

# Sistemas de climatización



Modalidad: Electromecánica

Letra de equipo: B

Trabajo realizado: La climatización en el automóvil

Nombre del centro educativo: Salesianos de la Santísima Trinidad

Nombre y apellidos de los alumnos:

- Víctor Pérez López
- Miguel Ramos Cardoso

Nombre y apellidos del profesor o tutor:

- Miguel Molina Chaves

# Índice

Introducción.....	2
Funcionamiento de la climatización.....	4
Componentes de la climatización	
- El compresor.....	7
- El condensador.....	9
- Filtro deshidratador.....	12
- Válvula de expansión.....	13
- Evaporador.....	14
- Elementos de protección y mandos del sistema.....	16
- Refrigerantes.....	18
Innovaciones	
- Refrigerante R744 (CO2).....	21
- Presostatos electrónicos.....	23
- Thermotronic de Mercedes-Benz.....	24
- Compresor de cilindrada variable.....	26
Despedida.....	29

# Introducción

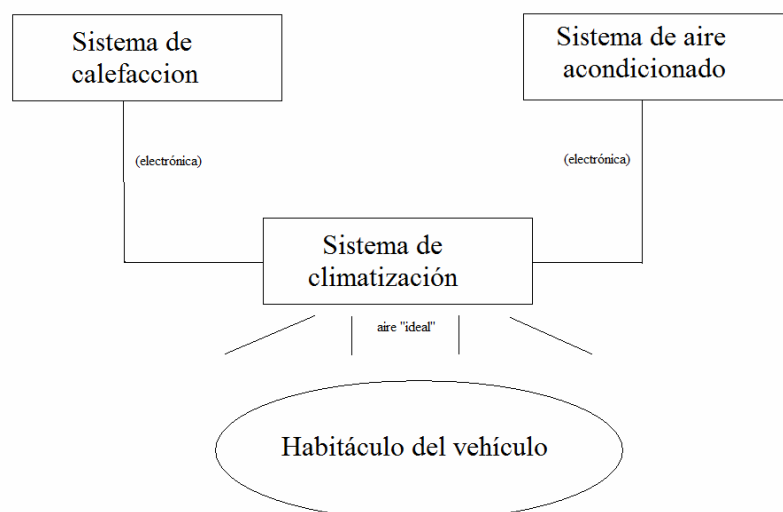
Los sistemas de climatización actuales automáticos con, control electrónico, son el desarrollo tecnológico de dos sistemas que se vienen desde hace bastante tiempo en el automóvil.

Por una parte está el sistema de calefacción y ventilación que equipaban ya los primeros vehículos de mediados del siglo XX (seat 600, 850, etc.) cuya doble función era la de renovar el aire del interior del habitáculo del vehículo y la de generar aire caliente que se introduce en este para aumentar la temperatura interior del vehículo y favorecer el confort de los ocupantes en tiempos fríos, como el invierno.

Por otra parte, están los sistemas de aire acondicionado, más modernos que los sistemas de calefacción, con un gran desarrollo técnico desde los primeros sistemas utilizados por los fabricantes para equipar sus vehículos, hasta los equipados por los mismos en los vehículos actuales. Estos sistemas tienen la función de “enfriar” el aire del habitáculo del vehículo. Para crear unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas para conseguir la mayor confortabilidad posible de los habitantes en el habitáculo en condiciones de calor extremas.

Por consiguiente los actuales y modernos *sistemas de climatización* son el resultado del uso conjunto de los dos sistemas ya usados en el automóvil y explicados anteriormente.

Los sistemas de aire acondicionado o climatización no producen frío, sino que extraen el calor del aire existente en el vehículo.



El desarrollo de estos sistemas ha sido posible gracias al desarrollo “en paralelo” de la electrónica y al uso cada vez más generalizado de esta en el campo de la automoción.

Por todo ello, los sistemas de climatización son sistemas complejos, que requieren un sinfín de “elementos electrónicos”.

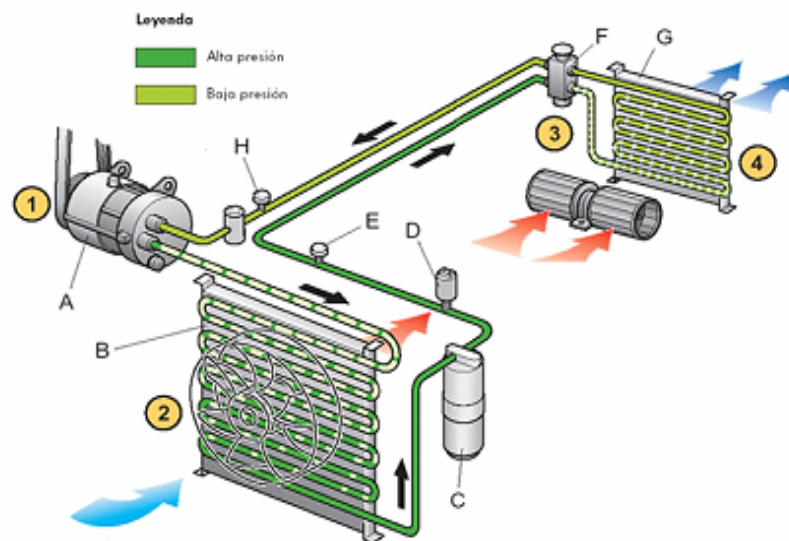
Es habitual que sean varios los calculadores implicados en la gestión de un sistema de climatización (calculador de climatización, calculador de gestión motor, calculador de control del habitáculo, calculador de potencia, etc.) así como múltiples sensores y actuadores (sonda de temperatura exterior, sonda de luz solar, sonda de temperatura del habitáculo, motorreductores, etc.)

Debido pues a la complejidad técnica de estos sistemas se hace necesario un personal muy cualificado técnicamente, así como “equipos de diagnosis” adecuados para comprobar el correcto funcionamiento de los diferentes elementos del sistema.

## Funcionamiento de climatización

Como en otros ciclos frigoríficos, en el caso del equipo de aire acondicionado de un automóvil, la refrigeración se produce como consecuencia de la expansión de un gas licuado a cierta presión. En el funcionamiento normal del ciclo, el gas refrigerante aumenta de presión y temperatura en el compresor (**IMP: Para el compresor es de “importancia vital” que se encuentre en estado gaseoso el refrigerante en su aspiración, por no ser compresible en estado líquido, lo cual destruiría el compresor**). Posteriormente se enfría en el condensador, cediendo calor a alta presión, por el que se hace pasar en circulación forzada aire exterior por medio de un ventilador axial. En este el fluido pasa a estado líquido y se dirige hasta la válvula de expansión. Una vez que pasa a través de la válvula de expansión, la presión del fluido vuelve a bajar y con ella también lo hace la temperatura. Posteriormente el líquido refrigerante se dirige al evaporador, donde absorbe calor a baja presión procedente del aire interior del habitáculo, este hecho produce que el fluido pase al estado gaseoso.

Una vez halla pasado a estado gaseoso comenzará de nuevo su recorrido repitiendo de nuevo los pasos brevemente explicados anteriormente.



### COMPONENTES:

- |                              |                                      |
|------------------------------|--------------------------------------|
| 1; A Compresor               | E Empalme de servicio (alta presión) |
| 2; B Condensador             | 3; F Válvula de expansión            |
| C Botella deshumidificadora  | 4; G Evaporador                      |
| D Presostato de alta presión | H Empalme de servicio (baja presión) |

Existen dos tipos de sistemas de climatización:

-Sistema Americano.

