



**UNIVERSIDAD  
DEL AZUAY**

**Facultad De Ciencia y Tecnología**

**Tecnología Superior en Electrónica Automotriz**

**Rediseño y Optimización de la Maqueta de Aire  
Acondicionado Automotriz**

**Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo  
en  
Electrónica Automotriz**

**Autores:**

**William Ariel Bacuilima Gutiérrez**

**Josue David Quinde Nieves**

**Director:**

**Ing. Efrén Fernández. PhD**

**Cuenca – Ecuador**

**2024**

## **Dedicatoria**

Todos mis logros y el placer de concluir este proyecto se los dedico a Dios, que me ha guiado por el camino de la sabiduría, con su infinito amor y bondad.

A mis padres por haberme forjado como el hombre que soy en la actualidad; mis logros se los debo a ustedes, que me formaron con reglas y con algunas libertades, y me motivan para alcanzar mis metas y anhelos.

De manera especial a mi familia y seres queridos, que con su amor y ejemplo me enseñaron a perder los miedos que tenía y darme cuenta del hombre valiente que siempre he sido.

**William B.**

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres, Manuel Quinde y Victoria Nieves. Su amor incondicional y apoyo constante han sido fundamentales en cada paso de este proceso. Gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo y la perseverancia. Sin ustedes, este logro no habría sido posible.

También quiero reconocer su paciencia y comprensión en los momentos difíciles. Este trabajo es tanto mío como suyo, pues cada página refleja los valores que me han inculcado. Estoy eternamente agradecido por todo lo que han hecho por mí.

**Josue David Quinde Nieves**

Para mí es un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente expresando mis agradecimientos:

A la Tecnología Superior en Electrónica Automotriz de la Universidad del Azuay, por haberme acogido durante mi formación académica y personal.

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ing. Efrén Fernández Palomeque por aceptarme para realizar este trabajo bajo su dirección. Su profesionalismo, entrega y amistad han sido un aporte invaluable en la conducción de éste, nuestro trabajo.

A mis padres y hermana, cuya dedicación y amor incondicional han sido fundamentales en cada paso de este camino; su fe en mí me ha impulsado a superar obstáculos y alcanzar mis metas.

A Nicole, por su paciencia y motivación constante; los cuales fueron un pilar fundamental en este proceso.

Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida,

**William Ariel Bacuilima Gutierrez**

## **Resumen**

El presente trabajo constituye un informe técnico sobre el rediseño y optimización de la maqueta de aire acondicionado automotriz, teniendo como objetivo principal aumentar la eficiencia energética del sistema, logrando así una reducción en el consumo eléctrico y un menor impacto ambiental. Para ello, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de diferentes tipos de compresores, evaluando su eficiencia, costos operativos y facilidad de instalación. Posteriormente se modificó el área en la que el líquido refrigerante es comprimido. A su vez, se comprobó que las mejoras en la estructura mejoran la instalación y el mantenimiento preventivo y correctivo del sistema, tanto en su parte eléctrica y mecánica.

**Palabras clave:** Aire acondicionado; rendimiento energético, compresor; R134A; motor eléctrico.

## **Abstract**

This work presents a technical report on the redesign and optimization of the automotive air conditioning model with the main objective of increasing the energy efficiency of the system, thus achieving a reduction in power consumption and a lower environmental impact. To this end, an in-depth analysis of different types of compressors was carried out, evaluating their efficiency, operating costs, and ease of installation. Subsequently, the compression area of the refrigerant liquid was modified. Additionally, it was proven that the structural improvements enhance the installation process as well as the preventive and corrective maintenance of the system, both in its electrical and mechanical parts.

**Keywords:** Air conditioning; energy efficiency, compressor; R134A; electric motor.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen.....	iv
Abstract .....	iv
Índice de contenidos .....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos.....	vii
1. Introducción.....	1
2. Marco Teórico .....	2
2.1. Conceptos básicos .....	2
2.2. Principio de funcionamiento .....	2
2.3. Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor .....	4
2.4. Componentes Principales del Sistema de Aire Acondicionado .....	5
2.4.1. Compresor .....	5
2.4.2. Condensador .....	6
2.4.3. Válvula de expansión.....	6
2.4.4. Evaporador.....	7
2.5. Componentes Complementarios del Sistema de Aire Acondicionado.....	8
2.5.1. Turbina.....	8
2.5.2. Filtro deshidratador.....	8
2.5.3. Termostato .....	9
2.5.4. Gas refrigerante .....	10
3. Objetivo general .....	11
4. Objetivos específicos.....	11

5. Procedimiento.....	12
5.1. Preparación Inicial .....	12
5.2. Inspección Visual.....	13
5.3. Pruebas Funcionales.....	13
6. Resultados y Conclusiones .....	17
7. Anexos .....	18
8. Lista de referencias .....	19

