



INSTITUTO TECNICO HISPANO

**Técnicas de Instalación,
Mantenimiento y Reparación
de Aire Acondicionado y
Sistemas de Refrigeración**

Sección 1: Introducción

Índice de contenidos

Tabla de contenido

Introducción.....	1
1.- Terminología empleada en sistemas de Aire Acondicionado.....	2
2.- Estados de la materia.....	5
2.1 Evaporación	5
2.2 Condensación	7
3.- Circuito frigorífico real	10
3.1 Compresor.....	11
3.1.1 Clasificación	11
3.1.1. A.- Compresores de tipo abierto	12
3.1.1. B.- Moto-compresores semiherméticos.....	13
3.1.1. C.- Moto-compresor hermético	13
3.1.1. C.1.- Velocidad del compresor	14
3.1.1. C.2.- Funcionamiento Básico.....	14
3.1.1. C.3.- Válvulas en el compresor.....	15
3.1.1. C.4.- Desplazamiento del compresor.....	15
3.1.1. C.5.- Volumen de espacio libre	16
3.1.1. C.6.-Lubricación	17
3.1.1. C.7.- Carga de aire seco	17
3.1.1. C.8.- Enfriamiento del compresor.....	17
3.1.1. C.9.- Capacidad del compresor	18
3.1.1. C.10.- Compresores de dos etapas	18
3.1.1. D.- Alternativos	18
3.1.1. E.- Rotativos.....	19
3.1.1. F.- Centrífugos	21
3.1.1. G.- Scroll o espiral.....	22
3.1.1. E.- De tornillo.....	27
3.2 Evaporador	30
3.2.1 Clasificación	31
3.3 Condensador.....	33
3.3.1 Clasificación	34
3.3.2 Zonas definidas del Condensador	35
3.4 Tubo Capilar.....	35
3.5 Filtro.....	36
3.6 Válvula de retención	37

3.7 Depósito acumulador 38

3.8 Válvula de 4 vías 39



Introducción

Las diferentes propiedades físicas que caracterizan una atmósfera o un ambiente, desde el punto de vista de sus efectos sobre los seres vivos, las materias o los productos, hacen insuficientes los conceptos tales como calefacción, ventilación, humidificación, etc., para designar por si solos el conjunto de las operaciones que conducen a modificar estas diversas propiedades, con arreglo a unas condiciones dadas. En general, intervienen los intercambios por irradiación entre las paredes o muros, y es precisamente el ambiente, o sea el conjunto del medio aéreo y de su recinto, el que ha de ser acondicionado.

En los medios profesionales, se considera necesario, para que exista acondicionamiento, actuar por lo menos sobre tres propiedades del aire (generalmente temperatura, humedad relativa, velocidad o pureza), y regular el valor o límites.

Aire acondicionado es aquél que ha sido acondicionado para proporcionar confort ambiental. Actualmente es posible disponer del necesario confort durante todo el año gracias a los diversos equipos de acondicionamiento de aire. Los aparatos tipo split mural fijos son los equipos estrella para climatizar la casa. Reúnen una fácil y rápida instalación, una estética cada vez más estudiada y unas altas prestaciones. Entre los aspectos a valorar al elegir un aparato están: la relación entre el consumo de electricidad y la capacidad de la unidad en W que puede representar importantes ahorros en el coste energético; el ruido, la reducción de los niveles sonoros incrementa el confort ambiental; la comodidad y las prestaciones, la facilidad en el manejo de la unidad mediante el mando a distancia y las funciones que incorpore la unidad como son la programación horaria, la función de parada nocturna que optimiza el bienestar de acuerdo con las variaciones del metabolismo humano, la selección de la dirección de la persiana de aire para optimizar la distribución del aire en la habitación, y también la regulación de la temperatura deseada.

1.- Terminología empleada en sistemas de Aire Acondicionado

- **Temperatura:** Magnitud física que mide el estado de agitación o nivel térmico de las moléculas de un cuerpo. Determina el sentido en que tiene lugar los intercambios de energía calorífica entre los cuerpos. La energía calorífica pasará del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.
- **Frío:** El frío, por definición, no existe. Es simplemente la ausencia o falta de calor.
- **Caloría:** Una caloría es la cantidad de calor que tenemos que añadir a 1 Kg de agua a 15°C de temperatura para aumentar esta temperatura en 1°C. Es equivalente a 4 BTU.
- **Frigoría:** Una frigoría es la cantidad de calor que tenemos que sustraer a 1 Kg. de agua a 15°C de temperatura para disminuir esta temperatura en 1°C. Es equivalente a 4 BTU.
- **Conversión de w a frigorías:** Multiplicar los vatios de potencia del equipo por 0,86. (Ejemplo 1.000 vatios/hora = 860 frig. /hora).
- **BTU:** British Thermal Unit. Unidad térmica inglesa. Es la cantidad de calor necesario que hay que sustraer a 1 libra de agua para disminuir su temperatura 1°F. Una BTU equivale a 0,252 Kcal.
- **Tonelada de refrigeración (ton):** Es equivalente a 3.000 frig/h., y por lo tanto, a 12.000 BTU/h.
- **Salto térmico:** Es toda diferencia de temperaturas. Se suele emplear para definir la diferencia entre la temperatura del aire de entrada a un

acondicionador y la de salida del mismo, y también para definir la diferencia entre la temperatura del aire en el exterior y la del interior.