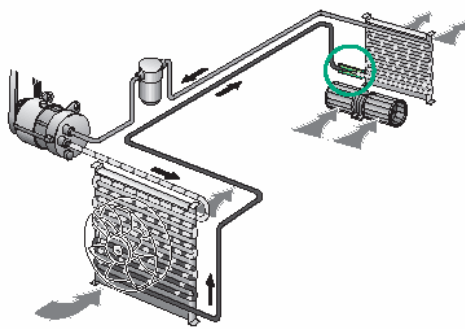
-Sistema Europeo.

Los dos se basan en el mismo principio de funcionamiento y su diferencia principal es la válvula de expansión. En el Sistema Americano la válvula es solo de dos vías sin embargo en el Sistema Europeo esta lleva cuatro vías.

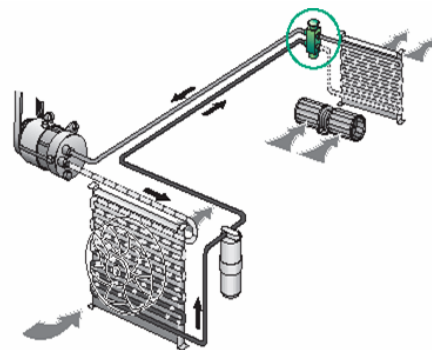
Otra diferencia de esta válvula es que en el Sistema Americano la válvula se encuentra entre el condensador y el evaporador, pasando el fluido desde el condensador a través de ella hacia el evaporador, y de este hacia el compresor. Sin embargo en el Sistema Europeo el fluido pasa desde el evaporador a través de la válvula hacia el condensador, cuando sale de este el fluido se vuelve a dirigir hacia la válvula de expansión para a través de ella dirigirse al compresor.

Otra de las diferencias entre estos dos sistemas es la localización del filtro deshumificador, ya que en el Sistema Americano este se encuentra en el circuito de baja, mientras que en el Sistema Europeo se encuentra en el circuito de alta.

Otra de las diferencias es que en el Sistema Americano es necesaria más ayuda electrónica que en el Europeo, Además la posible diferencia entre el número de presostatos y la utilización de estos en cada sistema.



Sistema Americano

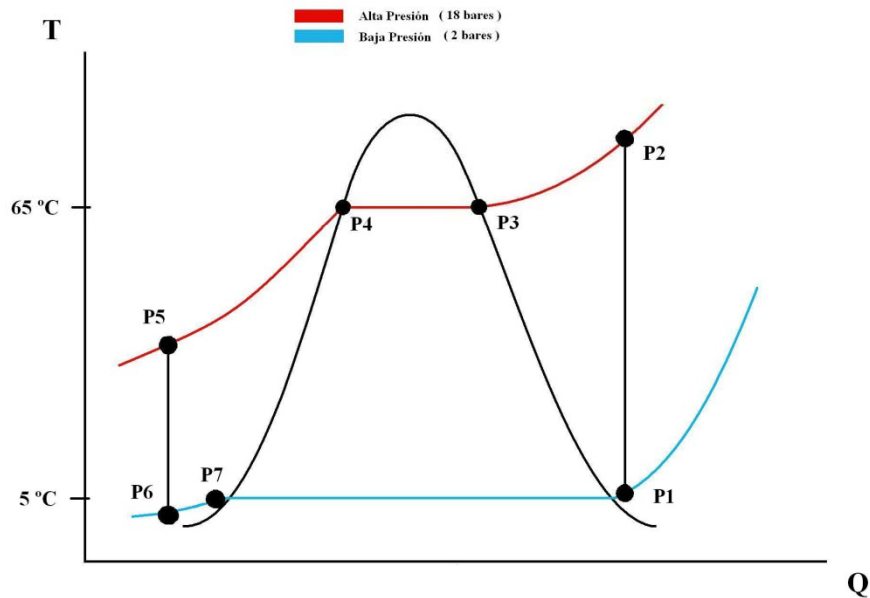


Sistema Europeo

El proceso que realiza el fluido en cada ciclo se refleja en una gráfica llamada “Campana de Saturación”.

En esta se refleja la presión y el estado del fluido durante todo su recorrido.

Podemos observar el comportamiento de este fijándonos en siete puntos esenciales de la gráfica que muestran su temperatura y presión en cada uno de ellos.



1º- En el primer punto se encuentra en estado gaseoso a 5°C y a baja presión (2 bares).

2º- En el segundo punto se encuentra en estado gaseoso a 80°C y a alta presión (18 bares).

3º- En el tercer punto se encuentra en estado gaseoso a 68°C y a alta presión (18 bares).

4º- En el cuarto punto se está produciendo el cambio de estado de gaseoso a líquido a 65°C y a alta presión (18 bares).

5º- En el quinto punto se encuentra en estado líquido a 55°C y a alta presión (18 bares).

6º- En el sexto punto se encuentra en estado líquido a 3°C y a baja presión (2 bares).

7º- En el sexto punto se encuentra en estado líquido a 5°C y a baja presión (2 bares).

# Componentes de la climatización

Los componentes más importantes y representativos que forman la climatización son el compresor, el condensador, la válvula de expansión, el filtro deshumificador, el evaporador y los ventiladores, tanto los del motor como el ventilador de climatización.

## Compresor

El compresor es una máquina que transforma la energía mecánica suministrada por el motor del vehículo, de forma que aspira el fluido refrigerante, procedente del evaporador y bajo la forma de vapor a baja presión y temperatura, para después impulsarlo hacia el condensador, en forma de vapor a alta presión y temperatura. El fluido sufre pues un incremento de presión y temperatura en el compresor.

El compresor se encuentra fijado directamente sobre el bloque motor, y es accionado normalmente por la correa que mueve la bomba de líquido de refrigeración y el alternador.

Para la climatización del automóvil se utilizan compresores de tipo volumétrico.

La característica principal de un compresor es su cilindrada.

### ***Tipos de compresores:***

Los compresores se subdividen en base al modo en el que comprimen el gas refrigerante, distinguiéndose dos tipos principales, los compresores volumétricos y los turbocompresores (axiales y centrífugos).

Como se ha indicado anteriormente, en climatización del automóvil se utilizan los compresores volumétricos, que se clasifican en:

### **Alternativos:**

- De pistones con sistema biela-manivela
- De pistones tipo revólver

### **Rotativos:**

- De paletas

### **Pseudo Rotativos:**



- De espirales (skroll)

### **Compresores alternativos:**

El funcionamiento del compresor alternativo se subdivide en cuatro fases: aspiración, compresión, expansión e impulsión.

En la primera fase la válvula de aspiración está abierta, por lo que el fluido frigorífico gaseoso entra en el compresor a presión constante.

En la compresión, la válvula de aspiración y descarga están cerradas y el gas se comprime desde la presión de aspiración a la de impulsión, que será lógicamente mayor. La presión de impulsión corresponde con la presión medida en el condensador. Cuando se alcance este valor, la válvula de descarga se abre y se produce la expulsión del gas a presión constante.

Al punto de inicio de la carrera del pistón (inicio de la compresión) se le llama “Punto Muerto Inferior” o PMI, y al de fin de carrera correspondiente a la impulsión del gas se le llama “Punto Muerto Superior” o PMS.

El volumen desplazado por el pistón durante la carrera es el volumen comprendido entre el

PMI y el PMS. Cuando la carrera de impulsión llega al final no se abre todavía la válvula de aspiración, porque en el interior del compresor existe fluido a la presión de descarga. Se produce por lo tanto una expansión del gas hasta que alcanza la presión de aspiración.

