



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

TEMA: ADAPTACIÓN DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN Y AIRE
ACONDICIONADO EN UN VEHÍCULO CHEVROLET TROOPER DEL AÑO 1985

AUTOR:

SANTIAGO GUALPA

DIRECTOR:

ING. FAUSTO JACOME

CONTENIDO



ANTECEDENTES



- Un sistema de calefacción y aire acondicionado tiene como finalidad mantener la comodidad del conductor y los pasajeros a la hora de emprender un viaje, manteniendo dentro del vehículo un ambiente agradable y estable.
- Este sistema tiene gran importancia hoy en día ya que incide en aspectos como son el confort, la seguridad, entre otros.
- El sistema de calefacción y aire acondicionado controla diversos aspectos del medio ambiente como la temperatura, la humedad y la limpieza del aire, permitiendo de esta forma que el conductor y los ocupantes se mantengan alerta de posibles accidentes.
- En un vehículo automotor un sistema de calefacción y aire acondicionado es muy importante, con el transcurso del tiempo se ha implementado este tipo de sistemas en diversos vehículos que no lo posean con la finalidad de mantener la seguridad activa del vehículo.
- En la actualidad dentro del país se sigue utilizando como refrigerante del sistema el R-134a, que es un refrigerante menos contaminante que el R-12 utilizado anteriormente, para los posteriores años este refrigerante será reemplazado por uno de mejor calidad.

JUSTIFICACIÓN

- ▶ La importancia de esta investigación es ser partícipe en un ente de desarrollo en nuestra especialidad, implementando nuevos sistemas en vehículos que no lo tengan, al instalar un sistema de calefacción y aire acondicionado en vehículos que carezcan del mismo, se puede obtener varios aspectos positivos como son, el conductor se mantiene alerta al conducir, se mantiene fresco, no permite que el parabrisas se empañe, evita agentes contaminantes dentro del habitáculo.
- ▶ Los principales beneficiarios serán el conductor del vehículo, el estudiante que está realizando este proyecto de titulación, y la UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE” ya que mediante este sistema los estudiantes de la carrera de mecánica automotriz podrán realizar prácticas en el campo de refrigeración y aire acondicionado, además el estudiante desarrollador del proyecto podrá especializarse en esta rama el cual será factible para su carrera profesional.
- ▶ El proyecto se llevara a cabo mediante los conocimientos adquiridos durante el periodo académico, realizando los debidos cálculos referentes a cargas térmicas que se necesitan para instalar un sistema de aire acondicionado, a la vez se podrá realizar la selección e instalación de todos los componentes del sistema.



OBJETIVO GENERAL

- Adaptar un sistema de calefacción y aire acondicionado en un vehículo Chevrolet Trooper del año 1985, mediante componentes adecuados y una debida información, para mantener una temperatura confortable dentro del habitáculo.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los principios de funcionamiento de un sistema de calefacción y aire acondicionado mediante fuentes de investigación referentes al tema para comprender el funcionamiento del mismo.
- Identificar los componentes principales que conforma un sistema de calefacción y aire acondicionado a través de esquemas y diagramas para realizar la selección adecuada de cada uno de ellos.
- Instalar los componentes del sistema de calefacción y aire acondicionado en el vehículo Chevrolet Trooper, utilizando herramientas y equipos apropiados para mantener el confort dentro del habitáculo.
- Comprobar el funcionamiento del sistema de calefacción y aire acondicionado con la ayuda de un termómetro digital para determinar la temperatura máxima que puede alcanzar en el interior del vehículo.



FUNDAMENTOS TEÓRICOS

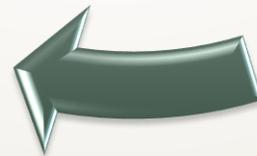


CICLOS DE REFRIGERACIÓN

REFRIGERANTE R-134A

COMPONENTES DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

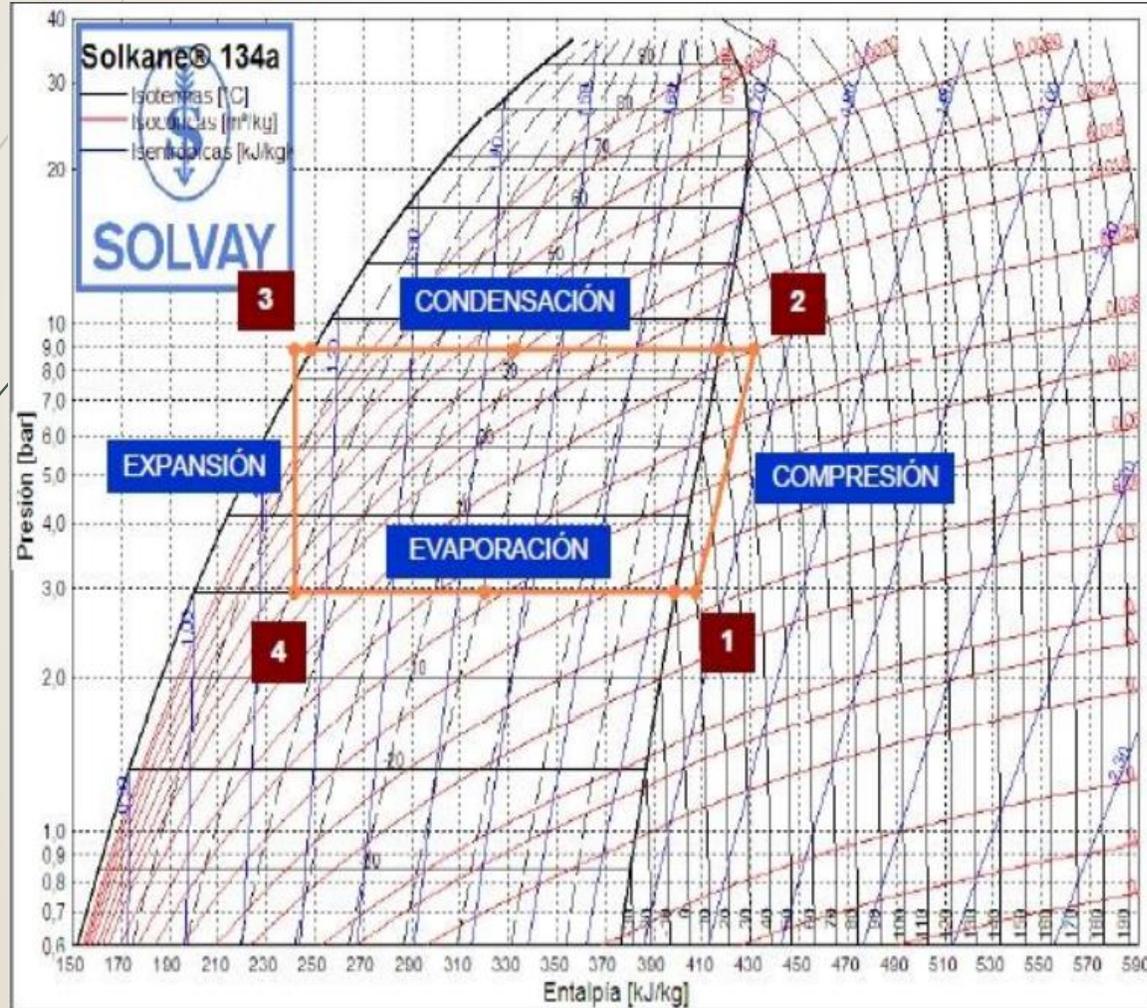
COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C



CICLO DE REFRIGERACIÓN



CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR



- Compresión (Proceso isentropico)
- Condensación (Proceso isobárico)
- Expansión (proceso isoentalpico)
- Evaporación (proceso isobárico)

REFRIGERANTE R-134a

- HFC (Hidrofluorocarbonados)
- CFC (Clorofluorocarbonos)
- ODP (Potencial Destructivo de la capa de ozono)
- GWP (Potencial de calentamiento atmosférico)