- **Zona de confort:** Son unas condiciones dadas de temperatura y humedad relativa bajo las que se encuentran confortables la mayor parte de los seres humanos. Estas condiciones oscilan entre los 22° y los 27°C. (71-80°F) de temperatura y el 40 al 60 por 100 de humedad relativa.
- **Temperatura de bulbo húmedo (termómetro húmedo):** Es la temperatura indicada por un termómetro, cuyo depósito está envuelto con una gasa o algodón empapados en agua, expuesto a los efectos de una corriente de aire intensa.
- **Temperatura de bulbo seco (termómetro seco):** Es la temperatura del aire, indicada por un termómetro ordinario.
- **Temperatura de punto de rocío:** Es la temperatura a que debe descender el aire para que se produzca la condensación de la humedad contenida en el mismo.
- **Depresión termómetro húmedo (diferencia psicométrica):** Es la diferencia de temperatura entre el termómetro seco y el termómetro húmedo.
- **Humedad:** Es la condición del aire con respecto a la cantidad de vapor de agua que contiene.
- **Humedad absoluta (densidad del vapor):** Es el peso del vapor de agua por unidad de volumen de aire, expresada en gramos por metro cúbico de aire.
- **Humedad específica:** Es el peso del vapor de agua por unidad de peso de aire seco, expresada en gramos por kilogramo de aire seco.
- **Humedad relativa:** Es la relación entre la presión real del vapor de agua contenida en el aire húmedo y la presión del vapor saturado a la misma temperatura. Se mide en tanto por ciento.

- **Calor sensible:** Es el calor empleado en la variación de temperatura, de una sustancia cuando se le comunica o sustrae calor.
- **Calor latente:** Es el calor que, sin afectar a la temperatura, es necesario adicionar o sustraer a una sustancia para el cambio de su estado físico. Específicamente en psicometría, el calor latente de fusión del hielo es $h_f = 79,92 \text{ Kcal/kg}$.
- **Calor total (entalpía):** Es la suma del calor sensible y el latente en kilocalorías, por kilogramo de una sustancia, entre un punto arbitrario de referencia y la temperatura y estado considerado.
- **Normas une, ari y ashrae (capacidad):** Son las frigorías hora producidas por un acondicionador a 35°C (95°F) de temperatura seca exterior y $23,8^\circ\text{C}$ (75°F) de temperatura húmeda exterior, con el aire de la habitación, retornando al acondicionador a $26,6^\circ\text{C}$ (80°F) de temperatura seca y $19,4^\circ\text{C}$ (67°F) de temperatura húmeda.
- **COP (Coefficient of Performance):** Coeficiente de prestación. Es el coeficiente entre la potencia calorífica total disipada en vatios y la potencia eléctrica total consumida, durante un periodo típico de utilización.

TABLA DE CONVERSIONES

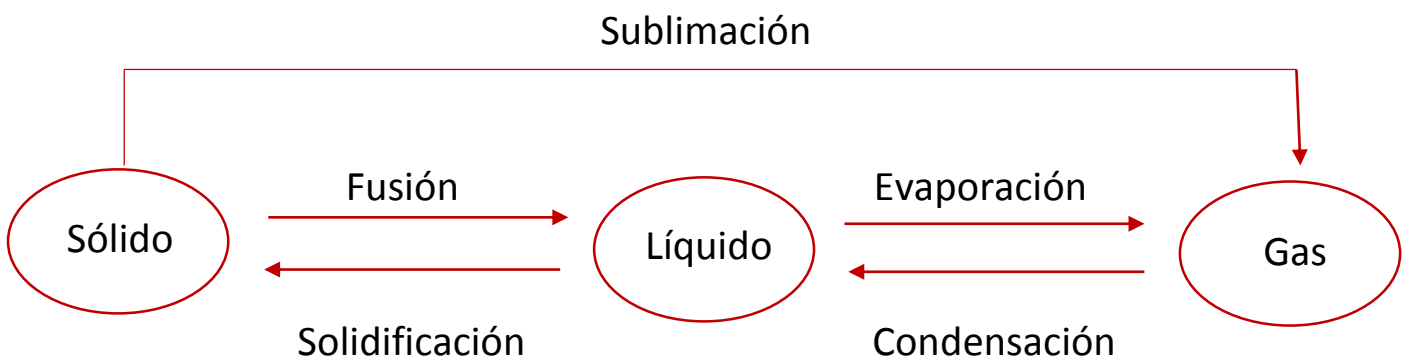
$$\Omega 1 \text{ Kcal/h} = 3,97 \text{ BTU/h} = 1,16 \text{ W}$$

$$\Omega 1 \text{ BTU/h} = 0,252 \text{ Kcal/h} = 0,293 \text{ W}$$

$$\Omega 1 \text{ W} = 0,86 \text{ Kcal/h} = 3,41 \text{ BTU/h}$$

2.- Estados de la materia

La materia puede encontrarse en tres estados diferentes que son sólido, líquido y gas. El estado que la materia pueda tomar está determinado por la energía de las moléculas (temperatura), es decir, la variación de calor puede conducir a un cambio de estado físico de la materia.