En ese punto la válvula de aspiración se puede abrir iniciándose así un nuevo ciclo.

**Compresor alternativo de pistones con sistema biela manivela:** está constituido por un cilindro con un pistón interior, su respectiva biela y manivela y las toberas de aspiración y descarga, equipadas con sus válvulas automáticas.

**Compresor alternativo de pistones tipo revolver:** el principio de funcionamiento de estos compresores consiste en la transformación del movimiento rotativo del eje en un movimiento alternativo de los pistones por medio de un plato oscilante inclinado. La unión entre la varilla del pistón y el plato se efectúa mediante rótulas.

**Compresores rotativos:** el principio de funcionamiento de un compresor de paletas se basa en la rotación de un rotor y la disminución progresiva del espacio ocupado por el fluido atrapado entre las paletas. La estanqueidad se asegura por el contacto entre las paletas y el estator, producida por la fuerza centrífuga aplicada a las paletas al girar el rotor a gran velocidad.

Existen dos tipos de compresores rotativos:

- Rotor centrado y estator de sección ovalada.

- Rotor excéntrico y estator de sección circular.

En estos compresores el rendimiento volumétrico es del orden de 75 al 90 %, debido a las pérdidas por los juegos existentes entre las paletas y el cuerpo cilíndrico.

**Compresores pseudo rotativos:** empleados fundamentalmente en vehículos de propulsión eléctrica y en instalaciones industriales. Su funcionamiento se basa fundamentalmente en la rotación de una espiral móvil respecto de otra espiral fija.

Los compresores de cilindrada fija comprimen la misma cantidad de fluido en cada rotación, ya que disponen de un cigüeñal en forma de plato que no puede modificar su ángulo en relación con el árbol del compresor.

Los sistemas de climatización que emplean estos compresores conectan y desconectan el compresor mediante un embrague electromagnético, que permite mantener solidario el compresor con el motor. Es el elemento que posibilita la interrupción de la conexión entre el motor del vehículo y el compresor. Esta interrupción puede realizarse a voluntad del conductor o bien de forma automática cuando se ha alcanzado la temperatura adecuada, dependiendo de la temperatura del aire a la salida del evaporador, de manera que el compresor comprime o no según las necesidades del momento. La desconexión se realiza bien a voluntad del conductor o bien cuando la temperatura del aire a la salida es tan baja que podría producir hielo en el evaporador.

Estos sistemas tienen el problema de la pérdida de potencia del motor que provoca la conexión brusca del compresor, con las consecuencias que ello conlleva en cuanto al confort de marcha. Además, en ocasiones la potencia consumida es mayor que la que se necesita realmente.



## Condensador

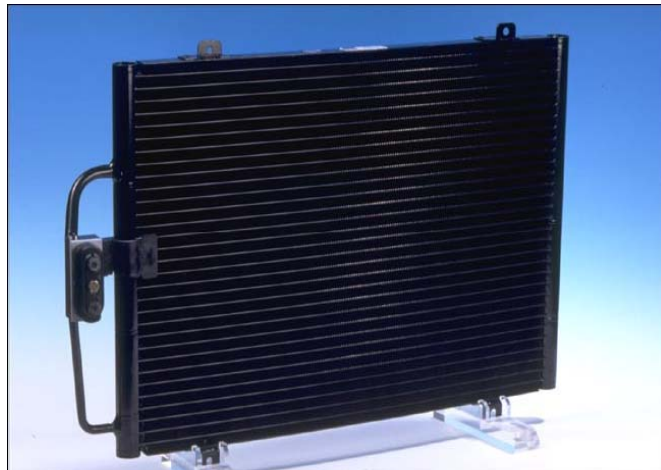
Se compone de aletas y tubos de aluminio o cobre por los que circula el fluido frigorígeno. El condensador está localizado en la parte delantera del vehículo, entre los electroventiladores axiales y el radiador de refrigeración motor.

Es un intercambiador térmico donde, el fluido frigorígeno que circula por el conjunto de tubos se enfría y se condensa, y el aire que atraviese el condensador se calienta al entrar en contacto con este, por intercambio térmico con el fluido.

Tiene por función evacuar el calor absorbido por el fluido frigorígeno durante las fases de evaporación y compresión, cediendo esta energía (calor) al aire por el que es atravesado.

El condensador está sometido a la ventilación forzada del o de los electroventiladores axiales, así como a la ventilación inducida por el propio movimiento del vehículo.

No se debe sustituir un condensador por un adaptable, la sustitución de un condensador por otro de menor eficacia tiene una influencia directa sobre la alta presión del circuito, porque, al reducir el rendimiento del condensador, la temperatura normal del circuito aumenta, y conlleva una disminución de las prestaciones del circuito, así como un corte cíclico del compresor ordenado por el presostato debido a una excesiva presión de alta.



Existen tres tipos de condensadores actualmente en el mercado de la climatización del automóvil. Según el haz de tubos del condensador, pueden ser de tipo:

### **Condensador de serpentín:**

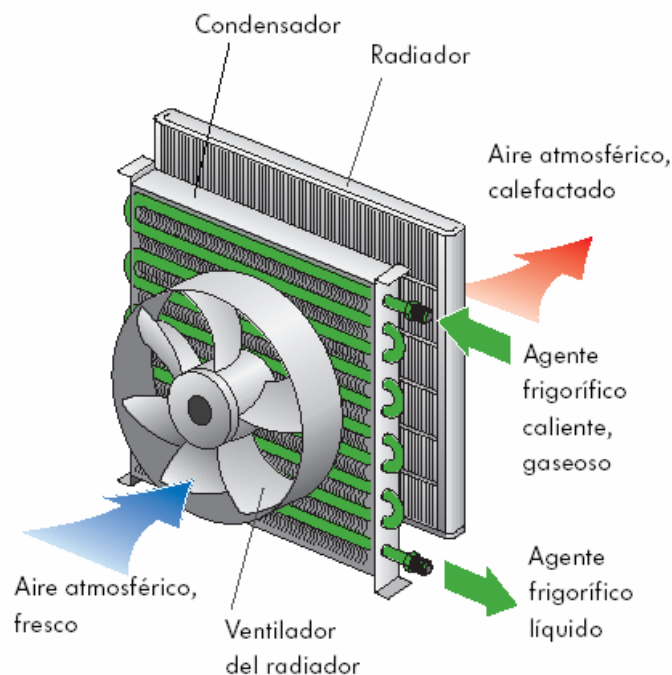
Están compuestos de un tubo plano extruido cuya sección ovoide está dividida en 3 o 4 partes, con el fin de crear el mismo número de canales paralelos. Este tubo forma un serpentín, entre cuyos recodos se intercalan las aletas en acordeón.

### **Condensador tubo / aletas:**

Están constituidos de tubos cilíndricos en forma de horquilla, insertados paralelamente en un conjunto de aletas, que son expandidos mecánicamente para asegurar un buen contacto térmico con éstas. Se unen los tubos entre ellos en cada extremidad mediante codos. El conjunto forma uno o varios tubos serpentín por donde circula el fluido frigorífico.

### **Condensador de flujo paralelo:**

Están constituidos de tubos planos extruidos, de la misma sección que la del tubo serpentín, y que desembocan en sus dos extremidades en unos tubos colectores. Estos últimos se subdividen en varios tramos, por medio de separadores, de forma que se producen varias pasadas del fluido por el intercambiador. Los tubos son más finos y numerosos que en el caso del serpentín y están separados por unas aletas en acordeón.