REFRIGERANTE R-134a

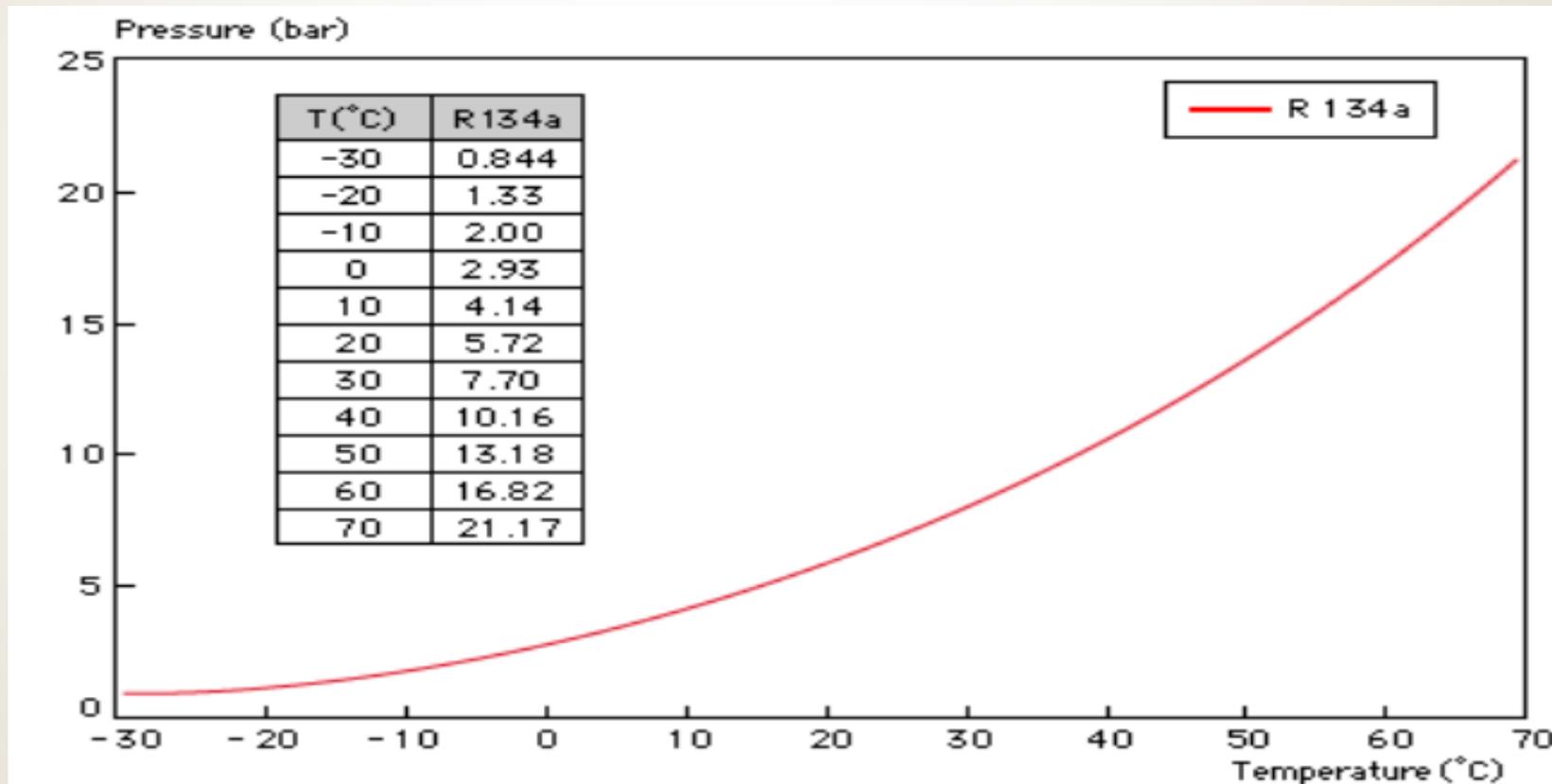
Datos técnicos

Tipo de Gas		<u>R - 134 a</u>
Nombre químico		1, 1,1, 2-Tetrafluoroetano
Formula química		CF ₃ - CH ₂ F
Numero CAS		811-97-2
Masa molecular	kg/kmol	102
Temperatura de ebullición a 1.013 bar	°C	-26,3
Punto de fusión a 1.013 bar	°C	-101
Temperatura critica	°C	101,1
Presión critica	bar	40,6
Densidad del liquido a -15 °C	g/cm ³	1,343
Densidad del líquido a 30 °C	g/cm ³	1,188
Calor latente de evaporación a -15 °C	kJ/Kg	206,8
Calor especifico del liquido saturado a 30 °C	kJ/Kgk	1,440
Calor especifico del vapor saturado a 30 °C	kJ/Kgk	1,104
Ratio de calor especifico 1.013 bar y a 30 °C	(cp/cv)	1,115
Inflamabilidad		no inflamable