## Índice de figuras

Figura 1 Esquema del sistema de aire acondicionado .....	3
Figura 2 Diagrama presión-entalpia del refrigerante R134a.....	4
Figura 3 Corte trasversal de un compresor mecánico.....	5
Figura 4 Condensador .....	6
Figura 5 Válvula de expansión .....	7
Figura 7 Evaporador .....	7
Figura 6 Turbina interna .....	8
Figura 8 Filtro deshidratador .....	9
Figura 9 Termostato de accionamiento electrónico.....	9
Figura 10 Multímetro digital con retroiluminación XL830L .....	12
Figura 11 Diagrama para recuperar gas en fase gaseosa .....	12
Figura 12 Revisión eléctrica de la maqueta .....	14
Figura 13 Nuevo compresor para la maqueta .....	14
Figura 14 Adaptaciones del motor eléctrico .....	15
Figura 15 Maqueta funcional parte delantera .....	15
Figura 16 Maqueta funcional parte lateral izquierda .....	16

## Índice de anexos

Anexo 1 Tabla de temperatura, presión y entalpias de cada punto de circuito.....	18
--	----

## **1. Introducción**

El aire acondicionado en los automóviles ha evolucionado considerablemente desde sus inicios, convirtiéndose en un elemento clave para el confort y la funcionalidad de los vehículos actuales. Su historia se remonta a principios del siglo XX, cuando se introdujeron los primeros sistemas de refrigeración. En 1939, Packard se destacó al ser el primer fabricante de automóviles en ofrecer aire acondicionado como una opción en sus modelos, lo que marcó un importante avance en la industria automotriz. Sin embargo, estos primeros sistemas eran bastante primitivos y poco eficientes, lo que limitaba su adopción general.

A lo largo de los años, la tecnología del aire acondicionado ha progresado notablemente. En las décadas de 1960 y 1970, los avances en diseño y eficiencia llevaron a que el aire acondicionado se convirtiera en una característica común en muchos automóviles. Este desarrollo no solo mejoró la comodidad de los pasajeros, sino que también se convirtió en un factor determinante en la decisión de compra de vehículos. En la actualidad, casi todos los automóviles nuevos vienen equipados con sistemas de aire acondicionado, lo que resalta su relevancia en el diseño automotriz.

La principal utilidad del aire acondicionado en el sector automotriz es su capacidad para crear un ambiente agradable para los ocupantes del vehículo. En climas cálidos, el aire acondicionado no solo enfría el aire, sino que también disminuye la humedad, lo que ayuda a evitar la fatiga del conductor y mejora su concentración. Esto resulta especialmente importante en situaciones de tráfico denso o en viajes largos, donde el confort del conductor puede afectar directamente la seguridad en la carretera.

Además de su función principal de enfriamiento, los sistemas de aire acondicionado modernos también juegan un papel crucial en la eficiencia energética de los vehículos. Con la llegada de tecnologías más avanzadas, como compresores de velocidad variable y refrigerantes amigables con el medio ambiente, los fabricantes están esforzándose por reducir el impacto ambiental de estos sistemas. Esto es esencial en un contexto donde la sostenibilidad y la disminución de emisiones son prioridades a nivel global.



## 2. Marco Teórico

### 2.1. Conceptos básicos

El sistema de aire acondicionado tiene la función de alterar y regular el aire dentro del habitáculo, utilizando un refrigerante, siendo el R134a el más común.

**Principio de Refrigeración:** El aire acondicionado opera bajo el principio de refrigeración, que se basa en la transferencia de calor de un lugar a otro mediante un refrigerante. Este proceso es fundamental para enfriar el aire en espacios cerrados.

**Compresión y Expansión del Refrigerante:** El refrigerante, que es un líquido, se evapora y condensa a temperaturas y presiones específicas. El compresor se encarga de comprimir el refrigerante en estado gaseoso, lo que incrementa su presión y temperatura. Posteriormente, este refrigerante pasa por una válvula de expansión que disminuye su presión y lo transforma en una mezcla de líquido y vapor.

**Transferencia de Calor:** Para enfriar el aire, el sistema utiliza la transferencia de calor. El refrigerante en estado líquido y frío circula a través del evaporador, donde se evapora rápidamente al absorber calor del aire circundante. Este proceso de evaporación provoca una disminución en la temperatura del aire, enfriándolo.

**Ventilación:** Un ventilador es esencial para la circulación del aire dentro del sistema de aire acondicionado. Este ventilador impulsa el aire sobre el evaporador, lo que permite que el aire enfriado se distribuya adecuadamente por todo el espacio acondicionado.

### 2.2. Principio de funcionamiento

El funcionamiento del aire acondicionado en automóviles se fundamenta en el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. Este ciclo incluye diversos componentes que colaboran para enfriar y deshumidificar el aire en el interior del vehículo.

**Compresión:** El compresor actúa como el núcleo del sistema de aire acondicionado automotriz. Su función principal es comprimir el refrigerante gaseoso, que se encuentra a baja presión y temperatura, transformándolo en un gas de alta presión y temperatura.

**Condensación:** Una vez que el refrigerante sale del compresor, fluye hacia el condensador, ubicado en la parte frontal del vehículo. Este condensador, que tiene un diseño similar al de un radiador, está destinado a disipar el calor del refrigerante hacia el aire exterior. A medida que el refrigerante se enfría, experimenta un cambio de estado, pasando de gas a líquido.

**Expansión:** El refrigerante líquido, que sale del condensador a alta presión y temperatura, se introduce en el dispositivo de expansión. Este puede ser una válvula de expansión termostática o un tubo de orificio. El objetivo de este componente es reducir la presión del refrigerante, permitiendo que se expanda rápidamente. Este proceso provoca una disminución tanto en la temperatura como en la presión del refrigerante.