## Filtro deshidratador

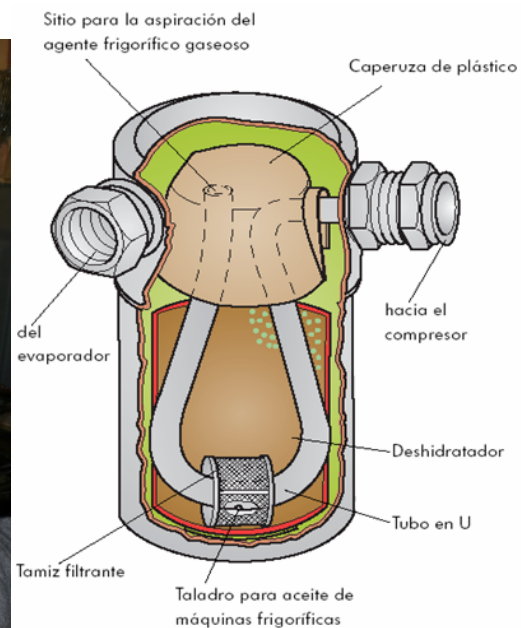
El filtro deshidratador cumple tres funciones básicas:

- Servir de depósito de reserva del líquido refrigerante y del aceite de engrase.
- Retener las partículas que puedan hallarse en el interior del circuito.
- Eliminar las gotas de agua del interior del circuito.

La humedad en el circuito del medio refrigerante es causa habitual de avería en la instalación del aire acondicionado, ya que puede provocar daños por corrosión en el compresor y un rendimiento irregular de la instalación, como consecuencia de la congelación de la válvula de expansión.

Hasta hace unos años el filtro deshidratador se montaba como una pieza independiente, también llamada botella deshidratadora. Se situaba en la tubería de alta presión entre el condensador y la válvula de expansión.

Sin embargo en la actualidad el filtro deshidratador se incorpora al condensador en uno de sus laterales.



## Válvula de expansión

Tiene como misión reducir la presión del líquido refrigerante a la entrada del evaporador hasta un valor establecido previamente. De esta forma, el líquido en circulación podrá cambiar de estado con mayor facilidad en el evaporador y ser aspirado por el compresor en su totalidad en estado gaseoso.

La válvula de expansión separa el circuito de alta presión del de baja presión, esto consigue mediante un agujero calibrado en el interior del cuerpo de la válvula, de esta forma se crea una diferencia de presión entre la entrada y la salida de la válvula.

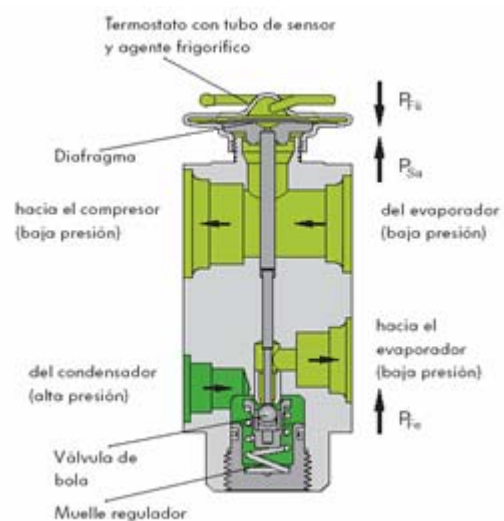
La regulación automática de la válvula de expansión depende del "bulbo sensible" (en las válvulas de expansión clásicas o en "L").

En el interior de la válvula, un elemento controlado termostáticamente por el bulbo sensible se desplaza entre las posiciones de mínima y máxima apertura para dosificar el caudal del refrigerante hacia el evaporador.

Existen diferentes tipos de válvulas de expansión: termostáticas, con igualación externa o interna de la presión, de bloque o tipo "H".

La llamada de bloque o tipo "H" hacen que el refrigerante vuelva a pasar por ella de la salida del evaporador hacia la entrada del compresor; utilizan un sensor interno para medir la temperatura del refrigerante en el interior de este tramo.

Este tipo de válvulas son las utilizadas en el Sistema Europeo, mientras que en el Sistema Americano las usadas son las de tipo "L".



## Evaporador

El evaporador se encuentra localizado en el conjunto de distribución de trampillas, después del impulsor y antes del radiador de calefacción. El evaporador del circuito frigorífico es un intercambiador térmico que tiene por función enfriar y deshumidificar el aire que lo atraviesa. Para ello absorbe calor del aire, produciéndose dos fenómenos físicos:

- El aire se enfría y el vapor de agua presente en este aire se condensa en las aletas del evaporador.
- El fluido se evapora y se recalienta.

El evaporador desempeña la función de enfriar el aire puesto en movimiento por el impulsor (ventilador centrífugo situado en el conjunto de distribución de trampillas) y enviado hacia el habitáculo del vehículo.

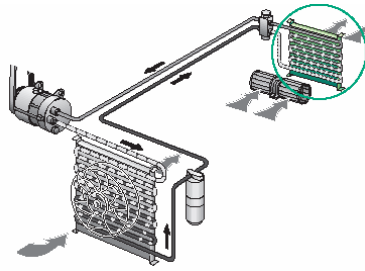
En ciertas condiciones de utilización del circuito frigorífico, debe permitir deshumidificar ese flujo de aire, con el fin de evitar el empañado de las superficies acristaladas del vehículo. Sin embargo, el nivel de deshumidificación no es controlable ya que depende directamente de la temperatura a la que se va a enfriar dicho aire; la deshumidificación del aire no se produce a menos que su temperatura sea inferior a la temperatura de rocío correspondiente al aire.

Es muy difícil estimar las prestaciones de un ciclo frigorífico conociendo únicamente las temperaturas antes y después del evaporador. La humedad del aire aspirado tiene una gran importancia ya que puede limitar de una manera importante la potencia frigorífica del evaporador: cuanto más húmedo esté el aire aspirado, mayor será la condensación sobre las aletas, y menos se enfriará el aire.

Se debe garantizar un recalentamiento superior a dos grados para asegurar que la totalidad del fluido va a entrar en estado vapor al compresor, y proteger dicho componente. (Se define el recalentamiento como, la diferencia entre la temperatura a la que sale el fluido del evaporador y la temperatura de evaporación)

La sustitución de un evaporador por otro de menor eficacia representa una variación de la presión de baja del circuito, e implica unas menores prestaciones del circuito, así como un corte cíclico del compresor ocasionado por la sonda del evaporador, que mide una temperatura inferior en las aletas del evaporador.





Existen tres de evaporadores actualmente para la climatización del automóvil. Según su haz de tubos el evaporador puede ser:

### **Evaporadores de serpentín:**

Están compuestos de un solo tubo plano extruido que contiene múltiples canalizaciones internas con el fin de hacer circular el fluido. El tubo plano tiene forma de serpentín, y entre sus recodos están intercaladas las aletas en forma de acordeón.

### **Evaporadores de tubos y aletas:**

Están constituidos por tubos cilíndricos en forma de horquilla, insertados paralelamente entre unas aletas, y expandidos mecánicamente para favorecer los intercambios térmicos entre los tubos y las aletas. Los tubos se unen entre ellos en cada extremo mediante unos codos, de manera que se subdivide el intercambiador en varias secciones paralelas, de longitud e intercambio térmico idénticos. Cada sección está alimentada por un capilar por dónde entra el fluido proveniente de un venturi que conecta dichos capilares con la válvula de expansión.

### **Evaporadores de placas:**

Están sustituyendo progresivamente a los evaporadores de tubos y aletas ya que resultan más económicos para grandes series.

