aire de 4 Kg/min, lo que equivale a 3 m^3/min.

- Si la temperatura exterior es de 40 °C, la temperatura interior debe acercarse a 23 °C y con el caudal de aire de 10 Kg/min, lo que equivale a 7,7 m^3/min.

2.2.4. *Curvas de confortabilidad*

El gráfico siguiente muestra las curvas de confortabilidad ambiental en función de la temperatura y el caudal del aire.

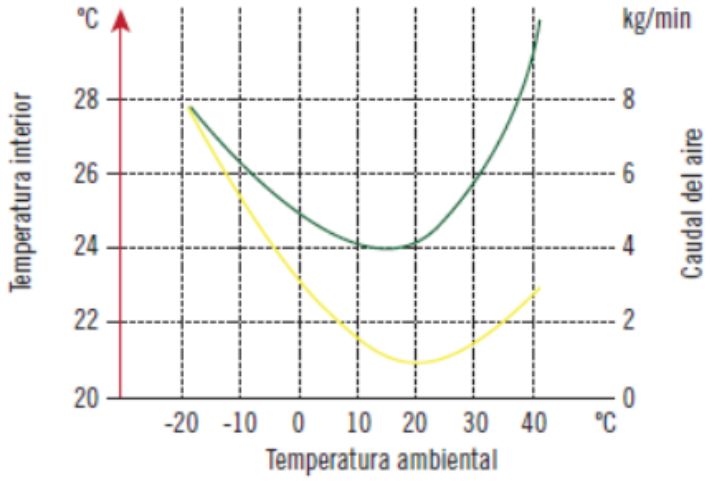


Gráfico 1-2: Curvas de confortabilidad ambiental

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.4.1. *Carga externa*

Como afirma (ACEDO, 2014), la carga externa es la radiación solar o climática, que afecta principalmente al interior del vehículo y por tanto al conductor y su seguridad en la conducción.

La temperatura del asfalto también afecta la temperatura del vehículo como una carga externa.

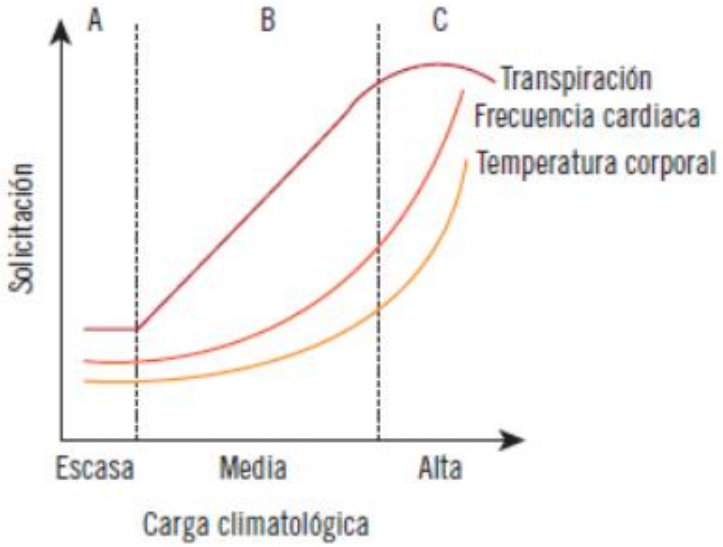


Gráfico 2-2: Curvas de la carga externa climatológica

Fuente: (ACEDO, 2014)

- La temperatura ideal para conducir está entre 20 ºC y 22 ºC, que es un rango cómodo. Las temperaturas en este rango corresponden a la carga climática A.

- La intensa radiación solar que incide sobre el vehículo puede hacer que la temperatura en el interior del vehículo sea mayor a 15 ºC, superior a la temperatura ambiente.

- Aquí es el mayor peligro para los conductores y ocupantes de vehículos, el aumento de la temperatura corporal y el aumento del ritmo cardíaco. El cerebro recibe menos oxígeno (área B de la imagen).

- La región C en el diagrama es donde llega la mayor carga sobre el cuerpo, causando el llamado estrés climatológico.

2.2.4.2. *Carga interna*

Las cargas internas son generadas por los materiales y colores que componen el interior del vehículo, afectando activamente la temperatura ambiente en el interior del vehículo. Si el tapizado es más oscuro, la temperatura es más alta, y si el tapizado y el interior del vehículo están fabricados con materiales que absorben la radiación solar, la temperatura subirá aún más (ACEDO, 2014).

- La temperatura del propio motor también puede interferir con la carga interna, cuanto mayor sea la temperatura del motor, más calor se genera.

- La ubicación del motor en el vehículo también se ve afectada, ya que tiene un mayor impacto térmico sobre el ambiente si se encuentra en el habitáculo.

2.2.5. ***Zona de confort***

(BARRERA & ROS, 2019, p. 184), indica que se han realizado varios estudios para determinar los factores que influyen en el bienestar ambiental o comodidad de una persona. La conclusión de estos estudios es que existen muchos factores a tomar en cuenta. De estos factores, los más importantes son: la temperatura y la humedad relativa, y otros secundarios, pero también influyentes, y en ocasiones son determinantes.

La definición de comodidad es el resultado de un estudio estadístico de un gran número de individuos. Siempre se puede encontrar personas que se sientan cómodas fuera de esta área.

Según (BARRERA & ROS, 2019, p. 184), los factores más importantes para tomar en cuenta cuando se establecen las condiciones de confort en el habitáculo de un vehículo son la temperatura del

aire y la humedad relativa del aire (la cantidad de agua en suspensión), estos dos factores definen la llamada zona de confort. Esta zona de confort define el rango de temperatura y de humedad en los cuales la mayoría de las personas se sienten a gusto, el 95,4 % de personas que fueron sometidas a un ensayo, declaró que se encontraban bien. El punto central de la zona de confort corresponde a 22 °C y una humedad relativa del 50 %.

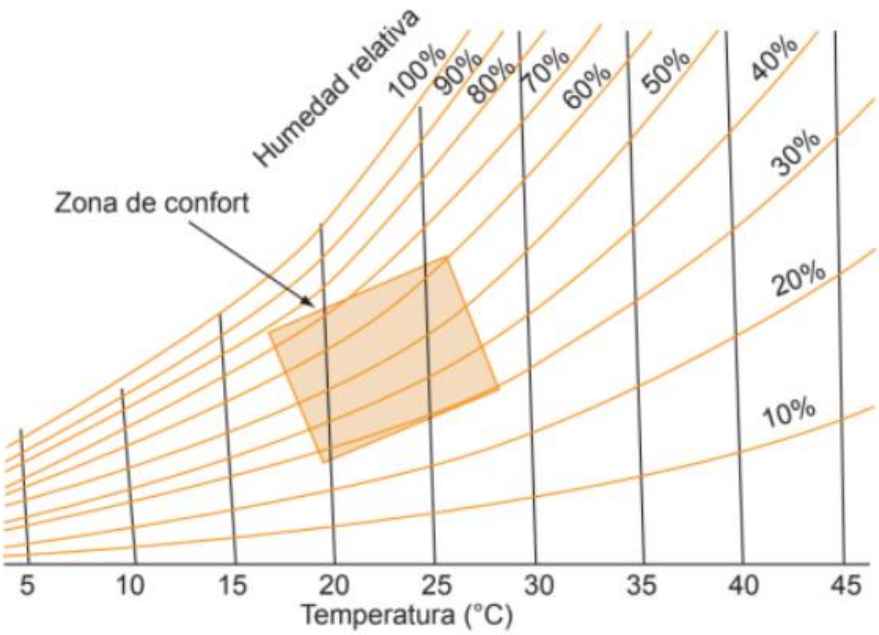


Gráfico 3-2: Zona de confort atendiendo a los factores principales: temperatura y humedad relativa.

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 185)

Además (BARRERA & ROS, 2019, p. 185) menciona, que existen otros factores que afectan la percepción del confort, estos son:

- Velocidad del aire: si la velocidad de salida del aire es alta y el flujo de aire se dirige a los ocupantes, esto puede alterar la temperatura de confortabilidad. Dentro de la zona de confort la velocidad óptima del aire está entre 0,15 y 0,24 m/s.

- Tipo de metabolismo: no todas las personas son iguales, pero dependiendo de su metabolismo, algunas necesitan condiciones ambientales (temperatura o humedad) diferentes a las condiciones estándar. En tal sentido, es común encontrar diferencias en cuanto a la temperatura que debe colocarse en el climatizador, de ahí la aparición de climatizadores de dos o más zonas.

- Antecedentes antes de entrar en el vehículo: cuando una persona ha hecho ejercicio o ha estado en un ambiente frío o demasiado caliente, es más fácil que necesite temperaturas más cálidas o frías para sentirse cómoda.

- Otros factores, como la química del aire, también afectan la comodidad de los ocupantes, pero son menos importantes.

2.2.6. *Parámetros de climatización*

Citando a (ACEDO, 2014), el confort de conducción depende en gran medida de la temperatura exterior y de la regulación interior. Además de la temperatura, otros parámetros para tener en cuenta a la hora de calcular la sensación térmica del ocupante de un vehículo son:

- Velocidad del aire: en metros por segundo. Cerca de la piel humana, existe una cierta cantidad de aire que permanece inmóvil y su temperatura es muy similar a la de la piel. El movimiento del aire lo mueve y permite el intercambio de calor con el ambiente, aumentando la eficiencia de la evaporación del sudor, cambiando así la condición térmica del cuerpo.

- Humedad ambiental: hay que tener en cuenta que el aire contiene una cierta cantidad de vapor de agua, y dependiendo de la temperatura, el aire puede contener diferentes cantidades de humedad.

- Humedad Absoluta: la humedad máxima que puede contener una unidad de volumen de aire a una temperatura determinada sin que se produzca la condensación.

- Humedad relativa: a cierta temperatura, a la cantidad de humedad que contiene el aire, pero que no llega a condensarse. A medida que desciende la temperatura en un ambiente cálido y húmedo, se produce la condensación en el mencionado sistema, el aire se vuelve más frío y seco.

Por ejemplo: si a cierta temperatura, el aire tiene una humedad relativa del 50%, esto significa que del 100% de vapor que puede contener antes de que comience la condensación, solo tendría un 50%.

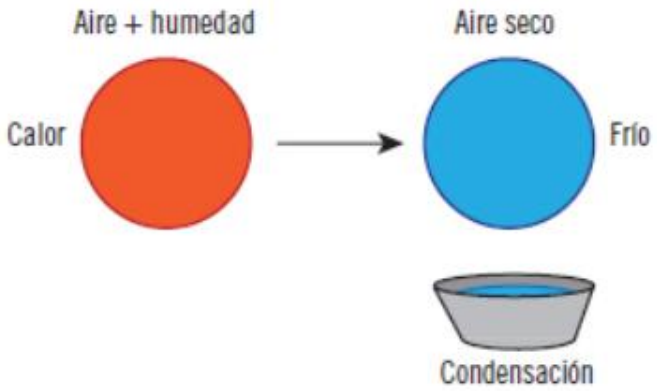


Figura 1-2: Humedad en el aire

Fuente: (ACEDO, 2014)

- Calidad del aire: en el interior del habitáculo, es fundamental para desarrollar una conducción segura. Se obtiene cuando el aire está libre de contaminación atmosférica, de polvo o de polen y, por lo tanto, es apto para respirar sin causar molestias ni promover una reacción alérgica. Actualmente se han duplicado los controles y regulaciones sobre las características de los combustibles, mejorando así la calidad de los utilizados. Sin embargo, el número de vehículos ha aumentado desproporcionadamente, siendo estos el principal contaminante de las ciudades.

Una persona promedio respira entre 360 y 900 litros de aire/hora.

2.2.7. *Escalas y unidades de temperatura*

Como señala (BARRERA & ROS, 2019, p. 186), la temperatura es una medida de la agitación dentro de las partículas que componen una sustancia: a mayor agitación, mayor temperatura. Tiene que ver con el calor o el frío que sientes al estar en contacto ella.

Tabla 2-2: Escalas de temperatura

Escalas	Símbolo	Temperatura de congelación	Temperatura de ebullición
Celsius	°C	0 °C	100 °C
Fahrenheit	°F	32 °F	212 °F
Kelvin	°K	273 °K	373 °K

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.7.1. *La temperatura*

Como afirma (BARRERA & ROS, 2019, p. 186), la temperatura de un sistema es una propiedad que determina si un sistema está en equilibrio térmico con otros sistemas. A nivel macroscópico, la temperatura es un orden de magnitud que nos dice cuánta energía interna se ha acumulado en un sistema. Las escalas de temperatura más comunes son:

- Escala de grados Celsius o centígrados (°C): en una escala basada en el cambio de fase del agua: se le asigna 0 °C al punto de solidificación del agua a 1 bar de presión, y 100 °C al punto de ebullición del agua (a 1 bar).

- Escala absoluta: utiliza el Kelvin (°K) y tiene como valor de 0 °K el cero absoluto de temperatura, que es el punto más bajo de temperatura que se puede alcanzar: -273,15 °C. La amplitud de cada grado Kelvin es exactamente igual a un grado Celsius; por lo que la fórmula de conversión entre los dos sistemas es:

$$\mathrm{K} = 273{,}15 + \mathrm{C} \tag{1}$$

Donde K es el valor de la temperatura en grados Kelvin y C la temperatura en grados centígrados, C puede ser positivo o negativo (hasta - 273,15) mientras que K solo tiene valores positivos.

- Escala Fahrenheit: esta es una escala que está destinada a desaparecer, pero todavía se usa en los países anglosajones, y por tanto todavía se usa en los climatizadores de automóviles de esos países. Para convertir la temperatura entre Celsius (C) y Fahrenheit (F) se utiliza:

$$\frac{\mathrm{C}}{5} = \frac{\mathrm{F} - 32}{9} \tag{2}$$

2.2.8. ***El calor y sus unidades***

(ACEDO, 2014), argumenta que cuando dos objetos de diferentes temperaturas entran en contacto, encontramos que tendrán la misma temperatura después de un período de tiempo porque el objeto más caliente transfiere calor al objeto más frío; es decir, se produce una transferencia de energía entre los dos objetos. Cuando dos objetos alcanzan la misma temperatura, la transferencia de energía se detiene. Esta energía transferida se llama calor. La temperatura no es energía, sino una medida de energía, pero el calor es energía. Las calorías son una forma de energía y se miden en julios (J) y calorías (cal).

2.2.8.1. *Caloría*

Es el calor que debe extraerse o transferirse a un gramo de agua para cambiar su temperatura en 1 ºC (ACEDO, 2014).

La equivalencia entre las dos unidades es:

$$1 \text{ caloría} = 4{,}186 \text{ Joules} \quad (3)$$

$$1\text{J} = 0{,}24 \text{ cal} \quad (4)$$

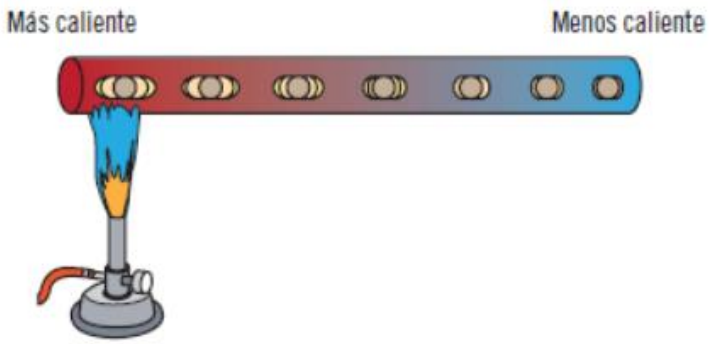


Figura 2-2: Transferencia de calor

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.9. ***Cambios de estado***

La materia tiene tres estados diferentes: sólido, líquido y gas. El estado en el que se encuentra una materia depende de su energía interna, y a medida que gana o pierde energía, puede pasar de un estado a otro. Estas transiciones se denominan cambios de estado (ACEDO, 2014).

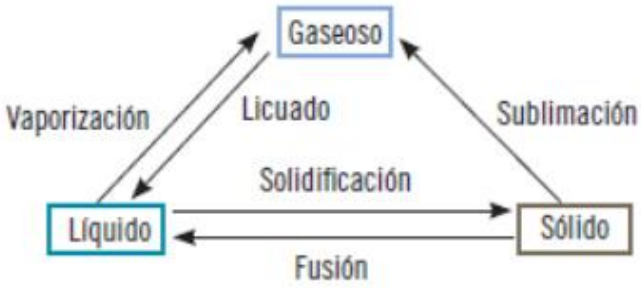


Figura 3-2: Procesos de cambio de estado

Fuente: (ACEDO, 2014)

(ACEDO, 2014), define los siguientes conceptos:

- El calor específico es la cantidad de calor que debe ganar o perder un kilogramo de una sustancia para cambiar su temperatura en 1°C. El calor específico es una propiedad de toda sustancia.

- El calor sensible se define como la cantidad de calor que debe suministrarse al cuerpo para elevar la temperatura sin cambiar de estado.

- El calor latente es la energía requerida para que una sustancia cambie de sólido a líquido o de líquido a gas.

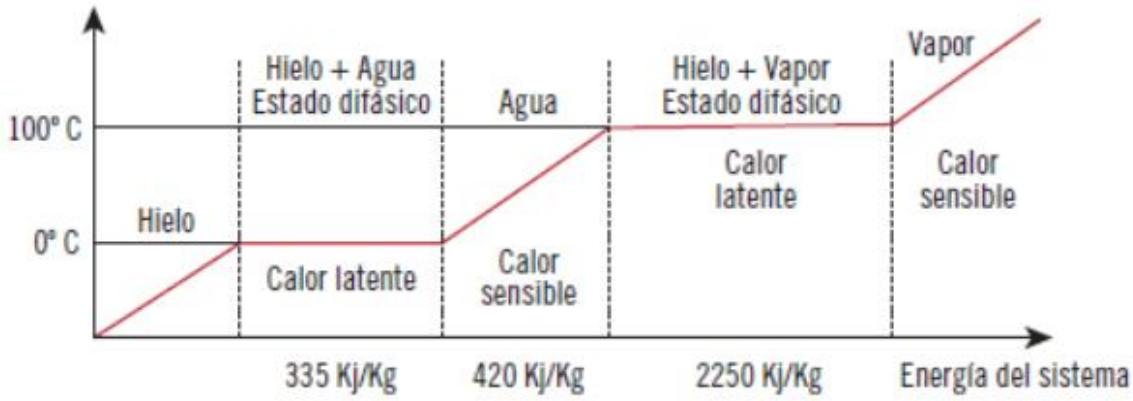


Gráfico 4-2: Esquema de aportación de calor
Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.10. *La presión y sus unidades*

(ACEDO, 2014), indica que la presión es una magnitud física definida por la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una superficie. Las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional son newtons sobre metro cuadrado (N/m^2) denominado también como Pascal (Pa).

La presión atmosférica (Po) es la presión que la atmosfera terrestre ejerce sobre la superficie de la tierra. La presión es variable de acuerdo con el lugar donde se la mida (clima y altitud). De debe tomar en cuenta que generalmente la columna de aire en la tierra no tiene un idéntico espesor, es así como es necesario tomar como referencia para la presión atmosférica la presión medida al nivel del mar y en condiciones atmosféricas normales. La medición se realiza con un barómetro (ACEDO, 2014).

La presión ejercida en un objeto, se la conoce como la presión relativa (Pr), la cual se mide en tomando como base la relación existente con la presión atmosférica. La medición de esta presión se la realiza utilizando un manómetro. Es necesario indicar que la presión relativa o positiva, se genera cuando la presión medida es más alta que la presión atmosférica. Es más baja cuando se habla de un vacío. Se marca cero cuando se detecta los manómetros que no están conectados marcan cero, en este sentido, es decir, a presión atmosférica, los manómetros marcan cero (ACEDO, 2014).

2.2.10.1. *Fórmula de la presión*

$$P = \frac{f}{s} = [\mathrm{Pa}] = \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2}\right] \tag{5}$$

Como plantea (BARRERA & ROS, 2019, p. 187), para medir presiones atmosféricas se utiliza el Hectopascal (HPa), puesto que es una unidad muy pequeña.

$$1\ \mathrm{HPa}\ =\ 100\ \mathrm{Pa} \tag{6}$$

$$1\ \mathrm{bar} = \left[\frac{1\ \mathrm{Kgf}}{1\ \mathrm{cm}^2}\right] = 100.000\ \mathrm{Pa} \tag{7}$$

$$1\ \mathrm{mbar} = 1\ \mathrm{HPa} \tag{8}$$

$$1\ \mathrm{atm} = 1013\ \mathrm{HPa\ (mbar)} = 760\ \mathrm{mmHg} \tag{9}$$

En los países anglosajones, el PSI (libra por pulgada cuadrada o Pound per Square Inch) todavía se usa comúnmente hoy en día:

$$1\ \mathrm{PSI} = 6894{,}7\ \mathrm{Pa} \Rightarrow 14{,}5\ \mathrm{PSI} \cong 1\ \mathrm{bar} \tag{10}$$

Cuando medimos presiones se emplean varios aparatos, se debe hacer una distinción entre:

- Los manómetros, son dispositivos que utilizan el 0 como presión atmosférica.
- Los barómetros, utilizan como la presión del vacío absoluto el 0.

Figura 4-2: Aparatos de presión

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 188)

2.2.11. *Presión absoluta y relativa*

De acuerdo con (ACEDO, 2014), la presión absoluta (Pab) corresponde a la presión medida con respecto al cero absoluto, es decir, se crea un vacío perfecto cuando las moléculas existen en estado gaseoso o cuando sus velocidades son tan pequeñas que no hay colisión entre ellas. Se obtiene sumando la presión atmosférica y la presión relativa. Esto es importante porque la fuente de medición es el cero absoluto y no la presión atmosférica, que puede variar entre dos puntos a diferentes altitudes.

También es interesante entender el concepto de presión diferencial o la diferencia entre dos presiones.

$$\mathrm{Pab} = \mathrm{Po} + \mathrm{Pr} \tag{11}$$

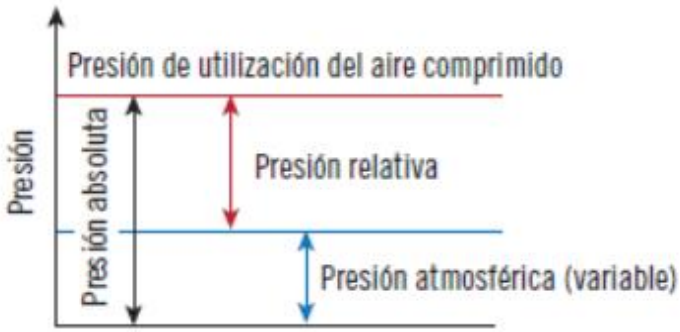


Gráfico 5-2: Presión atmosférica, relativa y absoluta

Fuente: (ACEDO, 2014)

- La presión generalmente se mide en Pascales (Pa), pero existen otras unidades de medida como: bar (bar), atmósfera (atm), kilopondio (Kp) y Torr (Torr).

Según (ACEDO, 2014), al hablar de los instrumentos utilizados para medir estas presiones, tenemos:

- Barómetro: instrumento que se utiliza para medir la presión atmosférica.
- Manómetro: instrumento que mide la presión del fluido contenido en un recipiente cerrado.
- Tubo de Pitot: instrumento que mide la presión total, la suma de las presiones dinámica y estática.

2.2.12. *Leyes fundamentales de los gases*

2.2.12.1. *Ley de Boyle*

$$P \cdot V = cte \tag{12}$$

Donde:

P = presión
V = volumen

(ACEDO, 2014), sostiene que, según esta ley, a temperatura constante, la presión de un gas dentro de un recipiente cerrado es inversamente proporcional al volumen del recipiente. El volumen que ocupa una masa definida de gas es inversamente proporcional a su presión. Por tanto, si durante un proceso. dentro de un recipiente cerrado, un fluido que se encuentra inicialmente a una presión P1 y ocupa un volumen V1 experimenta un cambio hacia una presión P2 y un volumen V2 se cumple que:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \tag{13}$$

2.2.12.2. *Ley de Charles*

$$\frac{V}{T} = cte \tag{14}$$

Donde:

V = volumen
T = temperatura

(ACEDO, 2014), señala que, a una presión dada, el volumen ocupado por una cierta cantidad de gas es proporcional a su temperatura. Así, cuando aumenta la temperatura de un gas también aumenta su volumen, debido a que aumenta la movilidad de sus moléculas, pero lo que se mantiene a presión constante es la relación entre el volumen y la temperatura. Si V1 y T1 son las condiciones iniciales, V2 y T2 son las finales, se cumple que:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \tag{15}$$

2.2.12.3. *Ley de Gay-Lussac*

$$\frac{P}{T} = \text{cte} \tag{16}$$

Donde:

P = presión
T = temperatura

(ACEDO, 2014), expresa que la relación entre la presión y la temperatura cuando un gas se encuentra en un recipiente de volumen constante. En estas condiciones, la presión de una cierta cantidad de gas es directamente proporcional a la temperatura. Esto es así porque, al calentar una cierta cantidad de gas, su movilidad aumenta, también lo hace el número de choques contra las paredes del recipiente, que no puede cambiar de volumen, ya que se ha tomado como constante. Si se parte de unas condiciones iniciales que son P1 y T1 y las condiciones finales son P2 y T2, se cumple que.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \tag{17}$$

2.2.12.4. *Ley de Avogadro*

$$\frac{V}{n} = \text{cte} \tag{18}$$

Donde:

V = volumen
n = cantidad de gas

(ACEDO, 2014), describe que esta ley relaciona la cantidad de gas y el volumen que ocupa cuando la presión y la temperatura permanecen constantes. Según esta ley, el volumen es directamente proporcional a la cantidad de gas. Si un recipiente de volumen V1 contiene una cantidad de gas n1 y se aumenta esa cantidad hasta n2, al haber más moléculas en el interior del recipiente, el número de choques entre ellas aumentaría y, por tanto, también lo haría la presión. pero como se ha establecido que la presión y la temperatura son constantes, debe producirse un incremento del volumen hasta V2 para que el número de choques disminuya y la presión se mantenga en los valeres establecidos con lo que se cumple:

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \tag{19}$$

2.2.12.5. *Ley de los gases ideales*

Según (ACEDO, 2014), la presión que ejerce un gas sobre el recipiente en el que está contenido, el volumen que ocupa, la temperatura y su cantidad están relacionados. Las leyes anteriormente estudiadas lo han mostrado. A partir de estas leyes se puede establecer una ecuación que relaciona todas estas variables y que es conocida como ecuación de estado de los gases ideales, que se representa así:

$$PV = nRT \tag{20}$$

Donde:

P = presión
V = volumen
n = número de moles
R = constante universal de los gases
T = temperatura

2.2.13. *Ciclo frigorífico teórico sobre el diagrama de Mollier*

(ACEDO, 2014), manifiesta que los procesos que tienen lugar en un circuito de aire acondicionado se pueden representar gráficamente con ejes correspondientes a la presión y la entalpía, lo que se conoce como diagrama de Mollier. El gráfico distingue tres regiones divididas por la curva de saturación, con la presión (absoluta) en el eje vertical y la entalpía (energía total) en el eje horizontal, expresada en calorías/kg.

Las curvas de saturación limitan los estados en los que se encuentran los compuestos. En el lado izquierdo de la curva, en forma de campana invertida, el compuesto se encuentra en estado líquido. El interior de la campana es una mezcla de vapor y líquido, y el lado derecho de la campana está en estado de vapor sobrecalentado (ACEDO, 2014).

La entalpía representa la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno, es decir, la cantidad de energía que puede absorber o ceder.

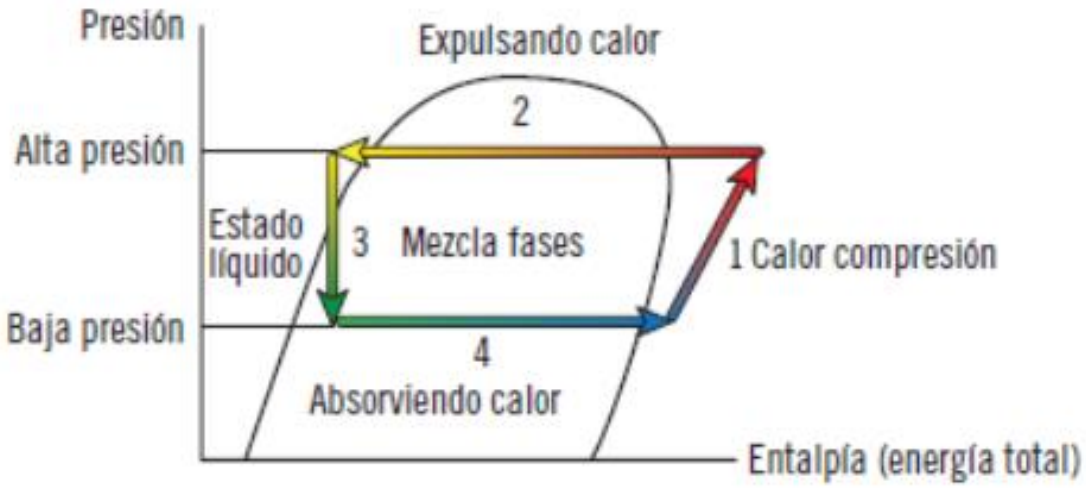


Gráfico 6-2: Diagrama de Mollier

Fuente: (ACEDO, 2014)

(ACEDO, 2014), enfatiza que en este ciclo se pueden observar las siguientes etapas:

1) Compresión: Partiendo de un refrigerante en estado de vapor sobrecalentado, la compresión del gas aumenta su presión y temperatura, aumentando su entalpía (energía total).

2) Condensación: El gas comprimido caliente se enfría, se condensa y pasa a la fase líquida. Baja la entalpía.

3) Expansión: cuando el refrigerante a alta presión se expande, la presión disminuye repentinamente. Su entalpía no cambia.

4) Evaporación: el refrigerante es líquido, pero se encuentra en un estado de baja presión y necesita convertirse en estado gaseoso. Para vaporizarse tiene que absorber calor, absorbe calor bajando la temperatura aumentando así la entalpía, por lo que al final del ciclo vuelve al inicio del ciclo del compresor de nuevo como gas y baja presión.

A medida que el fluido refrigerante se mueve dentro del acondicionador de aire, está sujeto a cambios de presión. Entonces, en el compresor, la presión que experimenta aumenta, y en la válvula de expansión, la presión disminuye.

2.2.14. *El circuito refrigerante*

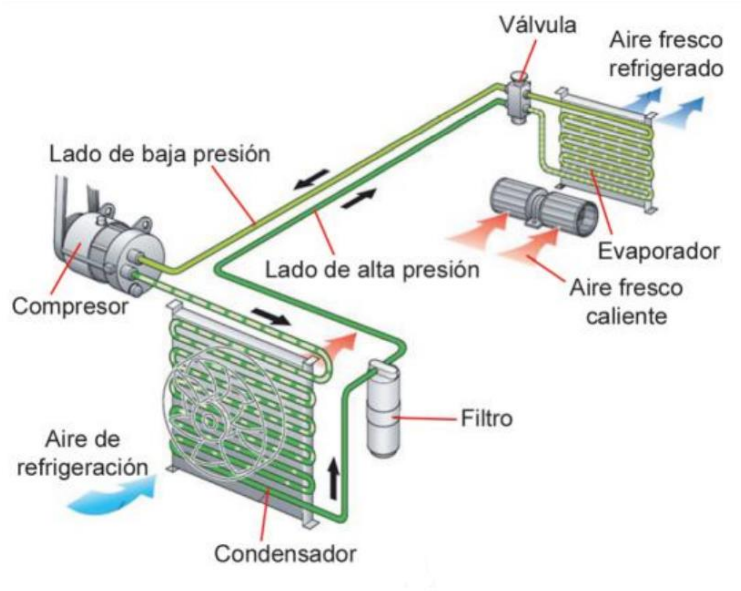


Figura 5-2: Circuito del fluido refrigerante

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 452)

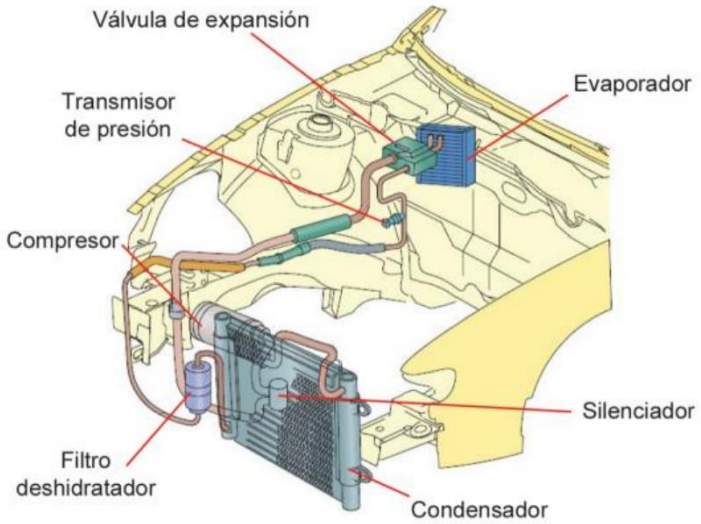


Figura 6-2: Componentes del sistema

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 452)

De acuerdo con (BARRERA & ROS, 2019, p. 451), en el mundo del automóvil el sistema termodinámico más utilizado se muestra en la Figura 13-2, siendo P la presión del fluido, V el volumen, T la temperatura y S la energía unitaria del fluido.

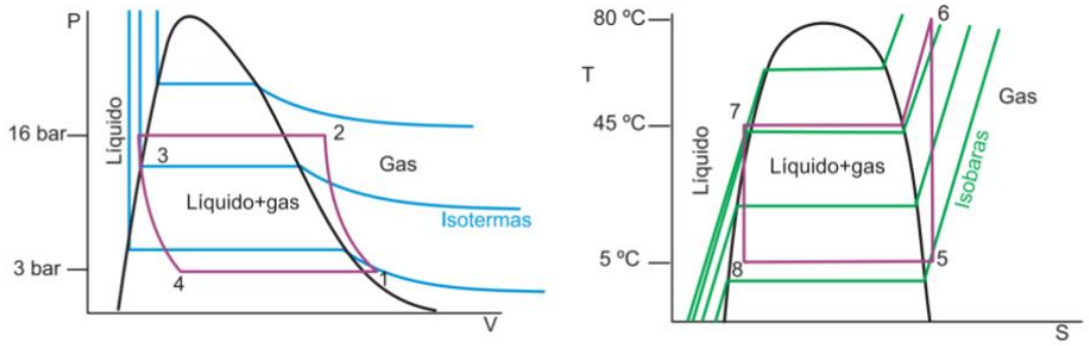


Gráfico 7-2: Diagramas P-V y T-S de las transformaciones termodinámicas que se producen en el circuito refrigerante

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 452)

El Sistema de refrigeración consiste en un circuito cerrado de fluido (R134a) dentro del cual se realizan cuatro trasformaciones termodinámicas, como se muestran en los diagramas.

Citando a (BARRERA & ROS, 2019, p. 452), los procesos termodinámicos y los elementos, dentro de los cuales se producen, son los siguientes:

- En el compresor se produce la compresión del gas refrigerante R134a. En el diagrama P-V se muestra el aumento de presión (de 3 a 16 bares, aproximadamente). En el diagrama T-S se aprecia el aumento de temperatura de 10 °C a 80 °C, aproximadamente.

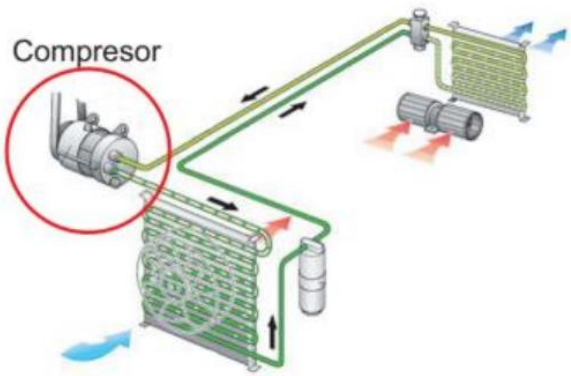


Figura 7-2: Compresor

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 453)

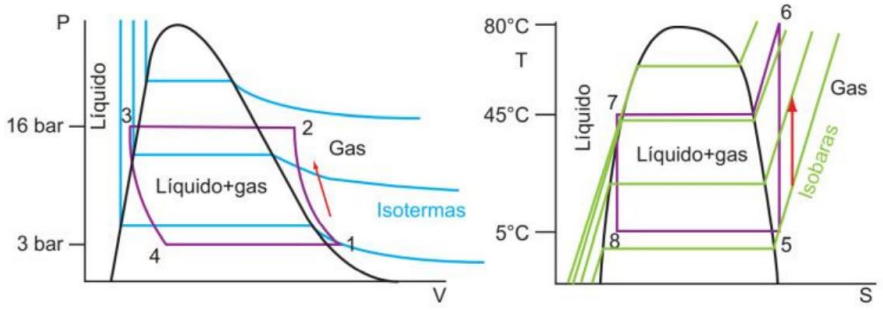


Gráfico 8-2: Diagramas P-V y T-S compresión adiabática

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 453)

- El gas de alta presión y temperatura se dirige luego al condensador. El condensador consiste en un intercambiador de calor donde el gas caliente transfiere calor al ambiente exterior, produciéndose un cambio de estado (condensación) a presión constante (isobárico). Este cambio de estado se produce a una temperatura de 45 °C, aproximadamente.

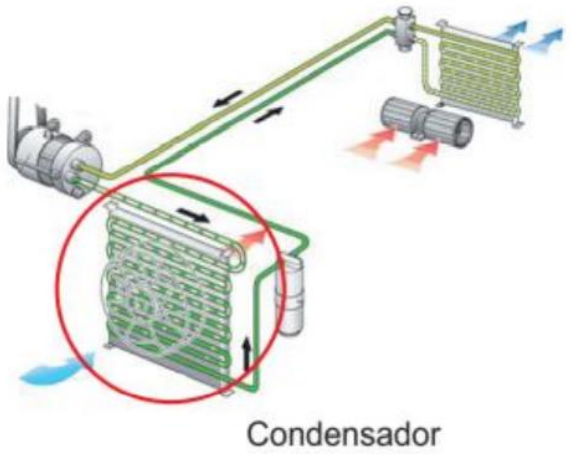


Figura 8-2: Condensador

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 453)

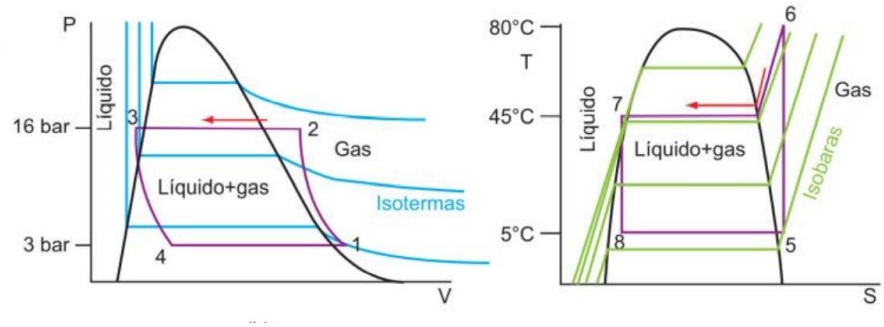


Gráfico 9-2: Diagramas P-V y T-S condensación isobárica

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 453)

- El líquido a alta presión y media temperatura resultante se dirige hacia el filtro deshidratante; en este elemento no se realiza ningún proceso termodinámico. El filtro es un depósito cerrado herméticamente que contiene un material absorbente de humedad (normalmente gel de sílice) que retiene la posible agua (líquida o vapor) que puede haberse introducido en el circuito. Además, el filtro sirve como depósito acumulador de fluido.

- El líquido, ya limpio, a alta presión y a media temperatura, se dirige hacia la válvula de expansión. En este elemento se produce una caída de presión (expansión) y de temperatura pasando la temperatura de media (45 °C) a baja (5 °C) y la presión cae de alta (16 bares) a baja (3 bares).