**Evaporación:** El refrigerante frío y a baja presión ingresa al evaporador, que generalmente se localiza dentro del habitáculo, cerca del tablero o debajo del asiento. A medida que el aire interior del vehículo circula a través del evaporador, el calor presente en el aire se transfiere al refrigerante. Esto provoca que el refrigerante se evapore y se convierta nuevamente en gas. Como resultado, el aire que emerge del evaporador se enfría.

Es relevante mencionar que el sistema de aire acondicionado automotriz incluye otros componentes esenciales, como el filtro de aire, el ventilador del evaporador, los controles de temperatura y los sensores. Todos estos elementos son fundamentales para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema y ofrecer un ambiente confortable dentro del vehículo.

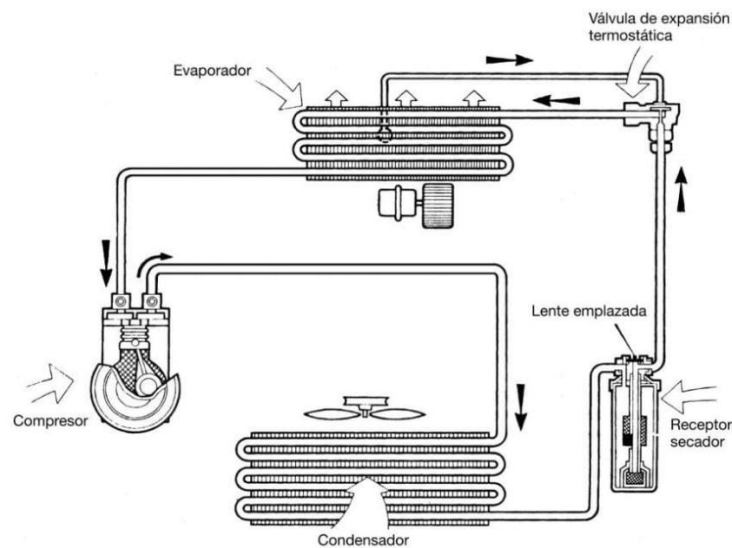


Figura 1 Esquema del sistema de aire acondicionado  
Fuente: Denton (2020)

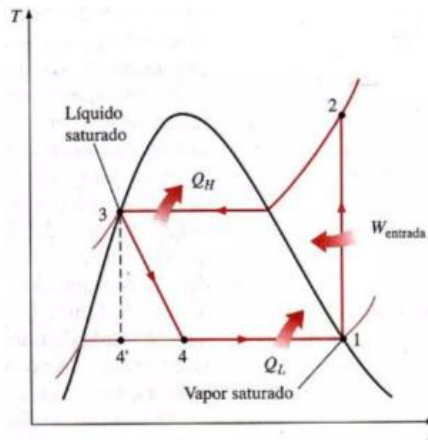


Figura 2 Diagrama presión-entropía del refrigerante R134a

Fuente: Yunes A. Çengel y Michael A. Boles. (2012). Termodinámica, 7ª edición, México, D.F., México.: Mac Graw Hill.

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

El ciclo de la refrigeración de un automóvil inicia cuando se activa el compresor mediante un pulso de corriente enviado desde el mando del control, el sistema al ser accionado por un motor, comprime el refrigerante gaseoso de baja presión y temperatura en un gas de alta presión y alta temperatura, que al comprimir el refrigerante se aumenta su temperatura y presión. Después el gas refrigerante de alta presión y alta temperatura se dirige hacia el condensador, que se encuentra en la parte delantera del vehículo (en el caso del aire acondicionado automotriz). El condensador está diseñado para disipar el calor del refrigerante al ambiente externo, con ayuda del ventilador que disipa el calor mediante el flujo de aire. A medida que el gas refrigerante se enfría, cambia de estado gaseoso a líquido, durante este proceso se libera calor al ambiente, lo que ayuda a enfriar el refrigerante.

Después de pasar por el condensador, el refrigerante líquido de alta presión y temperatura se dirige hacia la válvula de expansión, esta válvula regula el flujo del refrigerante hacia el evaporador y reduce su presión. Esta reducción de presión provoca una disminución de temperatura en el refrigerante.

El refrigerante al encontrarse en estado líquido y en baja presión entra al evaporador que está ubicado dentro del habitáculo del vehículo, el aire del interior del vehículo pasa a través del evaporador, donde el refrigerante se evapora y absorbe el calor del aire circundante. Como

resultado, el aire se enfría y se deshumidifica. Después de la evaporación, el refrigerante gaseoso de baja presión regresa al compresor, donde se comprime nuevamente y el ciclo se repite.