El circuito está formado por placas colocadas unas sobre otras, en forma de cubetas. Entre dichos tubos planos se intercalan las aletas en forma de acordeón.





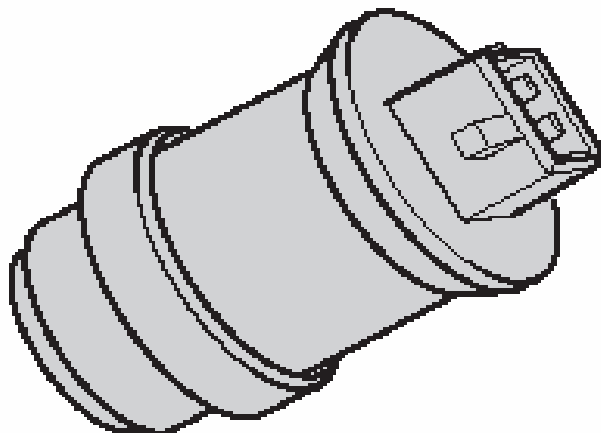
## Elementos de protección y mando del sistema

Existen distintos elementos de protección y mando del sistema. Estos se encargan de realizar un control del sistema y actuar como elemento de seguridad cuando sea necesario.

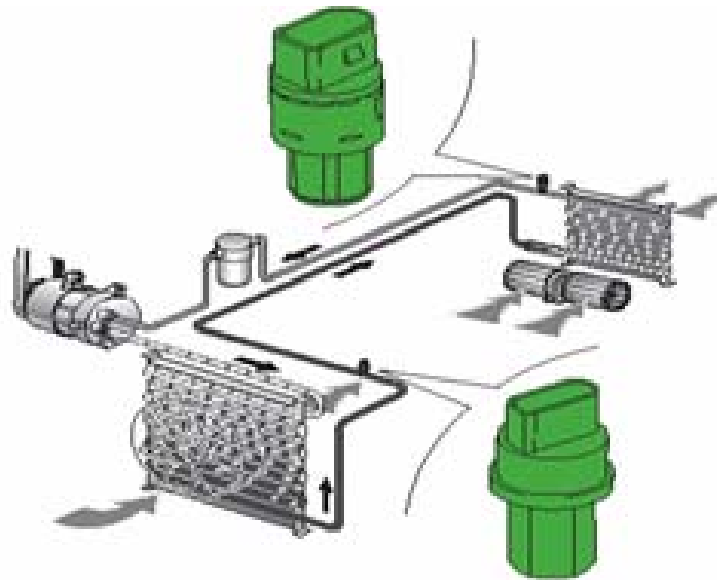
Uno de estos elementos es el termostato, cuya función es la de dar información de la temperatura del sistema y encargarse de abrir o cerrar el circuito eléctrico. Pueden clasificarse en bimetálicos, electrónicos, etc.

Otro de los dispositivos encargados de ejercer un control sobre el sistema son los presostatos. Estos se encargan de conectar o desconectar el circuito eléctrico en función de la presión existente en el circuito, de esta forma protegen al sistema contra presiones excesivamente altas o bajas mediante su apertura, interrumpiendo el funcionamiento del compresor. Estos pueden ser:

- **Presostato de máxima:** Esta situado en la parte de alta presión del circuito frigorígeno. este se encarga de proteger el sistema al circuito de presiones demasiado altas (aproximadamente 27 bares), desconectando el compresor. Cuando la presión disminuye (aproximadamente, 20 bares) este vuelve a conectar el compresor.
- **Presostato de mínima:** Esta situado en la parte de baja presión del circuito frigorígeno. Este se encarga de proteger al circuito cuando la presión es demasiado baja o cuando existe refrigerante, evitando que el embrague del compresor se active.
- **Presostato de válvula binaria:** Este se encarga de proteger al circuito de las presiones altas y mínimas. Suele utilizarse en los casos en los que no se haya previsto un electroventilador en el equipo de climatización.
- **Presostato de válvula trinaria:** Este presostato engloba tres funciones: corte por baja presión, corte por alta presión y mando de los ventiladores.



En los vehículos actuales que incorporan redes multiplexadas, el presostato se limita a informar de la presión que existe en el tramo de alta presión a uno de los calculadores, normalmente el de motor, y éste transmite esta información al resto de calculadores que la precisen. Son cada uno de los calculadores los que, en función del valor de presión, pondrán en marcha o pararán el embrague del compresor o pondrán en funcionamiento las distintas velocidades de los motoventiladores que hacen pasar el aire a través del condensador. De este modo, un único sensor es capaz de sustituir otros elementos de protección y mando que se encontraban en el circuito de climatización.



## Refrigerantes

Los refrigerantes utilizados en los equipos de aire acondicionado resultan ser agentes muy agresivos con la capa de ozono, además de contribuir de manera notable al efecto invernadero, que ya está empezando a ser un gran problema en la actualidad.

Su estabilidad en las capas altas de la atmósfera multiplica sin duda su poder de degradación del ozono estratosférico. Esta situación ha motivado la sustitución de los refrigerantes clorados por otros compuestos menos dañinos.

Desde 1995 está prohibido vender el agente frigorífico R12 para climatizadores en vehículos. Desde julio de 1998 este agente ya no se debe cargar en los sistemas.

En los climatizadores actuales para vehículos se emplea exclusivamente el agente frigorífico R134a.

– El R134a es un hidrocarburo fluorado sin los átomos de cloro que caracterizan al agente frigorífico R12, los cuales perjudican el estrato de ozono en la atmósfera terrestre al disociarse del conjunto.

El refrigerante más utilizado en equipos de climatización de automóviles ha sido el R-12. En menor medida también se han utilizado el R-22 y el R-502.

Pero, debido a lo anteriormente mencionado, por la destrucción de la capa de ozono que origina la presencia de cloro en su composición, han motivado su sustitución por el R-134a, introducido por DuPont y de características técnicas muy similares, pero la diferencia más significativa entre los dos gases estriba en su potencial de destrucción de la capa de ozono de la atmósfera, que es prácticamente nulo en el caso del R-134a. (El R134a sólo contribuye en pequeña escala al efecto invernadero. Su potencial de disgregación de ozono es igual a cero.)

Reciclado: Existen unos aparatos que además de realizar las funciones específicas para la carga del equipo de climatización del vehículo permiten recuperar el refrigerante, cuando se vacía un equipo, reciclarlo y dejarlo disponible para usos posteriores. Son las denominadas estaciones automáticas de recuperación, reciclado y carga del refrigerante.

Un vez recuperado el refrigerante, se recicla, reduciendo la presencia de los elementos contaminantes que contiene (humedad, aire, aceite) hasta los valores especificados por las normativas SAE J 1991 para el R12 y SAE J 2099 para el R134a. Recordemos que, de acuerdo con la legislación vigente, en la mayoría de los países está prohibido eliminar el refrigerante al ambiente, siendo obligatoria o al menos muy recomendable su recuperación.

Las líneas actuales de investigación en refrigerantes para automoción se centran, por una parte, en diversas mezclas de HFC (Hidrofluorocarburos) que reduzcan su tiempo de permanencia en la atmósfera y sus potenciales efectos nocivos sobre el medio ambiente y, por otra, en una nueva gama de refrigerantes ecológicos específicos para las necesidades de los equipos de climatización de automóviles. Además, puesto que la solución generalizada actualmente es el uso del R-134a, las empresas fabricantes realizan importantes esfuerzos en investigación y desarrollo en el diseño del propio circuito de refrigeración, tendentes a aumentar la eficiencia del proceso, de manera que se pueda disminuir la cantidad de fluido refrigerante por unidad.