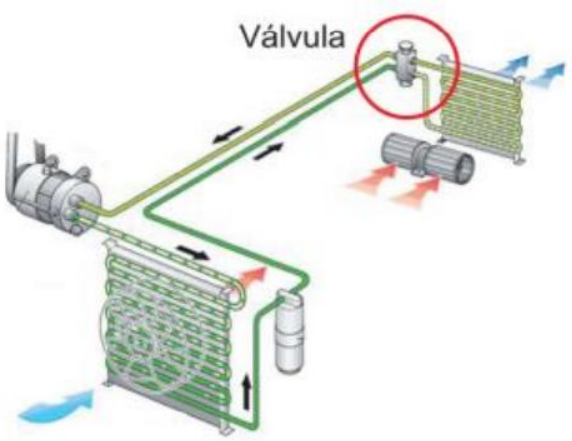


Figura 9-2: Válvula de expansión

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 454)

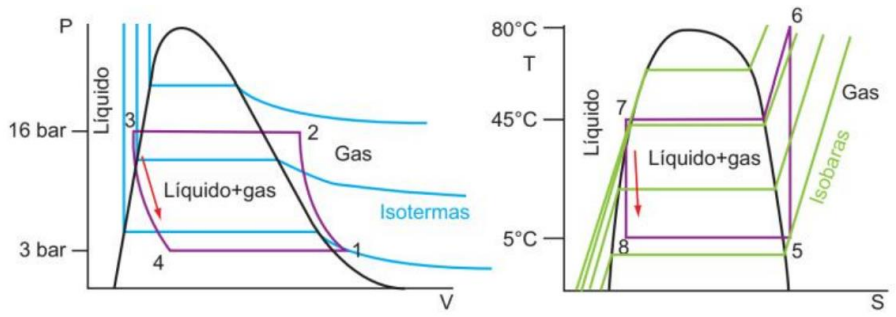


Gráfico 10-2: Diagramas P-V y T-S expansión adiabática

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 454)

- En estas condiciones, el líquido a baja temperatura y presión puede pasar por el evaporador, que es otro intercambiador de calor. Se produce un cambio de estado (evaporación) dentro del evaporador a baja presión, tomando el fluido calor del medio exterior y produciéndose el

enfriamiento del aire que entrará en el habitáculo (que es el objetivo perseguido por todo el sistema). Al salir el gas fluido del evaporador totalmente evaporado a baja presión y temperatura (5-10 °C) se dirige hacia el compresor para iniciar el ciclo de nuevo.

Figura 10-2: Evaporador,

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 454)

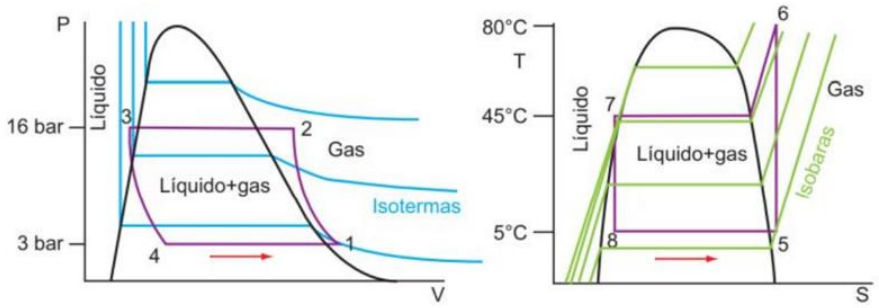


Gráfico 11-2: Diagramas P-V y T-S evaporación isobárica

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 454)

2.2.15. *Ciclo real de funcionamiento*

(GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 32), describe a continuación el ciclo de funcionamiento real con los valores reales de presión y temperatura, que se producen en los componentes del sistema.

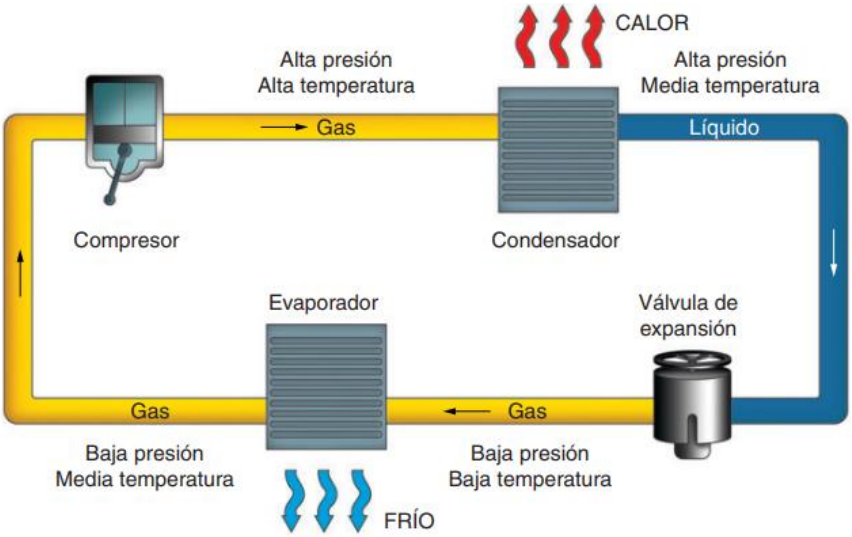


Figura 11-2: Proceso de los ciclos de refrigeración

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 32)

Un compresor aspira fluido refrigerante en estado de vapor sobrecalentado a baja presión, lo comprime y aumenta su presión. El fluido entra al compresor a 1,2 bar (17,4 PSI) y una presión de aproximadamente -1°C. A la salida tiene una presión de 14 bar (203 PSI) y 85 °C y fluye hacia el condensador.

El condensador está ubicado en el circuito de alta presión y el aire que lo atraviesa proviene del exterior del vehículo.

El fluido que pasa por el interior del condensador entra como vapor sobrecalentado, liberando calor a su paso por la corriente de gas, como resultado se produce la condensación, convirtiéndolo en un líquido subenfriado.

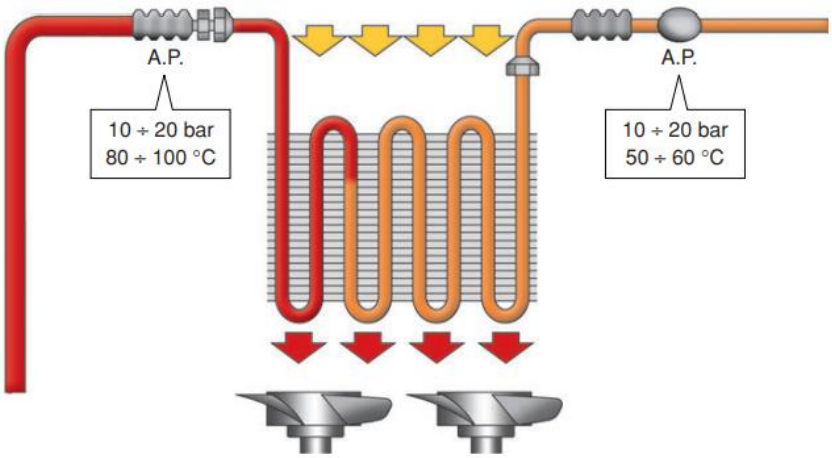


Figura 12-2: Variación de la temperatura (condensador)

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 32)

De manera orientativo, y en valores aproximados, la presión del fluido refrigerante a la salida del condensador es de aproximadamente 14 bar (203 PSI) y 55 °C.

El fluido sale del condensador y entra al filtro secador. La humedad y las impurezas del líquido se eliminan en el filtro deshidratador, evitando la formación de burbujas de aire, dando como resultado un flujo completamente limpio y continuo hacia la válvula de expansión.

A la salida de la válvula de expansión, debido a la pérdida de presión, el gas se evapora rápidamente y la temperatura desciende. A la salida de la válvula de expansión, el fluido tiene una presión de 2,5 bar (36,2 PSI) y una temperatura de -10 °C en forma de vapor saturado.

A continuación, el fluido refrigerante sale de la válvula de expansión y entra en el evaporador. En el evaporador se produce un intercambio de calor entre el aire que entra en el habitáculo, impulsado por una turbina de ventilación, y el fluido refrigerante.

El gas fluye del evaporador al compresor a 2,5 bar (36,2 PSI) y 6 °C.

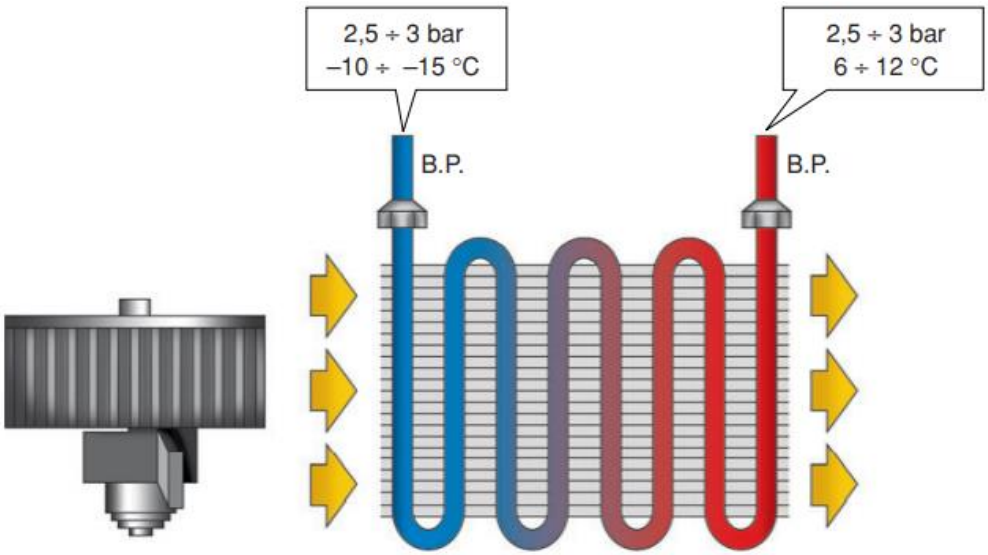


Figura 13-2: Variación de la temperatura (evaporador)

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 33)

El fluido refrigerante fluye como vapor sobrecalentado hacia el compresor, donde comienza nuevamente el ciclo de refrigeración. Con un ciclo completo, se puede absorber calor del habitáculo y expulsarlo al exterior del vehículo, es decir, se enfría la zona del habitáculo.

2.2.16. *El fluido refrigerante*

Según (BARRERA & ROS, 2019, p. 193), los fluidos refrigerantes son unos compuestos químicos que se caracterizan por tener un punto de ebullición muy bajo. Hasta finales de los años 90, en el automóvil se utilizó el gas R-12, pero debido al impacto medioambiental negativo que tenía (destruye la capa de ozono) fue prohibido su uso y se sustituyó por el gas R134a. Actualmente estamos en pleno proceso de cambio (desde 2017) para utilizar otro fluido que no afecte tan negativamente al calentamiento global (se han elegido el HF0-1234yf y el R744).

Figura 14-2: Gas refrigerante R-134a

Fuente: (ACEDO, 2014)

Tabla 3-2: Características de los agentes frigoríficos R12 y R134a

Agente frigorífico	R12 (HCFC)	R134a (HCF)
Degradación del extracto de ozono	Si	No
Efecto invernadero (GWP)	Aprox. 10 000 veces superior a CO_2	Aprox. 1400 veces superior a CO_2
Año en el vehículo	Hasta 1992	A partir de 1991
Tipo de agente frigorífico	Sintético	Sintético
Combustible	No	No
Presiones	< 30 bares	< 30 bares

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 193)

Tabla 4-2: Características de los agentes frigoríficos R1234yf y R744

Agente frigorífico	R1234yf (HCFC)	R744 (CO_2)
Degradación del extracto de ozono	No	No
Efecto invernadero (GWP)	Aprox. 4 veces superior a CO_2	1 vez superior a CO_2
Año en el vehículo	A partir de 2016	A partir de 2017
Tipo de agente frigorífico	Sintético	Natural
Combustible	Si	No
Presiones	< 30 bares	< 140 bares

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 193)

2.2.17. *Codificación internacional de los gases refrigerantes*

De acuerdo con (BARRERA & ROS, 2019, p. 194), todos los fluidos refrigerantes están normalizados y se denominan, en general, por la letra R seguida de cuatro números (si los primeros son cero se suelen omitir), como se muestra en la Figura 22-2aunque, dependiendo de la complejidad de la formulación química y de otros factores, se pueden utilizar otras letras delante (por ejemplo, HFO) o detrás (por ejemplo, a, y, f, etc.). El significado de la codificación de los gases refrigerantes se detalla a continuación:

1) La primera cifra expresa el número de enlaces dobles que hay entre los átomos de carbono. Muchas referencias de gases frigoríficos no tienen esta primera cifra, por lo que todos los enlaces químicos son simples (por ejemplo, el R134a o el R12).

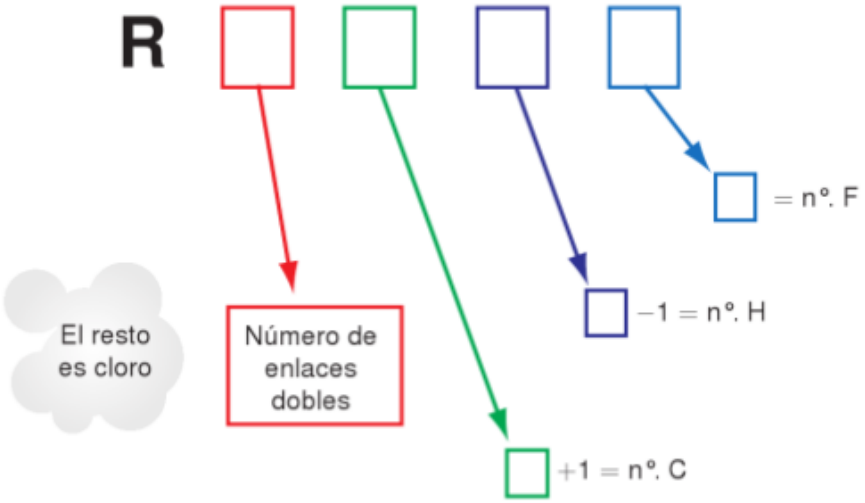


Figura 15-2: Significado de la denominación de los gases refrigerantes

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 194)

2) Sume 1 al segundo número para obtener el número de átomos de carbono (C) en la molécula de fluido refrigerante.
3) Resta 1 del tercer número para obtener el número de átomos de hidrógeno (H).
4) El cuarto número indica directamente cuántos átomos de flúor (F) contiene la molécula de refrigerante.
5) El resto de los átomos que sean necesarios para completar la estructura molecular son de cloro (Cl).
6) En algunos casos, al final del nombre se añade una letra minúscula (por ejemplo, el R134a); esta letra final indica el orden en el que están colocados los átomos

2.2.18. *Fluido R134a*

(BARRERA & ROS, 2019, p. 195), señala que de todos los posibles fluidos refrigerantes que se utilizan actualmente en la industria, nos centraremos en el fluido R-134a, que es el gas (fluido) utilizado actualmente en el mundo del automóvil.

Tabla 5-2: Propiedades físicas del fluido R134a

R134a			
Fórmula química	$CH_2F - CF_3$	Densidad de gas (1,013 bar)	5,28 kg/m^3
Denominación química	Tetrafluoretano	Peso molecular	102 g/mol
Punto de ebullición (1 bar)	−26,5 °C	Calor latente (1,013 bar)	215,9 kJ/Kg
Punto de solidificación	−101,6 °C	Constante adiabática (g)	1,115
Temperatura crítica	100,6 °C	Presión crítica	40,56 bar

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 195)

2.2.18.1. *Otras propiedades importantes del R134a*

(BARRERA & ROS, 2019, p. 196), menciona otras propiedades importantes del R134a.

- Estado gaseoso a temperatura ambiente.
- Es incoloro e inodoro. Puede contener trazas de otros compuestos (aceites, aditivos para detección de fugas, etc.) que sí tengan un ligero olor.
- No es explosivo ni combustible a temperatura ambiente.
- Es más pesado que el aire. En instalaciones de mantenimiento de aire acondicionado no debe haber sótanos, cámaras o huecos por debajo del piso.
- Ataca a la goma NBR y a los metales no férricos (Pb, Cu, etc.). Las juntas de la instalación deben ser adecuadas para este gas (EPDM o similares).

- Es muy higroscópico (absorbe la humedad). Por eso los elementos (sobre todo el filtro deshidratante) se deben mantener tapados y montarse en el último momento.
- No se debe mezclar con aceites minerales, solo con aceites sintéticos PAG (polialquilenglicol) o similares.
- Se disocia a altas temperaturas (llamas, etc.) y entonces es tóxico. No se deben utilizar llamas cerca de las instalaciones o equipos frigoríficos.

2.2.18.2. *Precauciones*

(BARRERA & ROS, 2019, p. 197), recomienda que cuando se manipulan circuitos de aire acondicionado en el automóvil se deben extremar las precauciones.

- No descargue refrigerante, especialmente en áreas mal ventiladas. Pequeñas concentraciones pueden causar dolor de cabeza; grandes concentraciones, asfixia.
- Evite el contacto directo con el fluido refrigerante: se deben usar guantes y gafas protectoras adecuadas en todo momento. En caso de contacto:

- Lavar la zona con abundante agua durante quince minutos.
- Después de limpiar los ojos, aplicar colirio y explicar al médico el tipo de gas (Rl34a).
- Si el líquido cae sobre la piel, penetra en los poros a presión y produce congelación (-26°C). Con el tiempo, puede causar daños irreversibles en la piel.

- No exponga el equipo de carga o los dispositivos de enfriamiento a altas temperaturas. Peligro de explosión.
- No fume donde se manipulen equipos frigoríficos (en general, no fume en los talleres)
- Es necesario drenar todo el refrigerante del vehículo cuando:

- La soldadura debe realizarse sobre o alrededor del tubo o elementos.
- La pintura se restaura y el vehículo debe colocarse en la cabina a 80°C o más.
- Las soldaduras MAG, MIG, TIG u otras deben realizarse cerca del circuito.

Indicaciones de trabajo en las reparaciones o manipulaciones:

- Vaciar el circuito siempre que se deban hacer reparaciones.
- El cuidado de los componentes y la limpieza son de máxima importancia.

- Los elementos que se deban instalar han de estar herméticamente tapados para evitar que entre humedad.
- No se deben quitar los precintos hasta el momento de realizar el montaje.
- El proceso de unión de componentes debe realizare de forma completa en una sola operación.
- La unión de componentes se debe realizar sin pérdida de tiempo.
- Deben respetarse los pares de apriete marcados por el fabricante.
- Todas las juntas tóricas se deben cambiar siempre que se desmonte la instalación.
- No se deben montar elementos bajo tensión: primero se deben acomodar y no forzar cuando se aprieta.
- El último elemento en instalar debe ser el filtro deshidratante.
- Añadir la cantidad de aceite indicada por el fabricante, según el elemento que se ha cambiado; como orientación:

- Evaporador 35 cc.
- Condensador 18 cc.
- Filtro deshidratador 9 cc.
- Tubos flexibles 4 cc

- Se debe cambiar todo el aceite cuando:

- Se ha perdido todo el gas de forma súbita (accidente).
- El circuito ha sido vaciado y ha estado abierto durante mucho tiempo.
- El aceite se ve oscuro y sucio.
- Se sospecha que ha entrado suciedad.

2.2.19. *El gas HF01234yf*

(BARRERA & ROS, 2019, p. 198), expresa que el gas HF01234yf está compuesto por carbono, hidrógeno y flúor, siendo por tanto un gas HFC (hidrofluorocarbonato) y su fórmula química es $CF_3CF = CH_2$.

Cuando el gas se encuentra liberado en la atmósfera, la radiación ultravioleta lo va descomponiendo de forma natural en gases inocuos para el medio ambiente, dejando así de representar un peligro para el calentamiento global. Este proceso, no obstante, no es inmediato, de forma que durante un tiempo sí conlleva efecto invernadero. El gas HF01234yf es mucho menos nocivo para el efecto invernadero que el gas R134a, usado actualmente (BARRERA & ROS, 2019, p. 198).

El principal rasgo distintivo del gas HF01234yf, en relación con el R134a, es que el gas HF01234yf es inflamable. Si el gas es liberado, se encuentra mezclado con aire en la proporción adecuada y recibe un aporte de energía; entonces se inflama y libera productos tóxicos, como el ácido fluorhídrico y el fluoruro de hidrógeno (BARRERA & ROS, 2019, p. 198).

Tabla 6-2: Condiciones de inflamabilidad del gas HFO1234yf

Condiciones de inflamabilidad del gas HFO1234yf	
Límite superior de inflamabilidad mezclado con aire (a 21 °C)	12,3 %
Límite inferior de inflamabilidad mezclado con aire (a 21 °C)	6,3 %
Energía mínima de ignición (a 20 °C y 1 atm)	5 − 10 J
Temperatura de autoignición	405 °C
Calor de combustión	11,8 MJ/kg

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 198)

2.2.20. *R744*

(BARRERA & ROS, 2019, p. 199), argumenta que desde el 1 de enero de 2017 los turismos de dentro de la comunidad europea deben utilizar un refrigerante cuyo GWP (Global Warming Potential) sea menor de 150. Como opción de refrigerante se utiliza el dióxido de carbono (R744), que posee un GWP de solo 1; el CO: es una sustancia que existe en la naturaleza y que está disponible a bajo coste ya que es muy abundante y, sobre todo, respetuoso con el medio ambiente. No contiene flúor ni cloro por lo que no ataca al estrato de ozono de la atmósfera, por lo tanto, si ocurren fugas en el circuito de agente frigorífico no generaría problemas en la capa de ozono, por lo que está permitida su descarga hacia el medio ambiente.

Tabla 7-2: Características del agente refrigerante R744

R744	
Formula química	CO_2
Denominación química	Dióxido de carbono
Punto de ebullición a 1 bar (presión absoluta)	−78,7 °C
Punto de solidificación	−56,6 °C
Punto triple	Pt −56,6 °C a 5,2 bar (absolutos)
Punto critico	Pt 31,1 °C a 73,8 bar (absolutos)
Pureza (para el circuito frigorífico de Audi)	> 99,995 %
Inflamabilidad	No combustible

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 199)

2.2.20.1. *Diferencias principales con los otros tipos de freón R744*

(BARRERA & ROS, 2019, p. 199), destaca las diferencias principales con los otros tipos de freón R744.

- Presión: el circuito trabaja con una presión casi diez veces superior a la de los climatizadores con agentes frigoríficos con HFC (de esta forma se obtienen rendimientos similares), tanto en la zona de alta presión como en la de baja. En la zona de alta presión del circuito frigorífico, el rango de presión está entre 60 y 130 bar. En la zona de baja presión estas varían entre los 35 y 50 bares. Estas diferencias en el sistema de climatización R744. originan un cambio en las condiciones y en los ajustes necesarios que deben realizarse en el circuito de refrigeración, y por lo tanto también en algunos de sus componentes.

- Requisitos especiales en torno a la estanqueidad: las moléculas de CO_2 del R744 son mucho más pequeñas que la de los agentes frigoríficos de HFC; por lo que el sistema de tuberías y uniones debe fabricarse con una mayor estanqueidad (para evitar pérdidas de fluido). Estas tuberías tienen como característica principal que no poseen el refuerzo de tubo corrugado.

Figura 16-2: Tubería con refuerzo de tubo corrugado (Audi)
Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 199)

- La elevada permeabilidad del CO: obliga al empleo de tuberías de polímero flexibles reforzadas en las uniones y, también en ese punto, al uso de anillos tóricos metálicos (junta de metal y un seguro elástico de fijación). También para mantener la presión, y como protección de la unión, se utilizan detrás del compresor tuberías de tubo corrugado u ondulado de acero inoxidable, debido a la alta temperatura del gas.

Figura 17-2: Conjunto de unión de las tuberías corrugado (Audi)

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 200)

- Temperatura: el CO2 tiene la característica de poseer un coeficiente de transferencia de calor alto, por lo que con menos caudal de gas circulando por el circuito puede aportar un gran rendimiento frigorífico. Esta ventaja se aprovecha para reducir las dimensiones de los grupos y disminuir las secciones de las tuberías y uniones. Este gas presenta un comportamiento denominado extra crítico; esto ocurre cuando la temperatura exterior es superior a los 25 grados centígrados, lo que provoca que el R744 no se licué mediante frío. En estas condiciones el enfriamiento es debido al aire exterior: esto se efectuará mediante el radiador de gas (sustituye al condensador) montado en la zona delantera del habitáculo (justo detrás del vano motor). En estos casos se necesitará mayor potencia por parte del compresor, que provocaría un pequeño aumento del consumo del motor de combustión respecto a los vehículos que utilizan los otros tipos de freón. Para evitar este sobreconsumo los fabricantes utilizan un sistema intercambiador de calor de tipo tubo en tubo.

2.2.21. *Aceite lubricante*

(GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 30), sugiere que debido a la presencia de piezas móviles (pistones, bielas, cojinetes, válvulas de expansión), todo el sistema debe estar correctamente lubricado. Para hacer esto, se mezcla una pequeña cantidad de aceite con refrigerante y se carga al circuito. Los lubricantes para acondicionadores de aire deben cumplir con las siguientes características:

- Que no haga espuma.
- Que no se congele.
- Que pueda mezclarse con el líquido refrigerante.
- Que este depurado y deshidratado para evitar la formación de hielo en el circuito.

Según (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 31), los aceites utilizados para automoción en circuitos donde se utilice R134a o R1234yf son de tipo sintético denominados PAG (polianquil- glicol), aunque en el caso del aceite para el gas R1234yf debe estar especialmente formulado. Son higroscópicos y se degradan en contacto con el aire.

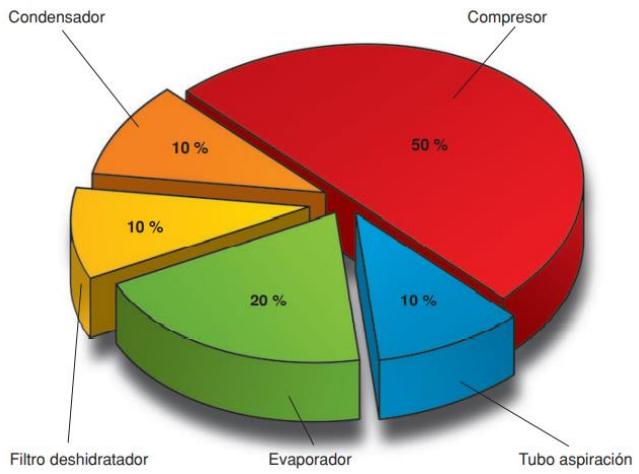


Figura 18-2: Diagrama de distribución del aceite en el sistema

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 31)

En el diagrama de arriba, podemos ver el porcentaje de lubricante en el circuito, como referencia. Hay que tener en cuenta que, al sustituir un elemento, debemos reponer el elemento sustituido con una cantidad de aceite proporcional a los valores del fabricante (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 31).

(GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 31), recomienda que para los aceites debemos tener en cuenta las siguientes reglas:

- Mantenga siempre los recipientes bien cerrados y no almacene recipientes abiertos ya que absorben la humedad.
- Retire el aceite usado como residuo especial y no lo mezcle con aceite de motor.
- No utilice aceite usado.
- Observe la fecha de caducidad en el envase.
- No mezcle aceite mineral con aceite sintético.

Figura 19-2: Aceite lubricante

Fuente: (ACEDO, 2014, p. 102)

2.2.22. *Aceite poliéster o POE*

(ACEDO, 2014, p. 103), menciona las propiedades del aceite poliéster, también denominado POE (poliésteres o éteres polioles), son:

- Es poco higroscópico (absorbe poca humedad del aire).
- Nula degradación por exposición con el aire.
- Puede mezclarse con los minerales.
- Es compatible con residuos clorados

Figura 20-2: Aceites de poliéster o POE

Fuente: (ACEDO, 2014, p. 103)

2.2.23. *Aceite P.A.G. (polialquil-glicoles)*

Según (ACEDO, 2014, p. 104), las propiedades del aceite P.A.G. (polialquil-glicoles) son:

- Es muy higroscópico (absorbe mucha humedad del aire).
- Se degrada con el aire, oxidándose fácilmente, por lo que precisa de aditivos antioxidantes.
- No se puede mezclar con los de tipo mineral.

- No es compatible con los residuos clorados (procedentes del cloro) presentes en la fórmula del R-12.

Figura 21-2: Aceite P.A.G.

Fuente: (ACEDO, 2014, p. 104)

2.2.24. *Origen del lubricante*

De acuerdo con (SKF Reliability Systems, 2014, p. 8), el siguiente es el diagrama de una refinería petrolera, donde vemos el recorrido que el petróleo crudo realiza hasta llegar a la obtención de los aceites básicos minerales.

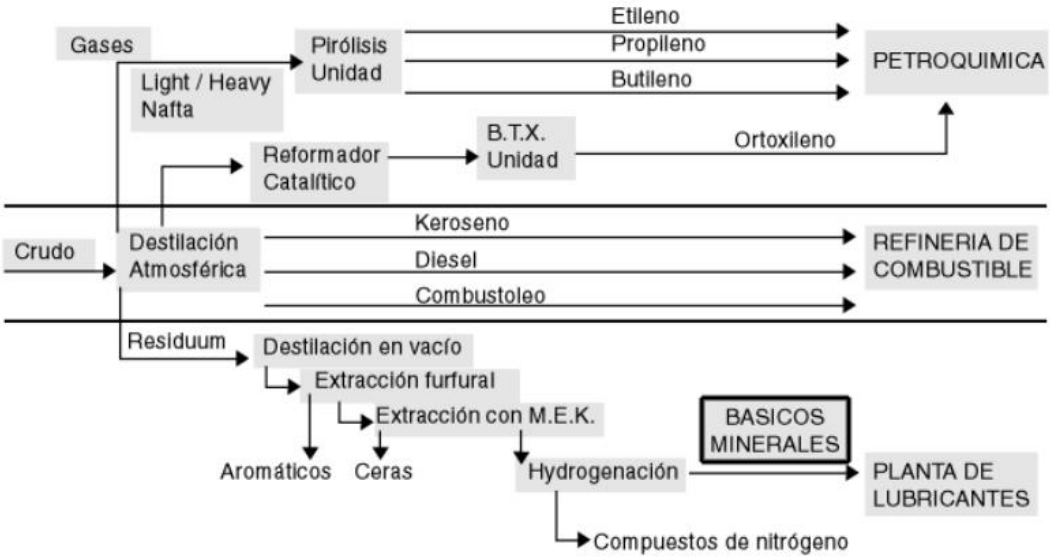


Figura 22-2: Obtención de los aceites básicos minerales en una refinería petrolera

Fuente: (SKF Reliability Systems, 2014, p. 8)

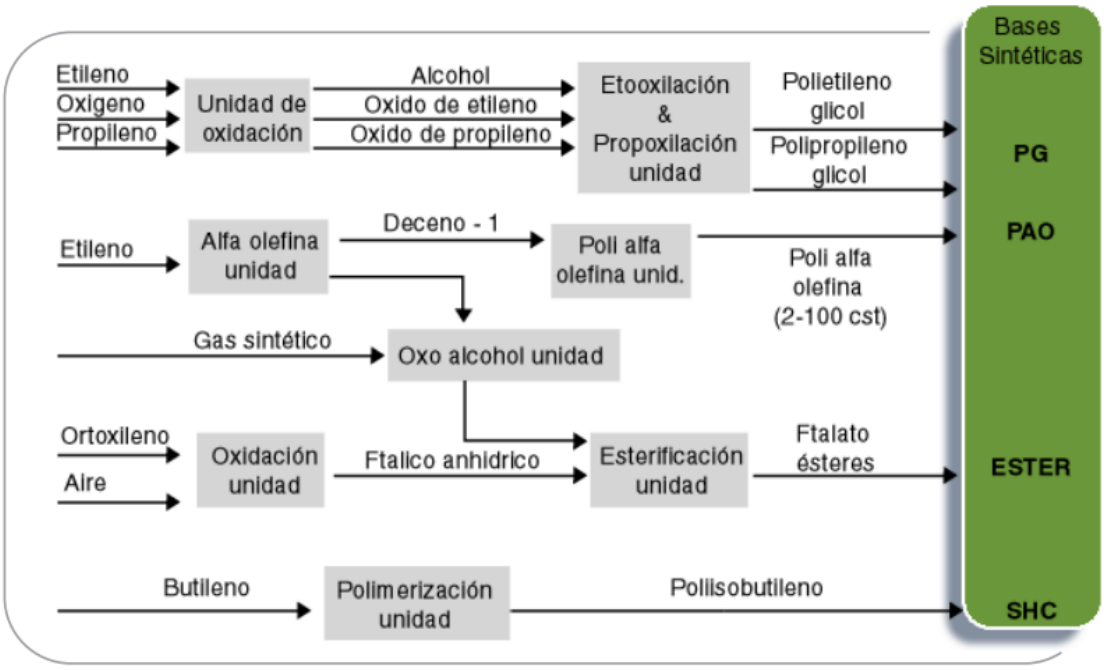


Figura 23-2: Continuación del proceso del refinamiento de los aceites básicos minerales en una planta petroquímica

Fuente: (SKF Reliability Systems, 2014, p. 9)

2.2.25. *Compresores*

Citando a (ACEDO, 2014), el compresor es el único elemento que está en constante movimiento dentro del circuito, ya que el resto de los elementos son estáticos. Su funcionamiento básico es aspirar el refrigerante en forma de gas, a baja presión y temperatura, comprimiéndolo y mandándolo al circuito a alta presión y temperatura elevada.

El movimiento del compresor se efectúa por medio de una correa, la cual también puede mover la bomba hidráulica de la dirección y el alternador (ACEDO, 2014).

Figura 24-2: Compresores

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 34)

2.2.25.1. *Compresores rotativos*

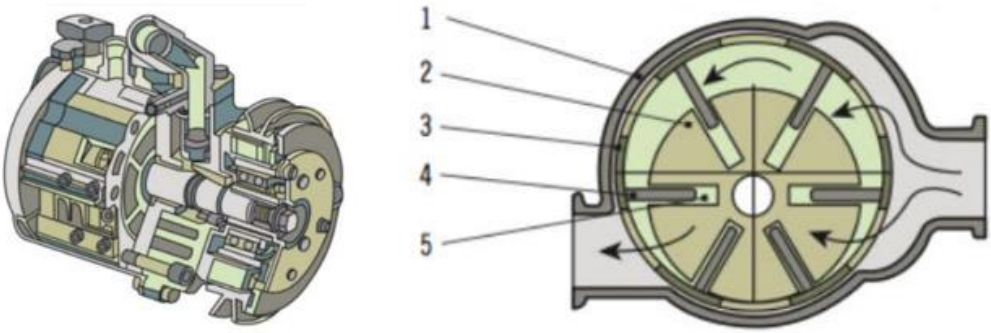


Figura 25-2: Compresor rotativo de paletas y sus partes

Fuente: (ACEDO, 2014)

1CAJA ENVOLVENTE

2 ROTOR

3 TAMBOR GIRATORIO

4 PALETAS

5 ALOJAMIENTO DE LA PALETAS

En su interior tienen un rotor, que no es más que un tambor de sección circular en el que se colocan varias palas. Estos son los responsables de crear la variabilidad de las cámaras de compresión durante la rotación para permitir la correcta fase de funcionamiento del compresor (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 35).

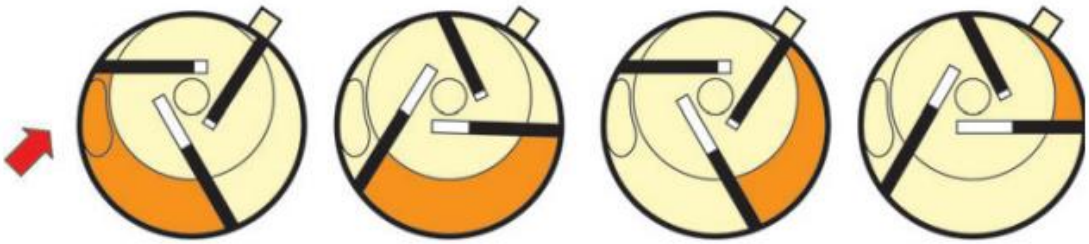


Figura 26-2: Fases de funcionamiento del compresor rotativo

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 35)

2.2.25.2. *Compresores axiales*

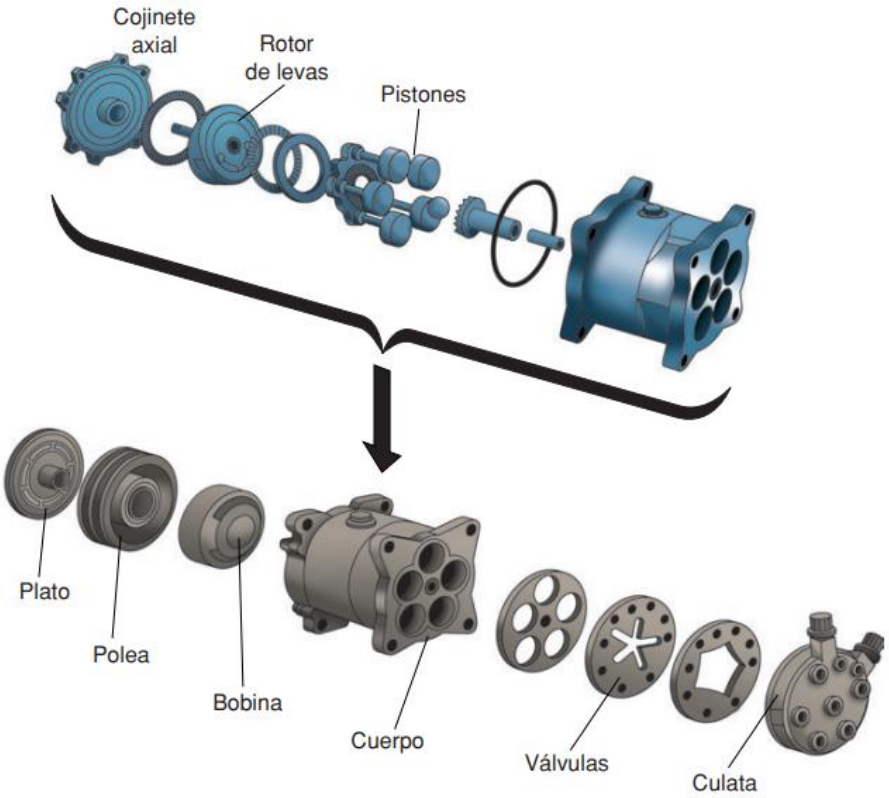


Figura 27-2: Partes de un compresor axial

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 35)

Dicho con palabras de (GONZÁLEZ, et al., 2017), los compresores de placa oscilante de tipo axial constan de cinco o siete cilindros montados horizontalmente en los que se mueven los pistones. El movimiento de rotación del eje se transmite al cubo de transmisión, que lo convierte en el movimiento alternativo (carrera) del pistón por medio de un disco oscilante. A cada émbolo se le asignan dos válvulas, de succión y descarga.