Este ciclo de refrigeración por compresión de vapor continúa mientras el sistema de aire acondicionado está en funcionamiento, extrayendo calor del aire interior del vehículo y proporcionando aire fresco. Cabe recalcar que, el proceso de refrigeración también implica el uso de otros componentes como la turbina del evaporador, el ventilador del condensador, el filtro de aire y los controles de temperatura para garantizar un rendimiento óptimo del sistema de aire acondicionado. (Schnubel, 2017)

## 2.4. Componentes Principales del Sistema de Aire Acondicionado

### 2.4.1. Compresor

El compresor constituye un elemento esencial dentro del sistema de aire acondicionado. Su función principal es comprimir el refrigerante gaseoso, lo que incrementa tanto su presión como su temperatura. Este proceso es crucial para facilitar la transferencia de calor necesaria para enfriar el aire. Además, el compresor se encarga de mantener una circulación constante del refrigerante a lo largo de todo el sistema, garantizando así un flujo eficiente.

Existen diversos tipos de compresores, entre los cuales se destacan los mecánicos, que son impulsados por un motor de combustión y operados mediante un embrague, y los compresores eléctricos, que funcionan gracias a un motor eléctrico trifásico integrado en su estructura.

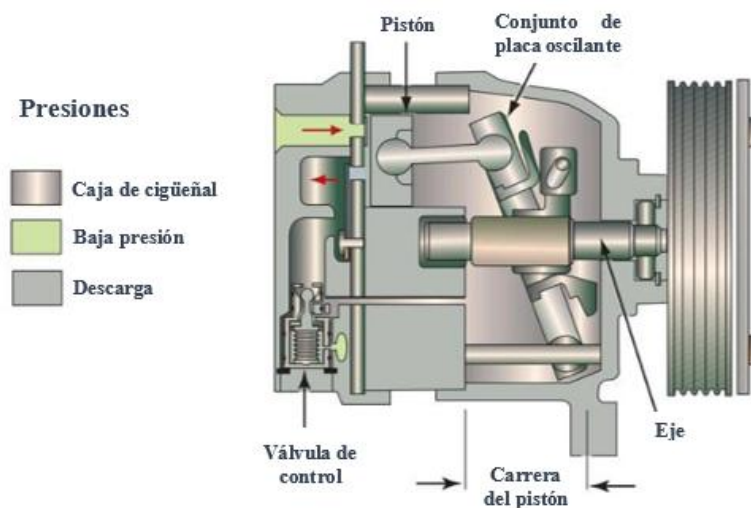


Figura 3 Corte transversal de un compresor mecánico

Fuente: Schnubel, M. (2017). *Today's Technician: Automotive Heating and Air Conditioning Classroom Manual*. Estados Unidos: Cengage Learning. (Pag.189)

### 2.4.2. Condensador

La función del condensador es enfriar y condensar el refrigerante caliente y gaseoso que proviene del compresor. Para lograr esto, utiliza un proceso de intercambio de calor con el aire ambiente, lo que permite disipar el calor del refrigerante y transformarlo en líquido.

Este componente es fundamental para el enfriamiento eficiente del sistema de aire acondicionado, ya que asegura un flujo continuo del refrigerante hacia los siguientes elementos del sistema, garantizando así su correcto funcionamiento.

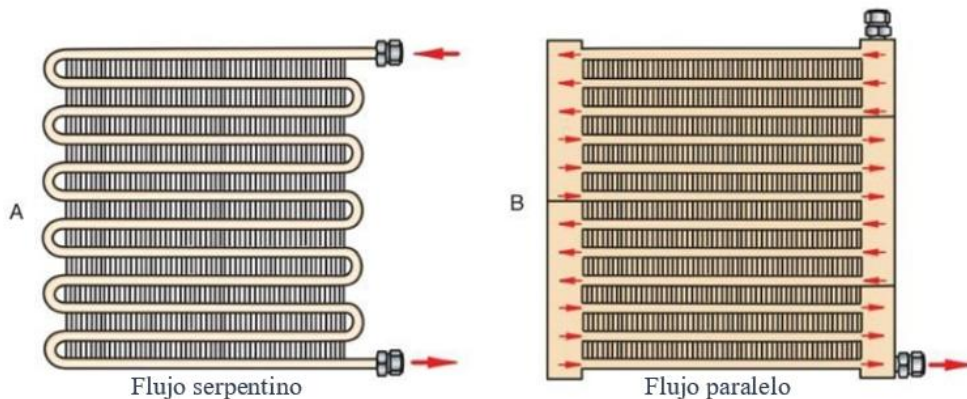


Figura 4 Condensador

Fuente: Schnubel, M. (2017). *Today's Technician: Automotive Heating and Air Conditioning Classroom Manual*. Estados Unidos: Cengage Learning. (Pag.195)

### 2.4.3. Válvula de expansión

La válvula de expansión regula el flujo y la presión del refrigerante que ingresa al evaporador, funcionando como una restricción controlada, además reduce la presión del refrigerante y la temperatura, lo que permite su expansión dentro del evaporador. Este proceso es fundamental para asegurar un enfriamiento eficiente del aire, ya que controla la presión y la temperatura con la que se introduce refrigerante en el evaporador. Esto no solo mejora la eficiencia del sistema, sino que también contribuye a un confort térmico adecuado en el interior del vehículo.