Otra opción es, la de sustituir el refrigerante R-134a, por otro compuesto menos dañino, el refrigerante R-744 (CO<sub>2</sub>) que tiene la gran ventaja de encontrarse de forma abundante en la atmósfera y no repercutiendo de forma negativa sobre la capa de ozono, bien por razón de cualquier fuga en el circuito o al liberar el refrigerante directamente al ambiente. Aunque como todo, también tiene su inconveniente, pero que no es irreparable y es debido a la modificación de los elementos del circuito, para adaptarlos a las nuevas propiedades del refrigerante.

El refrigerante usado en los circuitos de aire acondicionado y climatización debe cumplir una serie de características para poder ser usado en este circuito.

Las propiedades exigibles a los gases refrigerantes, desde el punto de vista técnico, son las siguientes:

- Bajo punto de ebullición.
- Alto calor latente de vaporización para aumentar la eficiencia con menos cantidad de refrigerante y, al mismo tiempo, reducir el tamaño relativo de los elementos de la instalación.
- Rango de presiones de condensación. Interesa que las presiones de condensación no sean muy altas, ya que de lo contrario las exigencias sobre el diseño del compresor deberían ser mayores.
- Rango de presiones de evaporación. Para evitar entradas de aire en el sistema las presiones de evaporación deben ser superiores a la presión atmosférica.
- Temperatura de congelación del líquido. Debe ser inferior a las temperaturas de trabajo más bajas.
- Temperatura y presión críticas. Han de ser superiores a las temperaturas y presiones de trabajo.
- Bajo volumen específico, con el fin de reducir el tamaño del compresor y de las tuberías de conexión.
- Conductividad térmica. Cuanto más alto sea su valor menores serán los tamaños requeridos para el evaporador y para el condensador.
- Baja viscosidad.

- Inactividad y estabilidad químicas.
- Baja temperatura de descarga, a fin de no recalentar el compresor y aprovechar al máximo el condensador.
- Baja relación de compresión para reducir el consumo de energía en el compresor.

En suma, los criterios utilizados para seleccionar el refrigerante se basan en sus propiedades de seguridad, a saber:

- Debe ser químicamente inerte (no inflamable, no tóxico, no explosivo) tanto en estado puro como mezclado con aire en cierta proporción.
- No debe reaccionar desfavorablemente con el aceite lubricante ni con cualquier material utilizado en la construcción del equipo.
- No debe reaccionar desfavorablemente con la humedad.
- No debe contaminar el aire en caso de fuga.

Sin embargo los refrigerantes usados en la actualidad no cumplen en su totalidad todas estas condiciones, por ello en la actualidad se sigue investigando para descubrir nuevos refrigerantes que intenten cumplir estas características.

## **Innovaciones**

La tecnología en el automóvil avanza a pasos agigantados, por lo que la climatización de este avanza continuamente e intenta mejorar cada vez más sus sistemas.

Algunas de las últimas innovaciones son el refrigerante R744, los sistemas thermotronic de Mercedes, la última generación de presostatos o los compresores de cilindrada variable.

### **Refrigerante R744**

Los actuales sistemas de climatización recurren al R134a como refrigerante, sin embargo este contiene un alto porcentaje de gases nocivos. Esto ha llevado a las firmas especializadas a investigar sobre nuevas alternativas. Estas parecen decantarse por el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) una vez comprobadas sus cualidades naturales.

Es el ejemplo de valeo que ha anunciado que ha desarrollado con éxito un sistema de aire acondicionado ecológico que cumple con las regulaciones de la UE. Este sistema reemplaza al refrigerante actual R134a por el refrigerante R744 y elimina el impacto medioambiental sobre el calentamiento global debido a las pérdidas de refrigerante. Además de los beneficios medioambientales, la industria del automóvil también se beneficia ya que no se necesita recuperar ni reciclar el refrigerante al final de su ciclo. En la actualidad existe una norma europea en su fase final que tenderá a prohibir el uso del R134a en el 2011 en los utilitarios vendidos en Europa. La introducción del sistema del refrigerante R744 permitirá a los fabricantes de automóviles cumplir con dicha norma de sistemas de aire acondicionado. Sin embargo Valeo espera poder comenzar a comercializar este sistema a partir de 2009.

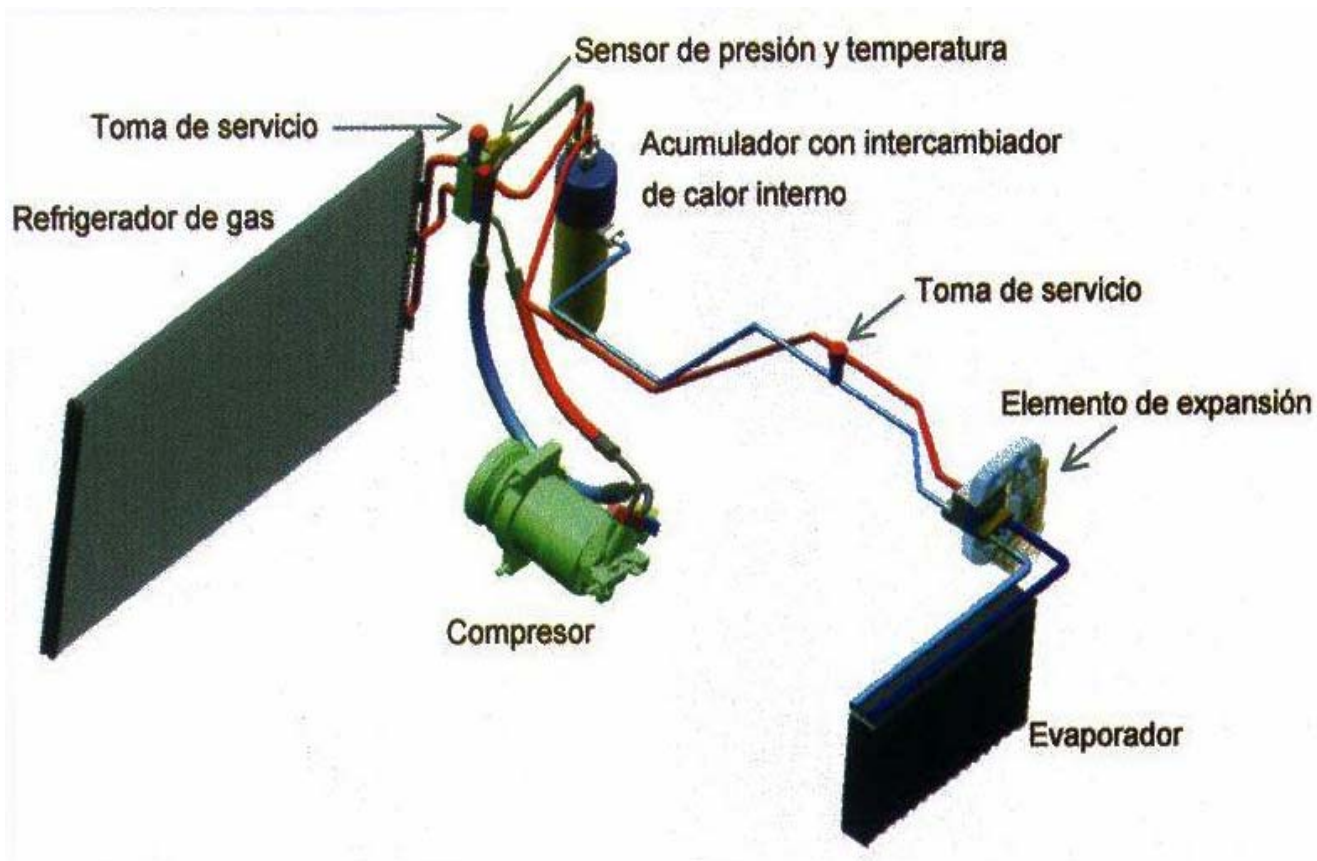
Por varios motivos el CO<sub>2</sub> tiene un impacto medioambiental 1300 veces menor que el refrigerante R134a, esta cifra plasmada día a día se traduce en que cada kilo de R134a tiene el mismo impacto que 1,3 toneladas de CO<sub>2</sub>. El motivo de su mayor ecología es que su origen es natural o resultante de los residuos industriales, además su uso en el sistema de climatización supone una reutilización del mismo. El CO<sub>2</sub> posee un mayor poder refrigerante, por lo que su uso es más económico al necesitar menor energía para conseguir el mismo rendimiento.