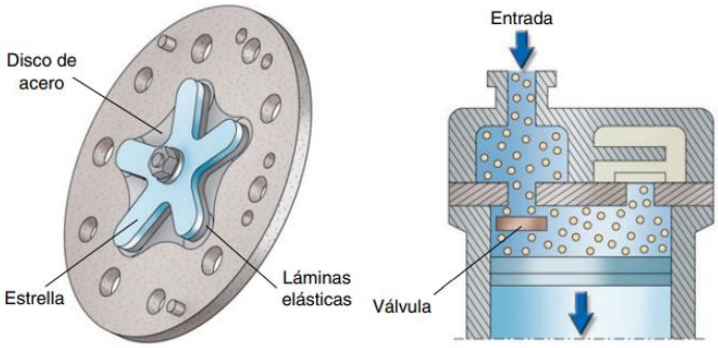


Figura 28-2: Placa de válvulas y fase de aspiración

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 36)

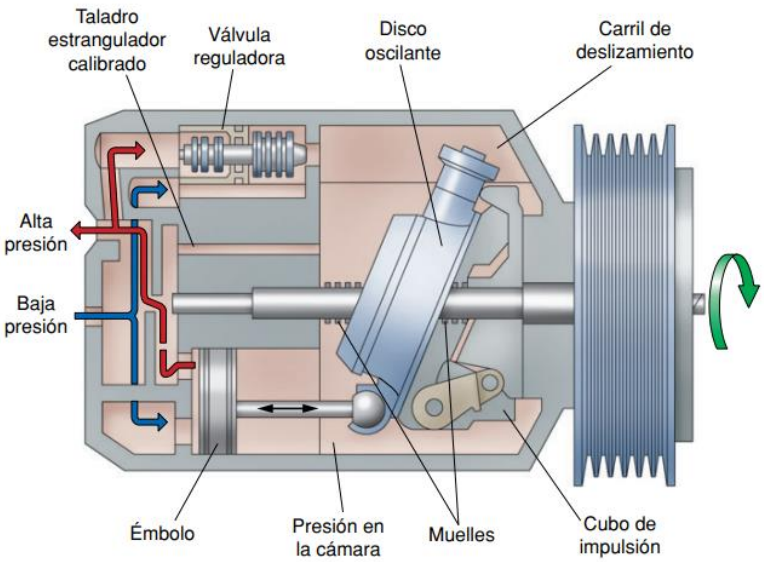


Figura 29-2: Comprensor de cilindrada variable

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 36)

- Alto caudal impelido - Baja presión en la cámara

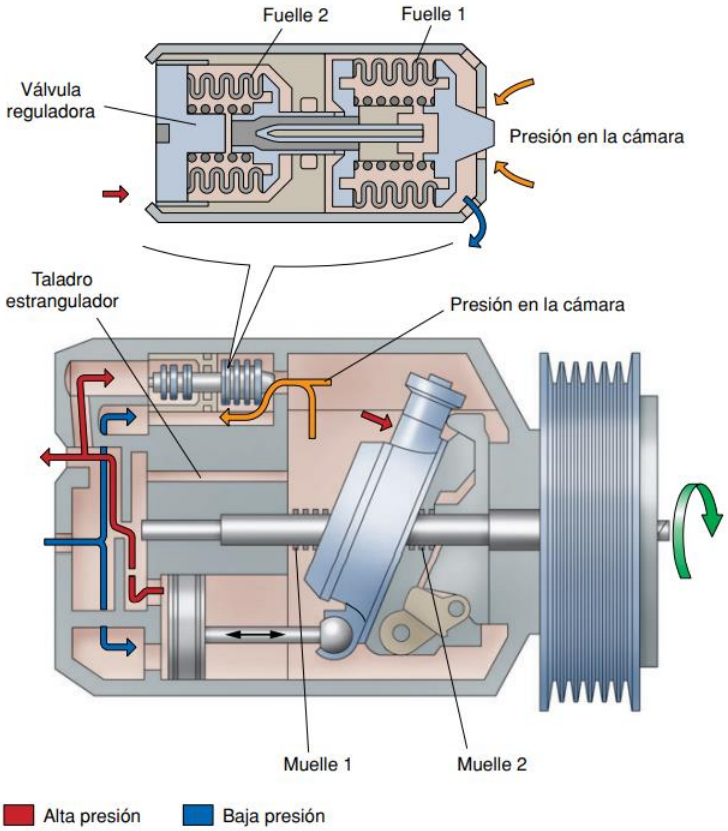


Figura 30-2: Máxima cilindrada

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 38)

- Bajo caudal impelido - Alta presión en la cámara

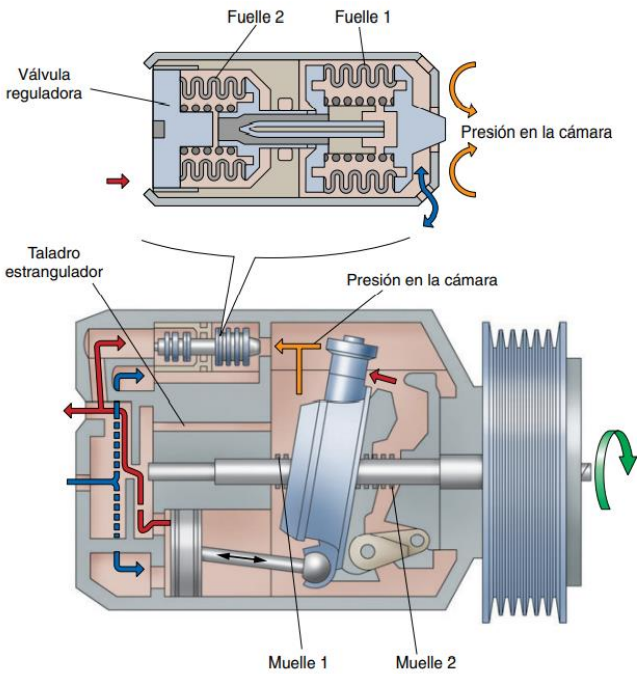


Figura 31-2: Mínima cilindrada

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 39)

2.2.25.3. *Compresores en espiral o scroll*

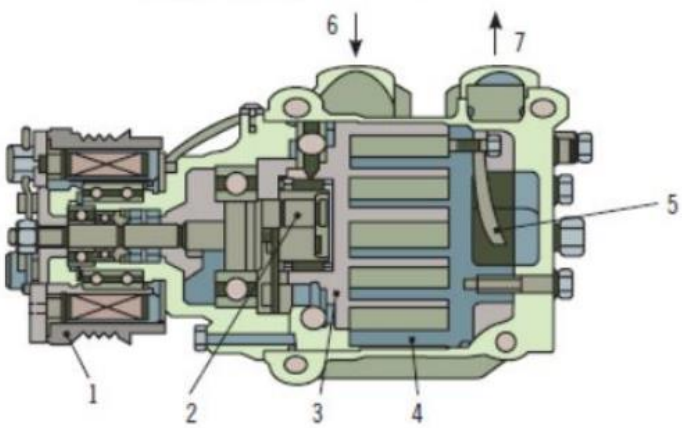


Figura 32-2: Compresor rotativo de espiral seccionado

Fuente: (ACEDO, 2014)

1 ELECTRO EMBRAGUE
2 EJE EXCÉNTRICO
3 ESPIRAL MÓVIL
4 ESPIRAL FIJA
5 VÁLVULA DESCARGA
6 ASPIRACIÓN
7 DESCARGA

(BARRERA & ROS, 2019, p. 201) Constan de un cuerpo con una espiral estática sobre la que órbita otra espiral movida por un eje. el cual, cada tres vueltas completan un ciclo de trabajo mediante un aumento de volumen, una disminución (aumento de presión) y un empuje final del fluido hacia el circuito.

Figura 33-2: Compresor en espiral

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 201)

Este tipo de compresor suele montarse en vehículos híbridos.

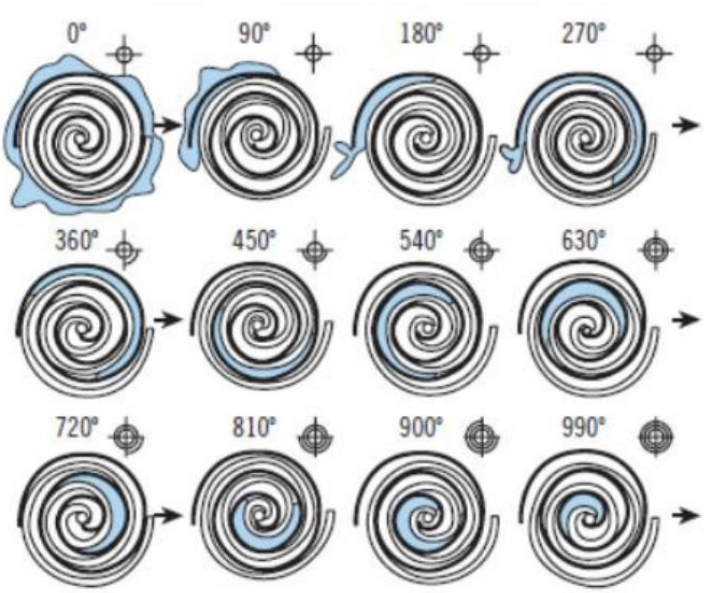


Figura 34-2: Fases de funcionamiento del compresor en espiral o scroll.

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.26. *Embrague electromagnético*

Figura 35-2: Despiece del embrague electromagnético, (1) Disco de presión, (2) Polea, (3) Bobina

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 202)

(BARRERA & ROS, 2019, p. 202), señala que el embrague electromagnético de un compresor (independientemente del tipo de compresor de que se trate) se compone de tres elementos y funciona de la siguiente forma:

- La bobina electromagnética (3), que es un elemento que no tiene movimiento y es solidario a la carcasa del compresor.

- La polea (2), que está rodeada por la correa de transmisión de movimiento del cigüeñal. Este elemento gira con unas revoluciones proporcionales al motor (la proporcionalidad viene dada por las dimensiones de las poleas del compresor y del motor), independientemente de que el embrague esté o no acoplado.

- El disco de presión (1) es solidario al eje del compresor, por lo que cuando este disco tenga movimiento, también lo tendrá el compresor, y cuando el disco esté en reposo, también lo estará el compresor

2.2.27. *Condensador*

(GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 40), describe que un condensador es un intercambiador de calor formado por serpentines tubulares con aletas para conseguir una gran superficie de refrigeración. La

función del condensador es quitar el calor del fluido refrigerante en estado gaseoso y de alta presión, convirtiéndolo en estado líquido.

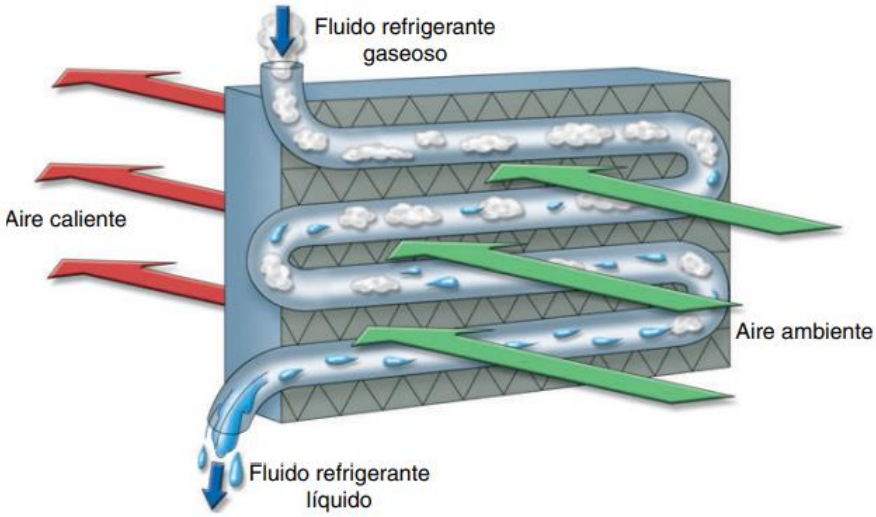


Figura 36-2: Intercambio térmico de un condensador

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 40)

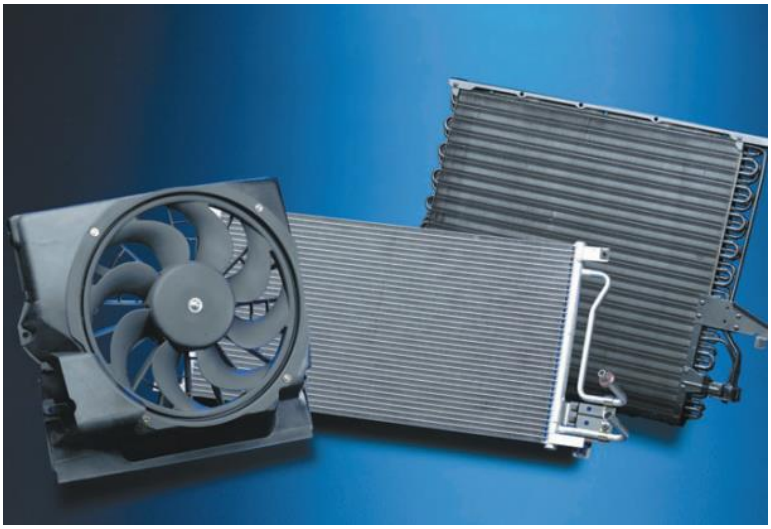


Figura 37-2: Ventilador y condensadores

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 41)

(GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 41), enfatiza que el rendimiento del condensador depende de los siguientes factores:

- El diseño constructivo (forma, tamaño, número de tubos, material).
- La temperatura ambiente.
- El caudal de aire que pasa a través de las aletas.

Un elemento que trabaja junto con el condensador es el ventilador, cuya misión es provocar un flujo de aire continuo que atraviesa el condensador. El ventilador se conecta con una velocidad inicial, pero, dependiendo de la presión interna del sistema, es posible conectar una velocidad superior o un segundo ventilador para disminuir más la temperatura (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 41).

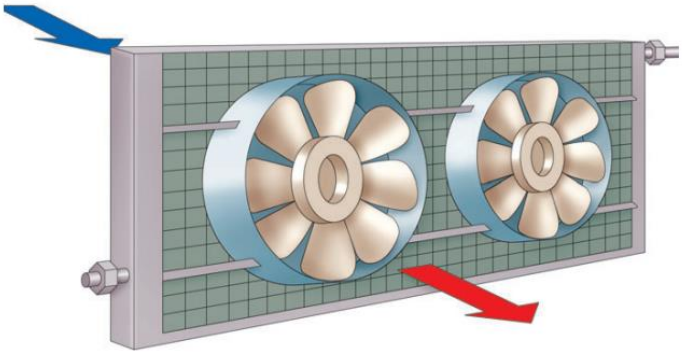


Figura 38-2: Condensador con dos ventiladores

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 41)

2.2.28. *Electroventilador*

Como dice (ACEDO, 2014), el electroventilador es el encargado de crear una corriente de aire suficiente para que el condensador ceda la temperatura a la atmósfera. La gestión del electroventilador se realiza por medio del presostato. En algunos casos se dispone de dos ventiladores, funcionando uno solo y, cuando necesita de una exigencia máxima, accionando el segundo, pero lo normal es usar uno de grandes dimensiones accionado por dos relés diferentes, uno para cada velocidad.

La ubicación del electroventilador es: en primera instancia del circuito, para recibir el aire de la atmósfera, y justo delante del condensador.

Figura 39-2: Electroventilador doble y simple

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.29. *Filtro deshidratador*

Como expresa (GONZÁLEZ, et al., 2017), el filtro secador se instala en un sistema con válvula de expansión, entre el condensador y la válvula de expansión. Es atravesado por el fluido refrigerante líquido. Realiza las siguientes funciones:

- Mantente hidratado.
- Filtra impurezas sólidas.
- Acumula refrigerante líquido para evitar burbujas de aire.

Figura 40-2: Diferentes tipos filtros deshidratadores

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 43)

(GONZÁLEZ, et al., 2017), expresa que hay que tener en cuenta que la humedad no entre en el circuito de aire acondicionado, ya que al pasar por el filtro se satura y llega a la válvula de expansión en forma de gotas de agua, donde se convierte en hielo y puede provocar atascos. Para evitarlo, introducir una sustancia capaz de absorber la humedad del refrigerante hasta saturarlo.

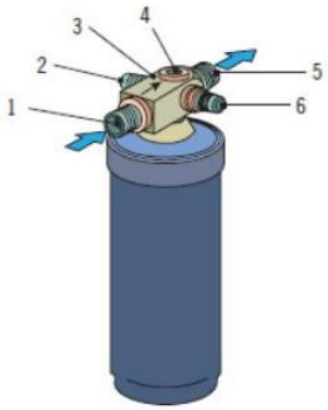


Figura 41-2: Filtro deshidratador

Fuente: (ACEDO, 2014)

1 ENTRADA DESDE EL CONDENSADOR
2 MONTAJE DEL PRESOSTATO
3 CUERPO VISOR
4 VISOR DETECTOR DEL PASO FLUIDO
5 SALIDA HACIA LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN

(ACEDO, 2014), expresa que el visor es una mirilla de cristal, que no todos los sistemas incorporan, que permite observar el paso del fluido, detectando si tiene agua, aceite o algún detalle de velocidad.

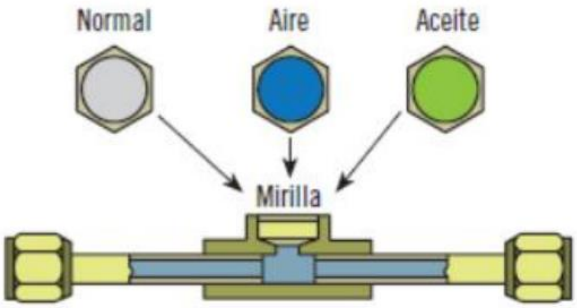


Figura 42-2: Visor del filtro deshidratador
Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.30. *Válvula de expansión*

La válvula de expansión está instalada en las tuberías de entrada y salida del evaporador y está compuesta por una unidad de ajuste del circuito de líquido y un sensor de control de la unidad de ajuste. Su función es controlar la presión y el caudal del refrigerante para obtener la máxima capacidad frigorífica del equipo (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 43).

2.2.30.1. *Válvula con regulación externa*

Desde el punto de vista de (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 43), la función que cumple la válvula con regulación externa es la siguiente:

- La válvula de expansión consta de una membrana, por un lado, sobre la membrana actúa la presión P2 del vapor que sale del evaporador, y por la parte superior, actúa la presión P1 para obtener un fluido volátil (fluido que cambia según el volumen de líquido). En cuanto a la temperatura) dentro del tubo de la sonda para obtener la temperatura entregada por la carcasa en el lado del conducto de salida del evaporador.

- Si la temperatura es relativamente alta, significa que hay muy poco líquido refrigerante en el evaporador, y P1 será alto. Si se excede P2, el resorte de ajuste cederá, haciendo que el vástago de la válvula caiga para abrir la válvula, dando así un paso mayor para el flujo de fluido refrigerante.

- Si la temperatura de salida del evaporador es baja, el fluido volátil se contrae; en este punto, P1 ya no puede vencer la fuerza del resorte regulador y la válvula cerrará el paso del fluido refrigerante.

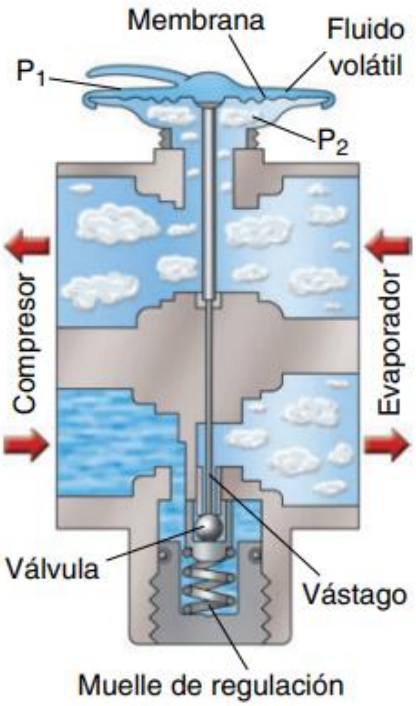


Figura 43-2: Válvula con regulación externa

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 43)

2.2.30.2. *Válvula con regulación interna*

Dicho con palabras de (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 44), la función que cumple la válvula con regulación interna es la siguiente:

- Este tipo de válvula de expansión consiste en un diafragma que es accionado por la presión del fluido volátil en una cápsula ubicada en el tubo de salida del evaporador.

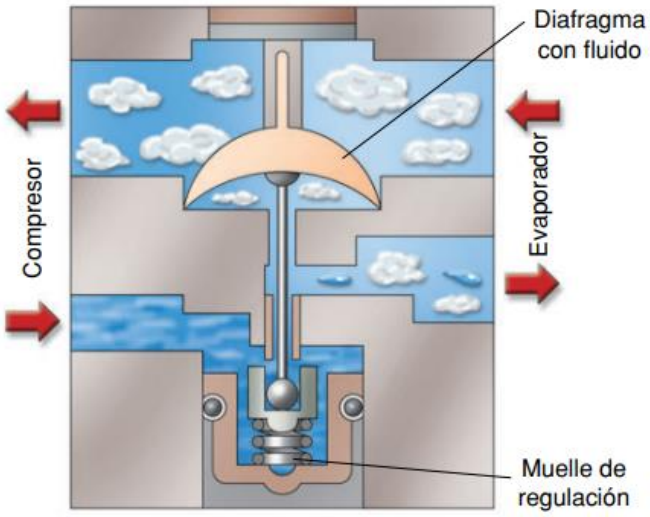


Figura 44-2: Apertura de la válvula con regulación interna

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 44)

- El volumen de fluido volátil varía según la temperatura del vapor que sale del evaporador. A través del vástago de la válvula, controla el paso del fluido refrigerante. Por lo tanto, el uso de una válvula de expansión puede controlar el rendimiento del sistema y evitar la posible congelación del evaporador.

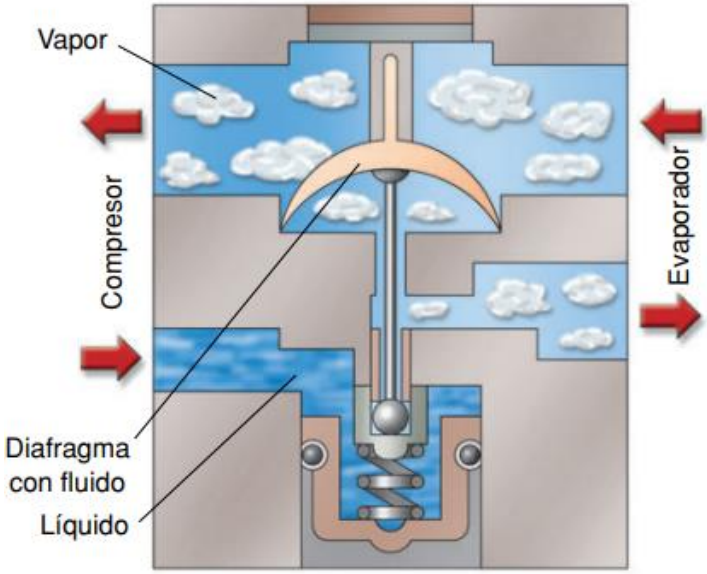


Figura 45-2. Cierre de la válvula con regulación interna

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 44)

2.2.31. *Evaporador*

(GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 44), argumenta que el evaporador es una parte integral del sistema de refrigeración que convierte el vapor saturado de la válvula de expansión en vapor sobrecalentado, que se encuentra dentro de la unidad de aire acondicionado. La función del evaporador es enfriar, secar y purificar el aire que ingresa al habitáculo.

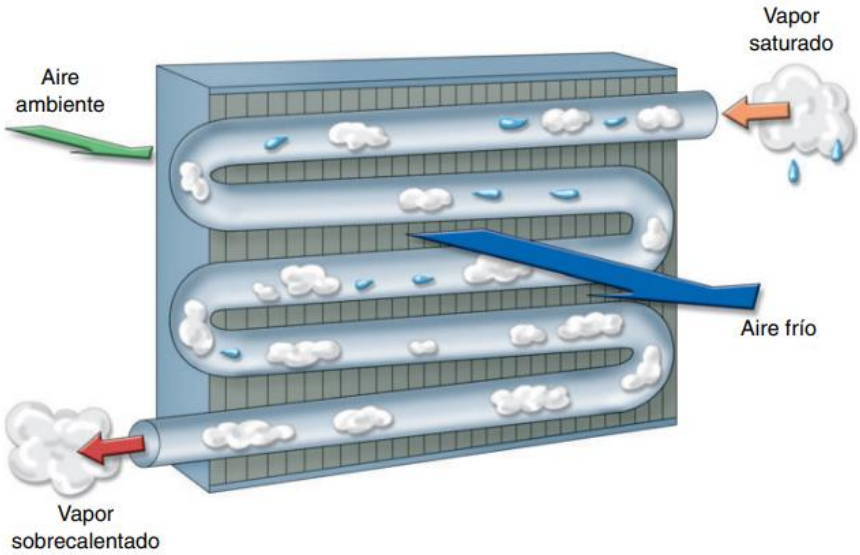


Figura 46-2: Evaporador

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 45)

Dentro del evaporador la temperatura del fluido refrigerante aumenta debido a la absorción de calor, provocando que se transforme en vapor sobrecalentado y partículas líquidas a eliminar (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 44).

2.2.32. *Circuito con estrangulador*

(GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 46), describe el circuito con estrangulador como puede verse en la imagen, la única diferencia es que el filtro secador se reemplaza por un tanque de recolección, que va al circuito de baja presión, y la válvula de expansión también se reemplaza por un orificio fijo o válvula de mariposa.

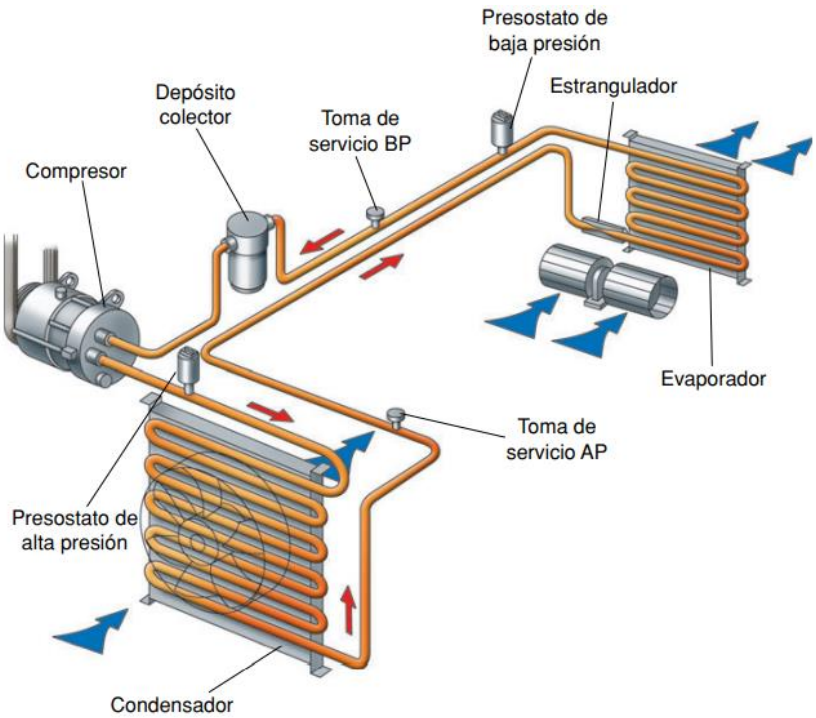


Figura 47-2: Circuito con estrangulador

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 46)

2.2.32.1. *Estrangulador*

Como expresa (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 46), es un catéter calibrado que permite el paso de una determinada cantidad de líquido.

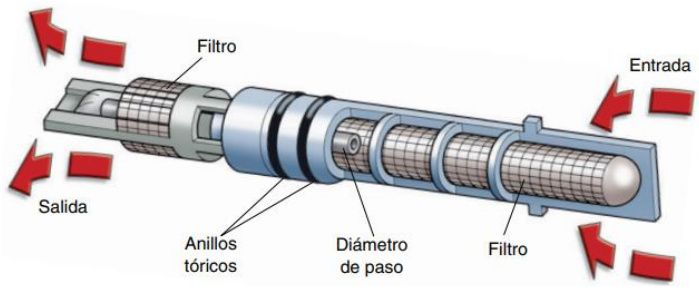


Figura 48-2: Tubo de orificio fijo

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 46)

En el lado de alta presión, mantiene la presión, manteniendo así el fluido líquido. Tiene un orificio en su interior, de pequeña sección, por el que circula el refrigerante; a la salida de la válvula de mariposa, el fluido se expande, por lo que la presión desciende, mientras experimenta un enfriamiento considerable (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 47).

2.2.32.2. *Depósito colector*

En los sistemas de aire acondicionado que tienen un tubo de orificio fijo (válvula de mariposa) en lugar de una válvula de expansión, el filtro secador se reemplaza por un tanque de recolección, similar al anterior, pero instalado entre el evaporador y el compresor (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 47).

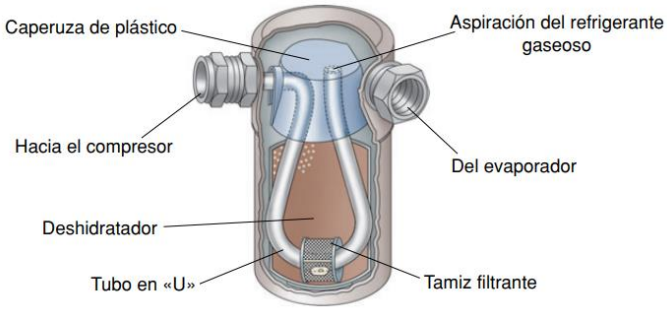


Figura 49-2: Depósito colector

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 47)

2.2.33. ***Tuberías y válvulas***

Se utiliza un tubo flexible, que consta de una capa interior de nailon cubierta con una trenza de algodón y una capa exterior de cloruro de butilo que evita que la humedad entre en el circuito (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 45).

Figura 50-2: Válvula rápida para R134a

Fuente: (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 45)

Las válvulas de servicio para llenado, vaciado y verificación de presión están ubicadas una en el lado de alta presión y otra en el lado de baja presión, generalmente al alcance del operador del taller (GONZÁLEZ, et al., 2017, p. 45).

2.2.34. *Racores*

Racor proviene del francés “raccord” y significa: pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso. Sirve para unir los tubos cilíndricos o unir tubos con componentes del circuito (ACEDO, 2014).

Figura 51-2: Racor

Fuente: (ACEDO, 2014)

Según (BARRERA & ROS, 2019, p. 212), los racores que monta el equipo de carga se pueden apreciar en la Figura (a y b), siendo claramente diferenciables por el color y el tamaño:

El racor de baja presión (a) es azul y de menor tamaño, mientras que el racor de alta presión (b) es rojo y de mayor tamaño.

Figura 52-2: Racores (a) baja presión, (b) alta presión

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 212)

El racor de baja presión (c), tiene menor diámetro, está ubicado en la cañería de baja presión de mayor diámetro.

Figura 53-2: Racor (c) baja presión

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 212)

El racor de alta presión (d y e), tiene mayor diámetro, se encuentra ubicado en la cañería de alta presión de menor diámetro.

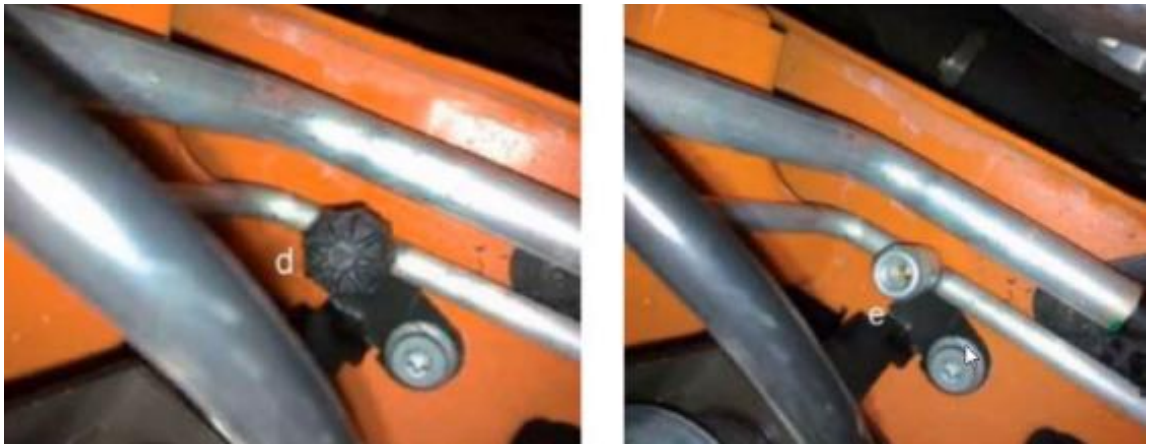


Figura 54-2: Racor (d y e) alta presión con y sin tapón.

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 212)

2.2.35. *Filtros*

2.2.35.1. *Filtros de partículas*

El aíre que entra en el habitáculo está contaminado por el ambiente, por tanto, se debe purificar lo máximo posible para que se alcancen las condiciones de confort necesarias. Para conseguirlo, los sistemas de climatización de los vehículos están dotados de un filtro de partículas en el ingreso del aire proveniente del exterior (ACEDO, 2014).

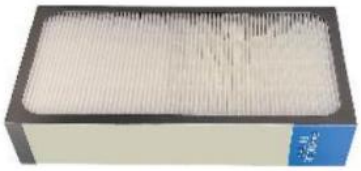


Figura 55-2: Filtro de partículas

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.35.2. *Filtro de carbón activado*

Se usa para frenar ciertos gases irritantes, corrosivos y olores que se encuentran en el ambiente (ACEDO, 2014).

Figura 56-2: Filtro de carbón activado

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.35.3. *El filtro de plasma y el filtro de polen*

Su función entre ellos y con los anteriores, solo que estos dos últimos filtran el polen, * pelos de animales, ácaros, etc. (ACEDO, 2014).

Figura 57-2: Filtro de plasma y el filtro de polen

Fuente: (ACEDO, 2014)

2.2.36. *Circuito de aire acondicionado en el vehículo*

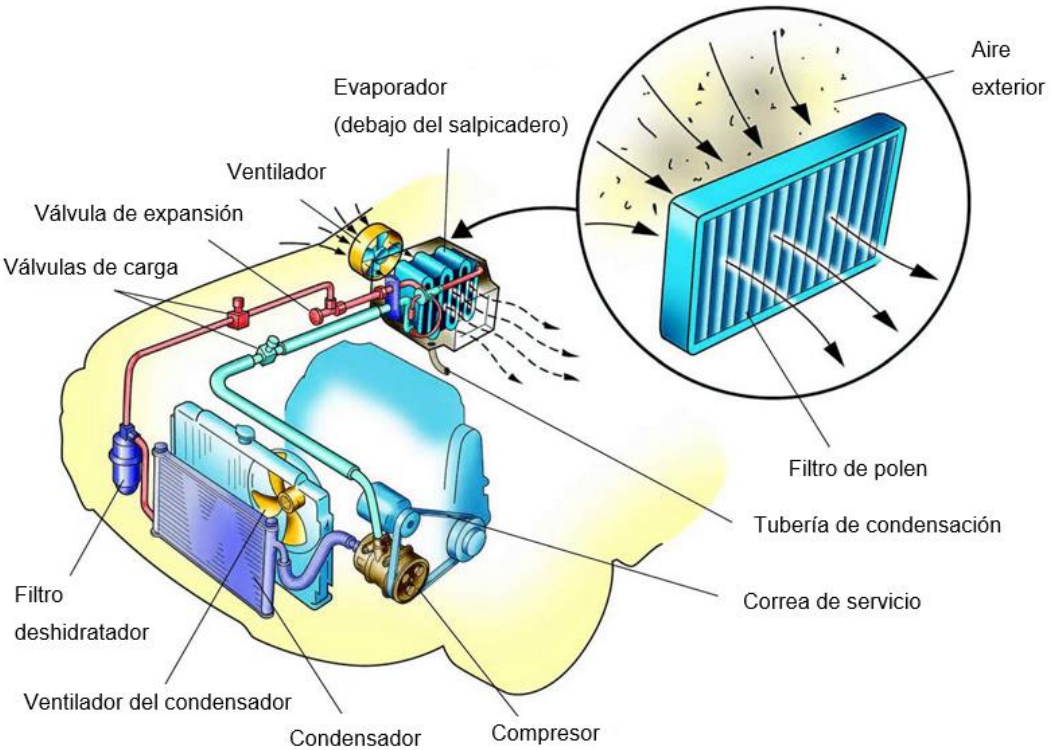


Figura 58-2: Componentes del aire acondicionado del vehículo

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019)

2.3. Marco Legal

2.3.1. *Impacto medio ambiental por el uso de refrigerantes y su normativa*

Vamos a conocer los intentos de cambiar la polución ambiental por parte de todos los países, pues cada vez más se quiere conseguir que el planeta sea afectado lo menos posible por la acción del hombre. Reglamentaciones europeas y españoles; aprendiendo algunas de sus leyes, normas o reglas más importantes, para las cuales los fabricantes de productos no paran de innovar y formarse para cumplir las reglamentaciones ya aprobadas.

2.3.1.1. *Cambio climático*

En teoría, el cambio climático se refiere a los cambios climáticos en la historia climática registrada a escala global, que resultan en cambios en los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitación, nubosidad, etc.

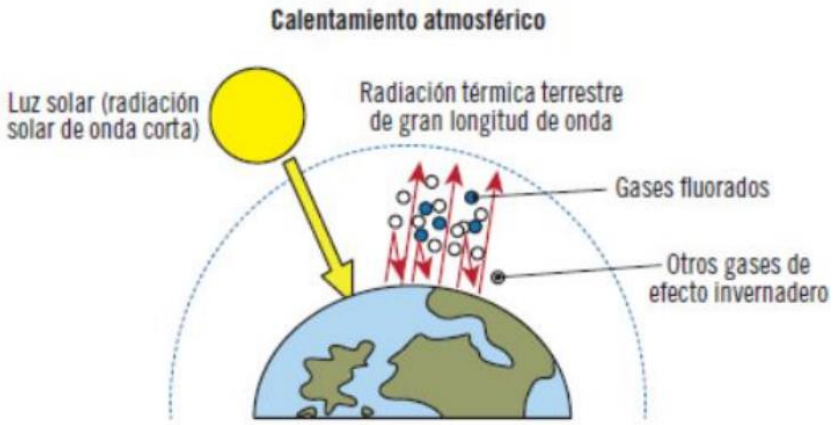


Figura 59-2: Calentamiento atmosférico

Fuente: (ACEDO, 2014)

La capa de ozono es la región entre los 15 y los 36 kilómetros de la estratosfera donde el ozono se produce naturalmente por la radiación ultravioleta (UV) del sol (BARRERA & ROS, 2019, p. 180).

2.3.1.2. *La capa de ozono*

La capa de ozono protege a los seres vivos de las radiaciones UV más dañinas que provocan graves quemaduras en la piel. La capa de ozono, a su vez, permite el paso de la radiación ultravioleta cercana, lo que permite que las plantas realicen la fotosíntesis (BARRERA & ROS, 2019, p. 180).

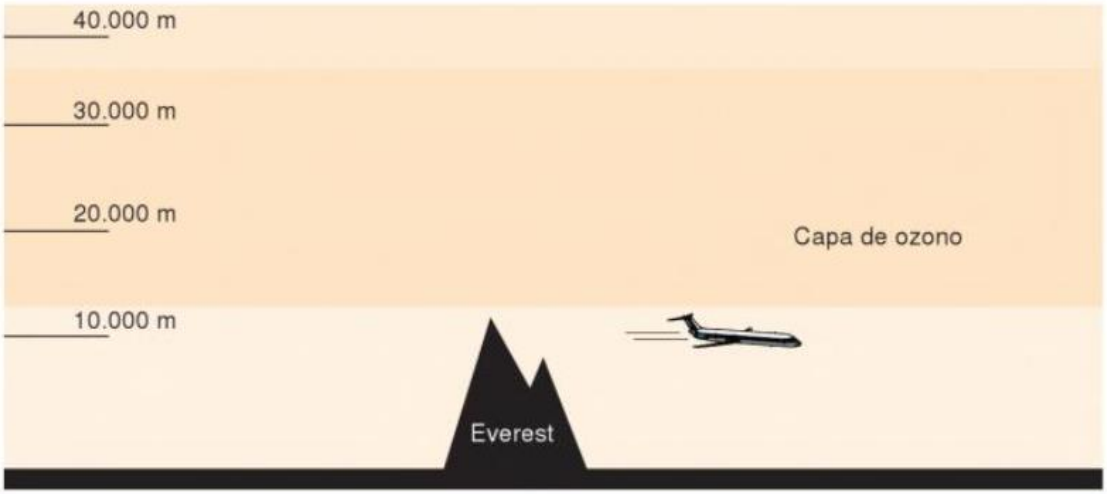


Figura 60-2: Capa de ozono entre 15.000 - 36.000 m de altitud

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 180)

De hecho, como se muestra, la radiación ultravioleta produce ozono, así como su destrucción, pero existe un equilibrio dinámico entre estos dos fenómenos, lo que permite que exista una capa de ozono constante y suficiente (BARRERA & ROS, 2019, p. 180).