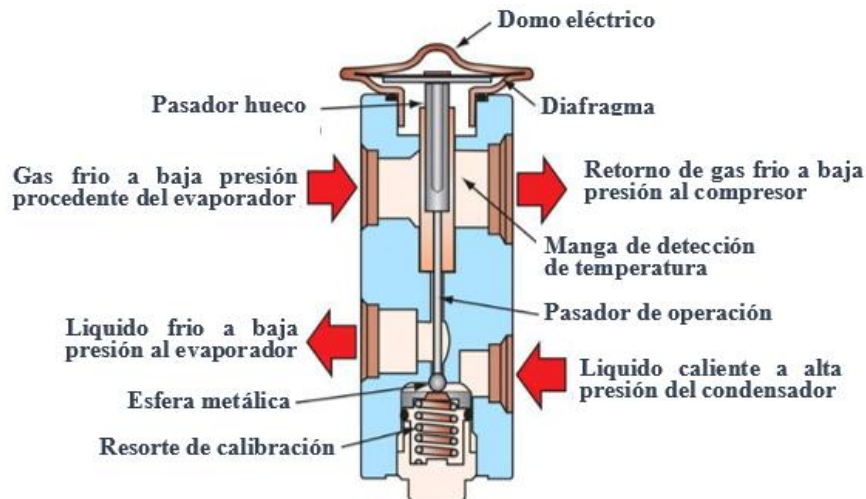


Figura 5 Válvula de expansión

Fuente: Schnubel, M. (2017). *Today's Technician: Automotive Heating and Air Conditioning Classroom Manual*. Estados Unidos: Cengage Learning. (Pag.207)

#### 2.4.4. Evaporador

El evaporador tiene como función principal enfriar y deshumidificar el aire que ingresa al sistema. En esta etapa, el refrigerante se vaporiza al absorber el calor del aire circundante. El refrigerante frío circula a través del núcleo del evaporador, donde el calor del aire caliente se transfiere al refrigerante, lo que provoca una disminución en la temperatura del aire y la vaporización del refrigerante.

La carcasa del evaporador, que está aislada del sistema de conductos de aire, dirige el flujo de aire a través del núcleo, optimizando así el proceso de refrigeración. Este diseño asegura que el aire enfriado se distribuya de manera eficiente en el espacio acondicionado, contribuyendo a un ambiente interior más confortable.



Figura 6 Evaporador

Fuente: Schnubel, M. (2017). *Today's Technician: Automotive Heating and Air Conditioning Classroom Manual*. Estados Unidos: Cengage Learning. (Pag.247)

## 2.5.Componentes Complementarios del Sistema de Aire Acondicionado

### 2.5.1. Turbina

La turbina o ventilador del aire acondicionado es responsable de extraer el aire del espacio acondicionado y hacerlo pasar a través del evaporador para enfriarlo. Este componente cuenta con diversas velocidades y ajustes de flujo de aire, lo que permite al usuario controlar la cantidad de enfriamiento deseada. Además, el ventilador tiene la capacidad de recircular el aire dentro del espacio o de extraer aire fresco del exterior.

En resumen, el ventilador desempeña un papel fundamental en la circulación del aire y en el enfriamiento del área acondicionada, asegurando así un ambiente confortable y agradable para los ocupantes.

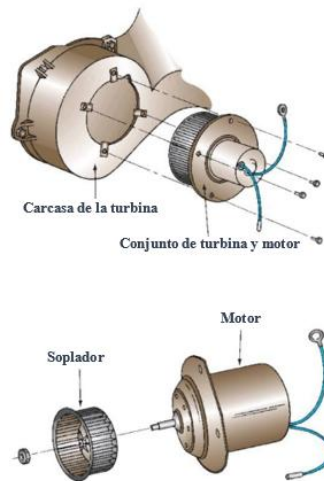


Figura 7 Turbina interna

Fuente: Schnubel, M. (2017). *Today's Technician: Automotive Heating and Air Conditioning Classroom Manual*. Estados Unidos: Cengage Learning. (Pag.326)

### 2.5.2. Filtro deshidratador

El filtro deshidratador se ubica en la línea de líquido del sistema de aire acondicionado y su función principal es eliminar la humedad y las impurezas del refrigerante que, al capturar la humedad, previene la formación de hielo en el evaporador y protege los componentes del sistema.

Además, este filtro atrapa partículas de suciedad y otros contaminantes, lo que garantiza un funcionamiento eficiente y contribuye a prolongar la vida útil del sistema. Aunado a lo anterior, resulta fundamental reemplazar el filtro deshidratador de manera regular para mantener el rendimiento óptimo del sistema.

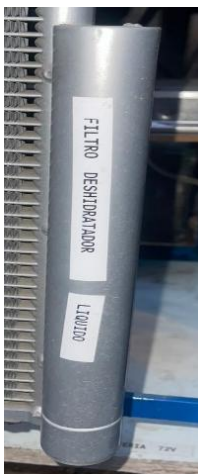


Figura 8 Filtro deshidratador  
Fuente: Propia

### 2.5.3. Termostato

El termostato es una válvula automática, generalmente cerrada, que funciona por impulsos térmicos, se usa en diversos sistemas de aire acondicionado como mecanismo indicador de la temperatura. Existen dos tipos de termostatos: de cartucho de cera y de gas.