REFRIGERANTE R-134a

- Grafica presión temperatura



COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C

➤ Compresor

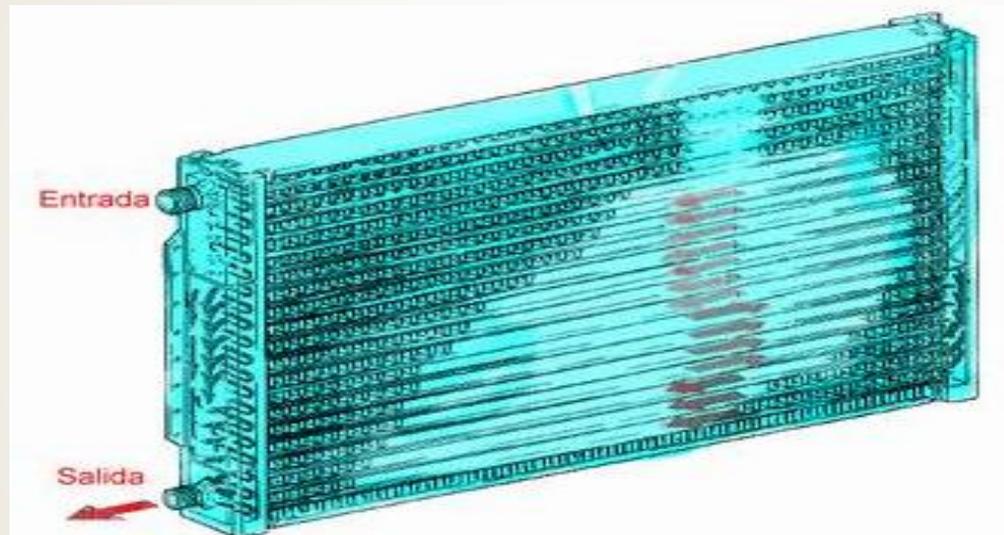


- presión de salida 220psi
- Temperatura de salida 80°C



COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C

➤ Condensador



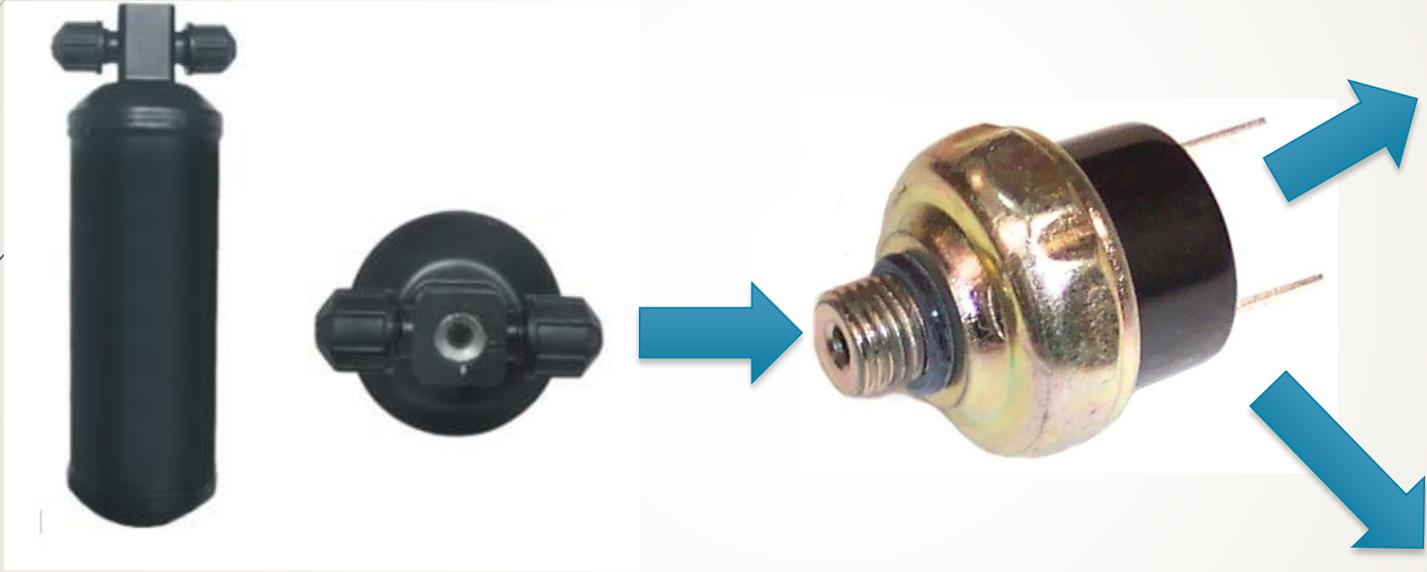
- Presión constante
- Temperatura de entrada 80°C
- Temperatura de salida 45°C



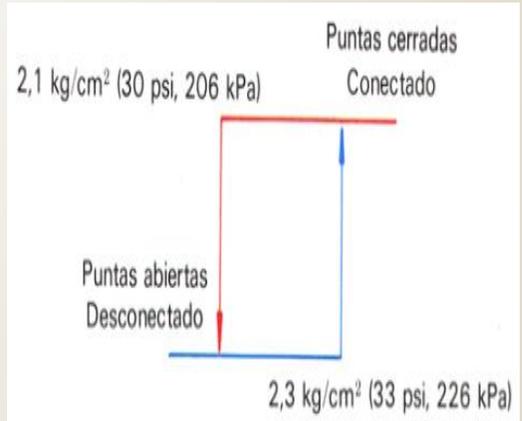
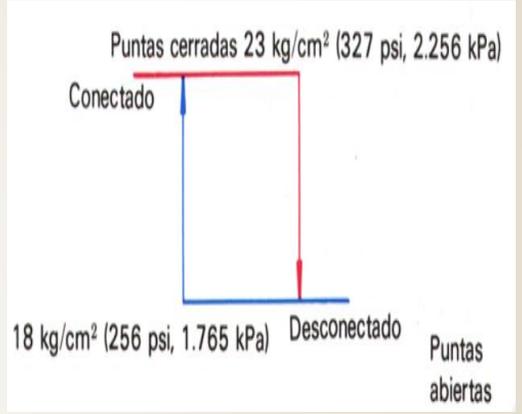
COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C



➤ Acumulador deshidratador

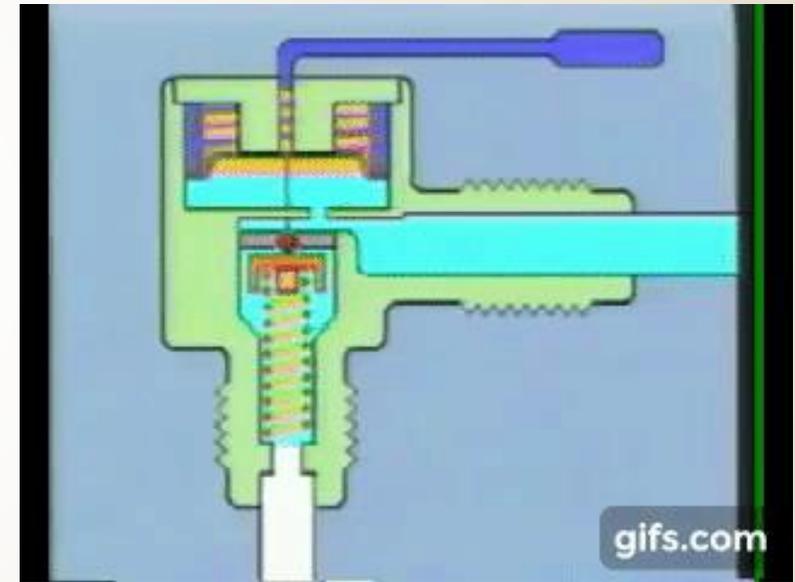


- Filtra suciedad
- Absorbe humedad



COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C

- ▶ Válvula de expansión

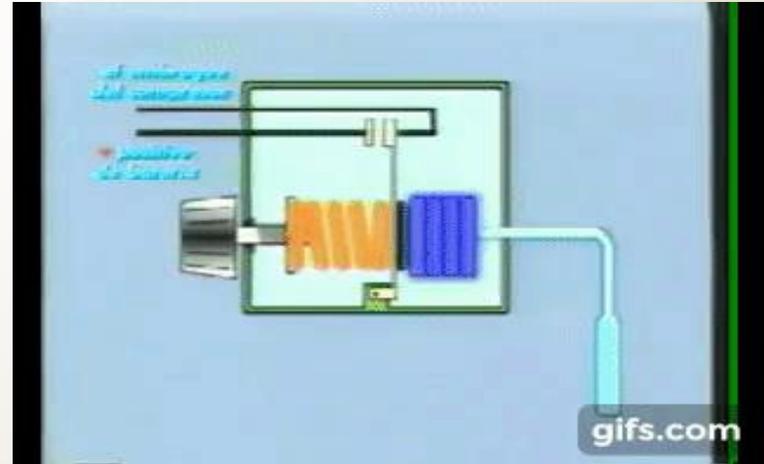


- ▶ Presión y temperatura de entrada 220psi y 45°C
- ▶ Presión y temperatura de salida 22psi y 5°C



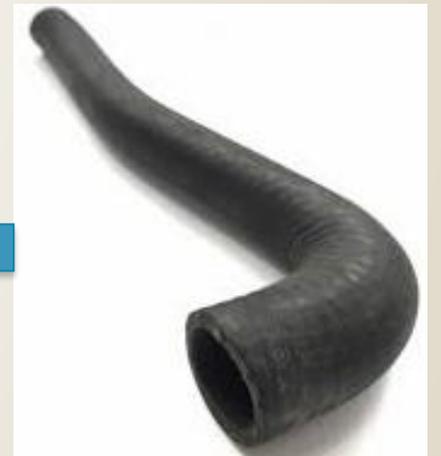
COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C

➤ Evaporador



COMPONENTES DEL SISTEMA DE CALEFACCIÓN

- Núcleo calefactor
- Mangueras de calefacción
- Soplador
- Carcasa



CÁLCULOS TÉRMICOS



Calor total que se transmite a través de un componente

$$Q = U * A * \Delta T$$

Calor total que se transmite por radiación solar

$$Q = R * A$$

$$t^2 = 28^\circ\text{C} \rightarrow 301.15\text{K}$$

$$t^1 = 25^\circ\text{C} \rightarrow 298.15\text{K}$$

$$\Delta T = (t^2 - t^1) = (301.15\text{K} - 298.15\text{K}) = 3\text{K}$$

Datos utilizados para el cálculo

Factor de transferencia de calor	Valor
U Carrocería	2.53 W/m ² °K
U Vidrios	5.12 W/m ² °K
R. a latitud 0° al medio día	800 W/m ²

Clasificación de cargas térmicas

CARGA TERMICAS		BTU/HORAS
CLASIFICACION	POR PERSONAS	500
	POR COMPUTADORAS	400
	POR TV	600
	POR BOMBILLOS	400

CÁLCULOS TÉRMICOS DEL METAL

Descripción	Datos	Formula de área	Reemplazando en $Q = U * A * \Delta T$	Resultado
Piso	$b = 1.36m$ $h = 2.75m$	$A = b * h$ $A = 3.74m^2.$	$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 3.74m^2 * 3K$	$Q = 28.386W.$
Techo	$b = 1.25m$ $h = 2.00m$	$A = b * h$ $A = 2.5m^2.$	$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 2.5m^2 * 3K$	$Q = 18.975W.$
Parte delantera	$b = 1.40m$ $h = 0.73m$	$A = b * h$ $A = 1.022m^2.$	$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 1.022m^2 * 3K$	$Q = 7.756W.$
Parte posterior	$b = 1.38m$ $h = 0.59m$	$A = b * h$ $A = 0.814m^2.$	$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 0.814m^2 * 3K$	$Q = 6.178W.$
Parte lateral	$b = 1.5m$ $h = 0.75m$	$A = b * h$ $A = 1.125m^2.$	$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 1.125m^2 * 3K$	$Q = 8.53W * 2$ $= 17.077W.$
Puertas	$b = 1.5m$ $h = 0.75m$	$A = b * h$ $A = 1.125m^2.$	$Q = 2.53 \frac{W}{m^2K} * 1.125m^2 * 3K$	$Q = 8.53W * 2$ $= 17.077W.$

Carga térmica del metal: 95.449W.