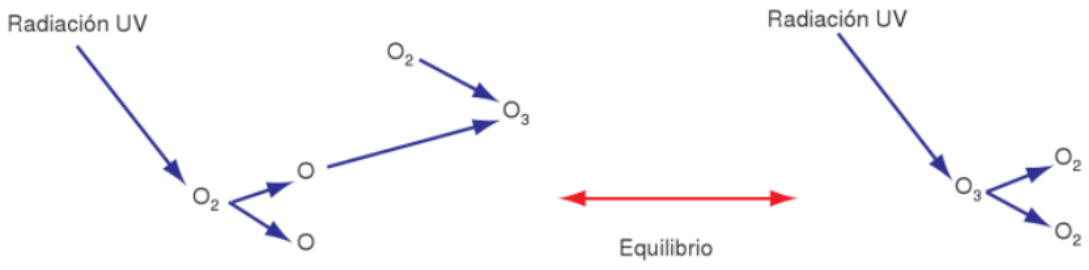


Figura 61-2: Formación y destrucción del ozono a causa de la radiación UV

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 181)

- Creación de ozono:

Cuando la luz ultravioleta choca con las moléculas de oxígeno: hacen que las moléculas de oxígeno se dividan, creando dos átomos de oxígeno individuales. Cada uno de estos átomos de oxígeno reacciona espontáneamente para formar moléculas de O3 (ozono) cuando se encuentran con una molécula de O2 (BARRERA & ROS, 2019, p. 181).

- Destrucción de ozono:

Cuando la radiación UV choca con una molécula de ozono (O3), rompe los enlaces internos, creando una molécula de O2 y un átomo de O aislado; este átomo libre regenera el ozono cuando se encuentra con una molécula de O2 (BARRERA & ROS, 2019, p. 181).

(BARRERA & ROS, 2019, p. 181), da a conocer acerca del principal enemigo de la capa de ozono:

Este proceso de equilibrio es tan valioso para proteger la vida en la Tierra que su principal enemigo son los CFC.

El CFC (clorofluorocarbonato) es un gas que se ha utilizado en los sistemas de refrigeración industriales y de automoción durante décadas. También se han utilizado compuestos de hidroclorofluorocarbonato (HCFC), aunque en menor medida, pero también son perjudiciales para el ozono.

Cuando los gases CFC se liberan a la atmósfera, la acción de la radiación ultravioleta descompone las moléculas liberando cloro. El cloro es una molécula ligera que sube a las alturas de la capa de ozono, donde se comporta como la radiación ultravioleta, pero solo descomponiendo las moléculas de ozono. Un átomo de cloro puede descomponer unas 10.000 moléculas de ozono. El uso de gases refrigerantes clorados ahora está completamente prohibido

2.3.1.3. *Calentamiento global*

Se conoce como efecto invernadero a la propiedad que tienen los gases antes mencionados (gases de efecto invernadero) de retener parte de la energía liberada por el suelo a medida que éste ha sido calentado por la radiación solar (BARRERA & ROS, 2019, p. 181).

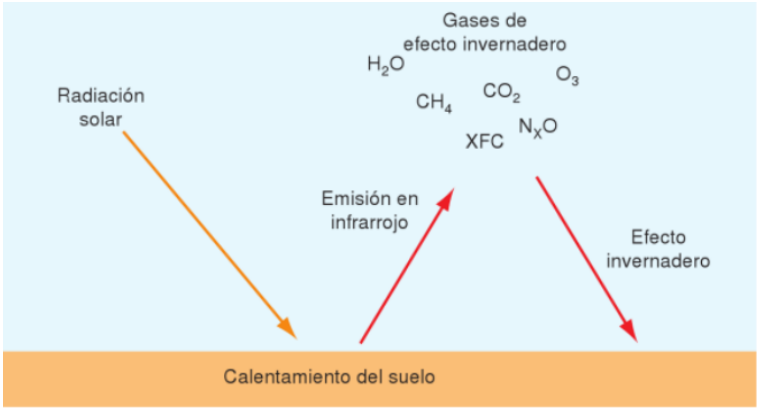


Figura 62-2: Efecto invernadero

Fuente: (BARRERA & ROS, 2019, p. 182)

2.3.2. ***Protocolos de Kioto y de Montreal***

Como señala (ACEDO, 2014), el Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático es un protocolo de la CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) y un acuerdo internacional para reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global: dióxido de carbono (CO_2), gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), además de tres gases de producción industrial fluorados: hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Este protocolo fue inicialmente aceptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón; aunque no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005 (ACEDO, 2014).

Todos los nuevos modelos que han salido al mercado a partir de 2017 deben instalar un gas refrigerante que tiene un bajo índice GWP (inferior a 150) actualmente los gases elegidos son el

HF0-1234yf o el R744 (no fluorado), pero esta decisión está sujeta a cambios. El Real Decreto 115/2017, de 17 de febrero y la directiva europea 2006/40/CE, añaden nuevas condiciones a las antiguas normativas y afecta a todos los modelos nuevos del mercado matriculados a partir del 1 de enero de 2017 (BARRERA & ROS, 2019, p. 182).

- El Protocolo de Montreal del 17 de septiembre de 1987, que prohibía el uso de gases refrigerantes clorados (CFC y HCFC) (BARRERA & ROS, 2019, p. 182).

- El Protocolo de Kioto en 1997, y luego Copenhague en 2009, Kangkang en 2010 y Río en 2012, comprometieron a los signatarios a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (BARRERA & ROS, 2019, p. 182).

Para cada país, todos estos tratados internacionales se han cristalizado en leyes y reglamentos que regulan el uso de gases refrigerantes. En concreto, en España, el Reglamento (CE) 842/2006, el Reglamento (CE) 1005/2009 y el Real Decreto 795/2010 son leyes de obligado cumplimiento que regulan el uso, mantenimiento y recogida de gases refrigerantes (BARRERA & ROS, 2019, p. 182).

2.3.2.1. *Certificado para la manipulación*

De acuerdo con (BARRERA & ROS, 2019, p. 183), el certificado acreditativo de la competencia para la manipulación de sistemas frigoríficos para profesionales son:

- Procedimientos que realicen, ya sean:

a) Instalación.
b) Mantenimiento o inspección, incluyendo control de fugas, carga y recuperación de refrigerantes fluorados.
c) Eliminación de envases de gas.

- Relevante para los sistemas de refrigeración que utilizan refrigerantes fluorados en cualquier forma de transporte de personas o bienes, que no sean ferrocarriles, barcos y aeronaves, incluida la maquinaria móvil para fines agrícolas o industriales.

- Las Comunidades Autónomas deben designar los organismos competentes para la certificación profesional y autorizar los centros de formación.

- A partir del 4 de julio de 2011, en función de la actividad que realicen, todas las personas de la lista anterior deberán estar en posesión de un certificado.

2.3.2.2. *Obligaciones sobre equipos y uso de gases fluorados*

Teniendo en cuenta a (BARRERA & ROS, 2019, p. 184), las obligaciones que hay que tener en cuenta sobre los equipos y uso de los gases fluorados son las siguientes:

- La normativa europea establece que todos los operadores deberán evitar las fugas de gases fluorados de efecto invernadero y subsanar lo antes posible las fugas detectadas.

- La recuperación de los gases fluorados de los equipos de refrigeración o climatización y su correcta gestión son obligatorias.

- En el caso de los CFC (R12, R11, etc.), si bien las máquinas que todavía los contengan se pueden seguir usando, no se pueden recargar con estos gases, ni siquiera reciclarlos y volverlos a cargar in situ. En caso de que sea necesario intervenir en el circuito y extraer el gas, se debe recuperar y entregar al gestor de residuos para su destrucción.

- Deberán mantenerse registros en aquellos equipos que contengan 3 kg de gases fluorados.

- Todo sistema que contenga HFC que se comercialice deberá llevar una etiqueta, al menos en español, que indique lo siguiente:

- Que contiene gases fluorados de efecto invernadero según el Protocolo de Kioto.
- Nombres químicos abreviados de los gases de efecto invernadero.
- Cantidad de gases fluorados de efecto invernadero en kilogramos.

2.3.2.3. *Utilización de refrigerantes alternativos*

(ACEDO, 2014), da a conocer que hace unos años, en el sector automotor se utilizaba un gas llamado R-12, un refrigerante muy dañino para la capa de ozono, pues lleva una cantidad muy alta de cloro. Investigando este refrigerante se llegó a la conclusión de que 1 kg del mismo causaba el mismo efecto invernadero que 4.000 toneladas de CO_2, por lo tanto, desde el 1 de julio de 1998 está prohibido el almacenamiento de refrigerante R-12, así como su uso en sistemas de aire acondicionado.

Sin embargo, a partir del 1 de enero de 2011 entró en vigor la nueva Directiva de Aprobación 2006/40/CE, los fabricantes de vehículos, de equipos de aire acondicionado y los laboratorios fabricantes de fluidos refrigerantes han comenzado la carrera en busca del refrigerante capaz de sustituir al actual R-134a. Los gases que están en estudio son el R-1234yf, el R-744 y el R-152a, y todos ellos tienen un potencial de calentamiento global <150 (ACEDO, 2014).

2.3.2.4. *Protocolo de Kioto*

Según (CALM, 2008, p. 1127), el Protocolo de Kioto, de conformidad con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (United Nations Framework Convention on Climate Change / UNFCCC), establece objetivos vinculantes para las emisiones de gases de efecto invernadero basados en equivalentes calculados de dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, HFC, perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (Protocolo de Kioto, 1997). No aborda las Sustancias que Agotan la capa de Ozono (SAO) cubiertas por el Protocolo de Montreal, aunque algunas también son gases de efecto invernadero muy potentes.

Las leyes y reglamentos nacionales para aplicar el Protocolo de Kioto difieren, pero suelen prohibir las emisiones evitables de refrigerantes HFC y PFC y, en algunos países, también controlan o gravan su uso. Las medidas más recientes (adoptadas o propuestas) a nivel regional, nacional, estatal y municipal son más estrictas (CALM, 2008, p. 1127).

De acuerdo con (VERMA, et al., 2013, p. 302), el protocolo de Kioto tiene como objetivo la eliminación progresiva de las sustancias que provocan el calentamiento global. Y el R134a se utiliza en los frigoríficos domésticos y otros sistemas, ya que se identificó como sustituto del CFC-12, teniendo en cuenta su nulo potencial de agotamiento de la capa de ozono. El R134a tiene un potencial de calentamiento global de 1300 por 100 años, que es muy alto.

La venta de R134a notificada a Estudio de Aceptabilidad Medioambiental de los Fluorocarbonos Alternativos (Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study / AFEAS) entre 1970 y 2003 ha aumentado significativamente durante las dos últimas décadas. El aumento de las emisiones de R134a a la atmósfera está incrementando constantemente la concentración de gases de efecto invernadero a través de las fugas y, sobre todo, de forma indirecta, a través del rendimiento energético de las instalaciones de refrigeración. Esto provocará un problema climático adverso. Por ello, el R134a es uno de los seis productos químicos de la "cesta" que se eliminarán en un futuro próximo en virtud del protocolo de Kioto (VERMA, et al., 2013, p. 302).

2.3.2.5. *Protocolo de Montreal*

De acuerdo con (PNUMA, 2016), en septiembre de 1987, representantes de 46 países se reunieron en Montreal para acordar el texto del primer acuerdo internacional para imponer restricciones a la producción y consumo de sustancias químicas clave que destruyen la capa protectora de ozono de la Tierra.

(VERMA, et al., 2013, p. 302), argumenta que, en la conferencia del programa de medio ambiente de las Naciones Unidas celebrada en Montreal en septiembre de 1987, se tomó la decisión de eliminar progresivamente las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) en un plazo determinado, se conoce como Protocolo de Montreal. Algunas de las características son las siguientes:

1) Los países desarrollados eliminarán los CFC antes de 1996.

2) Los países en desarrollo eliminarán los CFC antes de 2010, con una congelación en 1999 y una reducción gradual a partir de entonces. Los países desarrollados eliminarán los HCFC antes de 2030, mientras que los países en vías de desarrollo disponen de un periodo de gracia de diez años, es decir, la eliminación se producirá antes de 2040.

3) El calentamiento global es otro problema grave. Algunas sustancias naturales lo provocan principalmente, pero los CFC tienen un gran potencial de calentamiento global.

El objetivo del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono es proteger la capa de ozono mediante la eliminación de la producción y el consumo de casi 100 productos químicos industriales denominados SAO, incluidos los clorofluorocarbonos (CFC), los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los halones, el bromuro de metilo, el tetracloruro de carbono y el metilcloroformo. Según el tratado, los países en desarrollo y desarrollados tienen responsabilidades similares pero diferenciadas, pero lo más importante es que ambos grupos tienen compromisos vinculantes, medibles y de duración determinada. Hasta la fecha, las partes del Protocolo han eliminado el 98 % de su consumo de SAO (PNUMA, 2015, p. 15).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diagrama de etapas del proyecto

Nuestro proyecto se divide en las siguientes etapas: (1) Identificación del problema, (2) Búsqueda y selección de la información, (3) Alternativas de solución, (4) Desarrollo del proyecto, (5) Implementación y (6) Evaluación, las mismas que se detallan en el diagrama de flujo:

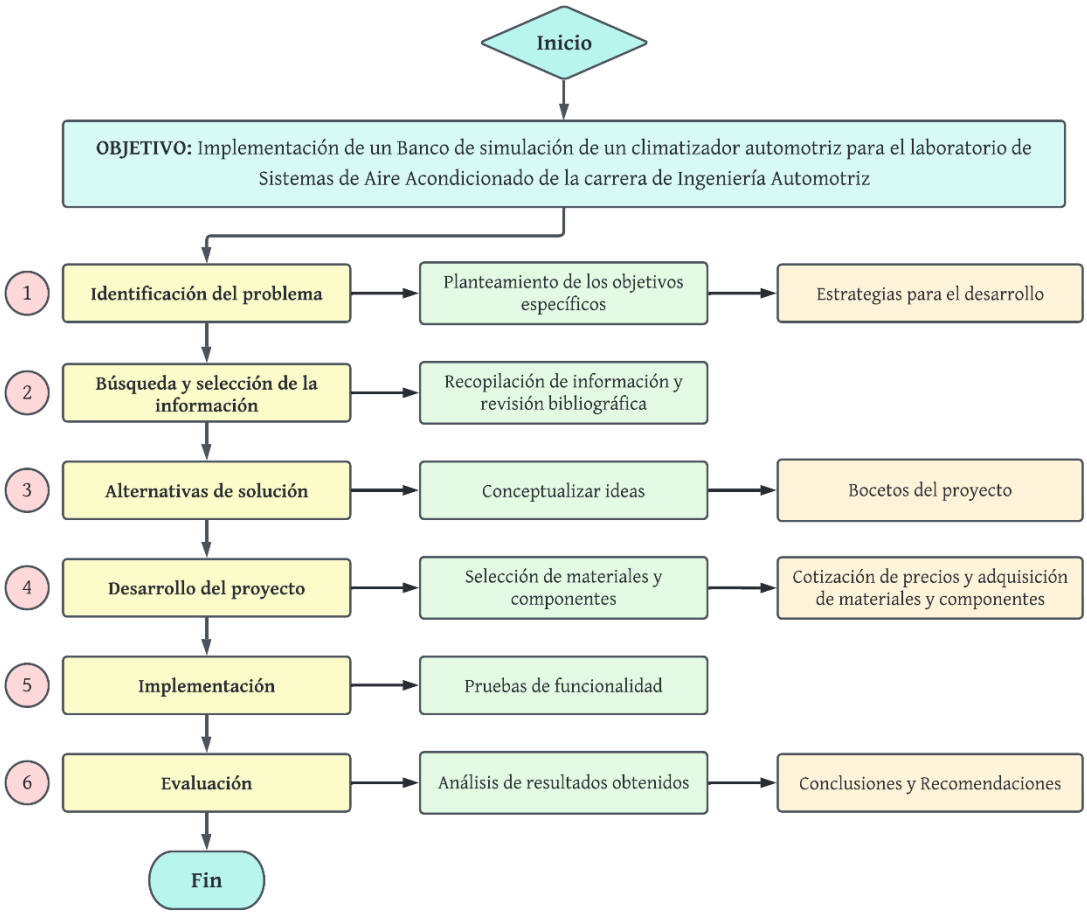


Figura 63-3: Diagrama de flujo de las etapas del proyecto

Realizado por: Vega B. 2021

3.2. Metodología de investigación a realizar

El presente proyecto técnico aplica como principal método de investigación:

- Investigación bibliográfica - documental:

Con este tipo de investigación se profundiza en cada tema teórico a través de la revisión de diferentes recursos bibliográficos como: libros, revistas científicas, artículos científicos, videos y otros recursos, que ayudan a sustentar los temas tratados.

Además, el proyecto está sujeto a los siguientes tipos de investigación:

3.2.1. *Tipos de investigación*

- Método de investigación cuantitativa:

Se sigue un orden cronológico en los procesos para la implementación del banco de simulación, además de la medición de varios parámetros necesarios que ayudarán a conseguir los resultados de acuerdo con los objetivos planteados.

- Método de investigación inductivo-deductivo:

En este método se basa en ir de lo general (de las leyes y teorías) a lo específico (a los datos obtenidos) y viceversa.

- Método histórico comparativo:

Este método es muy relevante, ya que junto con la investigación bibliográfica - documental ayudan a seleccionar los trabajos de investigación necesarios, que sirven como guía para elaborar nuestro trabajo de titulación, comparando lo que ya está implementado con lo propuesta a elaborar, tomando ciertas ideas para construir y mejorar nuestro proyecto.

- Método analítico - sintético:

Se realiza un análisis del sistema de aire acondicionado automotriz mediante la descomposición del sistema en sus componentes principales, para luego estudiarlos de forma individual y de forma conjunta, y de esta manera comprender el funcionamiento del sistema.

- Investigación descriptiva:

Aquí se describen todos los procesos físicos que se producen, de manera individual en cada uno de los componentes, como en conjunto al estar acoplados todos los componentes y dar funcionalidad al sistema de aire acondicionado automotriz.

- Investigación experimental:

Ya que se trata de un proyecto de carácter técnico, como es la simulación de un sistema de aire acondicionado vamos a trabajar con diferentes variables y principios físicos, que, a su vez, se basan en las transformaciones que tienen lugar en el freón contenido en el sistema y las propiedades físicas del freón involucrado en estos procesos, y por lo tanto vamos a experimentar con valores de varios parámetros, y validarlos para corroborar que el sistema funciona de manera correcta.

- Investigación de campo:

El proyecto se lleva a cabo de forma regular en el taller de Refrigeración y Aire Acondicionado Automotriz en la cuidad de Riobamba, para trabajar en la implementación del banco de simulación, observando e interactuando en todo momento con los procesos de construcción del proyecto, desde la adquisición de los componentes y materiales hasta la construcción y puesta en marcha del mismo.

3.2.2. *Matriz metodológica*

Tabla 8-3: Matriz metodológica

Objetivo	Pregunta	Metodología	Técnica	Herramienta
Recopilar información acerca del sistema de aire acondicionado automotriz, mediante revisiones bibliográficas e investigación de artículos científicos, manuales y trabajos de titulación, para conocer a detalle todo lo concerniente al funcionamiento del sistema y sus componentes.	- ¿Qué es y cómo funciona un sistema de aire acondicionado automotriz? - ¿Cuáles son los componentes de un sistema de aire acondicionado automotriz?	- Bibliográfica – documental - Histórico comparativo	- Búsqueda de información en libros, revistas y artículos científicos, videos e imágenes y otros medios	- Biblioteca virtual de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Internet

Diseñar la base del banco de simulación y los soportes de los componentes del sistema, con la ayuda de un software CAD, para su posterior elaboración.	- ¿Qué tipo de base y soportes necesito para implementar el banco de simulación?	- Experimental - De campo - Analítico - sintético	- Diseño y construcción de la base y los soportes	- Internet - SolidWorks Académico 2021 SP3.0 - Máquinas y herramientas
Ensamblar el banco de simulación, con la distribución de los principales componentes del sistema, tuberías, mandos de control y conexiones eléctricas, para realizar la carga de freón R-134a de forma correcta, respetando los estándares de seguridad, y usando los equipos adecuados.	- ¿Cómo distribuir los componentes del sistema de manera sistemática? - ¿Cómo realizar las conexiones eléctricas, conexiones de las tuberías y carga del freón en el sistema?	- Experimental - De campo - Inductivo - deductivo - Cuantitativo	- Inspección visual - Ensamblado de los componentes - Conexión de los circuitos eléctricos - Instalación de los mandos de control - Carga del freón	- Máquinas, herramientas, árbol de carga y equipos especializados
Realizar las pruebas de funcionalidad del banco de simulación, mediciones de temperatura y presión, verificando que el sistema este sellado herméticamente para que no existan fugas o fallas, demostrando el correcto funcionamiento.	- ¿Existe algún tipo de fuga o falla en el banco de simulación? - ¿Funciona correctamente el banco de simulación?	- Experimental - De campo - Descriptiva - Inductivo - deductivo - Analítico - sintético	- Inspección visual - Medición de parámetros - Verificar que todo esté funcionando correctamente	- Multímetro - Pirómetro - Árbol de carga - Equipos especializados
Elaborar guías de prácticas de laboratorio, estableciendo los procedimientos a seguir, para que los alumnos desarrollen conocimientos, habilidades y destrezas práctico-experimental en el banco de simulación.	- ¿Qué prácticas de laboratorio realizar y cuáles son los procedimientos que se deben seguir?	- Experimental - De campo - Descriptiva - Inductivo - deductivo - Analítico - sintético	- Inspección visual - Medición de parámetros - Completar las guías de práctica	- Multímetro - Pirómetro - Árbol de carga - Equipos especializados

Realizado por: Vega B. 2021

3.3. Cronograma (Planificación de actividades)

El cronograma ordena en el tiempo las actividades relevantes para el desarrollo de la investigación. Gran parte de estas actividades se desprende de la metodología. En general, nuestro cronograma de actividades esta presentado por un diagrama de Gantt en donde constan todas las actividades que nos planteamos y el tiempo (en semanas) propuesto para llevarlas a cabo, desde el inicio hasta su culminación.

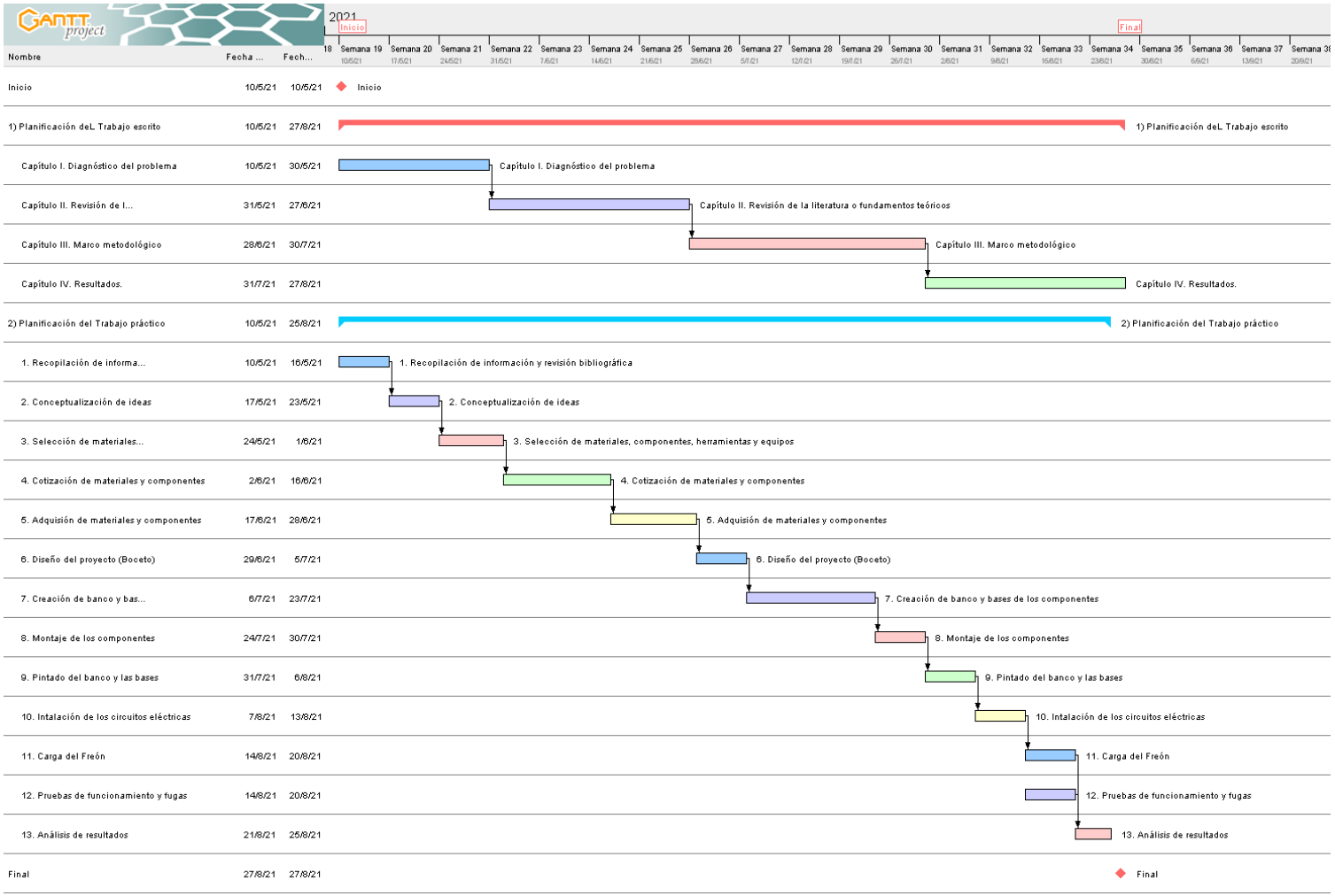


Figura 64-3: Diagrama de Gantt del cronograma de actividades

Realizado por: Vega B. 2021

3.4. Recursos y materiales

3.4.1. *Materiales y herramientas*

- Ángulos de 1 x 3/16’’ y platinas de 1 x 1/8’’
- Electrodos 6011 1/8’’
- Lijas
- Madera Triplex y MDF de 1,2 cm de espesor
- Discos de corte 4 – 1/2’’
- Garruchas
- Pernos, tuercas y arandelas
- Tapones cubre pernos
- Pintura y fondo blancos
- Cables eléctricos y canaletas para cables
- Cautín y estaño
- Tuberías de aluminio y mangueras
- Vinilo adhesivo blanco
- Silicon blanco de secado rápido
- Sierra manual
- Alicate, playo, destornilladores y juego de dados

3.4.2. *Equipos*

Tabla 9-3: Lista de equipos utilizados

Denominación	Descripción
Suelda eléctrica	220 V - 250 Amp
Bomba de vacío	110 V - 380 ml
Amoladora	220 V
Taladro	220 V
Laptop	MSI, i7 Windows 10 Home, 64bits
Multímetro digital con pinza	
Pirómetro	
Software CAD	SolidWorks Académico 2021 SP3.0
App de celular	Ref Tools – Play Store

Realizado por: Vega B. 2021

3.4.3. *Recursos Humanos*

Tabla 10-3: Recursos Humanos

Designación	Encargado
Autores del proyecto	• Brian Vega • Wilson Guanga
Tutor del proyecto Asesor del proyecto	• Ing. Johnny Pancha • Ing. Víctor Bravo
Técnico asesor del proyecto	• Tnlgo. Jorge Yautibug

Realizado por: Vega B. 2021

Tabla 11-3: Matriz de asignación de responsabilidades

Rol	Tarea	Encargado
Investigar	• Recopilación de información y revisión bibliográfica de fuentes confiables para para el desarrollo del proyecto. • Presentar informes regularmente solicitados por el tutor o asesor del proyecto.	• Brian Vega • Wilson Guanga
Planificar	• Determinar fechas concretas para la ejecución de las actividades correspondientes (detallas en el cronograma de actividades del proyecto).	• Brian Vega • Wilson Guanga
Guiar	• Ser una guía, que aporta con el conocimiento concreto para para la implementación del banco de simulación.	• Tnlgo. Jorge Yautibug
Desarrollar	• Realiza una serie de actividades y procesos en un orden cronológico, utilizando los tipos de metodología pertinentes.	• Brian Vega • Wilson Guanga
Revisión y aprobación	• Encargado de revisar informes de avances de proyecto. • Propone sugerencias y dispone si se debe hacer cambios o mejoras al proyecto, en el proceso de elaboración del mismo.	• Ing. Johnny Pancha • Ing. Víctor Bravo

Realizado por: Vega B. 2021

3.4.4. *Recursos económicos*

3.4.4.1. *Gastos directos*

Tabla 12-3: Gastos directos

No	Denominación	Costo	Cantidad	Total
1	Motor eléctrico monofásico 2 Hp	$ 186	1	$ 186
2	Compresor SANDEN 12 V	$ 200	1	$ 200
3	Condensador Gcfix 23'' x 14'' x 1,26''	$ 90	1	$ 90
4	Electroventilador de 12'', 2250 RPM, 12 V, 80W	$ 35	1	$ 35
5	Kit del evaporador Gcfix, 12V, 8,5 Amp	$ 180	1	$ 180
6	Filtro deshidratador 515-3R con interruptor	$ 35	1	$ 35
7	Presostato de baja de 0,2 MPa	$ 20	1	$ 20
8	Árbol de carga (Manómetros) R-134a	$ 100	1	$ 100
9	Tuberías de aluminio 1/2''	$ 60	1	$ 60
10	Mangueras 1/2''	$ 20	1	$ 20
11	Ángulo 1 x 3/16''	$ 10,88	3	$ 32,64
12	Platina 1 x 1/8''	$ 4,11	1	$ 4,11
13	Libra de electrodos 6011 1/8''	$ 2,10	2	$ 4,20
14	Disco de corte 4 – 1/2''	$ 1,14	3	$ 3,42
15	Un rollo de cable eléctrico 14, 16	$ 18	2	$ 36
16	Plancha de madera Triplex de 12 mm de espesor	$ 29,44	1	$ 29,44
17	Madera MDF 45 x 90 x 1,2 cm	$ 25	1	$ 25
18	Transformador de 110 a 12 V	$ 150	1	$ 150
19	Garrucha 5"	$ 9,68	4	$ 38,72
20	Un galón de pintura	$ 12,20	1	$ 12,20
21	Vinilo Adhesivo 4 x 4 m	$ 20	1	$ 20
22	Polea 5.5"	$ 9	1	$ 9
23	Maquinado del eje de la polea de 5,5''	$ 5	1	$ 5
24	Placa de mandos	$ 40	1	$ 40
25	Perno 1/4 x 1 1/2"	$ 0,50	16	$ 8
26	Perno 9/16 x 1 1/2"	$ 0,80	15	$ 12
27	Acoples para manómetro de alta y baja	$ 12	2	$ 24
28	Tapones cubre perno	$ 1	20	$ 20
29	Freón liquido R-134a 16 oz	$ 40		$ 40
30	Pago del uso de las instalaciones del taller	$ 500		$ 500
31	Cobertor del banco de simulación	$ 60	1	
Total				**$ 1999,73**

Realizado por: Vega B. 2021

3.4.4.2. *Gastos indirectos*

Tabla 13-3: Gastos indirectos

Denominación	Precio Total USD
Alimentación	$ 300
Transporte	$ 50
Arriendo de 3 meses	$ 300
Impresiones	$ 50
Otros	$ 50
Total	**$ 750**

Realizado por: Vega B. 2021

3.4.4.3. *Gastos totales*

Tabla 14-3: Gastos totales

Denominación	Precio Total USD
Costos directos	$ 1999,73
Costos indirectos	$ 750
Total	**$ 2749,73**

Realizado por: Vega B. 2021

3.5. Desarrollo del proyecto

3.5.1. *Selección de materiales*

A continuación, se mostrarán las especificaciones técnicas de los componentes principales del sistema de aire acondicionado automotriz, seleccionados para la implementación del banco de simulación.

Todos los componentes del sistema de aire acondicionado automotriz desempeñan un papel para que el sistema disipe el calor correctamente, existen dos componentes principales que son imprescindibles para el funcionamiento, el compresor y el motor son el núcleo del sistema y por ello es muy importante hacer una selección adecuada de los mismos.

3.5.1.1. *Motor eléctrico*

Para la selección del motor eléctrico se deben realizar varios cálculos en función del compresor que se va a usar en el banco de simulación, para más detalle revisar el ANEXO A.

Tabla 15-3: Especificaciones del motor eléctrico

Denominación	Descripción
Marca:	WEG
Tipo de motor:	Monofásico
Potencia:	1,5 kW (2 Hp)
Número de Polos:	4
Frecuencia:	60 Hz
Rotación nominal:	1730 RPM
Diámetro del eje:	15,87 mm
Tensión nominal:	110 / 220V
Corriente nominal:	23,4 / 11,7 Amp
Torque nominal:	0,845 Kgf.m / 8,2866 N.m

Fuente: (RODASEROS, 2020)

3.5.1.2. *Compresor*

Tabla 16-3: Especificaciones del compresor

Denominación	Descripción
Modelo:	SD5H09 con embrague electromagnético
Tipo de polea:	A
Voltaje:	12V
Diámetro del embrague:	135 mm
Anclajes:	4 orejas
Cantidad de aceite:	100 cc
Refrigerante:	R-134a
Fabricante de Compresor:	SANDEN
Conexión:	Horizontal Rotalock
Número de canales de la polea:	2
Rango de velocidad:	700 - 6500 RPM
Capacidad de enfriamiento:	5,5 kW
Polos:	4
Peso:	8 Kg

Fuente: (SANDEN, 2019)

3.5.1.3. *Filtro deshidratador*

Tabla 17-3: Especificaciones del filtro deshidratador

Denominación	Descripción
Modelo:	515-3R con interruptor
Altura:	7,9’’
Diámetro:	2,4’’
Material:	Hierro
Peso:	0,6 Kg
Tipo de artículo:	Filtro receptor secador, resistente a vibraciones
Tipo:	Acumulador / depósito de líquido (retención 15%)
Puerto de entrada y salida:	Junta tórica 3/8’’
Color:	Negro

Fuente: (ALIEXPRESS, 2016)

3.5.1.4. *Electroventilador*

Tabla 18-3: Especificaciones del electroventilador

Denominación	Descripción
Modelo:	Universal
Diámetro aproximado:	12’’
Velocidad máxima:	2250 RPM
Grosor:	2,5’’
Número de palas:	10 cuchillas
Material de hoja:	Plástico
Tensión:	12 V
Corriente:	12,7 Amp
Potencia:	80 W
Material:	ABS
Peso bruto:	1,2 Kg
Color:	Negro

Fuente: (ALIEXPRESS, 2020)

3.5.1.5. *Kit del Evaporador*

Tabla 19-3: Especificaciones del kit del evaporador

Denominación	Descripción
Modelo:	Universal
Marca:	Gcfix
Tensión:	12V
Corriente:	8,5 Amp
Potencia:	30 W
Capacidad de refrigeración aproximada:	12000 BTU / 3,5 Kw/h
Tipo de aire	Solo frío
Potencia del motor soplador:	80W
Motor del soplador:	3800 RPM
Válvula de expansión:	1,5 toneladas
Velocidad del aire:	6,5 m/s
Interruptor del soplador:	3 velocidades y controlador de termostato
Refrigerante:	R-134a
Color:	Negro

Fuente: (ALIEXPRESS, 2019)

3.5.1.6. *Condensador*

Tabla 20-3: Especificaciones del condensador

Denominación	Descripción
Modelo:	Universal
Marca:	Gcfix
Tipo:	Serpentina
Material:	Aluminio
Peso:	4 Kg
Tipo de rosca:	Macho número 6 y 8
Dimensiones:	23’’ x 14’’ x 1,26’’
Pintura:	Anticorrosiva
Color:	Negro

Fuente: (ALIEXPRESS, 2017)

3.5.2. *Bosquejo*

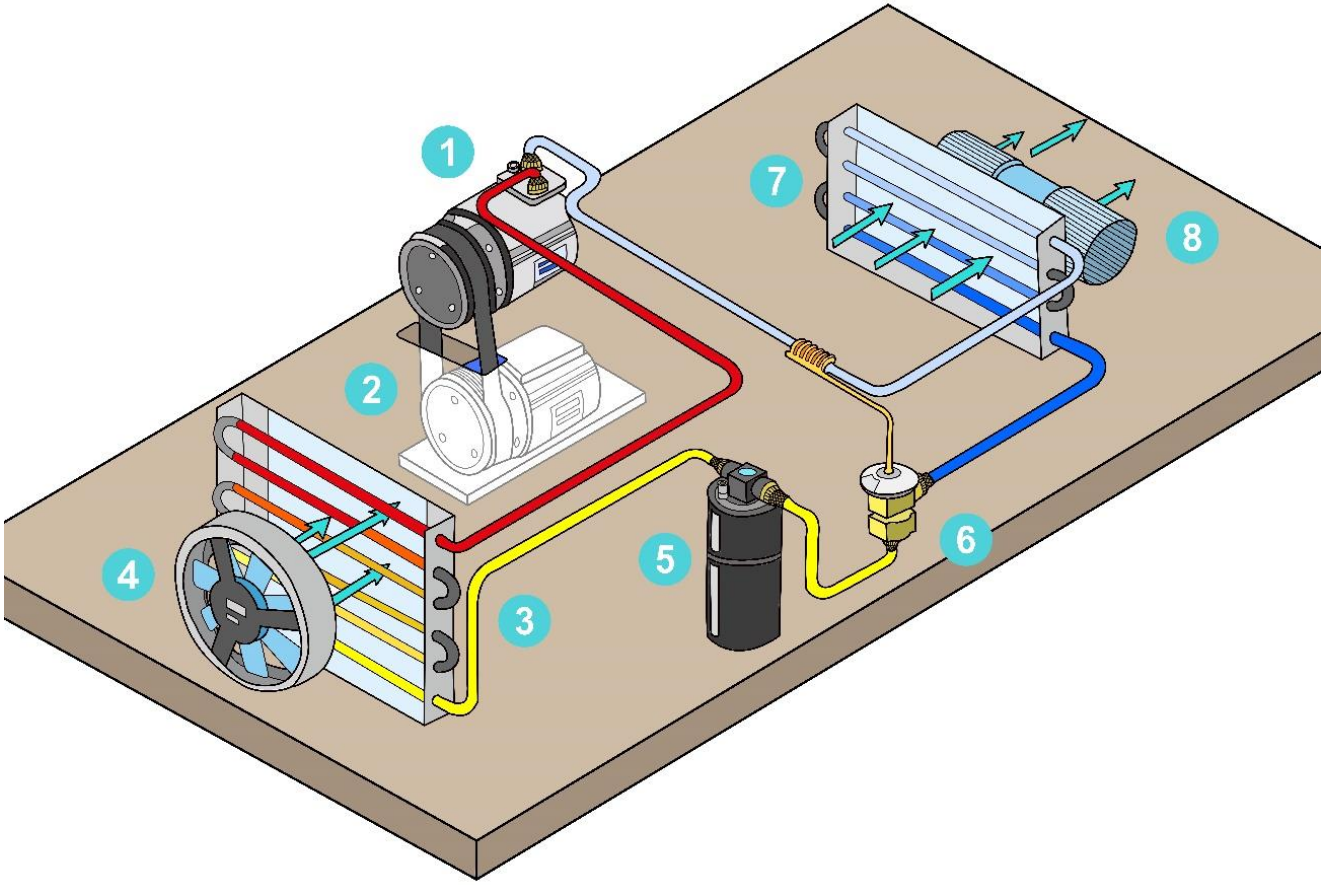


Figura 65-3: Bosquejo del banco de simulación realizado en Adobe Illustrator

Realizado por: Vega B. 2021

3.5.3. *Simulación*

Una vez adquiridos todos los componentes principales que conforman el sistema de aire acondicionado automotriz, con la ayuda de las especificaciones de los componentes y de acuerdo con el funcionamiento individual que desempeña cada uno, se puede distribuir de manera sistemática y apropiada las ubicaciones que tendrá cada componente para la implementación del banco de simulación, por medio del software CAD – SolidWorks Académico 2021 SP3.0 se realizó el modelado 3D de cómo se verá el banco de simulación, en la figura se muestra la distribución que tendrá cada componente, al igual que sus respectivas bases y soportes.