En la posición de reposo la válvula cierra sobre el asiento y, para que esto tenga efectividad se debe instalar el dispositivo en medio de la corriente del flujo cuyo caudal se quiere controlar, de esta manera se asegura el cierre del paso cuando la válvula esta fría. En el caso del sistema de refrigeración por vapor el termostato es más como un indicador de la temperatura a ala que se encuentra cierta parte del sistema de refrigeración, ya que no influye como tal al paso del líquido refrigerante R134a. (Parera, 2000)

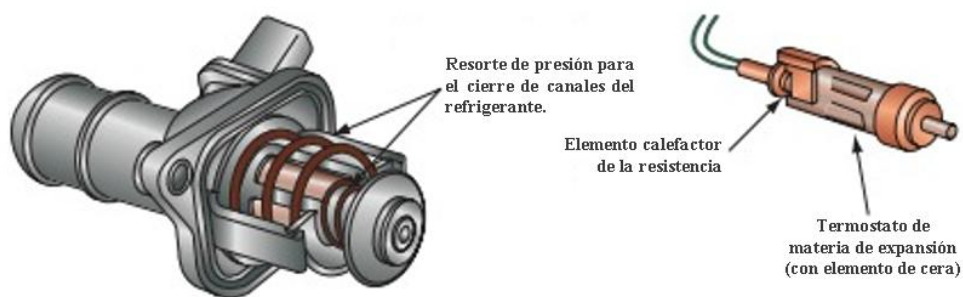


Figura 9 Termostato de accionamiento electrónico.  
Fuente: Schnubel, M. (2017). *Today's Technician: Automotive Heating and Air Conditioning Classroom Manual*. Estados Unidos: Cengage Learning. (Pag.123).



#### **2.5.4. Gas refrigerante**

Los gases refrigerantes son fluidos esenciales en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, utilizados para transferir calor de un lugar a otro. Históricamente, se emplearon clorofluorocarbonos (CFC) e hidrofluorocarbonos (HCFC), pero su uso ha disminuido debido a su impacto negativo en la capa de ozono y en el calentamiento global. En la actualidad, los refrigerantes más comunes son los hidrofluorocarbonos (HFC), como el R-410A y el R-134a, que no dañan la capa de ozono, aunque poseen un alto potencial de calentamiento global (GWP).

La transición hacia alternativas más sostenibles está en marcha, con investigaciones centradas en las hidrofluorolefinas (HFO), que prometen ser menos perjudiciales para el medio ambiente. Es crucial manejar y manipular adecuadamente los gases refrigerantes para prevenir fugas y minimizar su impacto ambiental. La industria se encuentra en un proceso continuo de desarrollo de sistemas de refrigeración más eficientes y en la adopción de refrigerantes de bajo impacto para reducir el efecto climático asociado con esta tecnología.

El compromiso con prácticas responsables incluye el mantenimiento regular de los sistemas para detectar fugas, la implementación de reciclaje y recuperación de refrigerantes, así como la capacitación del personal sobre el manejo adecuado de estos gases. De esta manera, se busca no solo cumplir con las normativas ambientales, sino también contribuir a un futuro más sostenible.

### **3. Objetivo general**

Desarrollar un modelo optimizado de la maqueta de aire acondicionado del automóvil que mejore la eficiencia térmica y energética, evaluando su rendimiento en comparación con sistemas convencionales.

El objetivo general mencionado en el párrafo anterior, incluye el cambio del compresor y se adicionará un motor eléctrico, para asegurarse que el sistema que se produce sea útil y funcional para su propósito.

### **4. Objetivos específicos**

- i. Examinar el diseño actual de la maqueta de aire acondicionado con el propósito de detectar áreas que puedan mejorarse en su estructura y componentes, con el objetivo de incrementar la eficiencia del sistema.
- ii. Llevar a cabo pruebas experimentales en las que se compare la maqueta reestructurada con un modelo convencional de aire acondicionado, con el fin de evaluar y confirmar las mejoras en eficiencia energética y rendimiento térmico.
- iii. Mejorar el diseño e implementar optimizaciones en los componentes fundamentales de la maqueta, como el compresor, el condensador y el evaporador, con el objetivo de incrementar la eficiencia general del sistema de aire acondicionado.

## 5. Procedimiento

### 5.1. Preparación Inicial

Revisar la Documentación: Antes de comenzar, es importante consultar los manuales y planos de la maqueta para familiarizarse con su diseño y funcionamiento.

Reunir Herramientas: Asegúrate de tener a mano las herramientas necesarias, como termómetros, manómetros y multímetros, juego de dados milimétricos de  $\frac{3}{4}$ , así como cualquier equipo de recolección de fluido refrigerante.



Figura 10 Multímetro digital con retroiluminación XL830L  
Fuente: Zhangzhou Green-Lake Import & Export Co., Ltd. (2024)

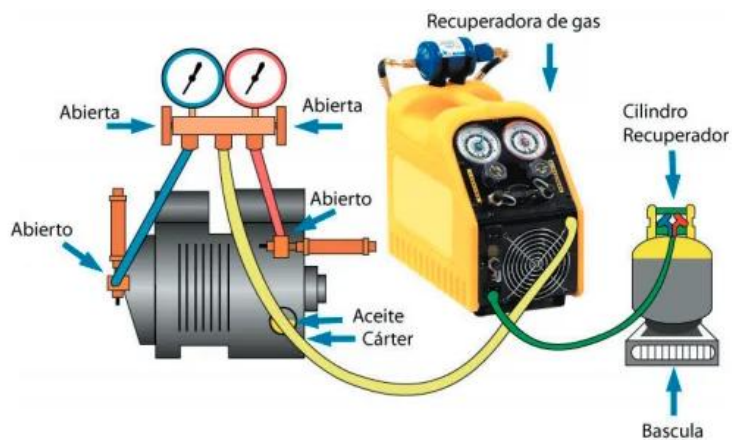


Figura 11 Diagrama para recuperar gas en fase gaseosa  
Fuente: Calderón (2018). Manual de buenas prácticas de refrigeración