CÁLCULOS TÉRMICOS DEL VIDRIO

Descripción	Datos	Formula de área	Reemplazando en $Q = U * A * \Delta T$	Resultado
Parabrisas	$B = 1.39m$ $b = 1.25m$ $h = 0.57m$	$A = \left(\frac{B + b}{2}\right) * h$ $A = 0.752m^2.$	$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.752m^2 * 3K$	$Q = 11.556W.$
Vidrio posterior	$B = 1.20m$ $b = 1.10m$ $h = 0.50m$	$A = \left(\frac{B + b}{2}\right) * h$ $A = 0.575m^2.$	$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.575m^2 * 3K$	$Q = 8.832W.$
Vidrios laterales	$B = 1m$ $b = 0.91m$ $h = 0.50m$	$A = \left(\frac{B + b}{2}\right) * h$ $A = 0.477m^2.$	$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.4877 * 3K$	$Q = 7.334W * 2$ $= 14.668W.$
Ventanas	$B = 0.90m$ $b = 0.63m$ $h = 0.50m$	$A = \left(\frac{B + b}{2}\right) * h$ $A = 0.382m^2.$	$Q = 5.12 \frac{W}{m^2K} * 0.382m^2 * 3K$	$Q = 5.875W * 2$ $= 11.75W.$

Carga térmica del vidrio: 46.806W.



CÁLCULOS TÉRMICOS

- Estimación de carga por radiación

$$Q = R(\text{Área de todos los vidrios})$$

$$Q = 800 \frac{W}{m^2} * 3.045m^2 = 2436W$$

- Sumatoria de las cargas térmicas (Metal, Vidrios, Radiación)

$$\Sigma Q = 95.449 + 46.806 + 2436 = 2578.255W.$$

- Capacidad frigorífica requerida

$$QT = 2836.080W * \frac{1kW}{1000W} * \frac{3412.14 \frac{Btu}{h}}{1kW} = 9677.10 + 2500 = 12177.10 \frac{Btu}{h}$$



INSTALACIÓN DEL SISTEMA



SELECCIÓN DE LOS
COMPONENTES
DEL SISTEMA DE
A/C

CÁLCULO DE LA
RPM EN LA POLEA
DEL COMPRESOR

CONSTRUCCIÓN

INSTALACIÓN
ELÉCTRICA

INSTALACIÓN DE
LOS
COMPONENTES DE
CALEFACCIÓN

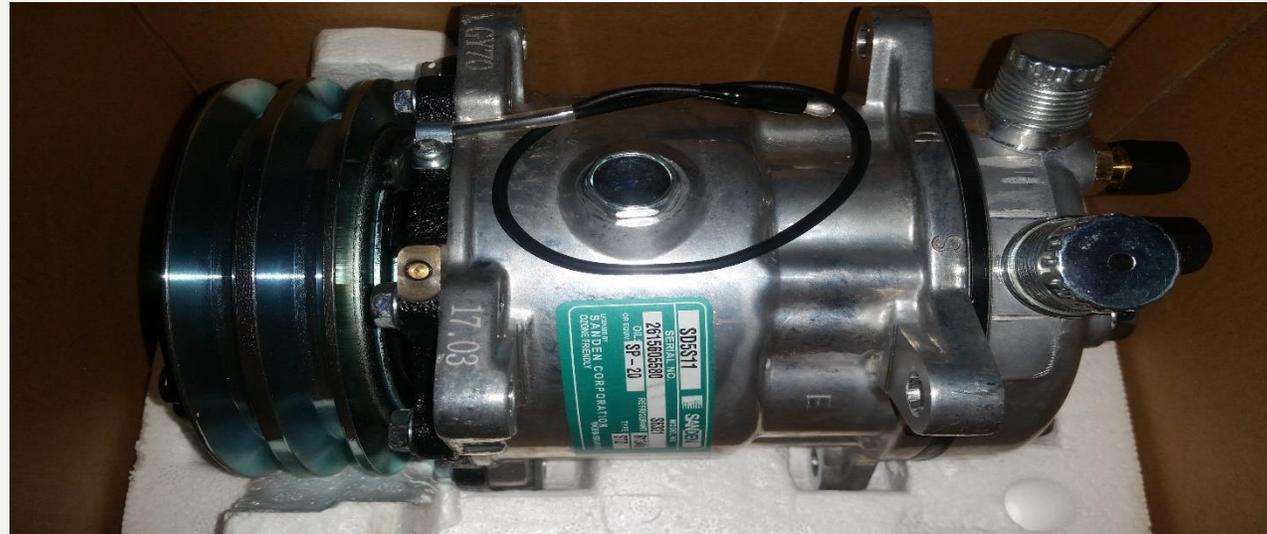
INSTALACIÓN DE
LOS
COMPONENTES DE
A/C



SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C



Compresor



- Capacidad frigorífica requerida: **12177.10BTU/h**
- Refrigerante a utilizar: **R-134a**
- SANDEN SD5S11
- 7.2 HP de potencia



CÁLCULO DE LA RPM EN LA POLEA DEL COMPRESOR

Datos utilizados para el cálculo

Motor del vehículo a 2000 RPM	
Diámetro de la polea del motor del vehículo	140.4mm
Compresor del sistema de A/C	
Diámetro de la polea del motor del vehículo	125mm

Fórmula

$$d1 * N1 = d2 * N2$$

Reemplazando:

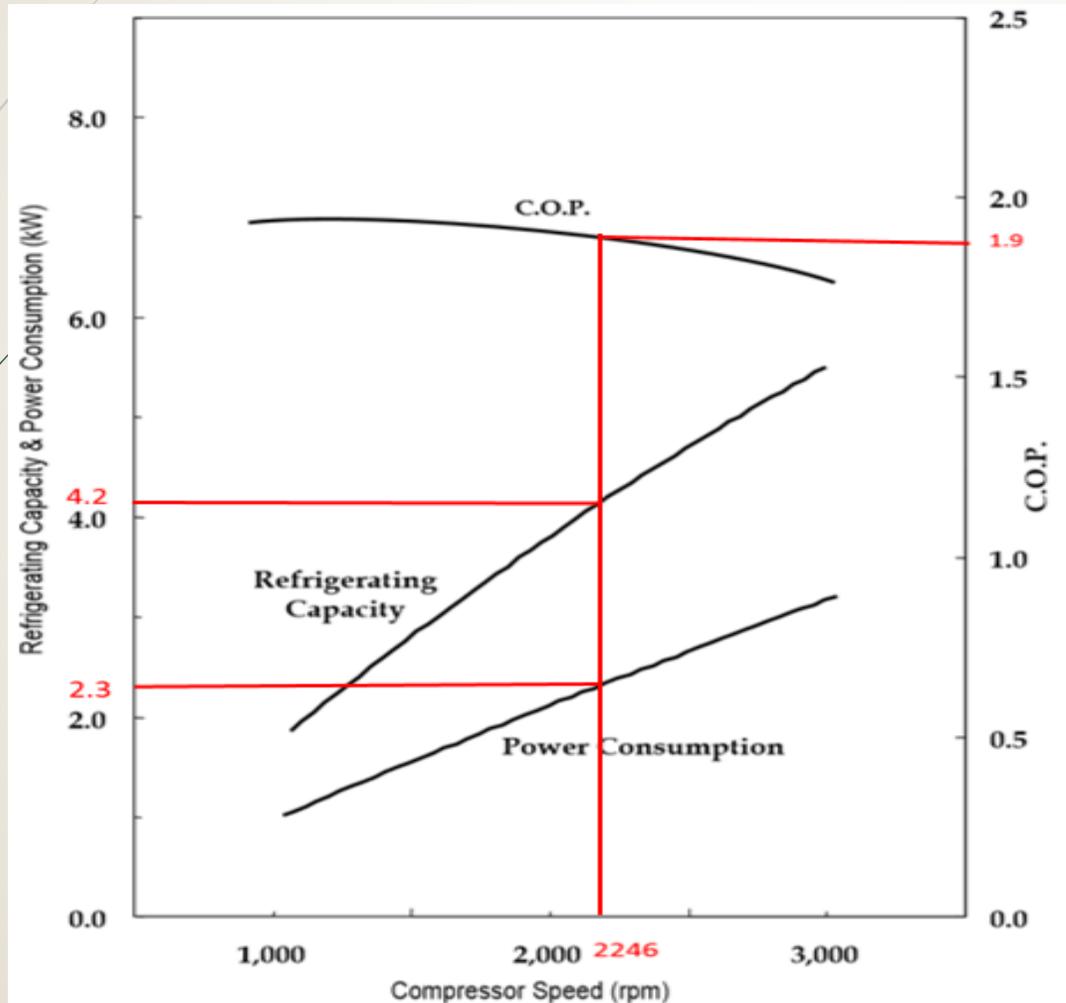
$$140.4mm * 1500RPM = 125mm * N2$$

$$N2 = \frac{140.4mm}{125mm} * 2000RPM$$

$$N2 = 2246RPM$$



CURVA DE FUNCIONAMIENTO DE UN COMPRESOR SANDEN SD5S11 A 2246 RPM.



Capacidad frigorífica: 4.2 kW

$$4.2kW * \frac{3412.14 \frac{Btu}{h}}{1kW} = 14330.988 \frac{Btu}{h}$$

Potencia consumida: 2.3 kW

$$2.3kW * \frac{1hp}{0.74570kW} = 3.084hp$$



SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C

Condensador



Evaporador



Según la relación de proporcionalidad si el sistema utiliza refrigerante R-134a el condensador debe ser tres veces mayor que el evaporador debido a que el intercambio térmico es de un 30% a un 40% superior con respecto al refrigerante R-12.



SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA DE A/C



Mangueras y racores



Acumulador deshidratador



Válvula de expansión



Correa de accesorios



Presostato



Termostato



CONSTRUCCIÓN

Base del compresor



Base del acumulador



Acoples del evaporador



INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DE A/C

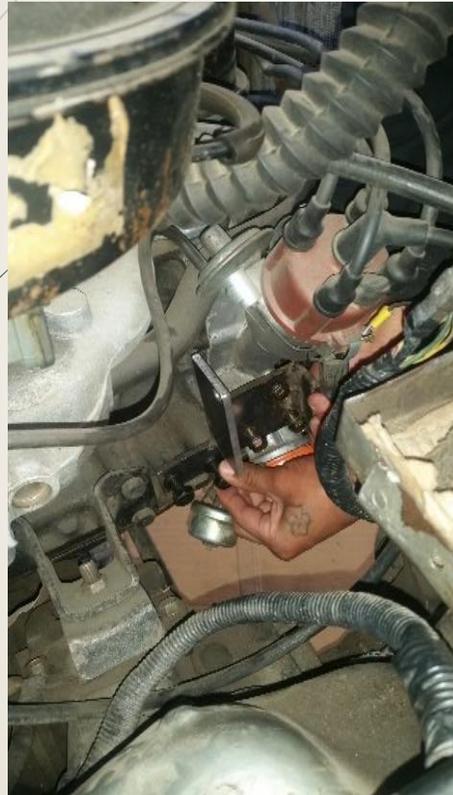


Esquema del sistema de A/C



INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DE A/C

Compresor



Condensador

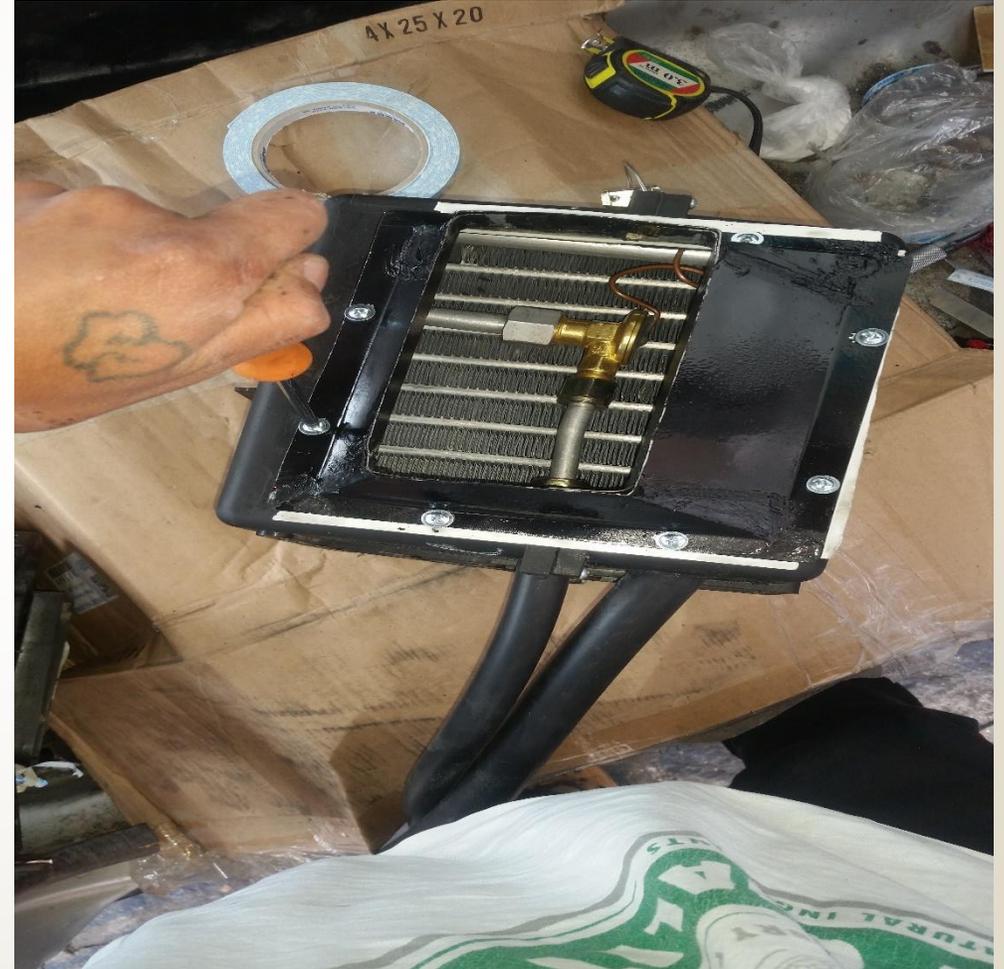


Acumulador



INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DE A/C

Válvula de expansión y termostato



INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DE A/C

Evaporador



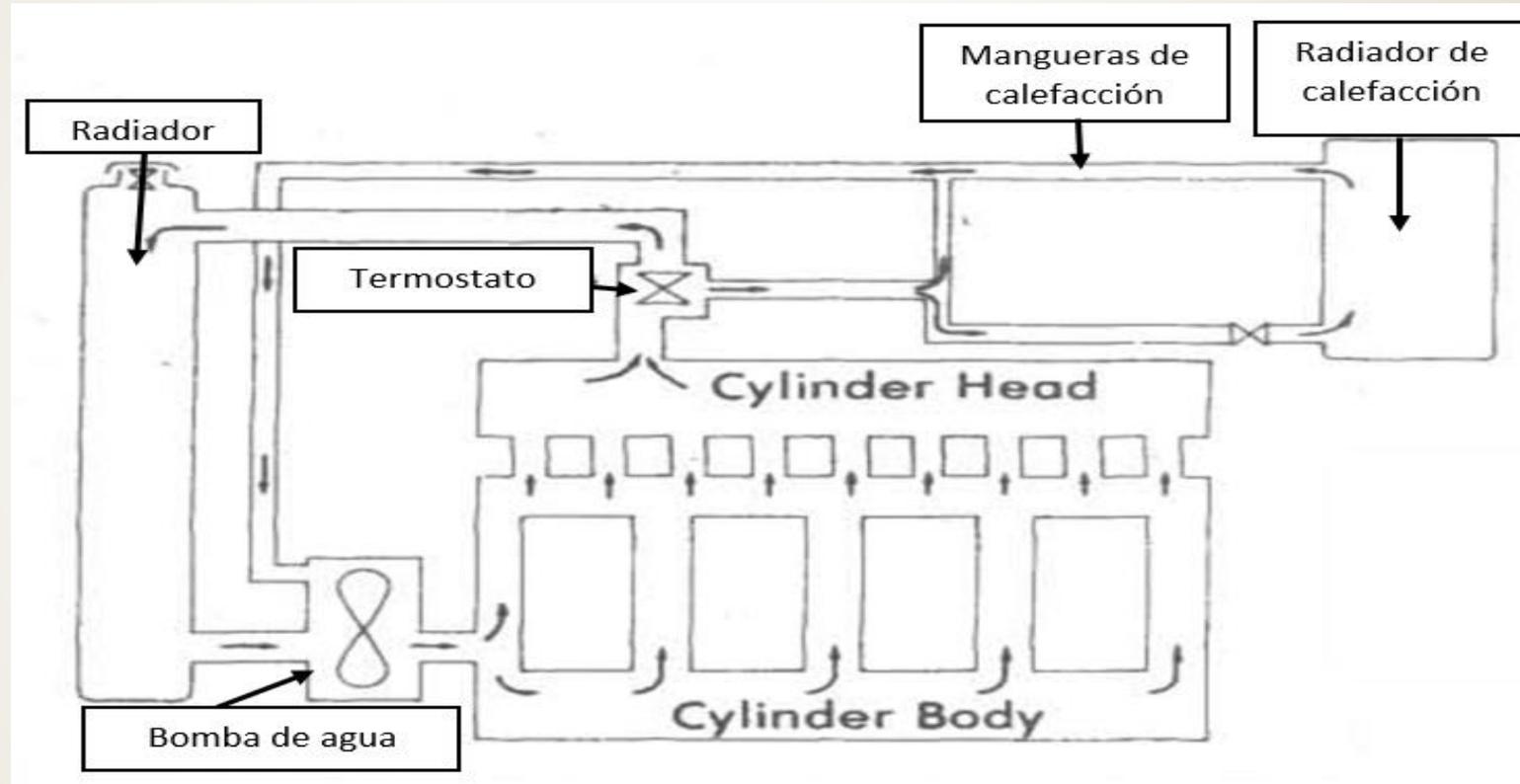
Cañerías



Correa de accesorios



INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DE CALEFACCIÓN



Esquema del sistema de calefacción



INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DE CALEFACCIÓN

Radiador de calefacción



Soplador



Cañerías de calefacción



INSTALACIÓN ELÉCTRICA

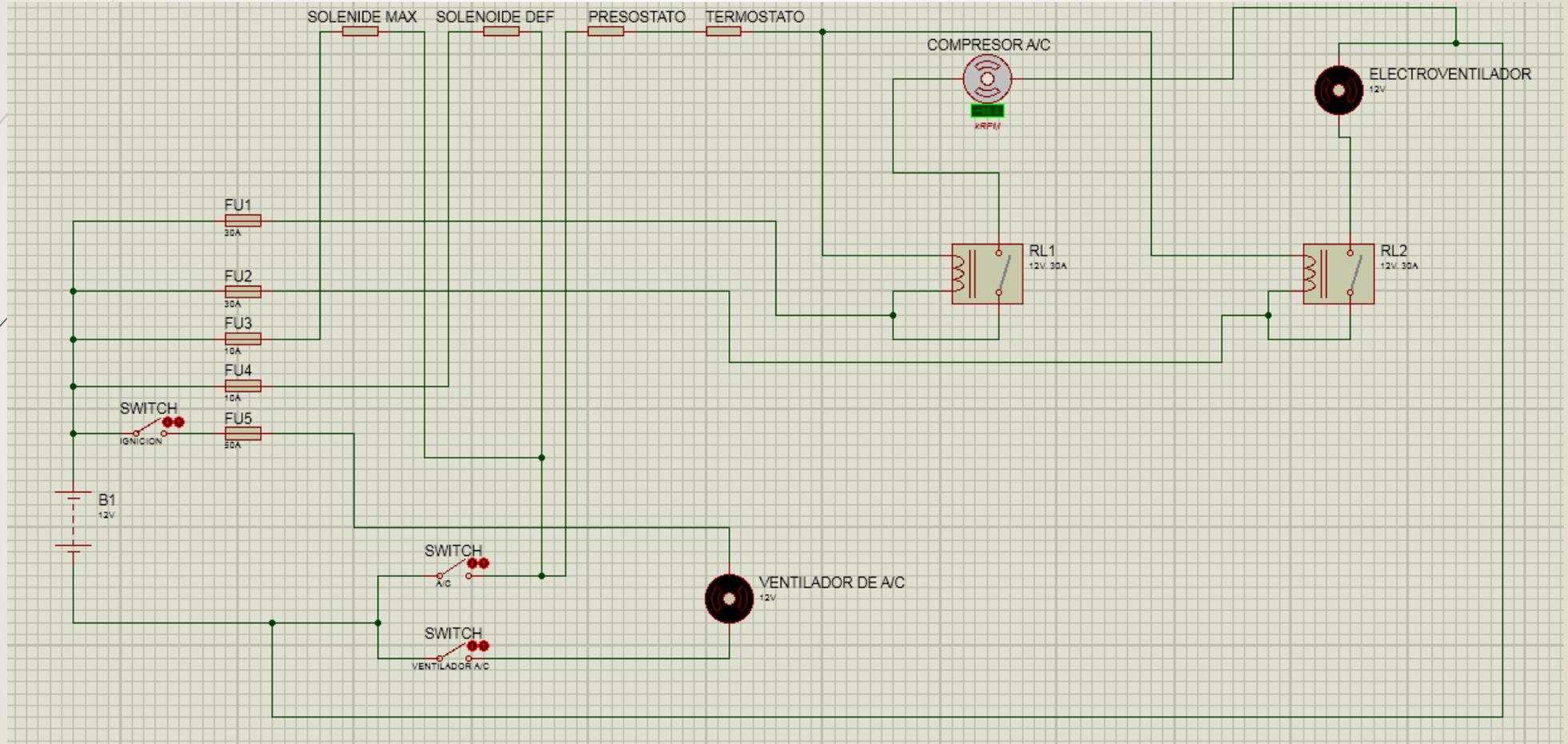


Diagrama eléctrico

COMPROBACIÓN Y RESULTADOS

BARRIDO CON
NITRÓGENO

PRUEBAS DE
FUGAS EN EL
SISTEMA DE A/C

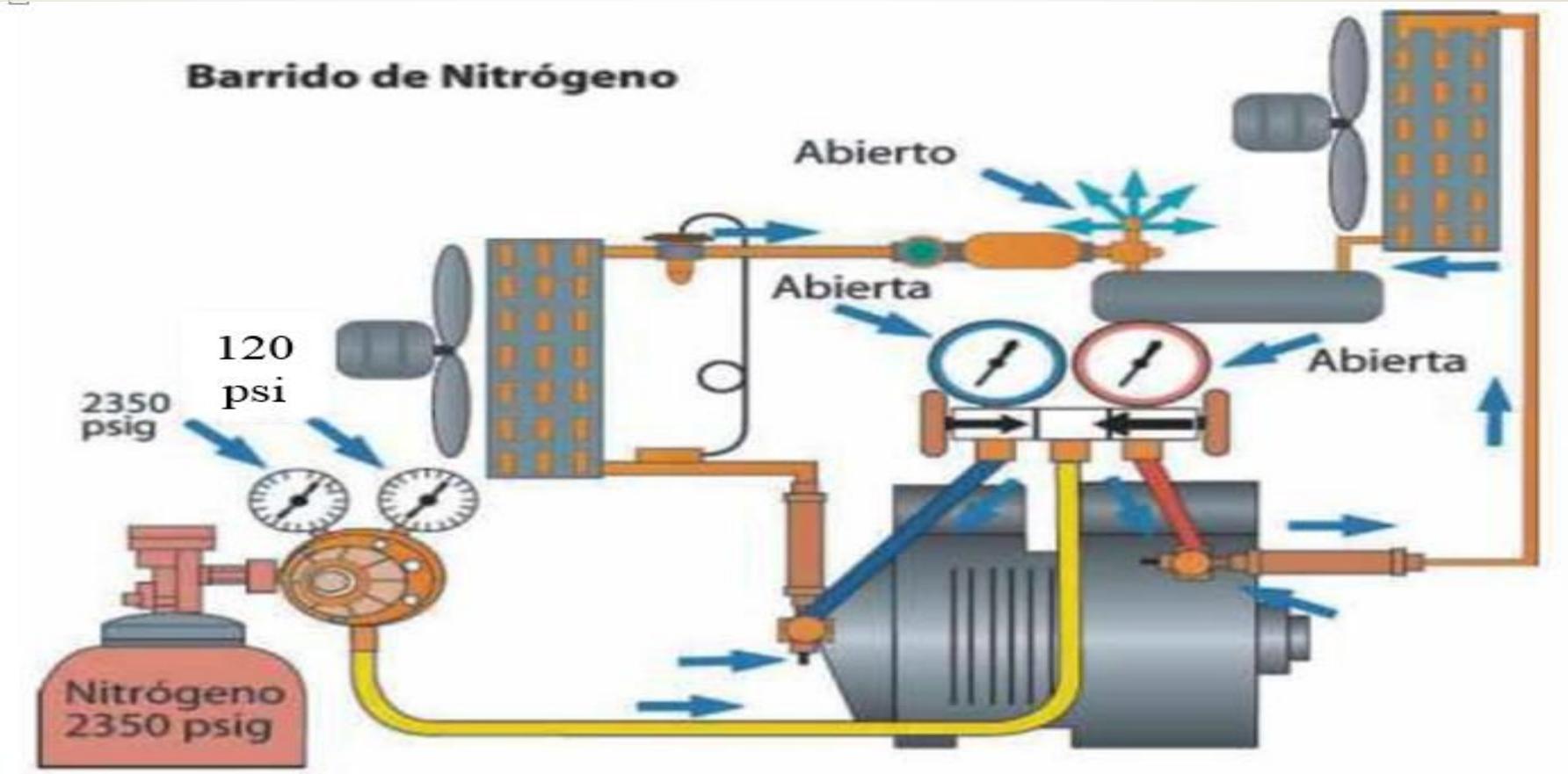
VACÍO DEL
SISTEMA DE A/C

CARGA DEL
SISTEMA CON
REFRIGERANTE R-
134A

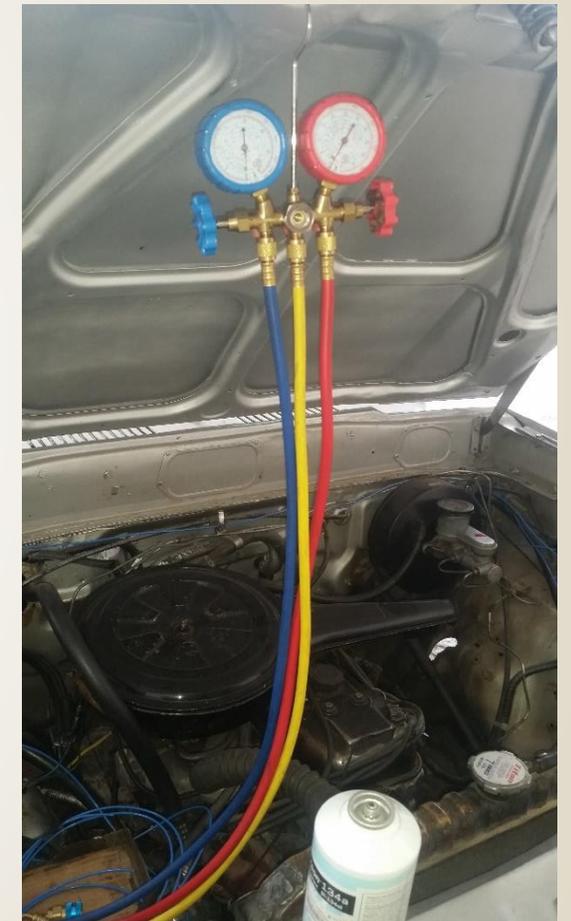
TEMPERATURA
ALCANZADA EN
EL HABITÁCULO



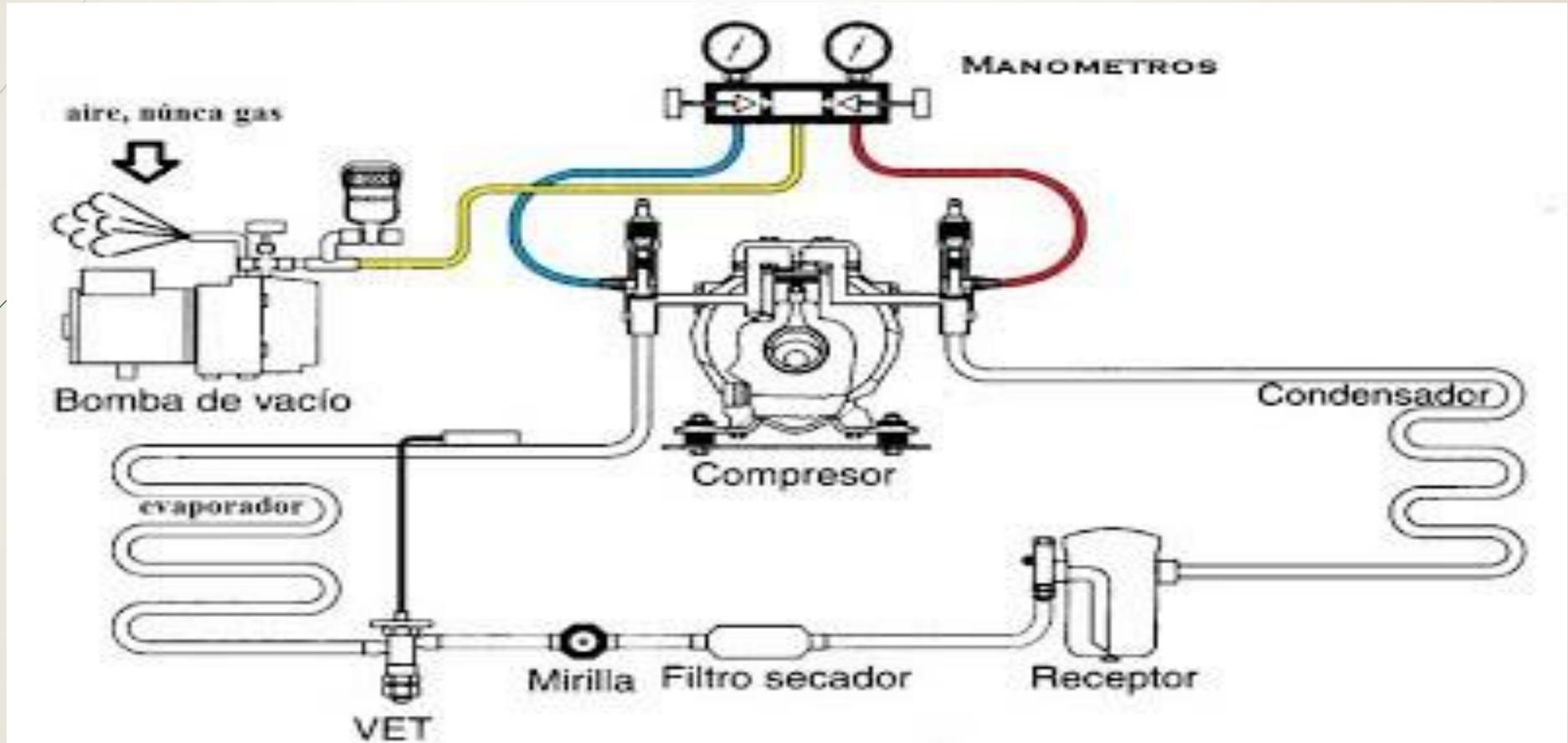
BARRIDO CON NITRÓGENO



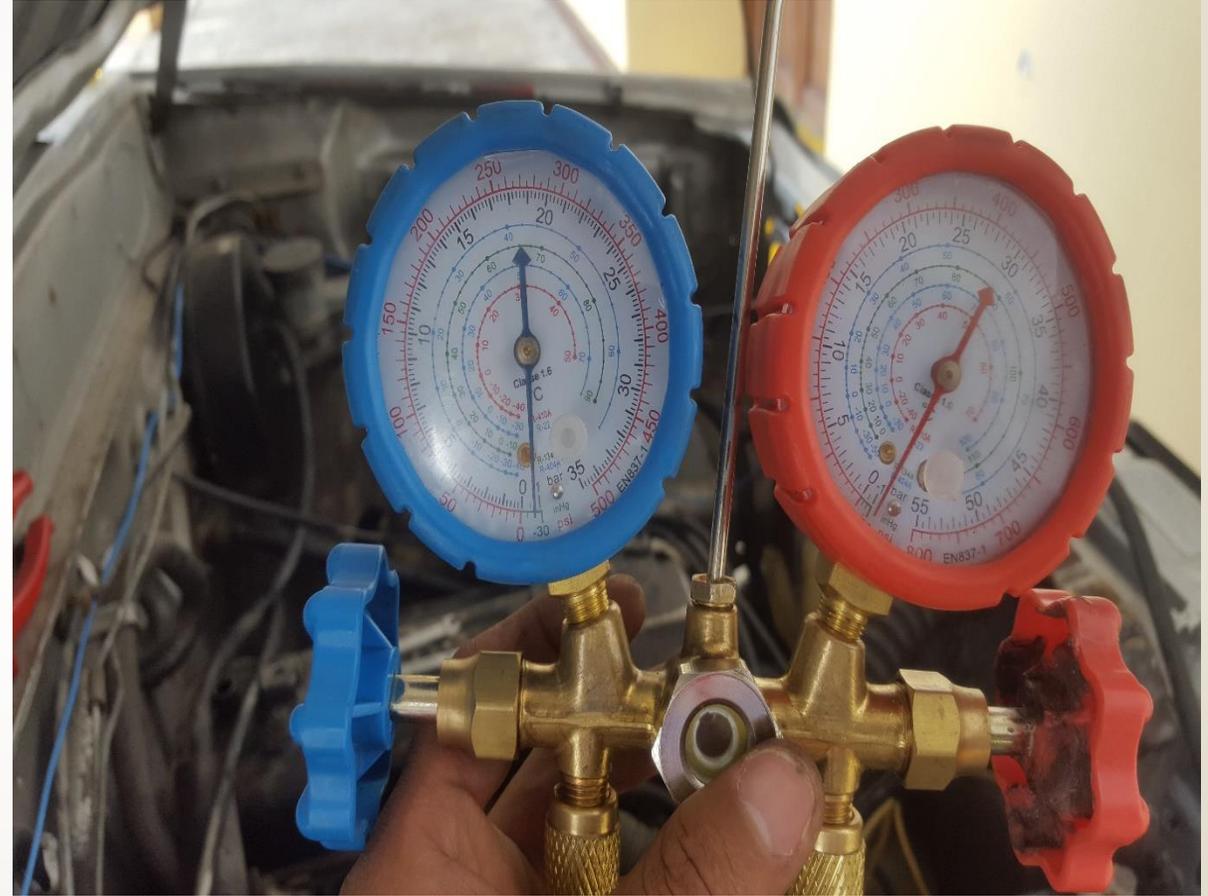
PRUEBAS DE FUGAS EN EL SISTEMA DE A/C



VACÍO DEL SISTEMA DE A/C



Vacío obtenido en el sistema