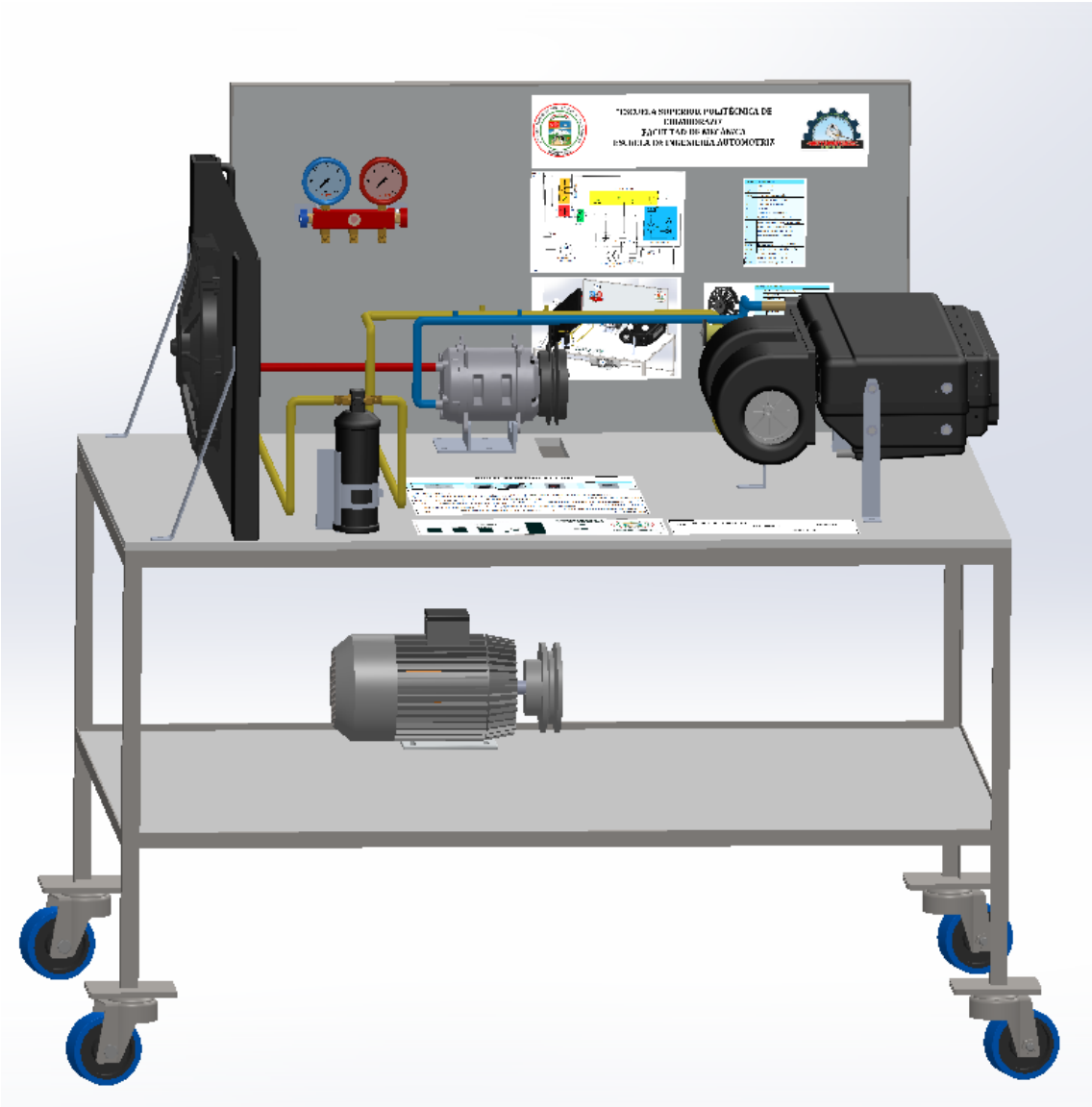


Figura 66-3: Modelado 3D del banco de simulación en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

3.5.4. *Construcción y ensamble*

3.5.4.1. *Elaboración de la base del banco de simulación*

Con la guía del modelado 3D se procedió a construir la estructura metálica de la base del banco de simulación, que tiene las siguientes dimensiones: 125 cm de largo, 60 cm de ancho y 90 cm de altura. Para la elaboración de la base se utilizó un ángulo de acero de 1 x 3/16'', primero se midió y se marcó las medidas correspondientes para realizar el corte de varios segmentos de ángulo, para ello se utilizó una amoladora y para cortar parcialmente los segmentos y formar una especie de mesa se utilizó una sierra manual, por último, para unir los segmentos se utilizó una suelda eléctrica.

Figura 67-3: Proceso del cortado del perfil con la amoladora y la sierra manual

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

Figura 68-3: Base del banco de simulación

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.2. *Elaboración de la base del compresor*

Primero tomamos las medidas de las orejas de sujeción que tiene el compresor para realizar su respectiva base, con la ayuda del software CAD – SolidWorks diseñamos la base para obtener sus dimensiones y luego poder elaborarla. Utilizaremos una plancha de metal de 0,8 cm de grosor, esta base debe ser un poco robusta y reforzada para que soporte las vibraciones que generan el motor y el compresor, marcamos las medidas que necesitamos, cortamos la plancha en tres partes con la ayuda de la amoladora dándole forma, posteriormente unimos con la suelda eléctrica y con un taladro realizamos agujeros que servirán para sujetar a las orejas del compresor y a la base de la base de la estructura.

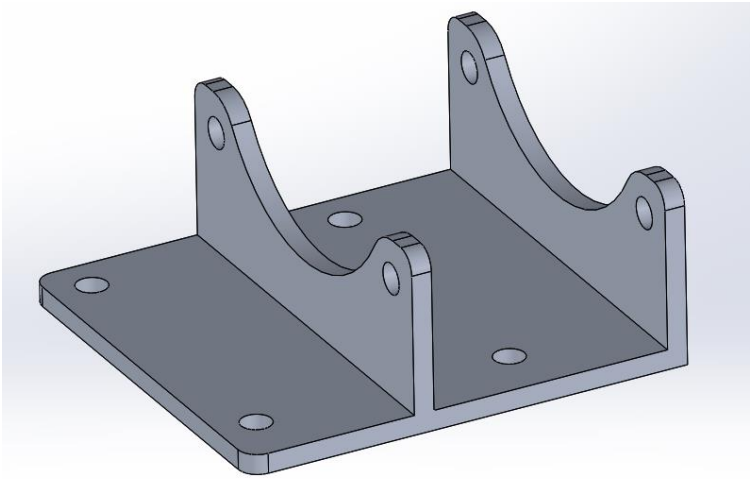


Figura 69-3: Modelado de la base del compresor en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

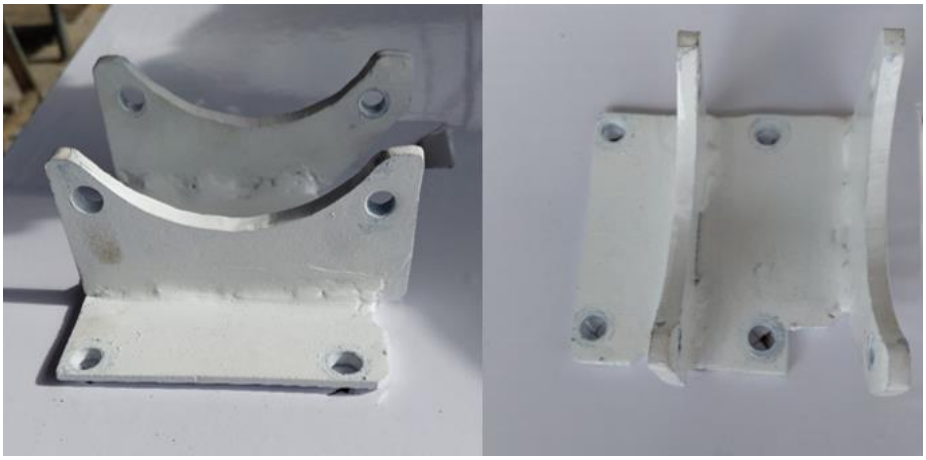


Figura 70-3: Base para el compresor

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.3. *Elaboración de la base con abrazadera del filtro deshidratador*

Tomando como dato el diámetro del filtro deshidratador diseñamos con el software CAD SolidWorks una base con una abrazadera que sujete al filtro impidiendo su movilidad. Utilizaremos una platina de 1 x 1/8'', cortamos con la amoladora un pequeño segmento y con la ayuda de la suelda la uniremos con la abrazadera, con mucho cuidado evitando que se dañe la abrazadera que está hecha de metal delgado y finalmente con un taladro haremos agujeros para sujetar el filtro en la base de la estructura.

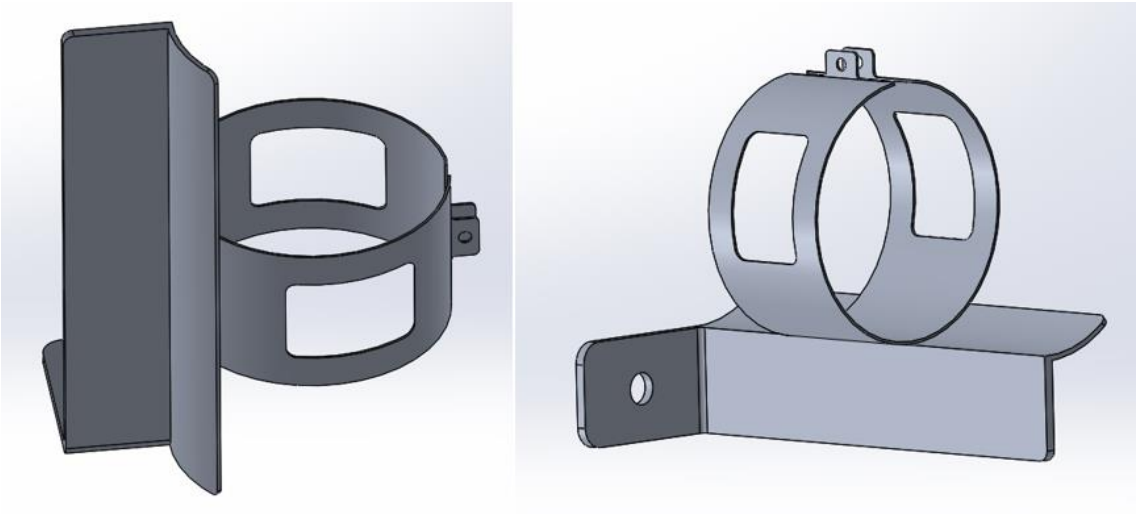


Figura 71-3: Modelado de la base con abrazadera del filtro deshidratador en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

Figura 72-3: Base con abrazadera para el filtro deshidratador

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.4. *Elaboración de los soportes del kit del evaporador*

El kit del evaporador es una caja y va a estar expuesta a vibraciones ocasionadas por el funcionamiento del sistema, por lo que colocamos a una altura adecuada utilizando tres soportes y de este modo amortiguar las vibraciones, evitando que se produzcan desperfectos en los elementos que conforman el kit del evaporador, modelamos los soportes de acuerdo con la disposición del kit con el software CAD – SolidWorks, para elaborar los soportes utilizamos una planita de 1 x 1/8'', cortamos y damos forma a los segmentos con la amoladora y con ayuda de una prensa doblamos los tres soportes hasta tener la forma deseada, por último, perforamos con un taladro agujeros que sirvan para fijar el kit del evaporador a la base de la estructura.

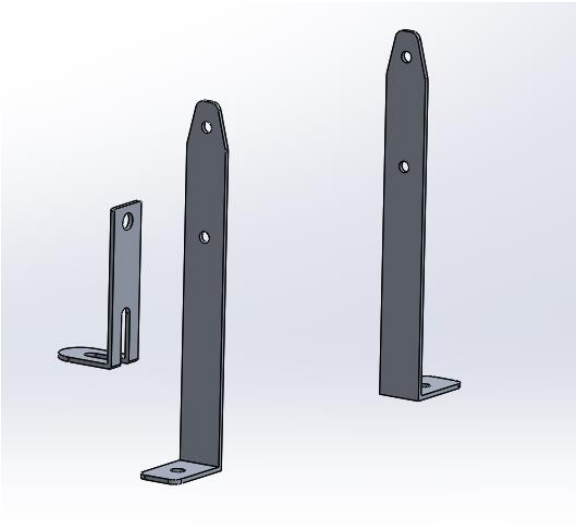


Figura 73-3: Modelado de los soportes del kit del evaporador en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

Figura 74-3: Soportes para el kit del evaporador

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.5. *Elaboración de los soportes del condensador*

El condensador lleva incorporado el electroventilador sujeto por medio de pernos, debido a ello hay que asegurar el condensador muy bien, tomando las medidas, se modelo sus soportes en el software CAD – SolidWorks, marcamos las dimensiones a utilizar en la planita de 1 x 1/8'', cortamos con la amoladora y damos forma a los soportes doblándolos con una prensa, finalmente perforamos los agujeros con el taladro para sujetar el condensador a la base de la estructura.

Figura 75-3: Modelado de los soportes del condensador en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

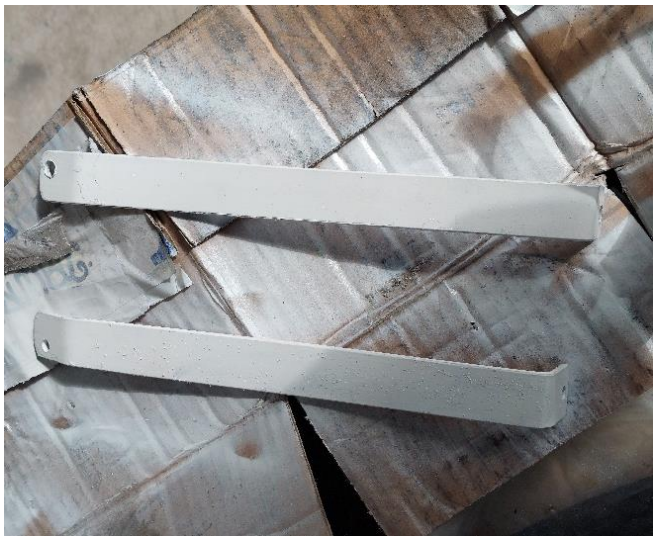


Figura 76-3: Soportes para condensador

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.6. *Elaboración del soporte para el árbol de carga (manómetros)*

Los manómetros del árbol de carga son instrumentos de medición de presión que se deben usar con mucho cuidado, ya que son propensos a dañarse con facilidad, debido a esto diseñamos un soporte para fijarlos y que no tengan movilidad, protegiéndolos de esta forma, modelamos un soporte en el software CAD – SolidWorks, y la elaboramos con planita de 1 x 1/8’’, cortamos con la amoladora un pequeño segmento y le damos forma moldeándolo en la prensa, además perforamos agujeros con el taladro para que puedan ser fijados con facilidad a la base lateral.

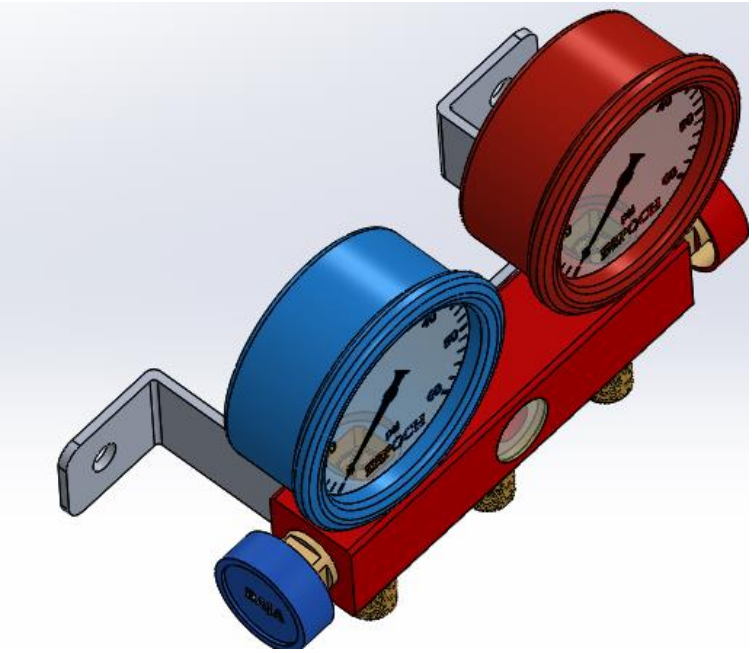


Figura 77-3: Modelado del soporte del árbol de carga en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

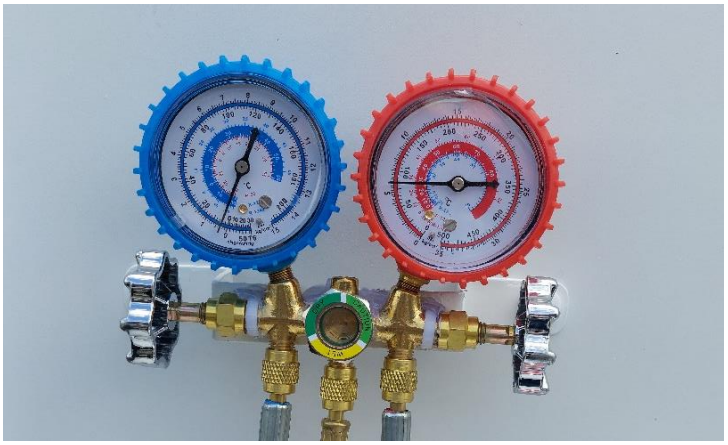


Figura 78-3: Soporte para el árbol de carga

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.7. *Colocación de ángulos y platinas laterales en la estructura metálica de la base del banco de simulación*

Para la ubicación de los componentes fue necesario distribuir los pesos de cada uno, en especial del motor y el compresor, ya que son los más pesados y generan muchas vibraciones en toda la estructura del banco, lo que podría provocar daños al resto de componentes del sistema, si no se tiene una buena fijación de los mismos, es por ellos que se colocaron ángulos y planitas laterales en donde van a ir fijadas las bases y los soportes de los componentes.

Utilizaremos un ángulo de 1 x 3/16’’y una platina de 1 x 1/8’’, cortamos con la amoladora los segmentos necesarios, primero se marcó los puntos dónde van a ser colocados en la base de la estructura y para unirlos se usó una suelda eléctrica, hicimos perforaciones con el taladro, en donde irán fijadas las bases y soportes de componentes, asegurados con pernos, arandelas y tuercas. Además, se agregó cuatro pequeños rectángulos de plancha de metal de 0,8 cm de espesor, en los extremos de cada pata de la base de la estructura, para que en estos segmentos vayan ubicadas las garruchas con ruedas y poder darle movilidad al banco.

Una buena distribución permitirá obtener una vida útil más prolongada del banco de simulación.

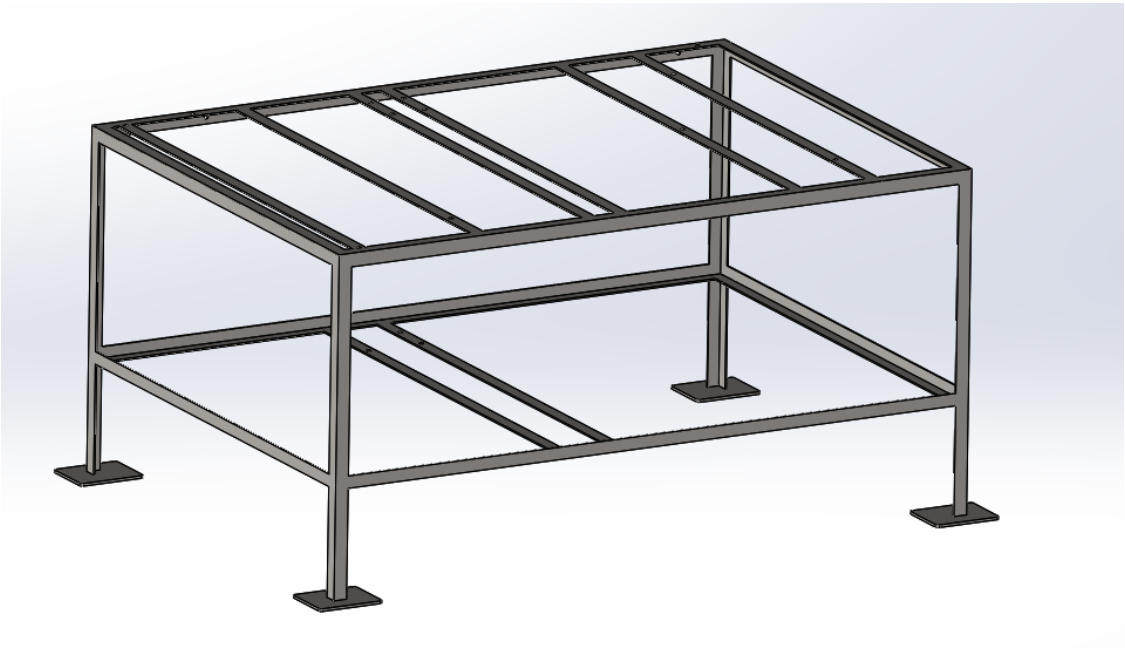


Figura 79-3: Modelado de la base metálica del banco de simulación con los soportes laterales en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

Figura 80-3: Soportes laterales colocados en la base metálica del banco de simulación

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.8. *Elaboración de la base del panel lateral del banco simulación*

Con la ayuda del modelado 3D colocamos un panel lateral, que se encuentra ubicado hacia la derecha, para que no tenga contacto con el condensador, este panel servirá para colocar los manómetros y puedan observar las presiones de alta y baja que marcan cuando se enciende el banco de simulación y el freón recorre cada uno de los componentes produciéndose las diferentes transformaciones termodinámicas, además en el panel colocamos algunas gráficas distintivas que ayuden a comprender el funcionamiento y distribución del banco.

Para elaborar la estructura metálica de la base del panel, se utilizó las siguientes dimensiones: 95 cm de largo, 45 cm de altura, con un ángulo de acero de 1 x 3/16’’, lo cortamos con la amoladora y con la sierra manual, con la prensa doblamos el ángulo formando un rectángulo, por último completamos los espacios de corte con suelda eléctrica y perforamos los extremos de la base del panel para fijarlo a la base de la estructura metálica por medio de pernos con sus respectivas tuercas y arandelas.

Figura 81-3: Modelado de la base del panel lateral del banco de simulación en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

Figura 82-3: Base del panel lateral del banco de simulación

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.9. *Corte de las bases de madera Triplex y MDF para el banco de simulación*

Una vez elaboradas todas las bases y soportes metálicos, cortamos las planchas de madera utilizando las dimensiones de las bases donde van colocadas, luego perforamos con un taladro agujeros en las ubicaciones de las bases y soportes de los componentes, finalmente lijamos con mucho cuidado la madera Triplex, la madera MDF no necesita ser lijada por el acabado que tiene (se utilizó MDF solo para la base del panel lateral).

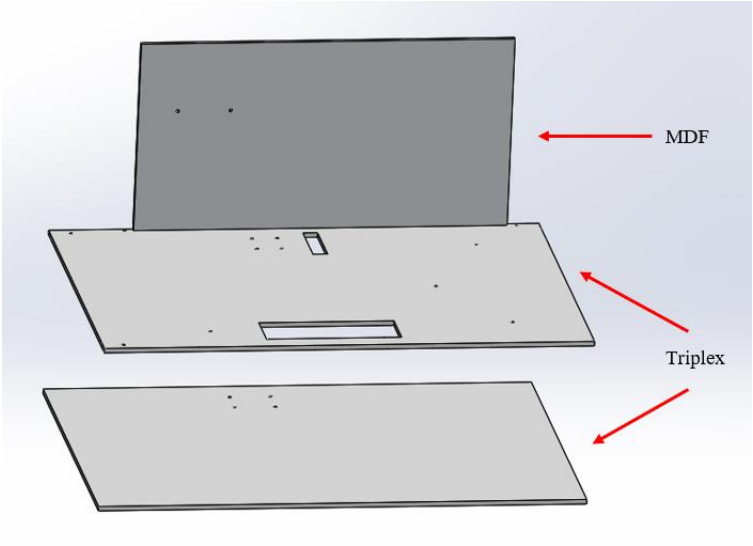


Figura 83-3: Modelado de las bases de madera en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

3.5.4.10. *Colocación de vinilo sobre las bases de madera Triplex*

Una vez que tenemos elaboradas todas las bases y soportes, las pintamos con fondo blanco y pintura metálica blanca, dejamos secar y colocamos las bases de madera sobre la estructura metálica de la base del banco de simulación, las planchas de madera Triplex van a entrar a presión dado que están cortadas a las medidas exactas de las bases donde van ubicadas, luego con mucha precisión y cuidado colocamos en vinilo adhesivo sobre las planchas de madera Triplex, el vinilo ayuda a que se vea estéticamente bien, además de ser impermeable si llegará a derramarse algún tipo de líquido sobre la base.

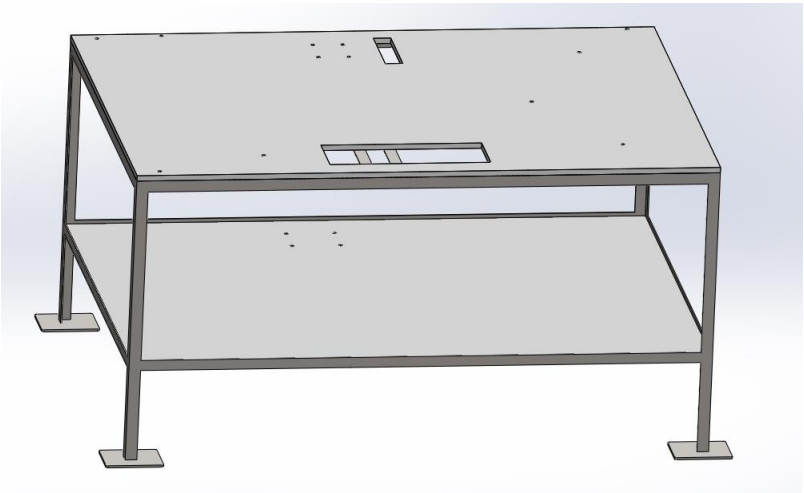


Figura 84-3: Modelado de la estructura metálica del banco con las bases de madera Triplex en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

3.5.4.11. *Montaje de los componentes del banco de simulación*

Todos los componentes fueron fijados a la base metálica del banco de simulación, con pernos, tuercas y arandelas, para ajustar los pernos se utilizó un juego de dados.

3.5.4.12. *Montaje del compresor*

Primero aseguramos la base del compresor a la base metálica, y luego aseguramos de la misma forma el compresor a su respectiva base.

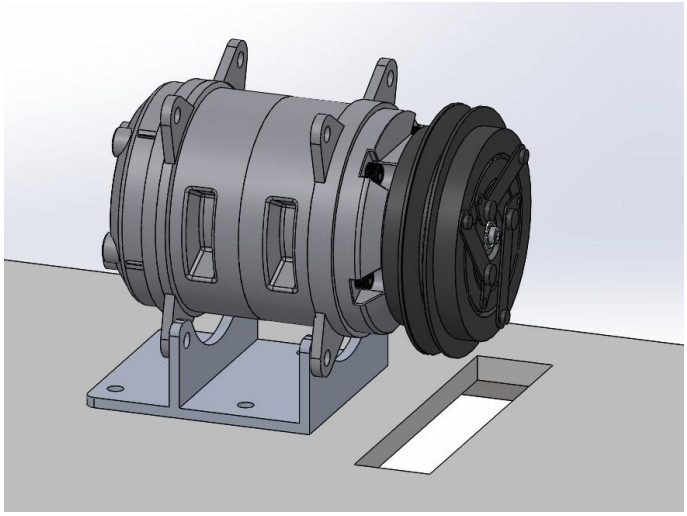


Figura 85-3: Modelado del montaje del compresor en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

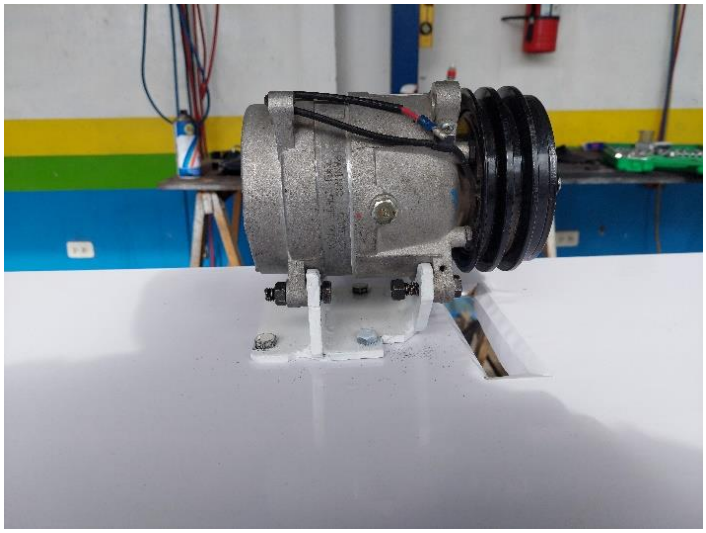


Figura 86-3: Montaje del compresor

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.13. *Montaje del filtro deshidratador*

La base con abrazadera del filtro deshidratador únicamente va fijada a la base metálica con un perno, la abrazadera por medio de un tornillo presionará el filtro deshidratador evitando que se mueva.

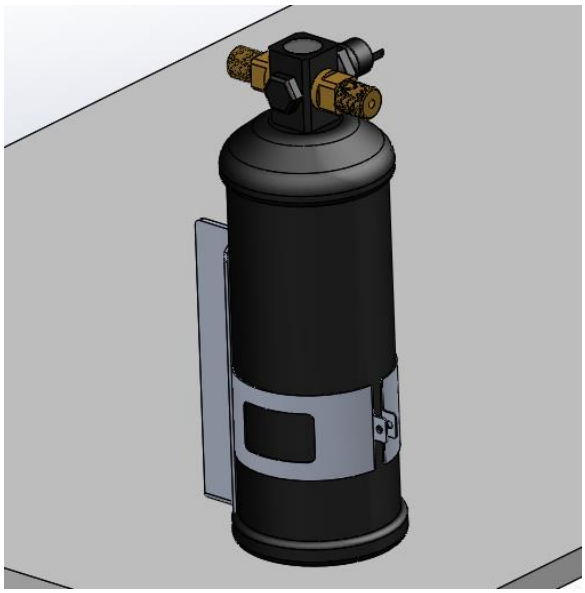


Figura 87-3: Modelado del montaje del filtro deshidratador en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

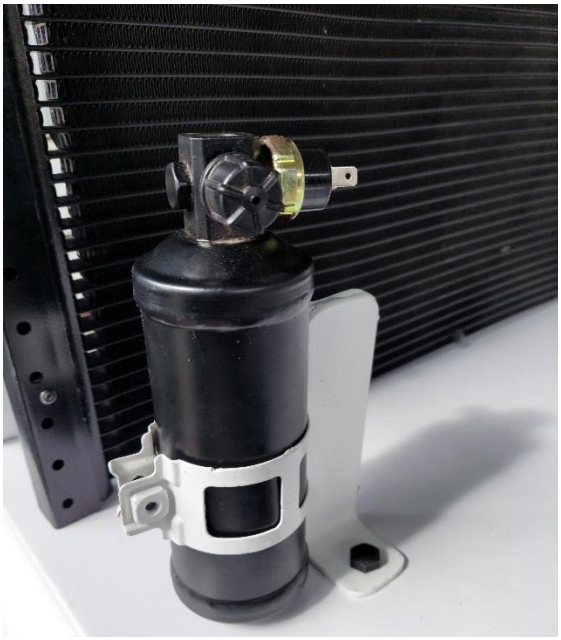


Figura 88-3: Montaje del filtro deshidratador

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.14. *Montaje del kit del evaporador*

Primero se fijan los dos soportes delanteros a la base y luego se coloca el kit del evaporador en los soportes, finalmente se coloca el soporte posterior y ajustamos todo.

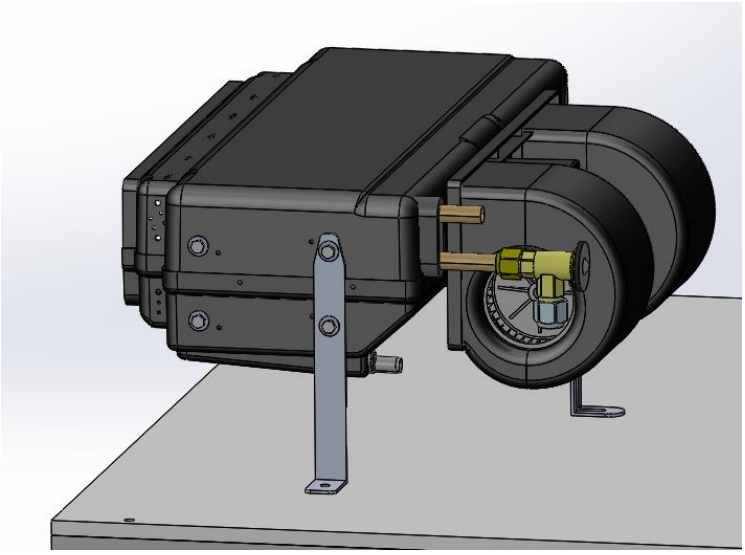


Figura 89-3: Modelado del montaje del kit del evaporador en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

Figura 90-3: Montaje del kit del evaporador

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.15. *Montaje del condensador y el electroventilador*

El electroventilador esta unido al condensador por medio de pernos, fijamos el condensador a la base metálica del banco con dos soportes.

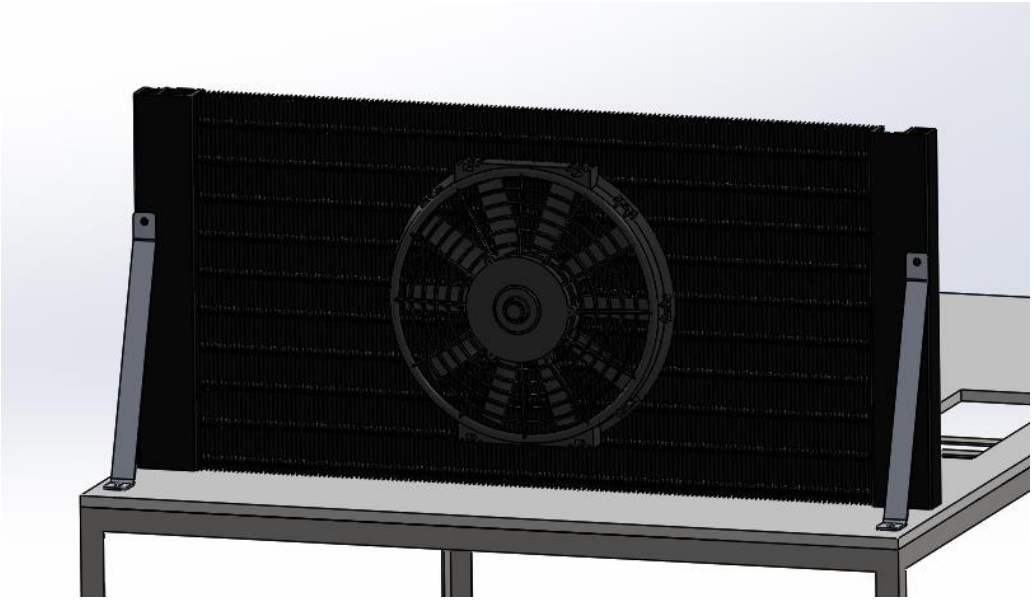


Figura 91-3: Modelado del condensador y electroventilador en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

Figura 92-3: Montaje del condensador y electroventilador

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.16. *Montaje del motor eléctrico*

Para conectar el motor al compresor colocamos una polea de 5,56" (141,2 mm) en el motor eléctrico para obtener 1750 RPM en el compresor (revisar ANEXO B), el motor tenía su propia base con orificios que ayudaron a fijar el motor a la base con pernos, y luego con precaución se coloca la banda de 65’’ que conecta las poleas del compresor y el motor eléctrico, la polea se encuentra bien estirada por lo que no hace falta colocar un tensor (revisar ANEXO C).

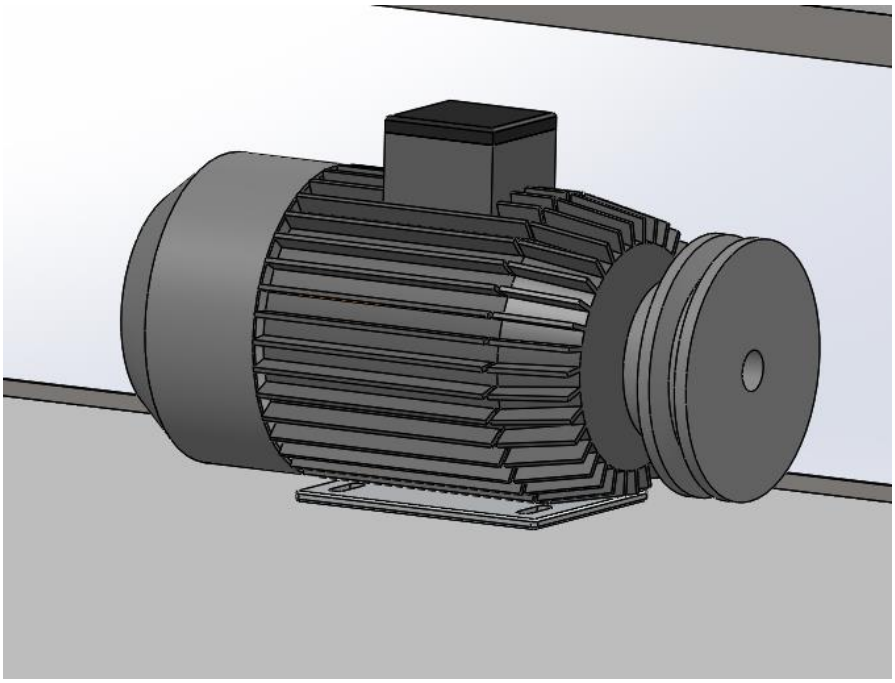


Figura 93-3: Modelado del motor eléctrico en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

Figura 94-3: Montaje del motor eléctrico

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.17. *Colocación del panel lateral en la base del banco de simulación*

Primero fijamos con pernos la base del panel lateral a la base del banco de simulación, luego colocamos la base de madera de MDF, en los extremos colocamos silicón blanco de secado rápido para tener una mejor estética.