## 5.2. Inspección Visual

**Verificar Componentes:** Se realizó una revisión visual de todos los componentes del sistema, como el compresor, condensador, evaporador y válvula de expansión, en busca de signos de daño o desgaste. Durante la inspección se pudo constatar que la ECU (controlador) del compresor eléctrico se encontraba con una avería en sus componentes debido a una sobrecarga de tensión. Esto puede resultar de un mal funcionamiento del sistema, ya que la tarjeta madre es responsable de regular y controlar el compresor.

**Revisar Conexiones y Tuberías:** Se aseguró que todas las conexiones estén bien ajustadas y se verificó la existencia de fugas en las tuberías.

## 5.3. Pruebas Funcionales

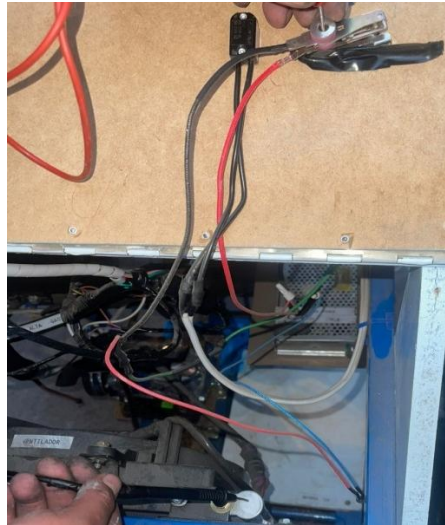
**Encender el Sistema:** Al activar el sistema se observa cómo funciona, posteriormente se escucha si hay ruidos inusuales que puedan indicar algún problema.

**Medir Temperaturas:** Se utilizó un termómetro para medir la temperatura del aire que entra y sale del evaporador y condensador.

**Comprobar Presiones:** Al usar diversos manómetros para verificar las presiones en el sistema, nos pudimos asegurar que se encontraban dentro de los rangos recomendados.

Durante la inspección de la maqueta de aire acondicionado, se llevó a cabo un examen detallado del sistema eléctrico, centrándose especialmente en los cables, terminales y conectores. Esta evaluación fue esencial para asegurar que todos los componentes eléctricos estén en buen estado y operen de manera adecuada. Posteriormente, se inspeccionaron los cables en busca de signos de desgaste, rupturas o corrosión que pudieran interferir con la transmisión de energía.

Finalmente, se realizaron pruebas para verificar la continuidad y el voltaje en los conectores, asegurando que la energía fluya correctamente hacia los distintos componentes del sistema. Este análisis exhaustivo del sistema eléctrico es fundamental para detectar posibles problemas que puedan afectar el rendimiento del aire acondicionado y garantizar su eficiencia operativa.



*Figura 12 Revisión eléctrica de la maqueta*  
*Fuente: Propia*

Es necesario recalcar que, debido a diversas dificultades en la adquisición de un compresor específico para el sistema de aire acondicionado, se decidió adaptar un compresor de la marca CALLAHAM AC COMPONENTERS CORP., esto con el fin de garantizar que el sistema siga funcionando en óptimas condiciones, a pesar de no contar con el componente original.



*Figura 13 Nuevo compresor para la maqueta*  
*Fuente: Propia*

Para facilitar el funcionamiento del compresor adaptado, se instaló un motor eléctrico de marca BALDOR INDUSTRIAL MOTOR, que permite mover el compresor y superar la inercia al activar el sistema. Este componente es fundamental, ya que ayuda al compresor a arrancar sin inconvenientes, superando la resistencia inicial que podría impedir su funcionamiento.



*Figura 14 Adaptaciones del motor eléctrico  
Fuente: Propia*

La selección de un motor adecuado asegura que el compresor alcance rápidamente la velocidad necesaria para operar de manera eficiente, lo que contribuye a un enfriamiento efectivo del aire. De igual manera, esta solución permite mantener la integridad del sistema y optimizar su rendimiento, asegurando así que los ocupantes del vehículo o del espacio acondicionado disfruten de un ambiente confortable.

En otras palabras, esta adaptación no solo resuelve el problema inmediato de no tener un compresor específico, sino que también garantiza que el sistema de aire acondicionado funcione correctamente y cumpla con las expectativas de rendimiento.



*Figura 15 Maqueta funcional parte delantera  
Fuente: Propia*



*Figura 16 Maqueta funcional parte lateral izquierda*  
*Fuente: Propia*

## **6. Resultados y Conclusiones**

Al realizar el respectivo análisis de los componentes iniciales de la maqueta de aire acondicionado se pudo verificar que el fallo principal en el sistema se debió a una sobre carga de tensión en el controlador (ECU) del compresor, para que el sistema funcionará en óptimas condiciones, se realizó el cambio a un sistema de compresor mecánico.