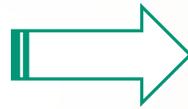


CARGA DEL SISTEMA CON REFRIGERANTE R-134A





- Nivel de refrigerante en el sistema



- Presión en el lado de baja de 45psi a 55psi
- Presión en el lado de alta de 200psi a 250psi



TEMPERATURA ALCANZADA EN EL HABITÁCULO



Al medio día

TEMPERATURA	GRADOS CELSIUS	HUMEDAD
Temperatura ambiente	24	31%
Máxima del aire acondicionado	20.5	45%
Máxima de calefacción	27.1	67%

Temperatura de confort del ser humano

ESTACIONES	TEMPERATURA DE CONFORTABILIDAD	HUMEDAD
Invierno	20°C a 26°C	45%
Verano	20°C a 26°C	20% a 50%

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante la investigación realizada se concretó con el desarrollo del marco teórico, donde detallamos minuciosamente los principios fundamentales, ciclo de refrigeración y función de los componentes del sistema de calefacción y aire acondicionado, como resultado los conceptos ayudarán a comprender el funcionamiento teórico y práctico del sistema.
- Por medio de esquemas y diagramas correspondientes al vehículo Chevrolet Trooper se identificó los componentes y la distribución del sistema. Mediante los cálculos térmicos realizados se obtuvo una capacidad frigorífica requerida en el habitáculo de 12177.10 Btu/h, en base a este valor se realizó la selección de los elementos del circuito de aire acondicionado. El compresor utilizado fue un SANDEN SD5S11 debido a que tiene una capacidad frigorífica de 14330.988Btu/h, mismo que satisface la demanda requerida.