Behr realizó pruebas en las que los resultados fueron bastante convincentes: El climatizador de CO<sub>2</sub> enfrió en interior de un coche calentado por rayos solares a 70°C hasta una temperatura de 25°C en menos de 8 minutos, mientras que el climatizador de R134a tardó 25 minutos en hacerlo.

El CO<sub>2</sub> también permite invertir su uso, es decir, puede utilizarse como bomba de calor.

El mayor problema del CO<sub>2</sub> es su adaptación a la actual configuración de sistemas de climatización, debido a que sus propiedades son muy diferentes a las del R134a.

Aunque el climatizador de CO<sub>2</sub> funciona exactamente igual que uno convencional, desgraciadamente no basta con sustituir un gas refrigerante por otro. Bajo las mismas condiciones ambientales, el CO<sub>2</sub> alcanza presiones mucho más altas que el R134a lo que comparte tener que rediseñar todos los componentes del sistema para que sean capaces de soportar dicha presión. Así mismo, se deben incorporar dos nuevos componentes: un enfriador de gas, que sustituye al condensador, y un intercambiador de calor interior, que se integra en la línea refrigerante y cuya misión es asegurar el rendimiento del conjunto. La canalización del gas también debe ser reforzada ya que el CO<sub>2</sub> es muy disolvente de plástico y, por tanto, enemigo de tubos y juntas de goma.



Sistema de climatización utilizado para el refrigerante R744.

## Presostatos electrónicos

Los presostatos convencionales son simples manocontactos usados como sistema de protección para el circuito frigorífero.

Sin embargo una nueva generación de presostatos ha conseguido sustituir estos manocontactos por transmisiones de presión.

Este detecta la presión del agente frigorífico y transforma la magnitud física de la presión en una señal eléctrica. También se vigila la presión del agente frigorífico en todo el ciclo de trabajo.

Con ayuda de las señales se detectan cargas que supone el climatizador para el motor y reconocen las condiciones de presión en el circuito frigorífico.

La unidad de control se encarga de activar o desactivar la siguiente velocidad del electroventilador, además de desempeñar la función de acoplar o desacoplar el embrague electromagnético del compresor.

La activación y desactivación de las velocidades del ventilador se llevan a cabo de forma decalada, con un breve tiempo de retardo. De esa forma, apenas resultan perceptibles las variaciones de régimen del ventilador al funcionar el motor al ralentí.

Gracias a una mayor precisión de detección de presión por este transmisor de presión es posible adaptar la marcha al ralentí del motor a la potencia absorbida por el compresor.





## **Thermotronic de Mercedes-Benz**

Mercedes incorporó al mercado el sistema de climatización de tres zonas, siendo incorporada por dicha marca al mercado del automóvil.

Actualmente ha incorporado al mercado un sistema de climatización de cuatro zonas que permite seleccionar la temperatura de cada uno de los pasajeros del vehículo.

### **Sistema Thermotronic de tres zonas**

La última innovación en la climatización es, la gama de climatización **Thermotronic de tres zonas**, introducida en el automóvil mediante Mercedes. Esta gama de climatización ofrece la ventaja de, además de disponer de una unidad de mando para la separación de las zonas izquierda/derecha delanteras, también dispone de una unidad de mando separada para el ajuste en el compartimento trasero. La unidad de mando del aire acondicionado para el compartimento trasero, está montada en el extremo de la consola central y sirve para la regulación de temperatura y caudal de aire en el compartimento trasero del vehículo.

En esta gama de climatizador automático de confort de tres zonas, para la determinación de la concentración de gases nocivos, está montado un sensor de sustancias nocivas con cuyos valores determinados se cierra si es necesario la compuerta de aire circulante y se interrumpe completamente la entrada de aire exterior.

Un sensor del punto de rocío, permite en esta variante una regulación concreta y controlada según la demanda del compresor de agente frigorígeno. Se evalúan además los valores del sensor del punto de rocío leídos por la unidad de mando del aire acondicionado y se transmiten las correspondientes señales a las unidades de control de las puertas, para realizar una calefacción de los retrovisores exteriores adecuada a la necesidad. Los sistemas de climatización Thematic y Thermotronic presentan, un filtro combinado equipado de serie.

### **Sistema Thermotronic de cuatro zonas**

Lo último en aire acondicionado de Mercedes-Benz es el climatizador de 4 zonas THERMOTRONIC, que permite regular la temperatura de forma individual en cada una de las cuatro plazas del vehículo. Este climatizador automático de confort dispone de ventiladores, mandos e indicadores individuales para la zona delantera y trasera, así como de ventiladores en las columnas B. Está gestionado por ordenador, del que recibe datos provenientes de multitud de sensores que miden, por ejemplo, la intensidad de la

radiación del sol; en función de estos datos el sensor solar de 4 cuadrantes regula de forma automática la temperatura en el habitáculo.

El climatizador de 4 zonas Thermotronic mantiene constante la temperatura seleccionada, al mismo tiempo que controla la calidad del aire gracias al sensor de calidad del aire con recirculación del aire interior y filtro combinado. El Thermotronic de cuatro zonas cuenta asimismo con un sensor de humedad del aire que mantiene las lunas desempañadas, contribuyendo a una mayor seguridad.