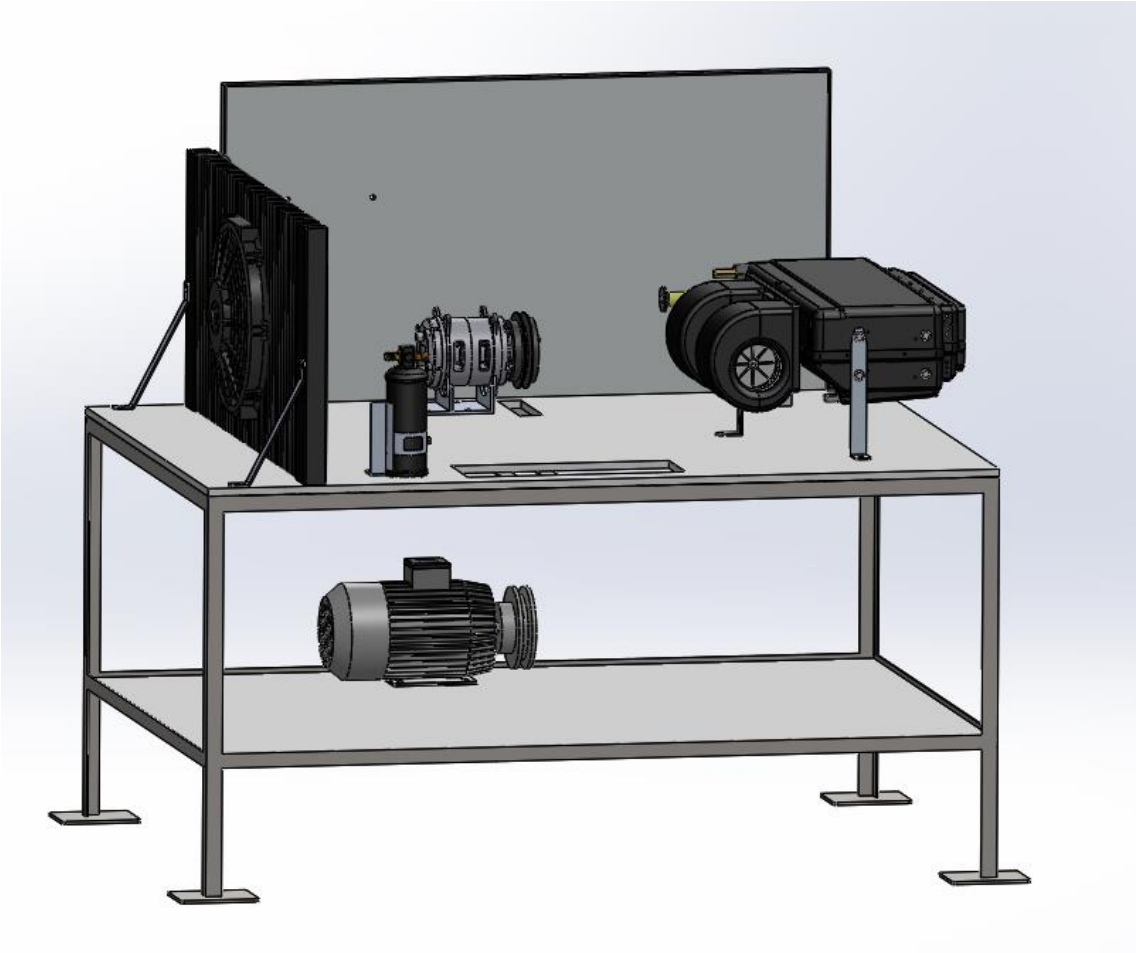


Figura 95-3: Modelado de la colocación del panel lateral en la base del banco simulador en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

3.5.4.18. *Montaje del árbol de carga (manómetros)*

Una vez situada la base lateral procedemos a fijar el soporte del árbol de carga con pernos, lo ubicamos asegurándolo a su soporte con dos bridas de plástico, además colocamos las mangueras: la de derecha es de alta presión (color rojo), la de la izquierda es de baja presión (color azul), y la intermedia es para la carga y descarga del refrigerante (color amarillo).

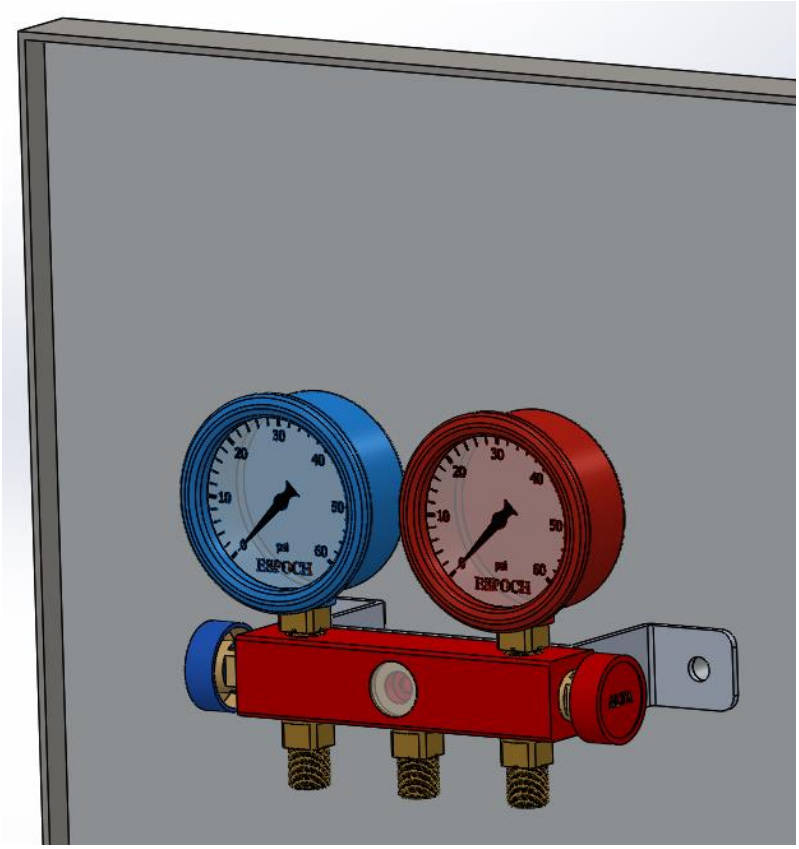


Figura 96-3: Modelado del árbol de carga en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

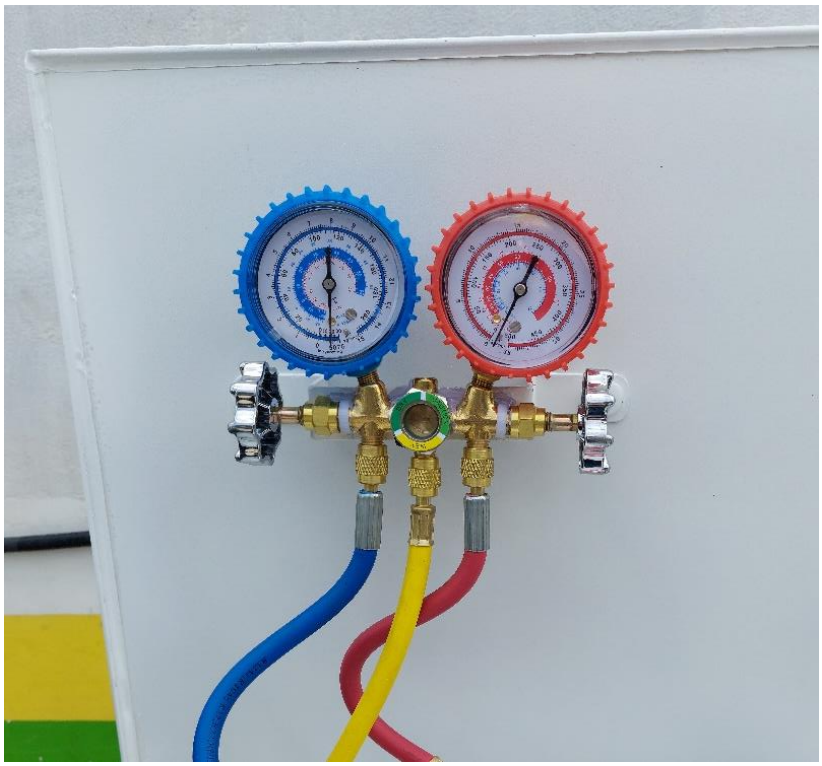


Figura 97-3: Montaje del árbol de carga

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.19. *Montaje de las ruedas con garruchas*

Con las suelda eléctrica soldamos las ruedas con garruchas a las bases de las patas del banco de simulación.

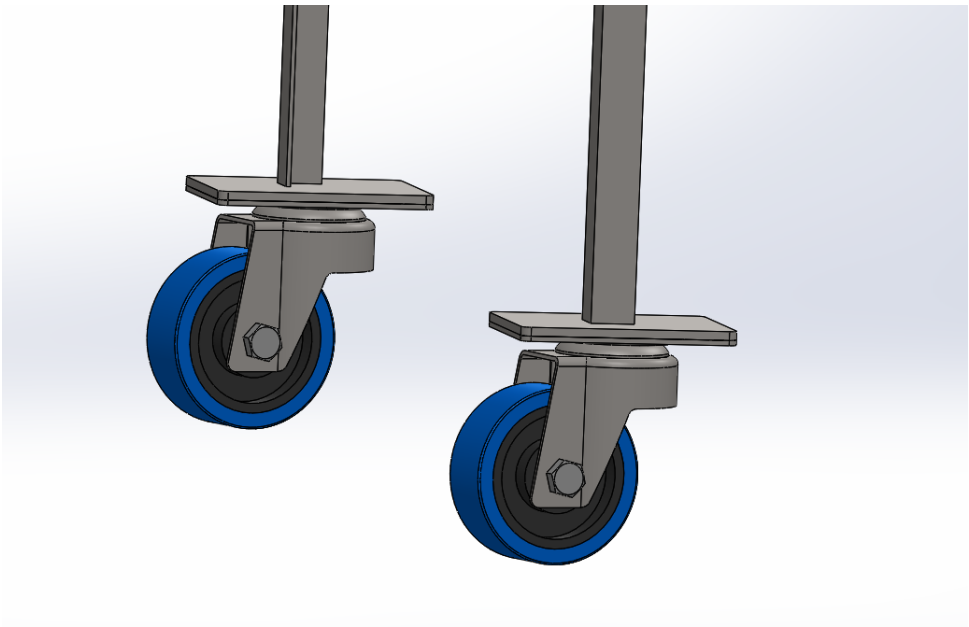


Figura 98-3: Modelado de las ruedas con garruchas en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

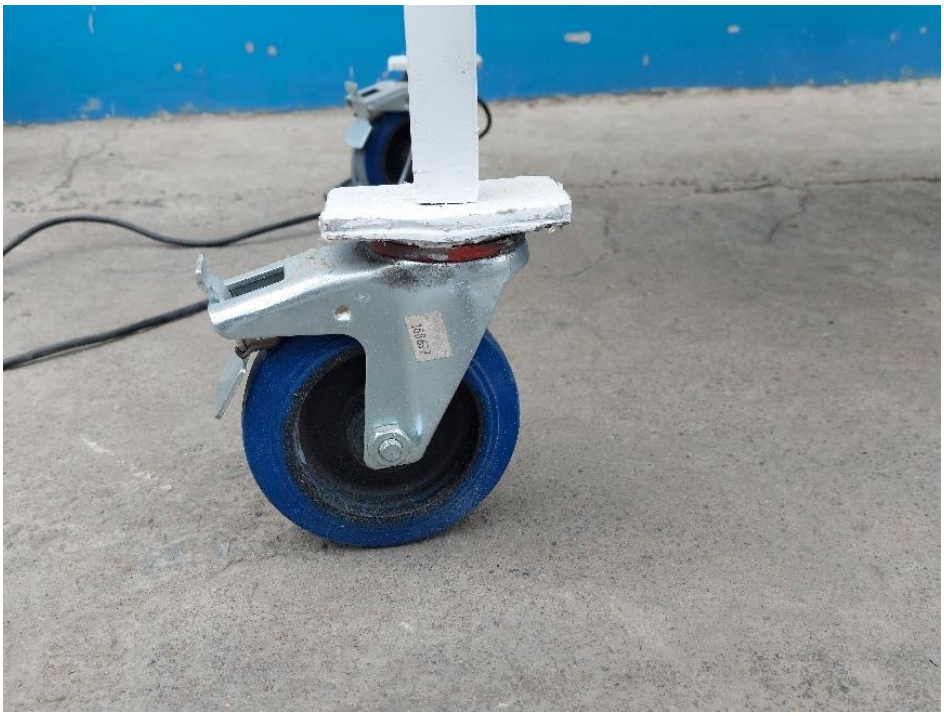


Figura 99-3: Montaje de los manómetros de baja y alta presión

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.20. *Instalación de las tuberías de alta y baja presión en el sistema*

Para la instalación utilizamos tuberías de aluminio con racores en los extremos para tener un circuito cerrado herméticamente.

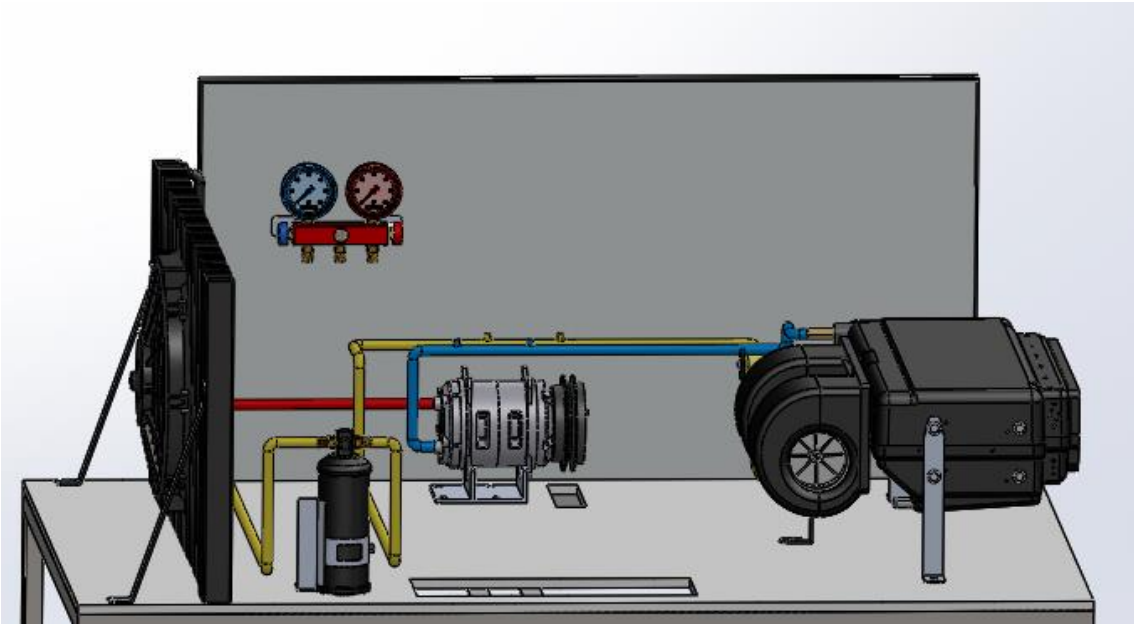


Figura 100-3: Modelado de las tuberías de alta y baja presión en SolidWorks

Realizado por: Vega B. 2021

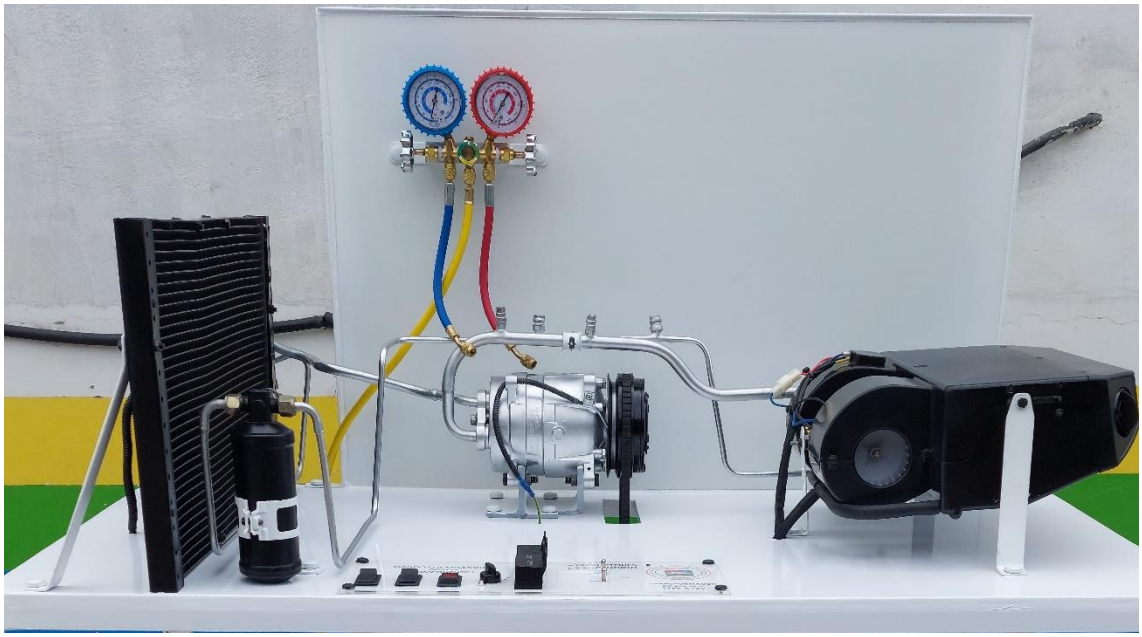


Figura 101-3: Tuberías de baja y alta presión

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.21. *Colocación de los acoples del árbol de carga*

Primero aseguramos los acoples al árbol de carga y luego los conectamos en las líneas de alta y baja presión respetivamente. Acople color rojo es de alta presión y el de color azul es de baja presión.

Figura 102-3: Acoples de alta y baja presión

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

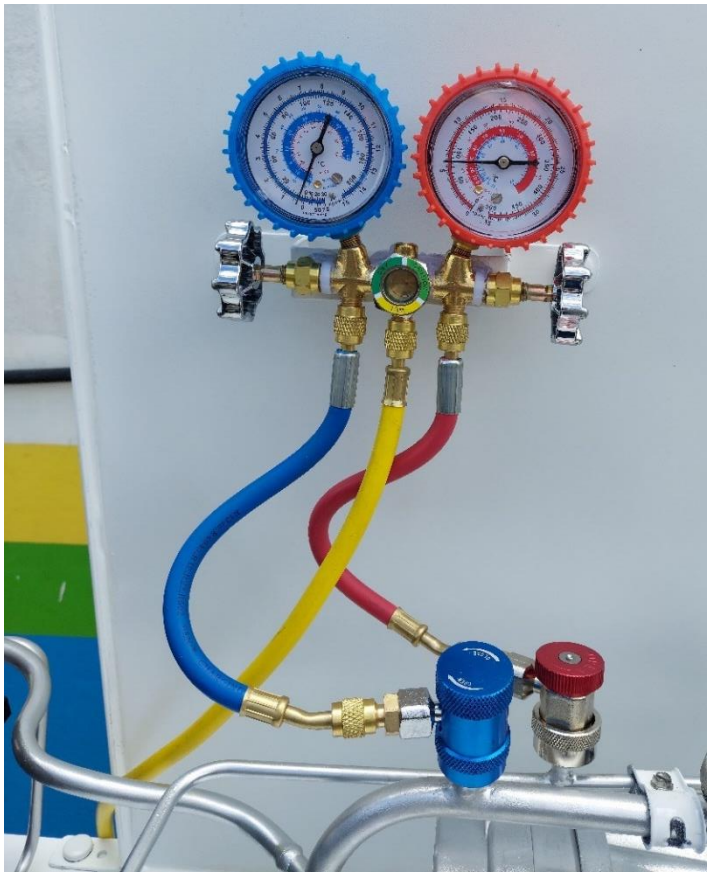


Figura 103-3: Colocación de los acoples de alta y baja presión

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.22. *Conexiones de los circuitos eléctricos del sistema*

Las conexiones de los circuitos eléctricos de todo el sistema se realizó utilizando diferentes tipos de cable flexible, todo el cableado se encuentran cubierto por canaletas para evitar el contacto con el metal de la estructura.

El diagrama eléctrico de los circuitos del sistema se los puede visualizar en el ANEXO D.

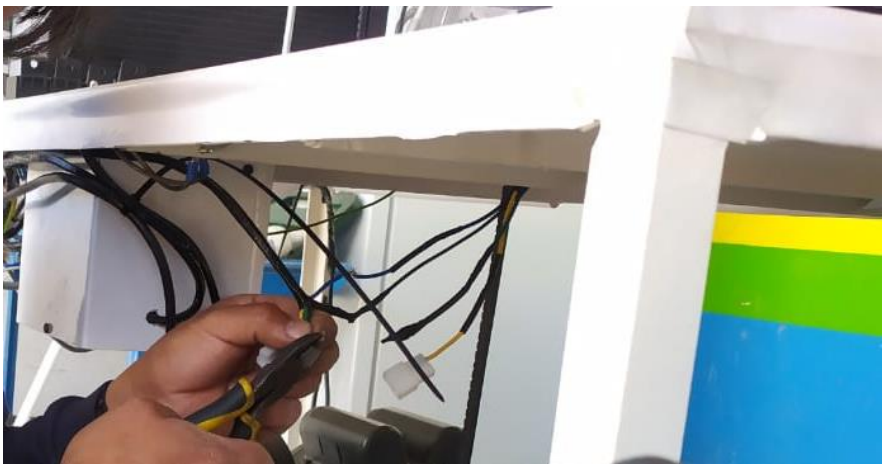


Figura 104-3: Conexiones de los circuitos eléctricos del sistema

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.23. *Colocación de mandos de control, relés y el transformador voltaje*

Las conexiones de mandos de control, los relés y el transformador voltaje de 110 V a 12V se encuentran especificadas en el diagrama eléctrico en el ANEXO D.

Figura 105-3: Mandos de control de los componentes

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.4.24. *Colocación de los gráficos distintivos de identificación del banco*

Se colocaron algunos gráficos distintivos de identificación, en la base horizontal del banco se colocó una guía de encendido, una breve descripción del funcionamiento del sistema, el nombre del trabajo de integración curricular y el nombre de los autores, en la base lateral consta el nombre de la ESPOCH, la facultad, la carrera y los respectivos logos, además del diagrama eléctrico del sistema, el diagrama con la denominación de los componentes del sistema y las líneas de alta y baja presión.

Figura 106-3: Modelado de la colocación de los gráficos distintivos del banco de simulación

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

3.5.5. *Presentación final*

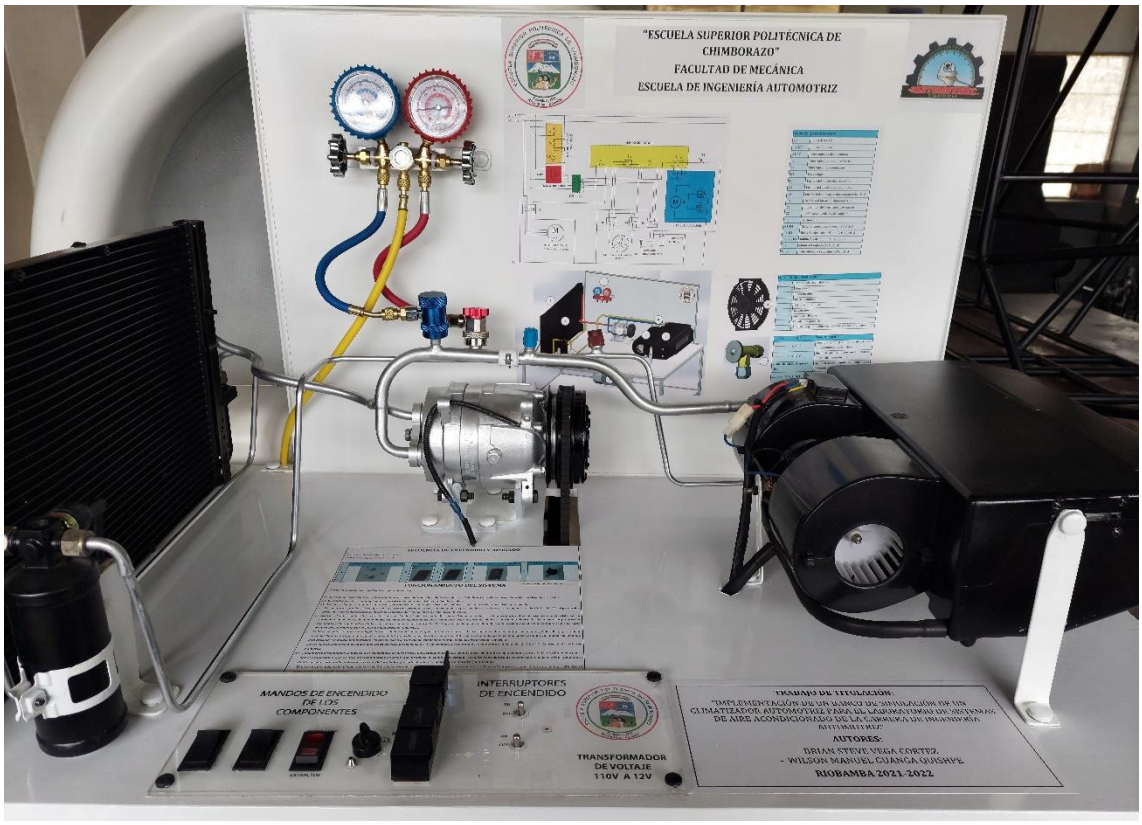


Figura 107-3: Banco de simulación de un climatizador automotriz

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Obtención de resultados

4.1.1. *Prueba de vaciado y carga del freón en el sistema*

La prueba de vacío normalmente se la hace cuando se ha retirado el refrigerante del sistema, pero es nuestro caso como vamos a cargar por primera vez el circuito no hay ningún problema. Simplemente se conecta el juego de manómetros de baja y alta presión el sistema aire acondicionado y generar un vacío aproximadamente 10 a 15 segundos.

4.1.2. *Prueba de vaciado en el sistema*

Los pasos a seguir son:

El árbol de carga (manómetros) tiene 3 mangueras, dos que salen de cada manómetro y una manguera intermedia: azul baja presión, roja alta presión y amarilla de vaciado.

1) Conectamos las mangueras de los manómetros de baja y alta presión de la siguiente manera:

- Acople de la manguera azul de baja presión → al racor de baja presión.
- Acople de la manguera roja de alta presión → al racor de alta presión.

Nota: La prueba de vaciado se puede realizar con el árbol de carga que es parte del banco de simulación o se puede conectar un árbol de carga externo en los racores adicionales que existen en las líneas de alta y baja.

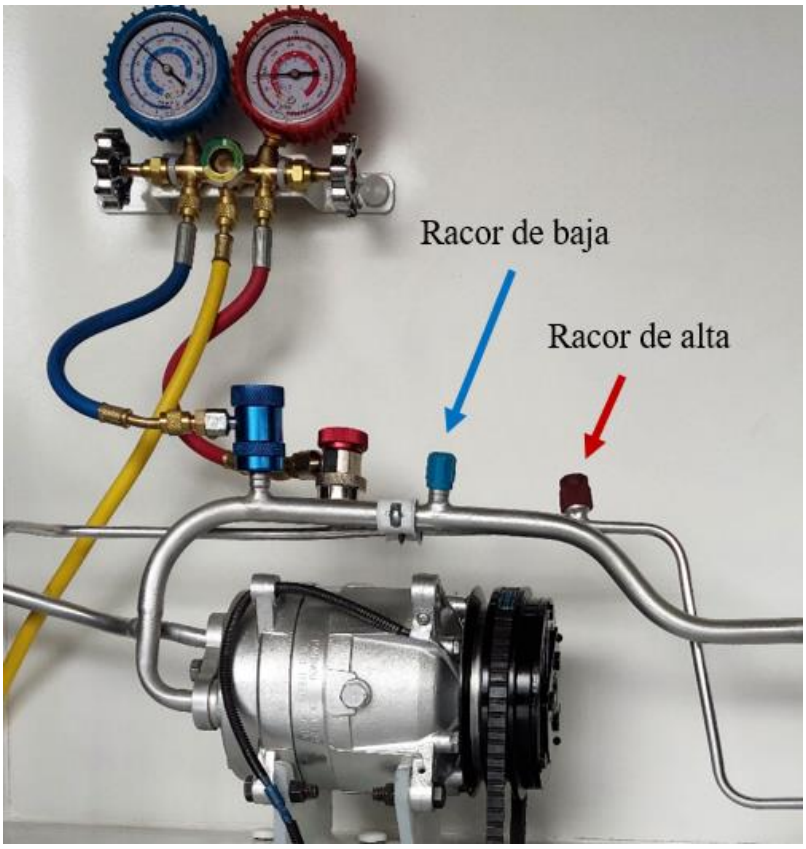


Figura 108-4: Racores adicionales de las líneas de alta y baja presión

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

2) Conectamos la manguera intermedia a la bomba de vacío.

3) Encendemos la bomba de vacío, abrimos la válvula de lado de baja presión (azul) del árbol de carga.

- Si no existe ninguna obstrucción en el sistema, el manómetro de alta presión comenzara a marcar.
- Cuando suceda esto abrimos la válvula de alta presión (roja) del árbol de carga (manómetros).

4) En aproximadamente 10 minutos, el manómetro de baja presión marcará una presión por debajo de los 760 mm de Hg (14,7 PSI), esto sucederá si no existen fugas en el sistema.

Nota: En caso de que el manómetro de baja presión no marque por debajo de los 760 mm de Hg, cerramos ambas válvulas, paramos el funcionamiento de la bomba de vacío y verificamos lo que marque el manómetro.

- Si el manómetro marca un incremento de presión, probablemente existe fugas en el sistema. En ese caso hay que reparar las fugas en el sistema para poder proceder con la prueba de vacío.

- Si el manómetro marca una presión estable indica que no existe fugas en el sistema, permitiendo seguir con la prueba de vaciado.

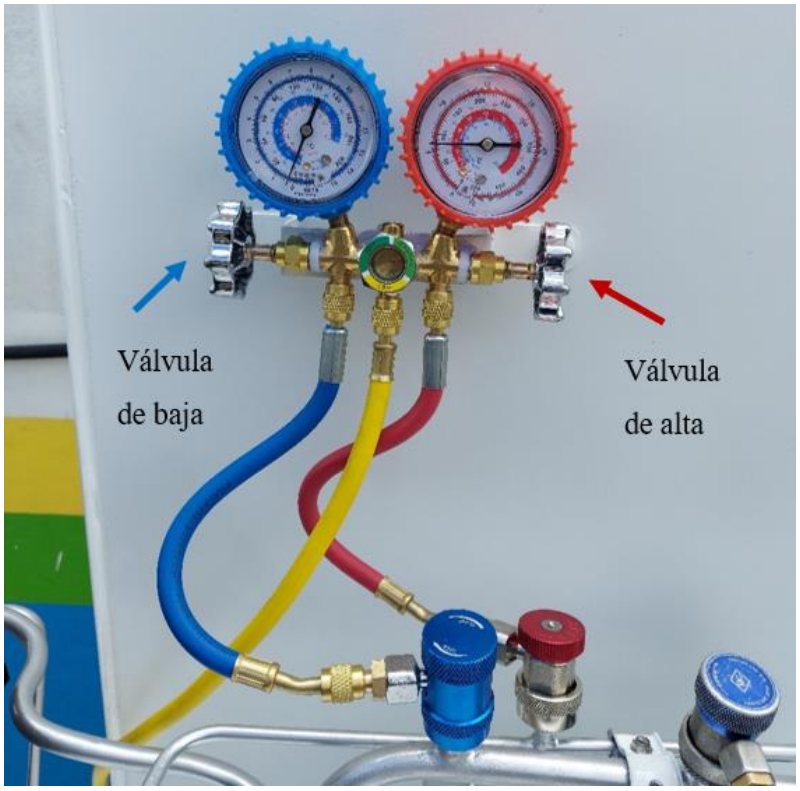


Figura 109-4: Válvulas de alta y baja presión del árbol de carga

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

5) La prueba de vaciado la realizamos de 10 a 15 minutos aproximadamente.

6) Continuamos con la prueba de vaciado hasta que el manómetro de baja marque una presión de menor de 760 mm Hg, y procedemos a cerrar las dos válvulas.

7) Finalmente apagamos la bomba de vacío, desconectamos la manguera intermedia del ingreso a la bomba.

Una vez realizado todos estos pasos podemos realizar la carga del gas refrigerante freón R-134a en el sistema.

Figura 110-4: Prueba de vaciado en el sistema de aire acondicionado automotriz

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

4.1.3. *Carga de freón en el sistema*

El banco de simulación del sistema de acondicionamiento de aire acondicionado automotriz contiene gas refrigerante R-134a (HFC-134a).

Figura 111-4: Refrigerante HFC-134a

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

Nota: Antes de realizar la carga del gas refrigerante se debe tener en consideración las siguientes precauciones de seguridad para poder manipularlo.

4.1.3.1. *Precauciones de uso del refrigerante freón*

- Mantener el gas refrigerante en un lugar bien ventilado y fresco, no someter a la luz solar o alguna fuente de calor, el refrigerante del recipiente se encuentra almacenado a presión y puede explotar si se lo caliente.

- Debido a que los vapores que produce el refrigerante son más pesados que el aire, puede provocar asfixia, por la escasez de oxígeno en el aire para respirar.

- Si se tiene contacto con la piel el gas refrigerado puede causar quemaduras por el frío o congelamiento, si se diera el caso hay que frotarse con agua tibia la zona afectada.

- Utilizar guantes que aíslen el frío y gafas de protección para los ojos, en caso de exponerse al gas refrigerante, se debe acudir inmediatamente a un médico.

- No realizar la carga de refrigerante cerca de una estación de soldadura o cerca de alguna fuente de calor.

Precauciones adicionales:

- Realizar siempre la carga de freón por la línea de baja presión del sistema de aire acondicionado.

- Nunca cargar el freón por la línea de alta presión del sistema.

- No realizar la carga del freón cuando el compresor se encuentra caliente.

- El árbol de carga (manómetros) se los debe usar antes y durante el proceso de carga del freón.

- Se debe vaciar completamente el gas refrigerante de su contenedor antes de desecharlo.

4.1.3.2. *Pasos para de cargar el refrigerante freón*

Los pasos del proceso sirve para cargar el freón en estado líquido o gaseoso.

- En estado líquido el proceso es más rápido, se pesa el líquido en una balanza para conocer la cantidad exacta.

- En estado gaseoso se carga el refrigerante por la línea de baja presión, la carga es más lenta pero muy efectiva cuando se desconoce la cantidad de refrigerante que debe ingresar en el sistema (se omite el paso 1 si se realiza la carga en estado gaseoso).

En nuestro caso utilizamos freón en estado líquido.

1) Abrimos la válvula del contenedor del refrigerante y lo colocamos en un recipiente para pesarlo en una balanza, para la carga completa se utiliza un aproximado de 600 gramos o 21 onzas en automóviles (depende del tipo de automóvil), en nuestro caso el sistema de aire acondicionado del banco de simulación se llenó por completo con 16 onzas (453,6 gramos).

2) Colocamos el árbol de carga (manómetros) en la misma posición que la de la prueba de vaciado y la manguera intermedia al recipiente del líquido refrigerante (únicamente cuando se carga en estado gaseoso, conectamos directamente la manguera intermedia a la válvula del contenedor del refrigerante y abrimos válvula para limpiar la condición de carga), finalmente abrimos la válvula del árbol de carga de la línea de baja presión.

3) Comprobamos que la válvula del árbol de carga de la línea de alta presión este completamente cerrada.

4) Encendemos el sistema de aire acondicionado, y dejamos que succione el líquido (o gas).

5) Luego de cargar el freón en el sistema, se cierra la válvula de la línea de baja presión del árbol de carga. Cuando la carga esta completa los manómetros marcan lo siguiente con la cantidad de refrigerante especificada (cuando se carga en estado gaseoso debemos cerciorarnos de que los manómetros marquen los mismos valores):

- El manómetro de baja presión debe macar un aproximado de 245 KPa o 35,5 PSI de presión.
- El manómetro de alta presión marcar un aproximado de 1470 KPa o 213 PSI de presión.

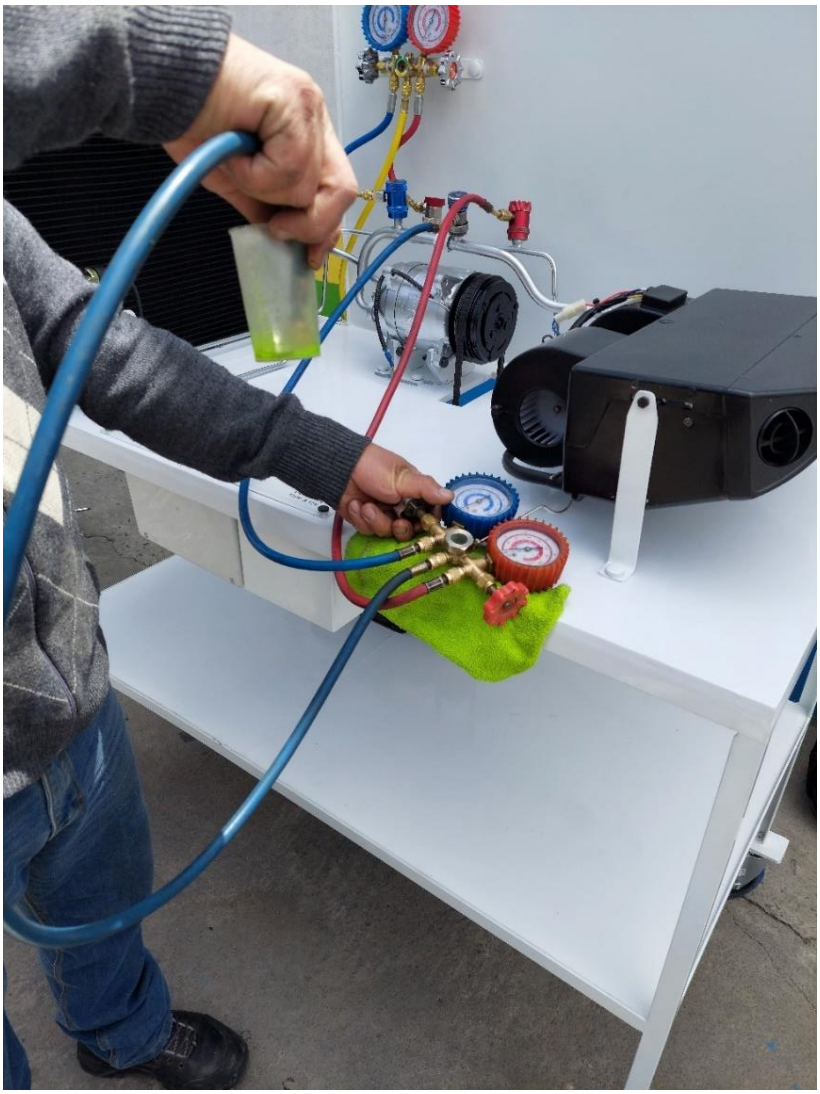


Figura 112-4: Carga del refrigerante R-134a en el sistema

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

4.1.3.3. *Desmontaje del árbol de carga (manómetros)*

Una vez terminada la carga completa de freón del sistema de aire acondicionado automotriz se debe desmontar el árbol de carga de la siguiente forma:

1) Primero cerramos la válvula de la línea de baja presión del árbol de carga (la válvula de línea alta presión está siempre cerrada durante la carga del freón).

2) Luego retiramos la manguera intermedia del recipiente (en la carga en estado gaseoso cerramos la válvula del recipiente del refrigerante).

3) Apagamos el sistema de aire acondicionado.

4) Retiramos los acoples del árbol de carga, para hacerlo hay que llevar puesto el equipo de protección anteriormente mencionado, en caso de salpicar refrigerante debido a la presión del sistema, en especial del acople de la línea de alta presión, por último, colocamos las tapas en los racores de las tuberías.

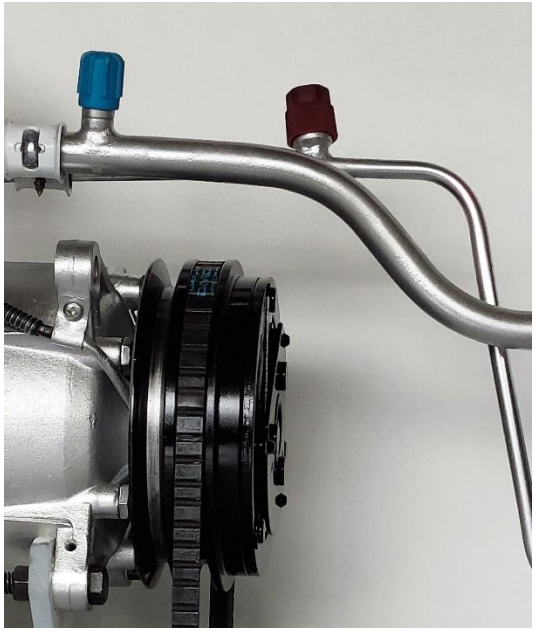


Figura 113-4: Tapas de los racores.

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

5) Finalmente, con la ayuda de una franela, secamos las mangueras de las válvulas de servicio del árbol de carga. Se debe realizar con mucho cuidado y rápidamente.