- Para la instalación de los componentes del sistema, se realizó la construcción de las bases para los diferentes componentes del aire acondicionado (Compresor, Soportes del compresor, Acoples del evaporador, Acumulador deshidratador), ya que el vehículo carecía de este tipo de sistemas, la instalación se llevó a cabo con la ayuda de herramientas y equipos especiales (Juego de manómetros, Bomba de vacío, entre otros).
- Al finalizar el proyecto se determina que a una temperatura ambiente de 24°C el sistema de aire acondicionado alcanza una temperatura de 20.5°C mientras que a la misma temperatura el sistema de calefacción alcanza una temperatura de 27.1°C. estos valores están dentro del rango de confortabilidad del ser humano, por lo tanto se determina que el sistema funciona satisfactoriamente.



Recomendaciones

- Para la recopilación de información es recomendable utilizar únicamente fuentes fidedignas.
- Para la selección de los componentes es recomendable consultar el manual del vehículo y conocer la capacidad frigorífica requerida para enfriar el habitáculo.
- Antes de realizar la instalación de los componentes del sistema de calefacción y A/C, se recomienda utilizar todos los elementos de seguridad (Gafas protectores, Guantes de nitrilo, Overol, entre otros), para en el caso que existan accidentes salvaguardar la integridad de la persona que realiza el trabajo.
- Para mantener el confort en el interior del vehículo se recomienda realizar un mantenimiento preventivo del sistema con el fin de optimizar el funcionamiento. En invierno es recomendable accionar el aire acondicionado para evitar que las cañerías y juntas tóricas se resequen.





**EL ÉXITO EN LA VIDA NO SE MIDE POR LO QUE
LOGRAS, SINO POR LOS OBSTÁCULOS QUE SUPERAS.**

Paulo Coelho