Al adaptar un motor eléctrico y reemplazar el compresor averiado se pudo constatar que el rendimiento térmico tuvo una mejoría a comparación de modelos convencionales de refrigeración. En este caso, al no estar restringido por el funcionamiento de un motor térmico, el sistema en cuestión pudo funcionar de manera independiente. Esto significa que se puede utilizar el aire acondicionado incluso cuando el motor está apagado, lo que resulta útil al no generar consumo térmico excesivo.

Por último, se ha examinado la problemática asociada con la dificultad de adquirir compresores eléctricos para sistemas de aire acondicionado, lo que ha motivado la elección de un compresor mecánico como alternativa viable. Esta decisión no solo aborda el desafío de disponibilidad del componente eléctrico, sino que también busca optimizar la eficiencia y sostenibilidad del sistema en su conjunto.

En conclusión, el cambio a un compresor mecánico con funcionalidad de un motor eléctrico optimiza la eficiencia térmica del sistema de aire acondicionado, mejorando su rendimiento y brindando mayor comodidad al usuario al permitir un funcionamiento independiente del motor del vehículo.

Los hallazgos de este trabajo indican que la implementación de compresores mecánicos puede ser una solución efectiva, no solo para superar las limitaciones en el acceso a componentes eléctricos, sino también para mejorar el rendimiento general del sistema. No obstante, es fundamental continuar con estudios adicionales que evalúen el rendimiento y la adaptabilidad de estos compresores mecánicos bajo diversas condiciones operativas.

Finalmente, este enfoque no solo tiene el potencial de resolver problemas relacionados con la adquisición de componentes eléctricos, sino que también puede contribuir a un uso más eficiente de los recursos energéticos, alineándose con las tendencias actuales hacia prácticas más sostenibles en la industria del aire acondicionado.



## 7. Anexos

Estado	Punto	Refrigerante	P (bar)	T (°C)	h (kJ/kg)	v (kgm <sup>-3</sup> )
G	1	R290	0,965	-43	524,787	0,431872
	2	R290	1,199	-35	533,964	
G	3	R290	1,199	-38	530,621	0,352669
	4	R290	2,513	-12,371	563,213	
G	5	R290	2,153	-19	552,425	0,176169
G	6	R290	2,993	-12,681	560,232	
L	19	R290	2,993	-14	166,41	
L	20	R290	2,993	-19	154,6	
L	21	R290	2,993	-19	154,6	
L	22	R290	2,993	-19	154,6	
L	23	R290	1,199	-38	154,6	
L	24	R290	1,199	-38	110,745	
L	25	R290	0,965	-43	110,745	
L	26	R290	0,965	-43	99,34	
G	27	R290	0,965	-43	524,787	0,31366
	28	R290	1,199	-38	530,621	
L	29	R290	1,199	-38	110,745	
L	30	R290	1,199	-38	110,745	
G	31	R290	1,199	-38	530,621	
G	7	R134a	1,219	-22	384,054	0,15396
	8	R134a	2,623	1,329	399,368	
G	9	R134a	2,623	-3	395,458	0,076591
	10	R134a	4,429	14,182	406,139	
G	11	R134a	4,429	12	403,139	0,046046
	12	R134a	10,164	42,433	421,078	
L	13	R134a	10,164	40	256,16	
L	14	R134a	2,623	-3	216,17	
L	15	R134a	4,429	12	216,17	
L	16	R134a	2,623	-3	196,042	
L	17	R134a	2,623	-6	192,116	
	18	R134a	2,623	-22	192,116	
L	32	R134a	2,623	-3	196,042	
L	33	R134a	2,344	-6	196,042	
	34	R134a	2,344	-6	196,850613	
G	35	R134a	2,344	-6	393,695	0,08535
	36	R134a	2,623	-2,445	395,959	
L	37	R134a	2,623	-3	196,042	
G	38	R134a	2,623	-3	395,458	0,076591

Anexo I Tabla de temperatura, presión y entalpías de cada punto de circuito

## 8. Lista de referencias

Alonso Peláez, D. (2003). Técnicas del automóvil. Sistemas de climatización. España: Ediciones Paraninfo, S.A.

Calderón, M. (2018). Manual de buenas prácticas de refrigeración. SEAM/PNUD/PNUMA - Paraguay

Crouse, W. H., & Anglin, D. L. (1988). El aire acondicionado en el automovil (2da.). MARCOMBO S.A.

Denton, T. (2020). Sistemas eléctrico y electrónico del automóvil.: Tecnología automotriz: mantenimiento y reparación de vehículos. Alemania: Marcombo.

Hernández Gorívar, E. (1997). Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Colombia: Limusa.

Schnubel, M. (2017). Today's Technician: Automotive Heating and Air Conditioning Classroom Manual. Estados Unidos: Cengage Learning.

Yunes A. Çengel y Michael A. Boles. (2012). Termodinámica, 7ª edición, México, D.F., México.: Mac Graw Hill1.

Zhangzhou Green-Lake Import & Export Co., Ltd. (2024). LJPXHHU XL830L Digital Multimeter Instruction Manual.