4.1.4. *Verificación del funcionamiento del sistema*

Con una inspección visual de todo el sistema de aire acondicionado automotriz, se determinó que no existía algún tipo de anomalía, o desperfecto en el sistema.

Verificamos que todos los componentes que conforman del banco de simulación están en perfecto estado y funcionan de manera óptima.

4.1.4.1. *Prueba de detección de fugas en el sistema*

Con la utilización de un recipiente con agua y detergente, remojamos una franela en la mezcla y procedemos a cubrir con el líquido las tuberías de las líneas de baja y alta presión, en busca de alguna fuga, sin hallar ninguna (en el caso de existir fugas inmediatamente se formarán burbujas en esa área).

4.1.5. *Mejora realizada en el sistema*

El funcionamiento del sistema era excelente, de tal forma que no se necesitó de ningún cambio o mejora en el tema técnico, solo se realizó una pequeña mejora estética placa de los mandos de control.

Figura 114-4: Cambio de placa de los mandos de control

Fuente: Vega B.; Guanga W. 2021

4.1.6. *Averías más frecuentes en los componentes del sistema*

Las fallas más comunes de los principales componentes que conforman el aire acondicionado se describen y explican a continuación:

Tabla 21-4: Averías más frecuentes en los componentes del sistema

Componente	Averías	Reparación
Compresor	• Vibraciones • Ruidos • El embrague electromagnético no funciona	• Comprobar el funcionamiento general, si existe vibración o ruido, sustituir • Comprobar eléctricamente el embrague electromagnético, si no funciona, sustituir
Banda de transmisión	• Estado y tensión de la banda anormal • Desgaste de la banda anormal • Polea floja • Soporte del compresor roto • Compresor bloqueado	• Comprobar con un útil de tensión de bandas si es correcta • Comprobar el estado de la banda, el soporte del compresor y el giro manual del compresor
Condensador	• Canaletas del condensador deterioradas • Presencia de fugas • Correcto montaje del condensador • Funcionamiento del electroventilador anormal	• Verificar que las canaletas del condensador no tengan suciedad; si las canaletas estuvieran dañadas más de un 30 % sustituir • Comprobar que no haya fugas y este correctamente montado el condensador • Verificar el funcionamiento del electroventilador; si no, sustituir
Electroventilador	• Funcionamiento del electroventilador anormal • Correcto estado de los fusibles	• Conectar el encendido y puentear el termo contacto del refrigerante del condensador, el electroventilador debe funcionar • Verificar fusibles y si es necesario y repetir la acción anterior
Tuberías del sistema	• Estado de las tuberías, que presenten roturas	• Comprobar temperaturas en varios puntos del circuito directamente de las tuberías
Válvula de expansión	• Estado de funcionamiento del reductor de presión • Estado de funcionamiento de la válvula expansión	• Comprobar si el reductor de presión está obstruido; si es así, sustituir este y el acumulador • Comprobar si la válvula de expansión está obstruida; si es así, se puede limpiar, reparar y ajustarse

Fuente: (ACEDO, 2014)

4.1.7. *Diagrama de causa-efecto para realizar los procesos de reparación*

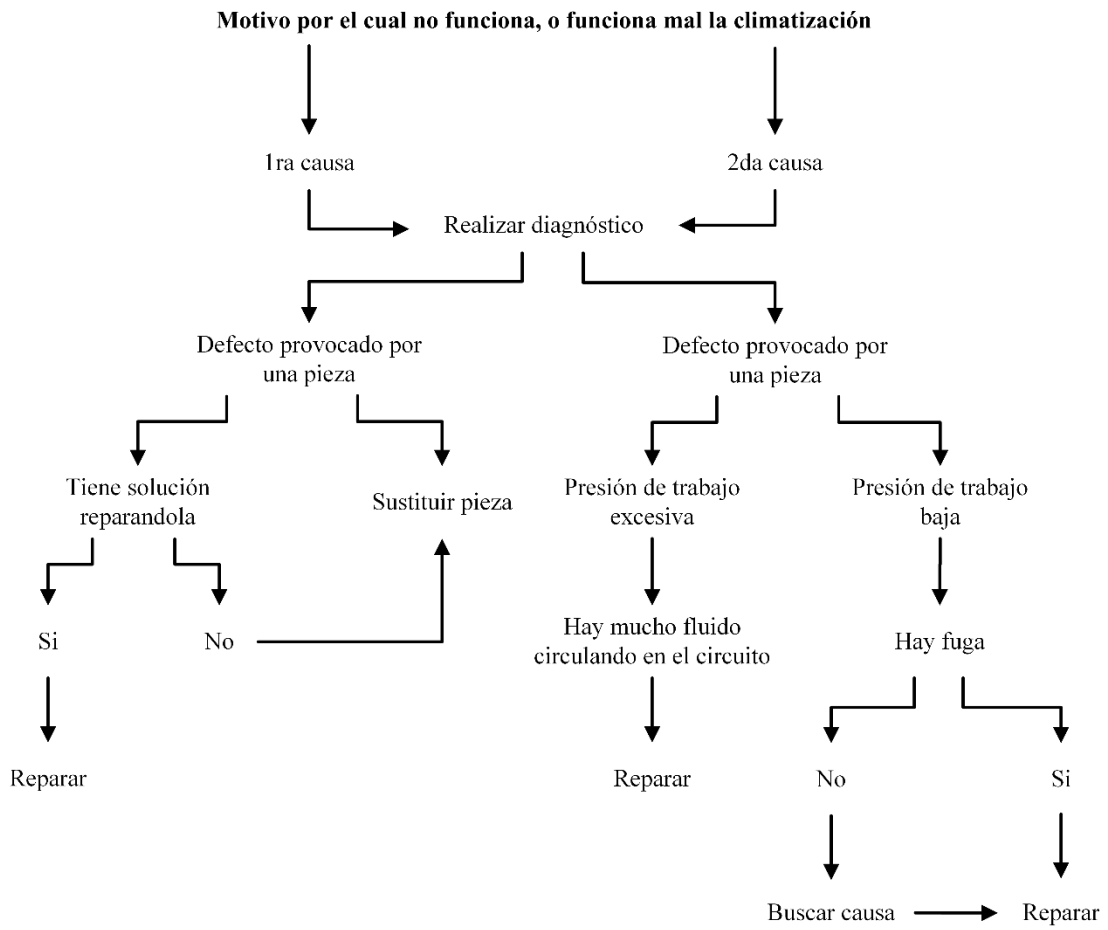


Figura 115-4: Diagrama de causa-efecto para realizar los procesos de reparación

Fuente: (ACEDO, 2014)

4.2. Análisis de resultados

4.2.1. *Prueba de rendimiento del banco simulador*

Este experimento se realizó en una habitación con la puerta y las ventanas cerradas, probando el rendimiento del banco de simulación encendiéndolo por 1 hora y fijando los mandos a máxima potencia de refrigeración. Con la del árbol de carga (manómetros) verificaremos las presiones de baja y alta, y con un pirómetro midiendo la temperatura de salida del aire frio del kit del evaporador.

Las pruebas se las realizo al medio día con una temperatura ambiente de 33 °C.

Tabla 22-4: Recolección de datos de temperatura y presión

No	Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)
1	0	30,5	40	90
2	2	29	17	160
3	5	27,8	25	160
4	8	27	30	185
5	11	25	35	150
6	15	24	21	180
7	19	23	17	190
8	23	22	30	163
9	27	22,2	35	155
10	30	21	20	160
11	35	21,6	20	155
12	39	22	20	180
13	43	21,1	23	190
14	45	21	21	160
15	48	21,6	22	180
16	51	19,6	20	190
17	54	22	18	150
18	57	21	33	155
19	60	21	30	160

Realizado por: Vega B. 2021

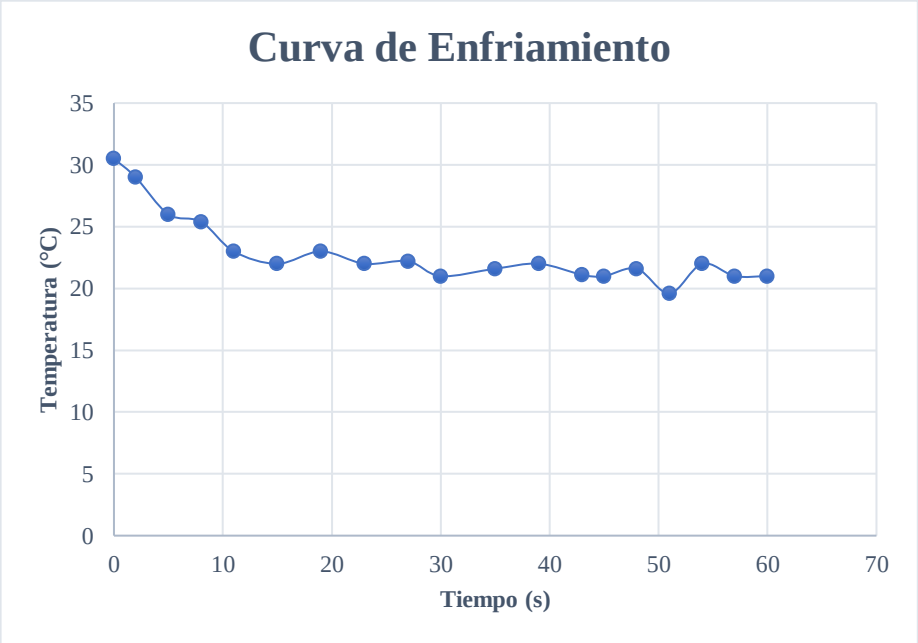


Gráfico 12-4: Curva de enfriamiento del sistema

Realizado por: Vega B. 2021

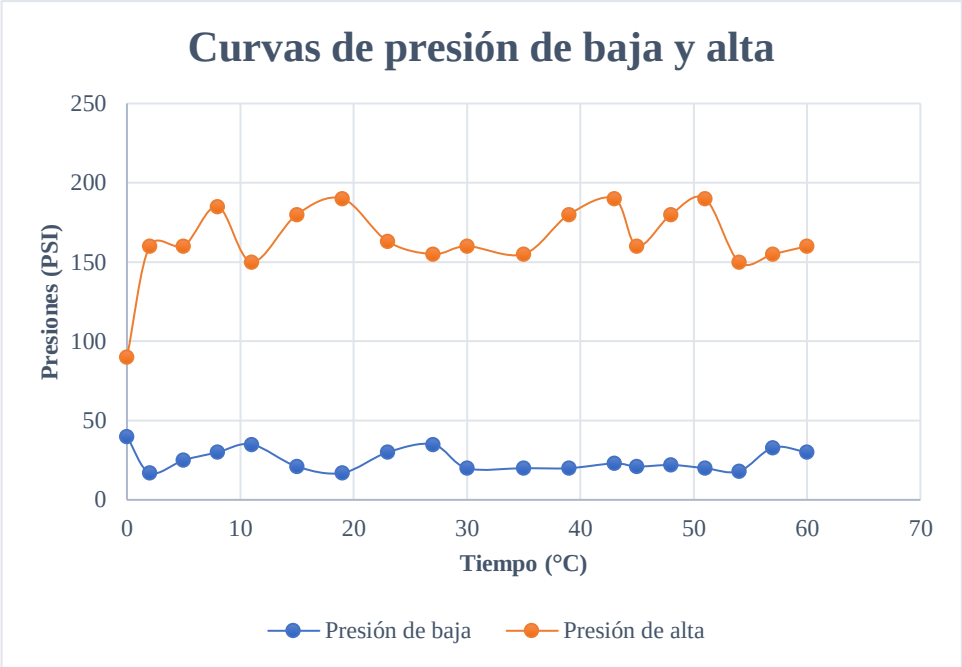


Gráfico 13-4: Curvas de presión de baja y alta

Realizado por: Vega B. 2021

La habitación era de 3 x 5 x 2 metros, el banco de simulación tardo aproximadamente 20 minutos para enfriar la habitación y mantenerla a una temperatura confortable de 22 °C.

CONCLUSIONES

- Luego de una exhaustiva investigación y recopilación de información, pudimos obtener una comprensión clara del funcionamiento del sistema de aire acondicionado automotriz y sus componentes principales, que es la columna vertebral sobre la que se basa todo nuestro proyecto.

- El modelado 3D de todo el banco de simulación ayudo a distribuir bien todos los componentes. Podemos probar una variedad de variantes de colocación de componentes diferentes hasta que encontremos la más factible y adecuada.

- La elaboración de bases y soportes para cada uno de los componentes fue una idea acertada siendo fundamentales para mantener fijos a los componentes pese a las vibraciones que genera el funcionamiento del banco, los componentes se mantenían en su posición cumpliendo su función.

- El diagrama eléctrico de los circuitos del sistema es primordial, permitiendo el accionamiento de los componentes por medio del mando de control, al igual que la instalación de cañerías, brindado un sellado hermético al circuito del sistema sin fugas, para la carga de freón al que tener muchas precauciones y seguirlas al pie de la letra, utilizando el equipo de protección adecuado.

- Al finalizar las pruebas de funcionamiento del banco de simulación y la recolección de datos temperatura y presión se puedo verificar que el sistema está enfriando de manera correcta y fluida, además de no existir ningún tipo de fuga o falla.

- Tal y como hemos podido comprobar nuestro proyecto de implementar un banco de simulación de un climatizador automotriz sin duda alguna ayudara a los estudiantes de nuestra prestigiosa carrera de Ingeniería Automotriz a desenvolverse de la mejor manera posible y adquirir los conocimientos adecuados sobre el sistema.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo a los componentes que conforman el sistema de aire acondicionado para mantenerlo en óptimas condiciones de funcionamiento para que los alumnos puedan practicar sin problemas.

- Evitar jugar con los mandos de control, es un sistema muy complejo y debe tener las debidas precauciones al manipularlo, no hay que olvidar que funciona con freón y un mal uso pueden causar accidentes.

- Es muy importante asegurarse de que el sistema tenga aceite, la falta de lubricación es la principal causa de falla del compresor.

- Seguir mejorando el banco de simulación, ya que nuestro proyecto está diseñado para ser completamente desmontable y reacondicionado con nuevos componentes o mejoras.

GLOSARIO

Banco de simulación: herramienta didáctica que simula el funcionamiento de un sistema determinado accionado por mandos de control eléctrico.

Sistema de climatización: brindar condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire idóneas, brindado confort en un espacio habitado.

Presión de alta: las presiones con el motor encendido en estado normal se deben encontrar en el en el lado de alta entre 150 a 310 PSI a una temperatura de 20° a 25° C.

Presión de baja: las presiones de baja oscilan entre 20 a 40 PSI a una temperatura de 20° a 25° C.

Principios termodinámicos: involucra la conversión o intercambio de calor, que se relaciona con conceptos de cambios de temperatura, presión y estado de los fluidos.

BIBLIOGRAFÍA

ACEDO ZAMBRANA, Miguel Ángel. *Mantenimiento de sistemas de climatización.* Málaga-España: IC, 2014.

Air-Conditioning and Refrigeration Institute. *Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado.* 3ª ed. México: Pearson Education, 1999.

ALIEXPRESS. *Ficha téncica del filtro desidratador.* 2016. [Consulta: 13 de mayo de 2021] Disponible en: https://es.aliexpress.com/item/32873700397.html

ALIEXPRESS. *Ficha téncica del condensador.* 2017. [Consulta: 13 de mayo de 2021] Disponible en: https://es.aliexpress.com/i/32217061721.html

ALIEXPRESS. *Ficha téncica del kit condensador.* 2019. [Consulta: 13 de mayo de 2021] Disponible en: https://es.aliexpress.com/item/32306101310.html

ALIEXPRESS. *Ficha téncica del electroventilador.* 2020. [Consulta: 13 de mayo de 2021] Disponible en: https://es.aliexpress.com/item/4000538422215.html

ARROBA BENITES, Darwin Rolando, & LOYOLA MERCHÁN, Wilinton Rubén. Diseño y construcción de una máquina pulidora de tubos cuadrados de hasta 2-1/2" [En línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 2014. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6311/1/UPS-KT00784.pdf

ASHRAE 55. *Thermal Enviromental Conditions for Human Occupancy.* Atlanta: ANSI/ASHRAE. 2013.

ASHRAE 62.1. *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.* Atlanta: ANSI/ASHRAE. 2013.

BARRERA DOBLADO, Óscar & ROS MARIN, Joan Antoni. *Sistemas de seguridad y confortabilidad.* 2ª ed. Madrid-España: Paraninfo. 2019.

BARRERA DOBLADO, Óscar & ROS MARIN, Joan Antoni. *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad.* 2ª ed. Madrid-España: Paraninfo. 2019.

CALM, James M. “The next generation of refrigerants – Historical review,considerations, and outlook”. *International Journal of Refrigeration* [En línea], 2008. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/222541769_The_next_generation_of_refrigerants_-_Historical_review_considerations_and_outlook

CARVAJAL AUMALA, Víctor Hugo; et al. Construcción de un sistema de aire acondicionado automotriz agregándole un habitáculo [En línea] (Proyecto Tecnológico). (Tecnología) Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, 2011. Disponible en: https://www.coursehero.com/file/94498729/ProyectoCarvajalpdf/

CASTILLO, Jairo; et al. Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático. *Revista Politécnica* [En línea], 2017, (Ecuador) Volumen I. Disponible en: https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/719

FIALLOS SANTAMARÍA, Marco Eduardo. Implementación de un banco didáctico para el estudio y funcionamiento del aire acondicionado del Hyundai Accent para la Escuela de Ingeniería Automotriz [En línea] (Trabajo de grado). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3363

GONZÁLEZ, Miguel Ángel; et al. *Sistemas de seguridad y confortabilidad.* Madrid-España: Editex. 2017.

HELLA TECH WORLD. *Mantenimiento y revisión del aire acondicionado*. 2015. Disponible en: https://www.hella.com/techworld/es/Informacion-Tecnica/Climatizacion-de-vehiculos/Aire-acondicionado-del-vehiculo-2203/#

MARTÍ PARERA, Albert. *Sistemas de seguridad y confort en vehículos automóviles.* Barcelona-España: Marcombo. 2000.

MENDOZA CÁRDENAS, Milton Carlos. Evaluación del impacto del uso de estrategias de climatización pasiva en el consumo de energía eléctrica de dispositivos de acondicionamiento de aire en viviendas en Monterrey [En línea] (Trabajo de Titulación). (Maestría) Universidad Autonoma de Nuevo León, México. 2016. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/14150/1/1080237854.pdf

ORTIZ CADENA, Juan Sebastián & MARROQUÍN CIFUENTES, Gilbert Nicolás. Desarrollo de software para cálculo y selección de poleas trapezoidales para correas de alta capacidad y métricas [En línea] (Trabajo de grado). (Ingeniería) Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bógota. 2016. Disponible en: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5314/OrtizCadenaJuanSebastian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

OTERO, Alejandra. *Cuánto consume el aire acondicionado de un coche*. 2020 Disponible en: https://www.motorpasion.com/tecnologia/cuanto-consume-aire-acondicionado-climatizador-coche-ri

PELÁEZ, David Alonso. *Técnicas del automóvil: Sistemas de climatización.* Madrid-España: Thomson Paraninfo. 2003.

PNUMA. *Normas Internacionales de Refrigeración y Aire Acondicionado*. 2015.

PNUMA. *Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono*. 2016.

RODASEROS. *Ficha técnica del motor electrico*. 2020. Disponible en: http://www.rodaseros.com/producto/motor-monofasico-1800-rpm/

RODRÍGUEZ GRILLO, José Alejandro. Sistema de climatización en automóviles, ómnibus y camiones [En línea] (Monografía). Universidad de Matanzas, Cuba. 2020. Disponible en: http://cict.umcc.cu/repositorio/tesis/Trabajos%20de%20Diploma/Ingenier%C3%ADa%20Mec%C3%A1nica/2020/SISTEMA%20DE%20CLIMATIZACI%C3%93N%20EN%20AUTOM%C3%93VILES,%20%C3%93MNIBUS%20Y%20CAMIONES%20REFRIGERADOS%20(Jos%C3%A9%20Alejandro%20Rodr%C3%ADguez%20Grillo).pdf

ROJAS REINOSO, Vicente; et al. Control de la temperatura en el interior del habitáculo de un vehículo. *Lámpsakos* [En línea], 2020, (Colombia). ISSN: 2145-4086 Disponible en: https://doi.org/10.21501/21454086.3462

SANDEN. *Manual de compresores.* 2019. Disponible en: https://sandenaftermarket.com/wp-content/uploads/2019/07/Universal_Fact_Sheet_Rev2_240719.pdf

SKF Reliability Systems. *Aceites lubricantes* 2014. Disponible en: https://pdfcoffee.com/qdownload/skf-lubricantes-pdf-free.html

VALLEJO ECHEVERRÍA, Julio Bolívar. Elaboración de Banco de pruebas de climatización automotriz para la aplicación de prácticas dentro de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. 2013. Disponible en: http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/4846

VERMA, Jitendra Kumar; et al. A Review of Alternative to R134a (CH3CH2F) Refrigerant. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* [En línea], 2013. (India) Volumen III. Disponible en: https://asset-pdf.scinapse.io/prod/2188638644/2188638644.pdf

ANEXOS

ANEXO A: Selección del motor eléctrico

ANEXO B: Selección de la polea del motor eléctrico

ANEXO C: Selección de la banda que conecta el motor eléctrico con el compresor.

ANEXO D: Diagrama de los circuitos eléctricos del banco de simulación del sistema de aire acondicionado automotriz

ANEXO E: Manual de usuario

ANEXO F: Manual de mantenimiento

ANEXO G: Guía de práctica

ANEXO A

SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

La selección del motor eléctrico se hace en función del compresor que se ha elegido en este caso un compresor con las siguientes especificaciones:

ESPECIFICACIONES DEL COMPRESOR

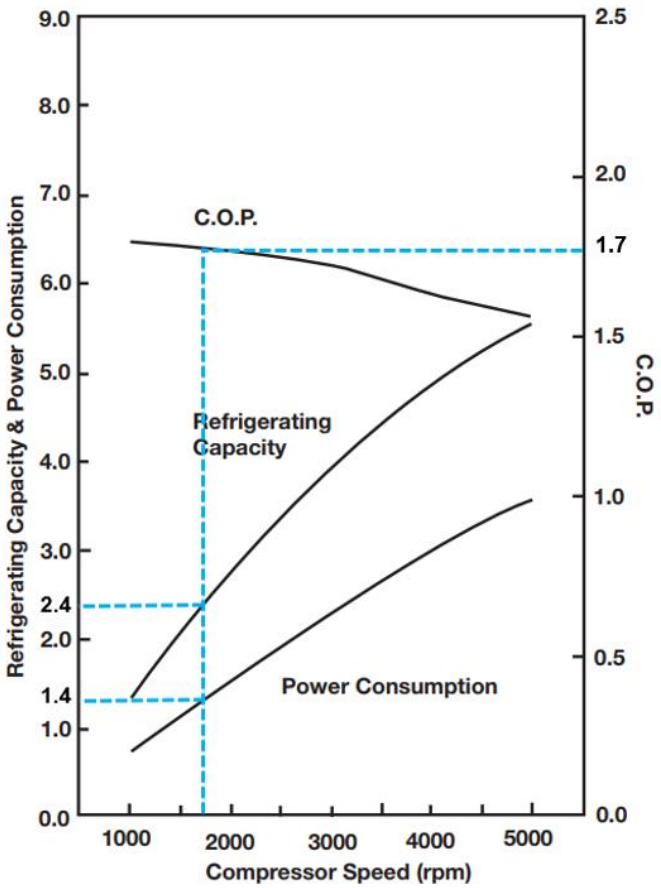
Denominación	Descripción
Modelo:	SD5H09 con embrague electromagnético
Tipo de polea:	A
Voltaje:	12V
Diámetro del embrague:	135 mm
Anclajes:	4 orejas
Cantidad de aceite:	100 cc
Refrigerante:	R-134a
Fabricante de Compresor:	SANDEN
Conexión:	Horizontal Rotalock
Número de canales de la polea:	2
Rango de velocidad:	700 - 6500 RPM
Capacidad de enfriamiento:	5,5 kW
Polos:	4
Peso:	8 Kg

Fuente: (SANDEN, 2019)

El uso del aire acondicionado puede ocasionar una ligera disminución en la potencia del vehículo, ocasionado por el compresor, aproximadamente, de 1,34 Hp y 7,38 Hp de la potencia del motor (SANDEN, 2019). Esta disminución de potencia se la aprecia más en los vehículos con motor pequeño y poca entrega, con motores de alto rendimiento se nota poco (OTERO, 2019).

El régimen de funcionamiento de un compresor en el sistema de aire acondicionado automotriz es de 1750 RPM (Air-Conditioning and Refrigeration Institute, 1999).

DIAGRAMA DE CURVAS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR SD5H09



Fuente: (SANDEN, 2019)

COMPRESOR A 1750 RPM:

Potencia consumida: 1.4 kW

$$1{,}4\ \text{kW} \cdot \frac{1{,}34\ \text{Hp}}{1\ \text{kW}} = 1{,}86\ \text{Hp}$$

Capacidad frigorífica: 2,4 Kw

$$2400\ \text{W} \cdot \frac{0{,}86\ \text{Kcal/h}}{1\ \text{W}} = 2064\ \text{Kcal/h} \qquad 2064\,\frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{3{,}97\ \text{BTU}}{1\,\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}} = 8194{,}08\ \text{BTU}$$

COP: Coeficiente de rendimiento = 1.7

Como se muestra en el diagrama si el compresor trabaja a 1750 RPM requiere de una potencia de 1,4 kW (1,86 Hp).

CÁLCULO DEL TORQUE REQUERIDO EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA:

(CASTILLO, et al., 2017), indica que el torque en función de la potencia se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\mathrm{HP} = \frac{\mathrm{T} \cdot \mathrm{RPM}}{5252}$$

DATOS:

Potencia: HP

Torque: T

Velocidad de giro: RPM

Valor para convertir a radianes por segundo: 5252

Torque del compresor:

$$\mathrm{T} = \frac{\mathrm{HP} \cdot 5252}{\mathrm{RPM}}$$

$$\mathrm{T} = \frac{1{,}86 \cdot 5252}{1750}$$

$$\mathrm{T} = 5{,}58\ \mathrm{N.m}$$

Torque del motor:

$$\mathrm{T} = \frac{\mathrm{HP} \cdot 5252}{\mathrm{RPM}}$$

$$\mathrm{T} = \frac{2 \cdot 5252}{1730}$$

$$\mathrm{T} = 6.07\ \mathrm{N.m}$$

Para que el compresor funcione sin ningún tipo de problema, se necesita un motor eléctrico que supere la potencia de 1,4 kW (1,86 Hp) y el torque de 5,58 N.m, por lo tanto, se seleccionó un motor eléctrico de 1,5 kW (2 Hp) y 1730 RPM con las siguientes especificaciones:

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR ELÉCTRICO

Denominación	Descripción
Marca:	WEG
Tipo de motor:	Monofásico
Potencia:	1,5 kW (2 Hp)
Número de Polos:	4
Frecuencia:	60 Hz
Rotación nominal:	1730 RPM
Diámetro del eje:	15,87 mm
Tensión nominal:	110/220V
Corriente nominal:	23,4/11,7 A
Torque nominal:	0,845 Kgf.m/ 8,2866 N.m

Fuente: (RODASEROS, 2020)

ANEXO B

SELECCIÓN DE LA POLEA DEL MOTOR ELÉCTRICO

Una vez elegido el motor eléctrico de 2 Hp que requerido para poner en movimiento el compresor, se buscó una polea con el diámetro adecuado que asegure el régimen de 1750 RPM del compresor.

(ARROBA & LOYOLA, 2014, pp. 47-48), expresa el diámetro de la polea del motor se calcula mediante la siguiente fórmula:

DATOS:

Diámetro de la polea del compresor: $\mathrm{d1} = 5{,}5'' = 139{,}7\ \mathrm{mm}$
Diámetro de la polea del motor: $\mathrm{d2} =?$
Revoluciones que requiere el compresor: $\mathrm{N1} = 1750\ \mathrm{RPM}$
Revoluciones del motor: $\mathrm{N1} = 1730\ \mathrm{RPM}$

$$\mathrm{d1} \cdot \mathrm{N1} = \mathrm{d2} \cdot \mathrm{N2}$$

$$\mathrm{d2} = \frac{\mathrm{d1} \cdot \mathrm{N1}}{\mathrm{N2}}$$

$$\mathrm{d2} = \frac{5{,}5'' \cdot 1750\ \mathrm{RPM}}{1730\ \mathrm{RPM}}$$

$$\mathrm{d2} = 5{,}56'' = 141{,}2\ \mathrm{mm}$$

Se colocó una polea de 142 mm en el motor eléctrico.

ANEXO C

SELECCIÓN DE LA BANDA QUE CONECTA EL MOTOR ELÉCTRICO CON EL COMPRESOR

(ORTIZ & MARROQUÍN, 2016, p. 23), define la longitud de la banda mediante la siguiente fórmula:

$$L = 2C + 1{,}57(D2 + D1) + \frac{(D2 - D1)^2}{4C}$$

DONDE:

Longitud de la banda: $L = ?$

Distancia entre centros: $C = 23{,}622'' = 600\ \text{mm}$

Diámetro de la polea motriz: $d1 = 5{,}56'' = 141{,}2\ \text{mm}$

Diámetro de la polea conducida: $d2 = 5{,}5'' = 139{,}7\ \text{mm}$

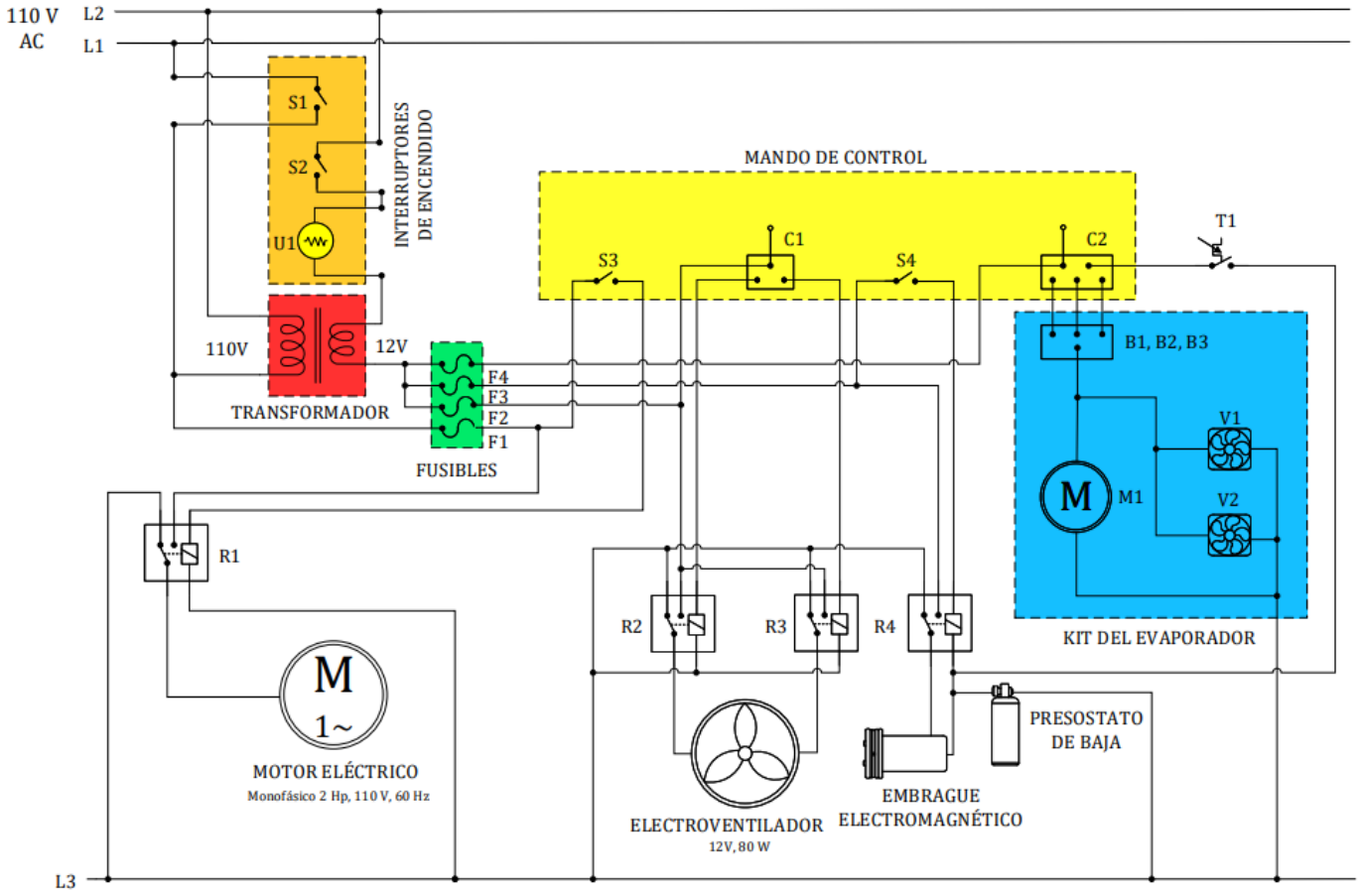
$$L = 2(23{,}622'') + 1{,}57(5{,}5'' + 5{,}56'') + \frac{(5{,}5'' - 5{,}56'')^2}{4(23{,}622'')}$$

$$L = 64{,}6'' = 1640{,}84\text{mm}$$

Por esta razón se seleccionó una banda de 65’’ que garantizaba que el compresor gire a 1750 RPM.

ANEXO D

DIAGRAMA DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS DEL BANCO DE SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO



Realizado por: Vega, B. 2021

DENOMINACIÓN DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS

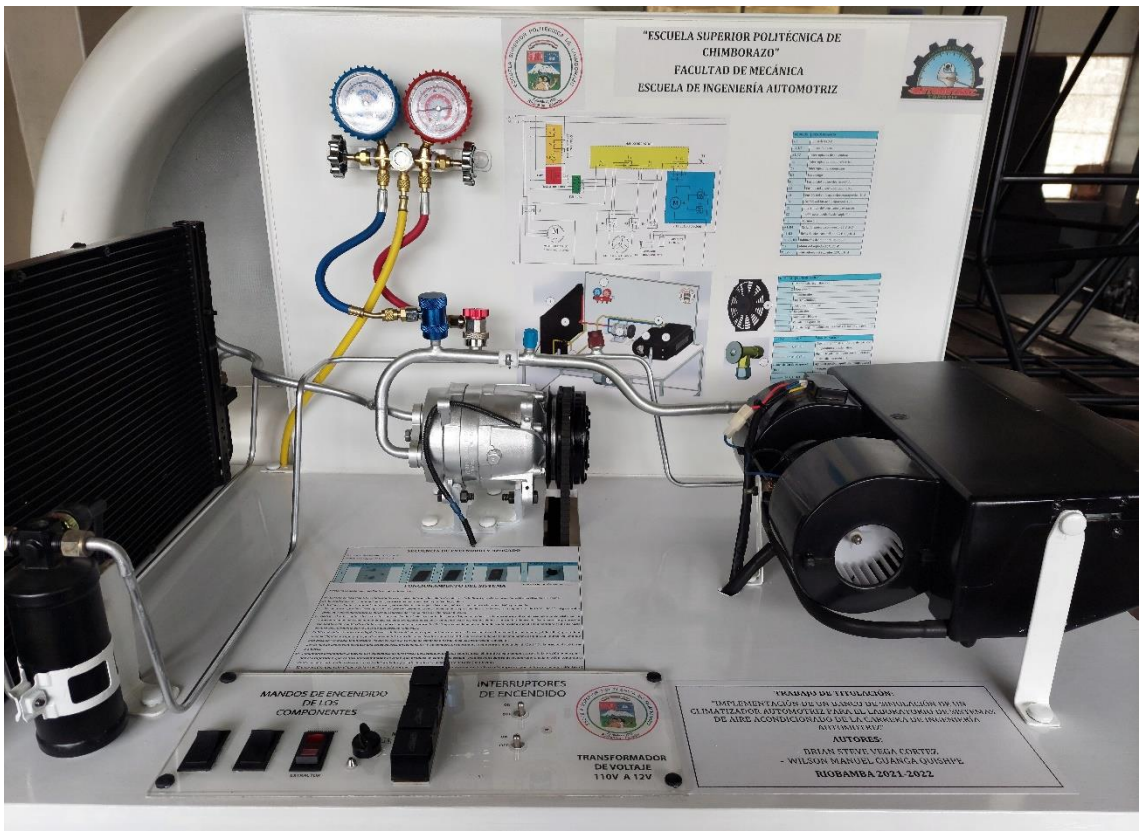
Códigos	Denominación
L1	Línea de 110 V
L2, L3	Líneas de tierra
S1, S2	Interruptores de encendido
S3	Interruptor del motor eléctrico
S4	Interruptor del compresor
U1	Luz testigo
F1	Fusible del motor eléctrico 15 A
F2	Fusible del electroventilador 10 A
F3	Fusible del embrague electromagnético 10 A
F4	Fusible del kit del evaporador 10 A
C1	Interruptor del ventilador y extractor
C2	Perilla de velocidades del soplador
T1	Termostato
R1, R4	Relés del motor y compresor 12 V, 30A
R2, R3	Relés del electroventilador 12V, 30/40 A
B1, B2, B3	Bobinados del motor del soplador
M1	Motor del soplador12 V, 80 W
V1, V2	Ventiladores del soplador 12 V, 0,16 A

Realizado por: Vega, B. 2021

ANEXO E

MANUAL DE USUARIO

BANCO DE SIMULACIÓN DE UN CLIMATIZADOR AUTOMOTRIZ



Elaborado por: BRIAN STEVE VEGA CORTEZ
2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO 3
2. SECUENCIA DE ENCENDIDO Y APAGADO 3
3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA 3
4. COMPONENTES DEL SISTEMA 4

1. OBJETIVO

Brindar información sobre el funcionamiento del Banco de Simulación de un Climatizador Automotriz.

2. SECUENCIA DE ENCENDIDO Y APAGADO

- Secuencia de encendido: (1), (2), (3), (4), (5).
- Secuencia de apagado: (5), (4), (3), (2), (1).

1	2	3	4	5
INTERRUPTORES DE ENCENDIDO	MOTOR	COMPRESOR	VENTILADOR O EXTRACTOR	VELOCIDADES DEL SOPLADOR

NOTA: La carga completa de sistema es de 16 onzas o 453,6 gramos de refrigerante en estado líquido (Freón R-134a).

3. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

El sistema es accionado mediante mandos de control.

1) Colocar en posición ON los interruptores de encendido, una luz piloto de color verde indicará que el trasformador está energizando el sistema.

2) Encender el interruptor del motor para accionar la transmisión por banda y poleas.

3) Accionar el interruptor del compresor para activar el embrague electromagnético acoplándose a la transmisión por banda.

- El compresor produce la compresión del gas refrigerante R134a, aumentando su presión de 3 a 16 bares y su temperatura de 10 °C a 80 °C, el gas de alta presión y temperatura se dirige al condensador por la línea de alta presión (roja).

4) Activar el interruptor del extractor que enciende el electroventilador para disipar o reducir la temperatura del condensador, que consiste en un intercambiador de calor donde el gas caliente transfiere el calor al ambiente exterior, produciéndose un cambio de estado (condensación) a presión constante, este cambio de estado se produce a una temperatura de 45 °C, aproximadamente, el líquido a alta presión y media temperatura se dirige hacia el filtro deshidratante por la línea de alta presión (amarilla).