## **COMPRESOR DE CILINDRADA VARIABLE:**

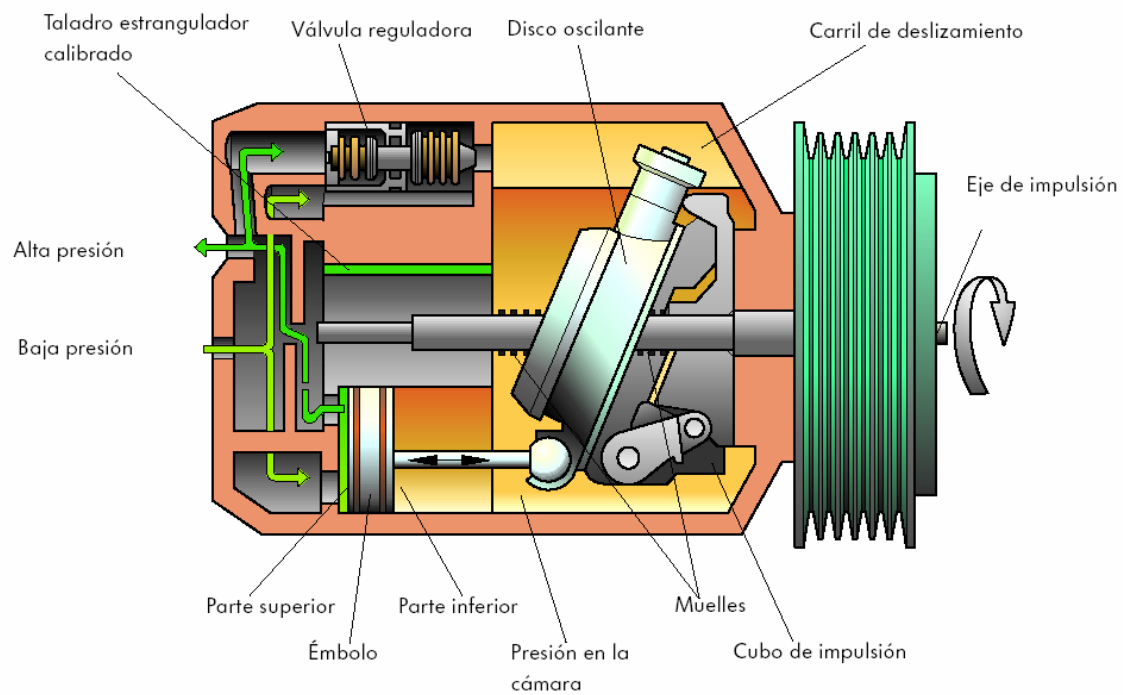
Compresor de cilindrada variable: tienen en su interior un cigüeñal en forma de plato pero que puede variar el ángulo que forma respecto al árbol del compresor, girando alrededor de un punto. Cuanto mayor sea el ángulo, mayor será el desplazamiento de los pistones y por lo tanto mayor será la cilindrada del compresor.

Estos compresores, que aparecieron en el año 1987 no necesitan el empleo de un sensor de temperatura a la salida del aire del evaporador, ya que se regulan por sí mismos.

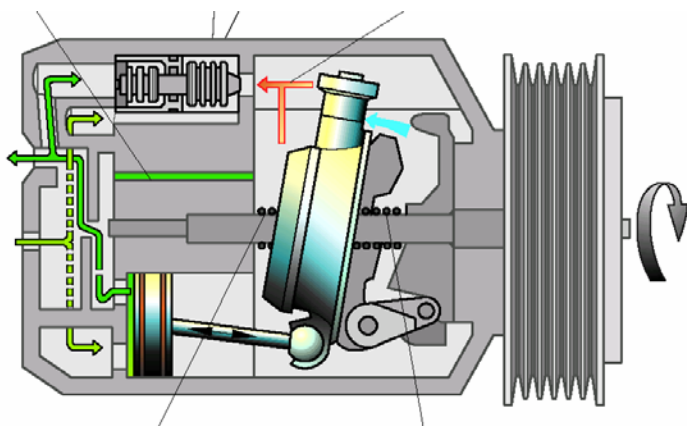
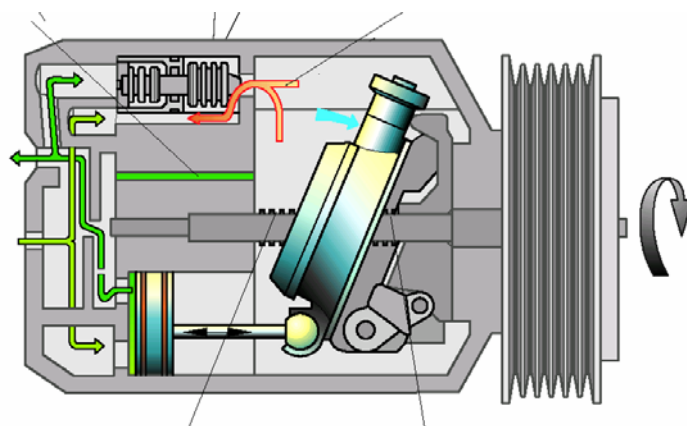
Así pues el ángulo de inclinación depende de la presión en el cárter. Por medio de un orificio calibrado existe constantemente una inyección de parte del gas comprimido hacia el cárter. Además, una válvula de control pone en equilibrio las presiones de aspiración, de salida y del cárter, permitiendo la reinyección hacia la aspiración de la cantidad sobrante de fluido refrigerante en el cárter, de manera que el caudal coincida con las necesidades de refrigeración.

La variación de la cilindrada se lleva a cabo mediante la válvula de control. Al aumentar la carga térmica en el evaporador (aumenta la temperatura del habitáculo), la presión de evaporación aumenta ya que aumenta la temperatura. Esta presión aumenta por encima del punto de regulación de la válvula (2 bar efectivos). En esta situación se produce un paso de gas entre la cámara de aspiración y el cuerpo del compresor, no hay presión diferencial entre estas cámaras y los pistones tienen una carrera máxima.

Al aumentar la cilindrada, el flujo de refrigerante en circulación aumenta, con lo que el frío generado es mayor, la temperatura en el evaporador bajará junto con la del habitáculo y la presión de succión disminuye hasta estar por debajo del valor de regulación de la válvula. Esta válvula abre un paso entre la cámara de descarga y el cuerpo del compresor, por lo que se eleva la presión en el cuerpo. Simultáneamente, la válvula de control reduce el paso entre la cámara de aspiración y el cuerpo del compresor. La regulación del diferencial de presión produce una fuerza que actúa sobre cada una de las bases de los pistones. Como resultado se obtiene un par de giro que por medio del plato oscilante hace variar el ángulo de la leva giratoria. El plato del cigüeñal por lo tanto se desplazará hacia el otro lado, disminuyendo la cilindrada. En la práctica, el plato se sitúa en una posición intermedia que varía muy despacio, permitiendo cumplir en todo momento las necesidades térmicas del sistema.



En la siguiente imagen se puede apreciar la variación de la cilindrada interior del compresor.



**Las ventajas de los compresores de cilindrada variable son:**

- Reducción del consumo de combustible del vehículo, ya que el compresor solo consume la potencia estrictamente necesaria.
- Evolución lineal de la temperatura del habitáculo.
- Eliminación de los golpes bruscos de puesta en marcha del compresor.
- Mejor deshumidificación del aire.
- Temperatura del aire de los difusores constante.
- Mayor confort de marcha.
- Compresor con una duración de vida superior.
- Supresión de la sonda de temperatura del evaporador.
- Mayor duración del resto de los accesorios del compresor, como embrague electromagnético, de la correa y de los rodamientos.

En la actualidad también se han creado los compresores sin embrague electromagnético, es decir, que siempre están acoplados de forma que no se produzca tirones por el acoplamiento.

## **Despedida**

La intención de este proyecto era poder plasmar las innovaciones existentes en la climatización y poder dejar claro con ello la importancia que la climatización tiene hoy en día en el mundo de la automoción.

Para ello hemos hablado brevemente sobre el funcionamiento de la climatización, así como también hemos explicado sus componentes más importantes. Aparte de los ya expuestos anteriormente, la climatización hoy en día es una materia bastante compleja y que cada día avanza a pasos agigantados.

En la actualidad la climatización se compone de mucha ayuda electrónica por lo que se hace necesario, como ya comentamos anteriormente, personal especializado capaz de realizar el trabajo correctamente.

La parte más importante del trabajo está compuesta por los elementos de innovación, ya que son elementos muy complejos.

Debido a la brevedad posible del proyecto no hemos podido profundizar más sobre el tema, ya que se podría hablar tanto de todos sus sensores como del funcionamiento electrónico de estos dentro del sistema, comandados por la unidad de climatización.

Atentamente un saludo desde los ciclos formativos de grado medio del colegio Salesianos de la Santísima Trinidad de Sevilla.