- El filtro deshidratante es un depósito cerrado herméticamente que contiene un material absorbente de humedad (normalmente gel de sílice) que retiene el agua (líquida o

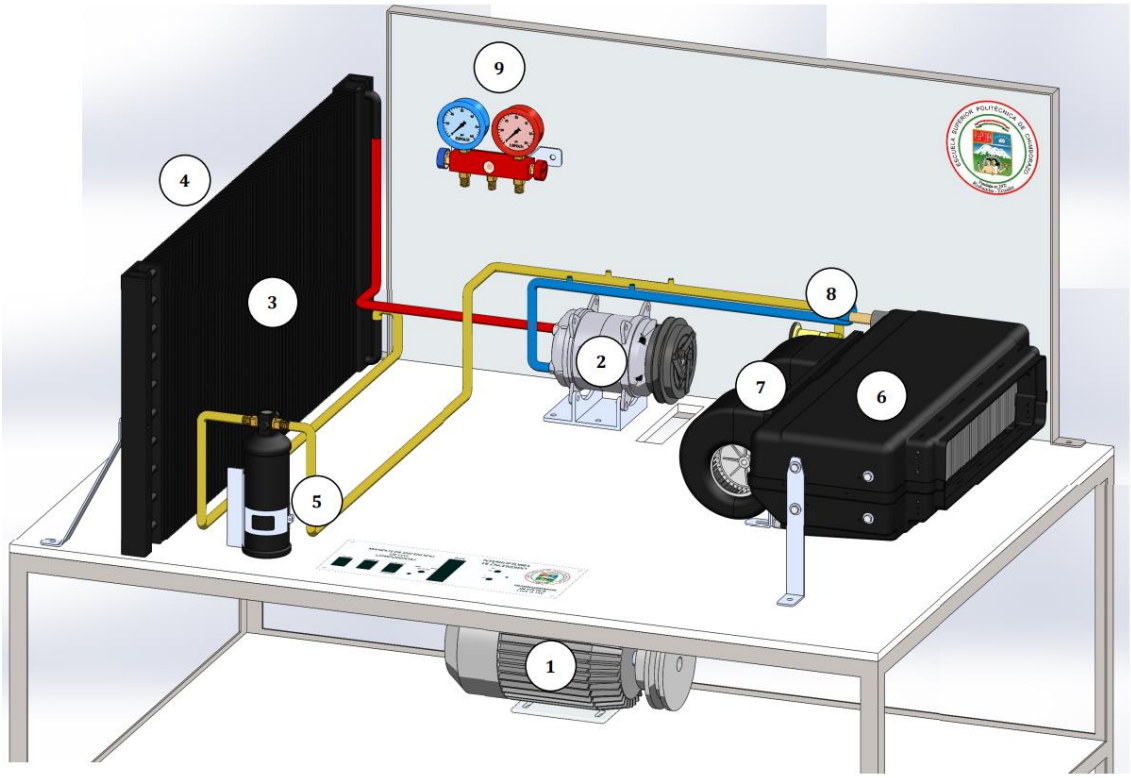
vapor) que puede haberse introducido en el circuito, además el filtro sirve como depósito acumulador de fluido. El líquido, ya limpio, a alta presión y a media temperatura, se dirige hacia la válvula de expansión por la línea de alta presión (amarilla).

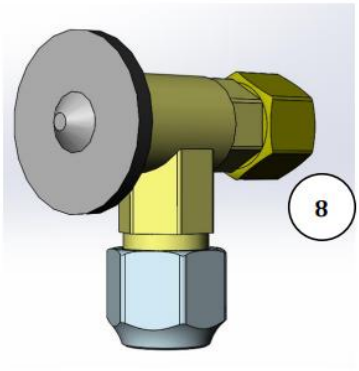
- La válvula de expansión produce una caída de presión (expansión) y de temperatura pasando la temperatura media de 45 °C a 5 °C y la presión de 16 bares a 3 bares.

5) Finalmente accionamos la perilla de velocidades de aire fresco del soplador, en estas condiciones, el líquido a baja temperatura y presión puede pasar por el evaporador, que es otro intercambiador de calor, que produce un cambio de estado (evaporación) dentro del evaporador a baja presión, tomando el fluido el calor del medio exterior a través del soplador y produciendo el enfriamiento del aire (habitáculo).

- El evaporador deja salir el gas a baja presión y temperatura de 5 °C a 10 °C, que es conducido hacia el compresor por la línea de baja presión (azul) para iniciar el ciclo de nuevo.

4. COMPONENTES DEL SISTEMA





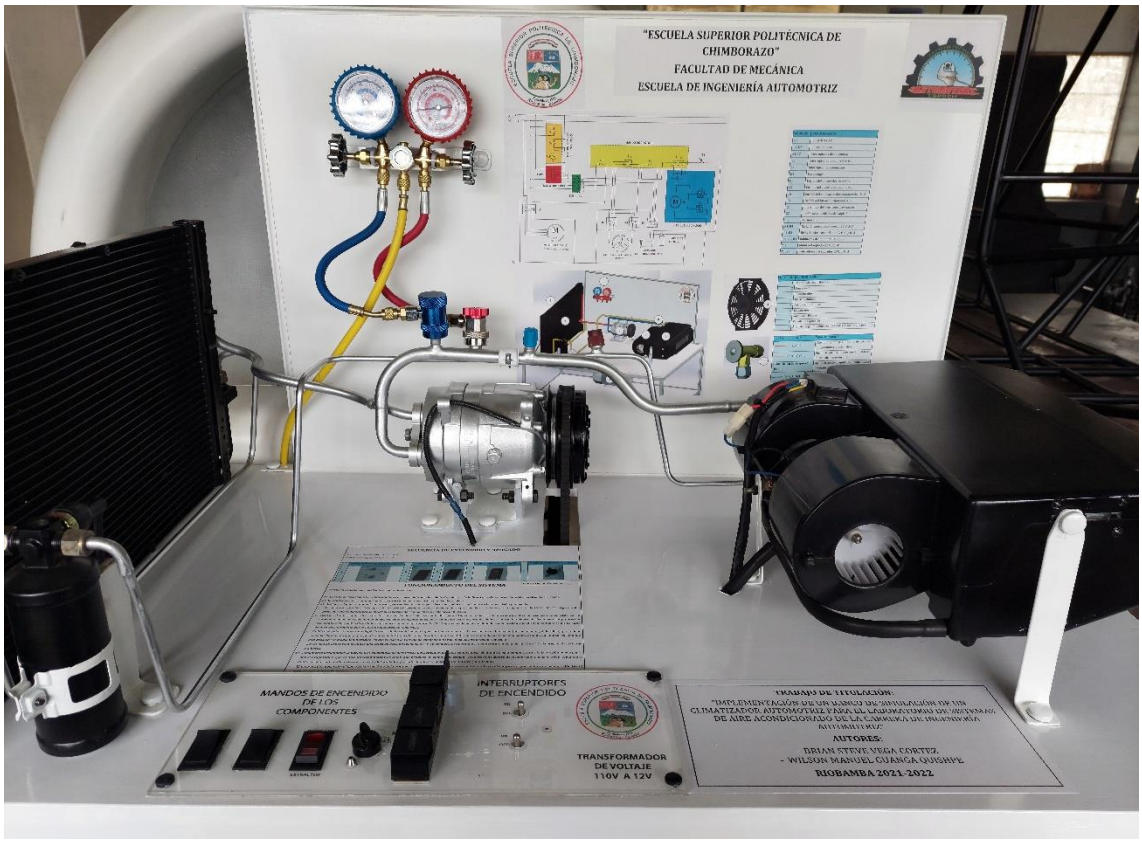
No	DENOMINACIÓN
1	Motor eléctrico
2	Compresor
3	Condensador
4	Electroventilador
5	Filtro deshidratador
6	Evaporador
7	Soplador o blower
8	Válvula de expansión
9	Árbol de carga (manómetros y válvulas de baja y alta presión)

LÍNEAS DE PRESIÓN	DENOMINACIÓN
(Roja) (Alta)	Agente frigorífico en forma de gas con temperatura y presión altas.
(Amarilla) (Alta)	Agente frigorífico líquido con temperatura intermedia y presión alta.
Dentro del kit del evaporador (Baja)	Agente frigorífico líquido con temperatura y presión bajas.
(Azul) (Baja)	Agente frigorífico en forma de gas con temperatura y presión bajas.

ANEXO D

MANUAL DE MANTENIMIENTO

BANCO DE SIMULACIÓN DE UN CLIMATIZADOR AUTOMOTRIZ



Elaborado por: BRIAN STEVE VEGA CORTEZ

2021

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. OBJETIVO 3
2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 3
2.1. Motor eléctrico 3
2.2. Compresor 3
2.3. Filtro deshidratador 4
2.4. Electroventilador 5
2.5. Kit del Evaporador 5
2.6. Condensador 6
3. PRUEBA DE VACIADO Y CARGA DEL FREÓN EN EL SISTEMA 7
3.1. Prueba de vaciado en el sistema 7
3.2. Carga de freón en el sistema 8
3.2.1. ***Precauciones de uso del refrigerante freón*** 8
3.2.2. ***Precauciones adicionales*** 9
3.2.3. ***Pasos para de cargar el refrigerante freón*** 9
3.2.4. ***Desmontaje del árbol de carga (manómetros)*** 10
4. PRUEBA DE DETECCIÓN DE FUGAS EN EL SISTEMA 10
5. AVERÍAS MÁS FRECUENTES EN LOS COMPONENTES DEL SISTEMA 10
5.1. Diagrama de causa-efecto para realizar los procesos de reparación 11
6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO 12
6.1. Revisión del aire acondicionado 12
6.2. Servicio del aire acondicionado 12
6.3. Comprobación de la potencia de refrigeración 12
6.4. Búsqueda de fallos 13

1. OBJETIVO

Brindar información sobre el mantenimiento del Banco de Simulación de un Climatizador Automotriz.

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

2.1. Motor eléctrico

Denominación	Descripción
Marca:	WEG
Tipo de motor:	Monofásico
Potencia:	1,5 kW (2 Hp)
Número de Polos:	4
Frecuencia:	60 Hz
Rotación nominal:	1730 RPM
Diámetro del eje:	15,87 mm
Tensión nominal:	110/220V
Corriente nominal:	23,4/11,7 A
Torque nominal:	0,845 Kgf.m/ 8,2866 N.m

Fuente: (RODASEROS, 2020)

2.2. Compresor

Denominación	Descripción
Modelo:	SD5H09 con embrague electromagnético
Tipo de polea:	A
Voltaje:	12V
Diámetro del embrague:	135 mm
Anclajes:	4 orejas
Cantidad de aceite:	100 cc
Refrigerante:	R-134a
Fabricante de Compresor:	SANDEN
Conexión:	Horizontal Rotalock
Número de canales de la polea:	2
Rango de velocidad:	700 - 6500 RPM
Capacidad de enfriamiento:	5,5 kW
Polos:	4
Peso:	8 Kg

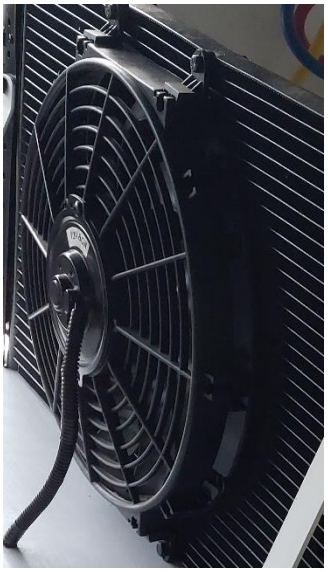
Fuente: (SANDEN, 2019)

2.3. Filtro deshidratador

Denominación	Descripción
Modelo:	515-3R con interruptor
Altura:	7,9’’
Diámetro:	2,4’’
Material:	Hierro
Peso:	0,6 Kg
Tipo de artículo:	Filtro receptor secador, resistente a vibraciones
Tipo:	Acumulador / depósito de líquido (retención 15%)
Puerto de entrada y salida:	Junta tórica 3/8’’
Color:	Negro

Fuente: (ALIEXPRESS, 2016)

2.4. Electroventilador



Denominación	Descripción
Modelo:	Universal
Diámetro aproximado:	12’’
Velocidad máxima:	2250 RPM
Grosor:	2,5’’
Número de palas:	10 cuchillas
Material de hoja:	Plástico
Tensión:	12 V
Corriente:	12,7 Amp
Potencia:	80 W
Material:	ABS
Peso bruto:	1,2 Kg
Color:	Negro

Fuente: (ALIEXPRESS, 2020)

2.5. Kit del Evaporador

Denominación	Descripción
Modelo:	Universal
Marca:	Gcfix
Tensión:	12V
Corriente:	8,5 Amp
Potencia:	30 W
Capacidad de refrigeración aproximada:	12000 BTU / 3,5 Kw/h
Tipo de aire	Solo frío
Potencia del motor soplador:	80W
Motor del soplador:	3800 RPM
Válvula de expansión:	1,5 toneladas
Velocidad del aire:	6,5 m/s
Interruptor del soplador:	3 velocidades y controlador de termostato
Refrigerante:	R-134a
Color:	Negro

Fuente: (ALIEXPRESS, 2019)

2.6. Condensador

Denominación	Descripción
Modelo:	Universal
Marca:	Gcfix
Tipo:	Serpentina
Material:	Aluminio
Peso:	4 Kg
Tipo de rosca:	Macho número 6 y 8
Dimensiones:	23'' x 14'' x 1,26''
Pintura:	Anticorrosiva
Color:	Negro

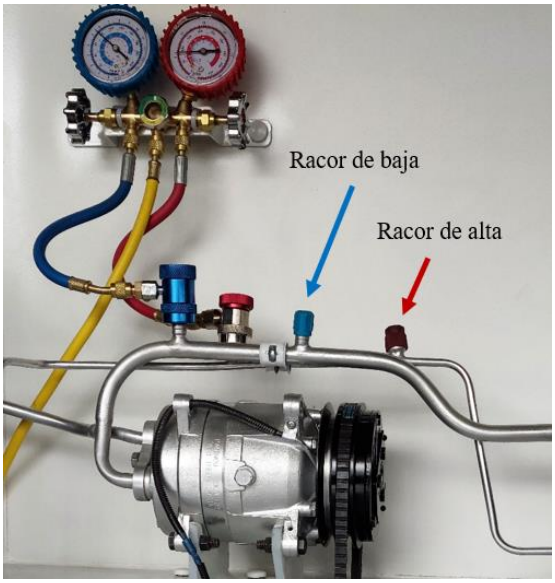
Fuente: (ALIEXPRESS, 2017)

3. PRUEBA DE VACIADO Y CARGA DEL FREÓN EN EL SISTEMA

La prueba de vacío normalmente se la hace cuando se ha retirado el refrigerante del sistema, y se carga simplemente se conecta el juego de manómetros de baja y alta presión el sistema aire acondicionado y generar un vacío aproximadamente 10 a 15 segundos.

3.1. Prueba de vaciado en el sistema

Los pasos a seguir son:



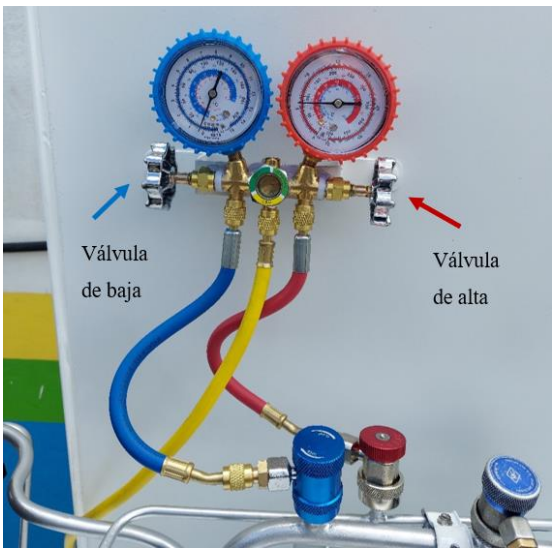
El árbol de carga (manómetros) tiene 3 mangueras, dos que salen de cada manómetro y una manguera intermedia: azul baja presión, roja alta presión y amarilla de vaciado.

1) Conectamos las mangueras de los manómetros de baja y alta presión de la siguiente manera:

- Acople de la manguera azul de baja presión → al racor de baja presión.
- Acople de la manguera roja de alta presión → al racor de alta presión.

Nota: La prueba de vaciado se puede realizar con el árbol de carga que es parte del banco de simulación o se puede conectar un árbol de carga externo en los racores adicionales que existen en las líneas de alta y baja.

2) Conectamos la manguera intermedia a la bomba de vacío.



3) Encendemos la bomba de vacío, abrimos la válvula de lado de baja presión (azul) del árbol de carga.

- Si no existe ninguna obstrucción en el sistema, el manómetro de alta presión comenzara a marcar.
- Cuando suceda esto abrimos la válvula de alta presión (roja) del árbol de carga (manómetros).

4) En aproximadamente 10 minutos, el manómetro de baja presión marcará una presión por debajo de los 760 mm de Hg (14,7 PSI), esto sucederá si no existen fugas en el sistema.

Nota: En caso de que el manómetro de baja presión no marque por debajo de los 760 mm de Hg, cerramos ambas válvulas, paramos el funcionamiento de la bomba de vacío y verificamos lo que marque el manómetro.

- Si el manómetro marca un incremento de presión, probablemente existe fugas en el sistema. En ese caso hay que reparar las fugas en el sistema para poder proceder con la prueba de vacío.
- Si el manómetro marca una presión estable indica que no existe fugas en el sistema, permitiendo seguir con la prueba de vaciado.

5) La prueba de vaciado la realizamos de 10 a 15 minutos aproximadamente.

6) Continuamos con la prueba de vaciado hasta que el manómetro de baja marque una presión de menor de 760 mm Hg, y procedemos a cerrar las dos válvulas.

7) Finalmente apagamos la bomba de vacío, desconectamos la manguera intermedia del ingreso a la bomba.

Una vez realizado todos estos pasos podemos realizar la carga del gas refrigerante freón R-134a en el sistema.

3.2. Carga de freón en el sistema

El banco de simulación del sistema de acondicionamiento de aire acondicionado automotriz contiene gas refrigerante R-134a (HFC-134a).

Nota: Antes de realizar la carga del gas refrigerante se debe tener en consideración las siguientes precauciones de seguridad para poder manipularlo.

3.2.1. *Precauciones de uso del refrigerante freón*

- Mantener el gas refrigerante en un lugar bien ventilado y fresco, no someter a la luz solar o alguna fuente de calor, el refrigerante del recipiente se encuentra almacenado a presión y puede explotar si se lo caliente.
- Debido a que los vapores que produce el refrigerante son más pesados que el aire, puede provocar asfixia, por la escasez de oxígeno en el aire para respirar.
- Si se tiene contacto con la piel el gas refrigerado puede causar quemaduras por el frío o congelamiento, si se diera el caso hay que frotarse con agua tibia la zona afectada.
- Utilizar guantes que aíslen el frío y gafas de protección para los ojos, en caso de exponerse al gas refrigerante, se debe acudir inmediatamente a un médico.

No realizar la carga de refrigerante cerca de una estación de soldadura o cerca de alguna fuente de calor.

3.2.2. *Precauciones adicionales*

- Realizar siempre la carga de freón por la línea de baja presión del sistema de aire acondicionado.
- Nunca cargar el freón por la línea de alta presión del sistema.
- No realizar la carga del freón cuando el compresor se encuentra caliente.
- El árbol de carga (manómetros) se los debe usar antes y durante el proceso de carga del freón.
- Se debe vaciar completamente el gas refrigerante de su contenedor antes de desecharlo.

3.2.3. *Pasos para de cargar el refrigerante freón*

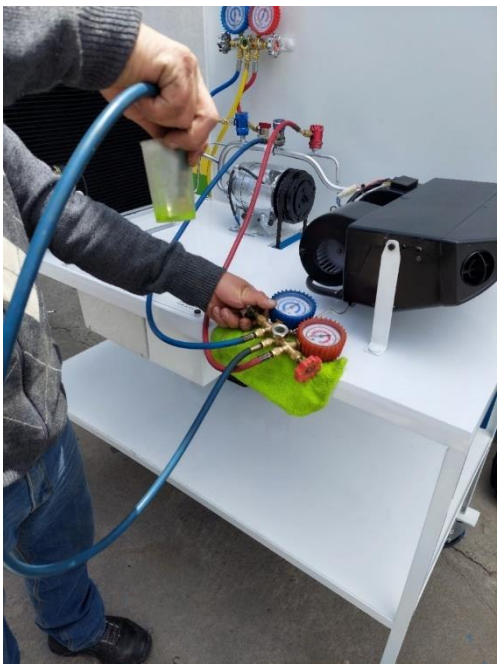
Los pasos del proceso sirve para cargar el freón en estado líquido o gaseoso.

- En estado líquido el proceso es más rápido, se pesa el líquido en una balanza para conocer la cantidad exacta.
- En estado gaseoso se carga el refrigerante por la línea de baja presión, la carga es más lenta pero muy efectiva cuando se desconoce la cantidad de refrigerante que debe ingresar en el sistema (se omite el paso 1 si se realiza la carga en estado gaseoso).

En nuestro caso utilizamos freón en estado líquido.

1) Abrimos la válvula del contenedor del refrigerante y lo colocamos en un recipiente para pesarlo en una balanza, para la carga completa se utiliza un aproximado de 600 gramos o 21 onzas en automóviles (depende del tipo de automóvil), en nuestro caso el sistema de aire acondicionado del banco de simulación se llenó por completo con 16 onzas (453,6 gramos).

2) Colocamos el árbol de carga (manómetros) en la misma posición que la de la prueba de vaciado y la manguera intermedia al recipiente del líquido refrigerante (únicamente cuando se carga en estado gaseoso, conectamos directamente la manguera intermedia a la válvula del contenedor del refrigerante y abrimos válvula para limpiar la condición de carga), finalmente abrimos la válvula del árbol de carga de la línea de baja presión.



3) Comprobamos que la válvula del árbol de carga de la línea de alta presión este completamente cerrada.

4) Encendemos el sistema de aire acondicionado, y dejamos que succione el líquido (o gas).

5) Luego de cargar el freón en el sistema, se cierra la válvula de la línea de baja presión del árbol de carga. Cuando la carga esta completa los manómetros marcan lo siguiente con la cantidad de refrigerante especificada (cuando se carga en estado gaseoso debemos cerciorarnos de que los manómetros marquen los mismos valores):

- El manómetro de baja presión debe macar un aproximado de 245 KPa o 35,5 PSI de presión.
- El manómetro de alta presión marcar un aproximado de 1470 KPa o 213 PSI de presión.

3.2.4. *Desmontaje del árbol de carga (manómetros)*

Una vez terminada la carga completa de freón del sistema de aire acondicionado automotriz se debe desmontar el árbol de carga de la siguiente forma:

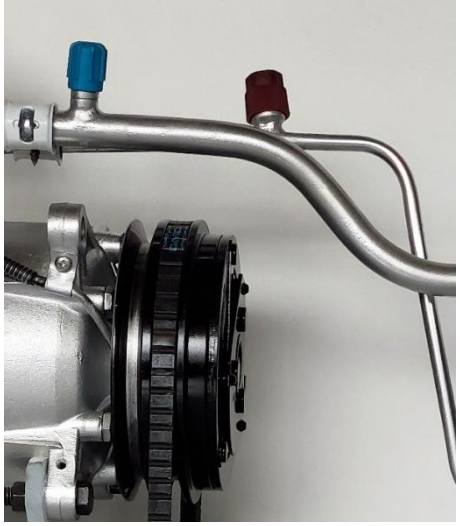
1) Primero cerramos la válvula de la línea de baja presión del árbol de carga (la válvula de línea alta presión está siempre cerrada durante la carga del freón).

2) Luego retiramos la manguera intermedia del recipiente (en la carga en estado gaseoso cerramos la válvula del recipiente del refrigerante).

3) Apagamos el sistema de aire acondicionado.

4) Retiramos los acoples del árbol de carga, para hacerlo hay que llevar puesto el equipo de protección anteriormente mencionado, en caso de salpicar refrigerante debido a la presión del sistema, en especial del acople de la línea de alta presión, por último, colocamos las tapas en los racores de las tuberías.

5) Finalmente, con la ayuda de una franela, secamos las mangueras de las válvulas de servicio del árbol de carga. Se debe realizar con mucho cuidado y rápidamente.



4. PRUEBA DE DETECCIÓN DE FUGAS EN EL SISTEMA

Con la utilización de un recipiente con agua y detergente, remojamos una franela en la mezcla y procedemos a cubrir con el líquido las tuberías de las líneas de baja y alta presión, en busca de alguna fuga, sin hallar ninguna (en el caso de existir fugas inmediatamente se formarán burbujas en esa área).

5. AVERÍAS MÁS FRECUENTES EN LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

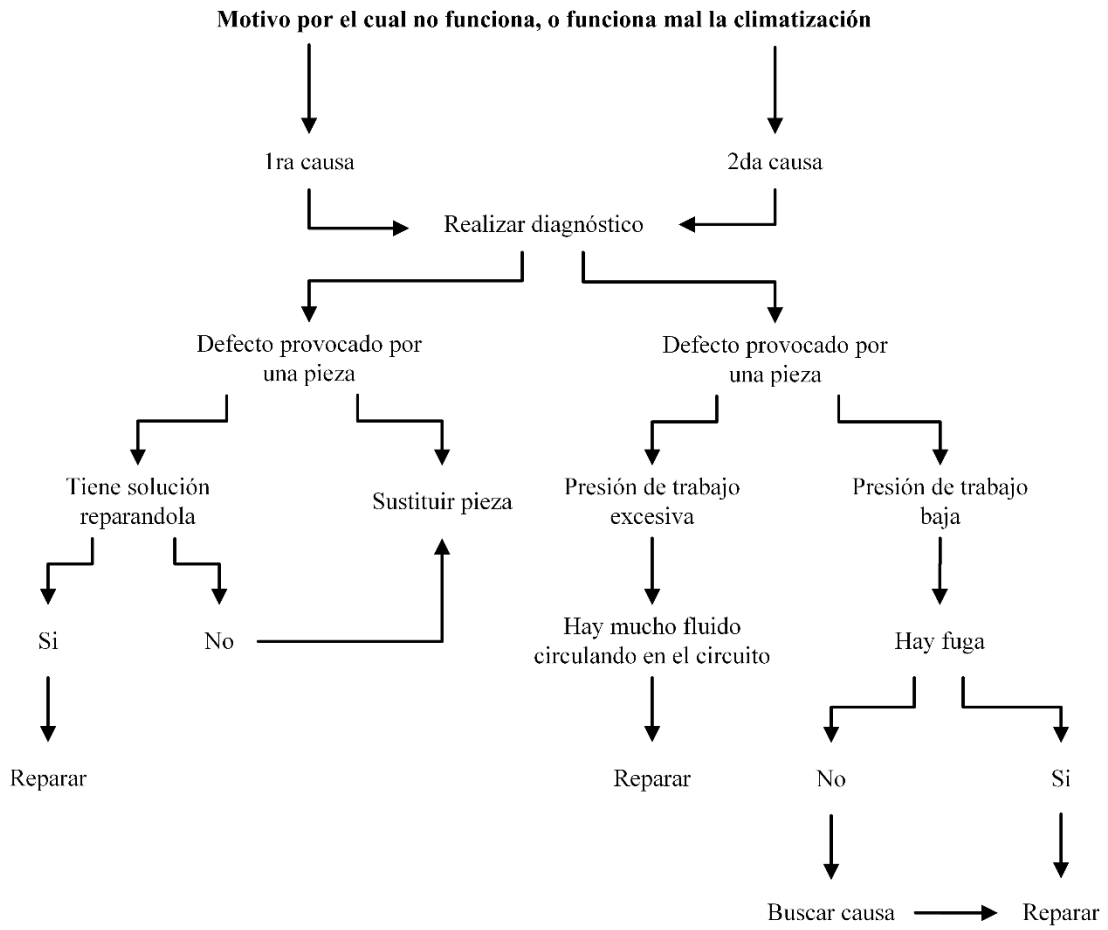
Las fallas más comunes de los principales componentes que conforman el aire acondicionado se describen y explican a continuación:

Componente	Averías	Reparación
Compresor	• Vibraciones • Ruidos • El embrague electromagnético no funciona	• Comprobar el funcionamiento general, si existe vibración o ruido, sustituir • Comprobar eléctricamente el embrague electromagnético, si no funciona, sustituir
Banda de transmisión	• Estado y tensión de la banda anormal • Desgaste de la banda anormal • Polea floja • Soporte del compresor roto • Compresor bloqueado	• Comprobar con un útil de tensión de bandas si es correcta • Comprobar el estado de la banda, el soporte del compresor y el giro manual del compresor
Condensador	• Canaletas del condensador deterioradas • Presencia de fugas	• Verificar que las canaletas del condensador no tengan suciedad; si las canaletas

	• Correcto montaje del condensador • Funcionamiento del electroventilador anormal	estuvieran dañadas más de un 30 % sustituir • Comprobar que no haya fugas y este correctamente montado el condensador • Verificar el funcionamiento del electroventilador; si no, sustituir
Electroventilador	• Funcionamiento del electroventilador anormal • Correcto estado de los fusibles	• Conectar el encendido y puentear el termo contacto del refrigerante del condensador, el electroventilador debe funcionar • Verificar fusibles y si es necesario y repetir la acción anterior
Tuberías del sistema	• Estado de las tuberías, que presenten roturas	• Comprobar temperaturas en varios puntos del circuito directamente de las tuberías
Válvula de expansión	• Estado de funcionamiento del reductor de presión • Estado de funcionamiento de la válvula expansión	• Comprobar si el reductor de presión está obstruido; si es así, sustituir este y el acumulador • Comprobar si la válvula de expansión está obstruida; si es así, se puede limpiar, reparar y ajustarse

Fuente: (ACEDO, 2014)

5.1. Diagrama de causa-efecto para realizar los procesos de reparación



Fuente: (ACEDO, 2014)

6. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

(HELLA TECH WORLD, 2015), recomienda realizar una revisión del aire acondicionado cada 12 meses y un servicio de climatización cada 2 años.

6.1. Revisión del aire acondicionado

¿Cuándo?	Cada 12 meses
¿Por qué?	En todos los sistemas de aire acondicionado hay un evaporador. En sus láminas se condensa el agua. Con el paso del tiempo se acumulan bacterias, hongos y microorganismos. Por esa razón, el evaporador debe desinfectarse de forma periódica.
¿Cuál es el proceso?	• Comprobación visual de todos los componentes • Revisión del funcionamiento y de la potencia • En caso necesario, desinfección del evaporador

Fuente: (HELLA TECH WORLD, 2015)

6.2. Servicio del aire acondicionado

¿Cuándo?	Cada 2 años
¿Por qué?	Incluso en un sistema de aire acondicionado nuevo, cada año se pierde un 10% del refrigerante. Se considera un proceso normal, por el cual disminuye la potencia de refrigeración y pueden aparecer daños en el compresor. El filtro deshidratante elimina la humedad y las impurezas del refrigerante.
¿Cuál es el proceso?	• Comprobación visual de todos los componentes • Revisión del funcionamiento y de la potencia • En caso necesario, desinfección del evaporador • Cambiar el refrigerante • Revisión de la estanqueidad

Fuente: (HELLA TECH WORLD, 2015)

Un sistema que le hace falta 10% de refrigerante, costará 20% más en su operación.

Sin un mantenimiento regular, el aire acondicionado pierde aproximadamente 5% de su eficiencia original por cada año de operación, si se le da un mantenimiento adecuado se podrá mantener el 95% de la eficiencia original del banco.

6.3. Comprobación de la potencia de refrigeración

1. Encender el motor. Conectar las distintas potencias de ventilación. ¿Funciona la ventilación?	
Si	No
↓	2. • Comprobar el fusible • Comprobar relés, interruptores y el cableado de todas las piezas
3. Temperatura en máxima potencia de refrigeración. ¿Está activado el embrague electromagnético?	
Si	No
↓	4. • Comprobar cableado/conexiones eléctricas, suministro de corriente • Comprobar interruptor de temperatura/sensor, presostato • La cantidad de refrigerante de relleno no es correcta

5. Encender la instalación a potencia máxima de refrigeración y dejar funcionando durante varios minutos en el nivel medio de ventilación; temperatura de salida del aire en la tobera media 3-8 °C.	
Si	No
↓	6. Si la temperatura de salida es demasiado elevada: • ¿Está apagada la calefacción? • ¿El filtro del habitáculo se encuentra en buen estado? • Comprobar el sensor/interruptor de temperatura, termostato (si lo lleva) • Comprobar válvulas de ventilación, de la calefacción, ventilación del condensador
7. Comprobar baja presión (BP) y alta presión (AP) a 2000 - 2500 rpm: BP: 0,5 – 3,0 bar AP: 6,0 – 25,0 bar en compresores con potencia regulada: BP: aprox. 2 bar, constante	
Si	No
Aire acondicionado correcto	8. véase tabla de búsqueda de fallos

Fuente: (HELLA TECH WORLD, 2015)

6.4. Búsqueda de fallos

Baja presión	Alta presión	Temperatura de salida en la tobera central	Posibles causas
alta	alta	más alta, hasta temperatura ambiente	Motor sobrecalentado, condensador sucio, ventilador del condensador - giro en dirección errónea, instalación saturada
de normal a baja, temporalmente	alta, temporalmente	más alta, a veces variable	Válvula de expansión oprimida, a veces cerrada
normal	alta	ligeramente más alta	Filtro deshidratante envejecido, condensador sucio
alta	de normal a alta	más elevada dependiendo del paso de salida	Potencia del compresor a la válvula de expansión estrechada
normal	normal	más alta	Demasiado aceite de refrigerante en el sistema
normal, pero no uniforme	normal, pero no uniforme	más alta	Humedad en el sistema, válvula de expansión defectuosa
variable	variable	variable	Válvula de expansión o compresor defectuosos
de normal a baja	de normal a baja	más alta	Evaporador sucio, falta refrigerante
alta	baja	más alta, casi temperatura ambiente	La válvula de expansión se atasca estando abierta, compresor defectuoso
baja	baja	más alta, hasta temperatura ambiente	Falta refrigerante baja presión y alta presión iguale
baja presión y alta presión iguales	baja presión y alta presión iguales	Temperatura ambiente	Falta de refrigerante, compresor defectuoso, fallo en la instalación eléctrica

Fuente: (HELLA TECH WORLD, 2015)

ANEXO D

FACULTAD: MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

GUÍA DE LABORATORIO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO
PARALELO: "…"

PRÁCTICA No. 1- FALLO ELÉCTRICO DEL EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO

1. **DATOS GENERALES:**

NOMBRE:	**CÓDIGO:**
……	……
……	……
……	……
……	……

GRUPO No.: ……..

FECHA DE REALIZACIÓN:	**FECHA DE ENTREGA:**
aaaa-mm-dd	aaaa-mm-dd

2. OBJETIVO:

Determinar la causa de la avería eléctrica del embrague electromagnético, utilizando el equipo necesario y los procedimientos de comprobación adecuados, para dar solución al desperfecto y hacerlo funcionar correctamente.

3. INSTRUCCIONES

Mediante el uso del multímetro realizar las mediciones eléctricas correspondientes para determinar cuál es la causa para que el embrague electromagnético no funcione.

4. EQUIPOS Y MATERIALES

Multímetro.
Pinza amperimétrica.
App de celular.

5. MARCO TEÓRICO

Se ha generalizado el uso del embrague electromagnético como parte del sistema de climatización del vehículo. Este acoplado al compresor, permitiendo que se conecte y desconecte del sistema de aire acondicionado. Cuando se conecta el equipo de frío, se hace pasar corriente eléctrica por la bobina del embrague, lo que hace que el disco se acople a la polea del compresor y este actúe. Para regular la temperatura interior del habitáculo, el termostato conecta o desconecta el compresor a través del embrague electromagnético (BARRERA & ROS, 2019).

Figura 1: Despiece del embrague electromagnético, (1) Disco de presión, (2) Polea, (3) Bobina
Fuente: (BARRERA & ROS, 2019)

6. ACTIVIDADES POR DESARROLLAR:

Por lo general la primera causa que ocasiona el fallo del sistema de aire acondicionado es el embrague electromagnético. La avería común es la bobina del embrague.

Encendemos el banco, sin accionar el interrumpir del compresor, que nos va a ayudar a simular la falla del embrague electromagnético.

Defecto presentado en el banco: el sistema de aire acondicionado no refrigera el aire, las presiones de los manómetros están estáticas y son normales.

Presión de baja (PSI)	Presión de alta (PSI)

Los valores de los datos obtenidos varían según el fabricante y tamaño del compresor.

Aspectos:

1. Prueba de medición con el multímetro.

- Resistencia de la bobina de accionamiento del embrague del compresor:

Resistencia de la bobina (Ohms)

Debe encontrarse en rango bajo de 3 a 5 Ohms

Observación: Utilizar siempre un multímetro para la medición de la resistencia de la bobina, no se recomiendan pruebas realizadas con alimentación directamente de la batería del vehículo, ya que este procedimiento podría causar que se queme la bobina.

Pasos:

Conectar el positivo del multímetro a la bobina y el negativo a la carcasa del compresor, y medir la resistencia de la bobina.

- Si el valor de la resistencia es cercano a 0, nos indica que la bobina está en corto, a causa de corriente muy altas.

- Si el valor de la resistencia es igual a 1, nos indica que la bobina está abierta.

- Corriente de la bobina de accionamiento del embrague del compresor:

Corriente de la bobina (Amp)

Debe ser una corriente de 3 a 5 Amp, y la polea debe moverse junto al embrague electromagnético.

Pasos:

Sin el motor encendido accionamos el interruptor del compresor para energizar el embrague electromagnético y con una pinza amperimétrica medimos la corriente de la bobina.

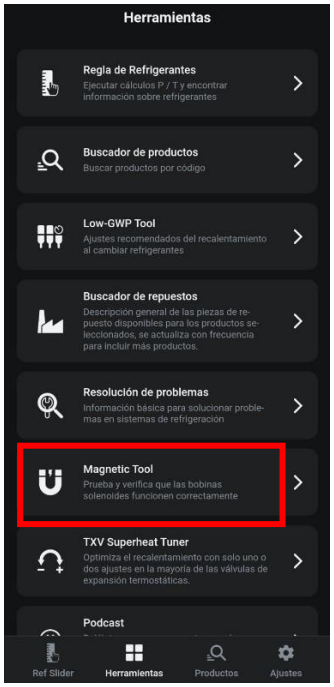
- Campo magnético de la bobina de accionamiento del embrague del compresor:

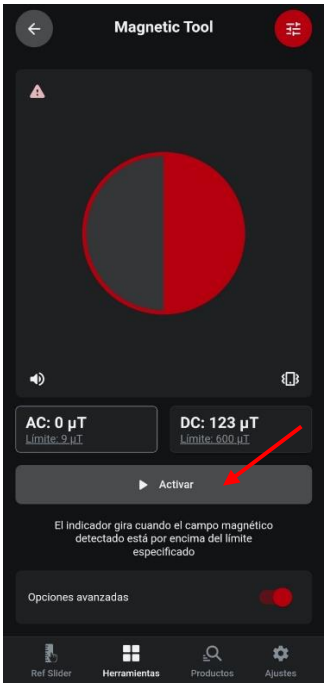
Campo magnético de la bobina (µT)

La App debe detectar el campo magnético para verificar si está funcionando correctamente el embrague electromagnético.

Pasos:

Sin el motor encendido accionamos el interruptor del compresor para energizar el embrague electromagnético y con la App Ref Tools disponible gratis en la Play Store, nos dirigimos a herramientas y seleccionamos Magnetic Tool y seleccionamos activar y colocamos el celular al frente del embrague y medimos el campo magnético de la bobina.





2. Conjunto de acoplamiento (polea, bobina y embrague) con señales de sobrecalentamiento con el compresor que posiblemente no gire libremente.

Pasos:

Con el compresor sin energizar verificar si el embrague está caliente y tratar de mover el embrague, si no sede es debido al sobrecalentamiento.

3. Mediciones en la bobina del embrague electromagnético dentro del rango de funcionamiento.

Causas:

1. Las posibles causas son: bobina abierta, fusible térmico roto y diodo en corto.

2. Sistema de aire acondicionado sin la carga de gas de acuerdo con la especificación, gas no recomendado para el sistema y problema interno en el compresor.

3. En este caso la falla estaría dentro de las partes mecánicas del embrague electromagnético.

Correcciones:

1. Cambio de la bobina.

2. Cambio del compresor o reparación si es posible.

3. Cambio del embrague electromagnético o reparación si es posible.

7. CONCLUSIONES

8. RECOMENDACIONES

NOMBRE Y FIRMA DEL PROFESOR
DE LA ASIGNATURA