Desde el punto de vista de los estados existentes en los circuitos de aire acondicionado, solo estudiaremos la evaporación y condensación.

2.1 Evaporación

Este proceso también se conoce con el nombre de ebullición. La principal diferencia entre el estado líquido y el estado gaseoso, estriba en que en estado gaseoso las moléculas de la sustancia están más separadas que en estado líquido. Esta separación se debe al vencimiento de los enlaces que mantenía unidas las moléculas, causado por un recibimiento de energía. Es decir, en estado gaseoso las moléculas tienen más energía que en estado líquido, y si estas moléculas pierden calor pueden volver de nuevo al estado líquido.

Resumiendo podemos afirmar que para producir la evaporación de un líquido hay que suministrarle calor, mientras que para condensar (licuar) un vapor hay que quitarle calor.

Cuando hierve un fluido, lo hace siempre a temperatura constante. Por ejemplo, todos sabemos que el agua (a nivel del mar) hierve a los 100°C.

Esta temperatura de ebullición se mantiene constante independiente del calor que le apliquemos. El calor aplicado variará la velocidad de ebullición.

La única manera de variar la temperatura de ebullición de un líquido es variando la presión a la que está sometido.

Este efecto es el que se utilizará para extraer calor de un recinto con un equipo de aire acondicionado, a diferencia que en lugar de agua se utilizará un fluido que hierve a una temperatura mucho más baja que la del agua (el R22 hierve a -40°C) y en consecuencia podrá absorber calor de materia a una temperatura muy inferior para poder evaporarse. Utilizaremos este fluido para enfriar el aire del recinto a climatizar, obligándolo a evaporarse mediante la absorción de calor del mismo aire.

En el evaporador de un equipo de aire acondicionado es donde se sustrae el calor (generación de frío), por lo tanto el refrigerante, a su paso por el evaporador, ha de ser capaz de sustraer del entorno todo el calor posible y la mejor forma de hacerlo, es cambiar de estado. El cambio de estado más favorable es el proceso de evaporación.

Si disponemos un fluido en estado líquido (Refrigerante), es posible hacerlo evaporar mediante el aporte de calor; pero, dependiendo de la presión a la que está sometido, éste lo hará a una temperatura u otra.

Hay muchos factores influyentes en la temperatura del evaporador, es decir a que temperatura deberá evaporar el refrigerante. Obviamente, cuanto menos temperatura tenga el intercambiador; más rápidamente será enfriado el aire que pase a su alrededor, en contrapartida, si la temperatura es inferior a 0°C el agua que condensará el aire del recinto al ser enfriado a su paso por el evaporador, se congelará y provocará un bloqueo en el intercambiador lo cual podría provocar una posterior avería del equipo.

Otro factor a tener en cuenta es la salud del usuario, por ejemplo, no es saludable una impulsión de aire de -15°C . Teniendo en cuenta estos factores es fácil comprender porque la temperatura de evaporación para la mayoría de los fabricantes sea de 0° a 6°C que equivaldría en R22 a una presión de 4 a 5 kg/cm^2 , en R407C a una presión de 5 a 6 kg/cm^2 . Visto esto podemos observar como la diferencia básica entre la evaporación del agua y la evaporación de los gases refrigerantes, es que el agua se evapora a una temperatura superior a la del cuerpo humano y por eso obtenemos la sensación de calor, mientras que los refrigerantes lo hacen a una temperatura inferior y por ese motivo obtenemos la sensación de frío.

2.2 Condensación

El proceso de condensación o licuación, es el encargado de la reutilización del refrigerante que ha sido ya evaporado. Este deberá volver a transformarlo al estado líquido para poder volver a evaporarlo de nuevo y reiniciar el ciclo sucesivamente.

Si tenemos un fluido en estado gaseoso, lo podemos condensar mediante la sustracción de calor (la inversa a la evaporación). Pero en una vivienda no disponemos de ningún fluido a la temperatura adecuada para sustraer calor a un gas que está a una temperatura cercana a 6°C . El único fluido del cual se dispone en una vivienda sin que represente ningún coste económico es el aire exterior, pero este estará en verano a una temperatura demasiado elevada.

Pero al igual que en la evaporación, podemos variar la temperatura de condensación, variando la presión a la que el gas está sometido. Por lo tanto la función de la unidad condensadora, es elevar la presión del gas para conseguir aumentar la temperatura de condensación de tal forma que ésta sea superior a la temperatura del aire exterior (hay que tener en cuenta que en verano la temperatura exterior probablemente exceda los 35°C).

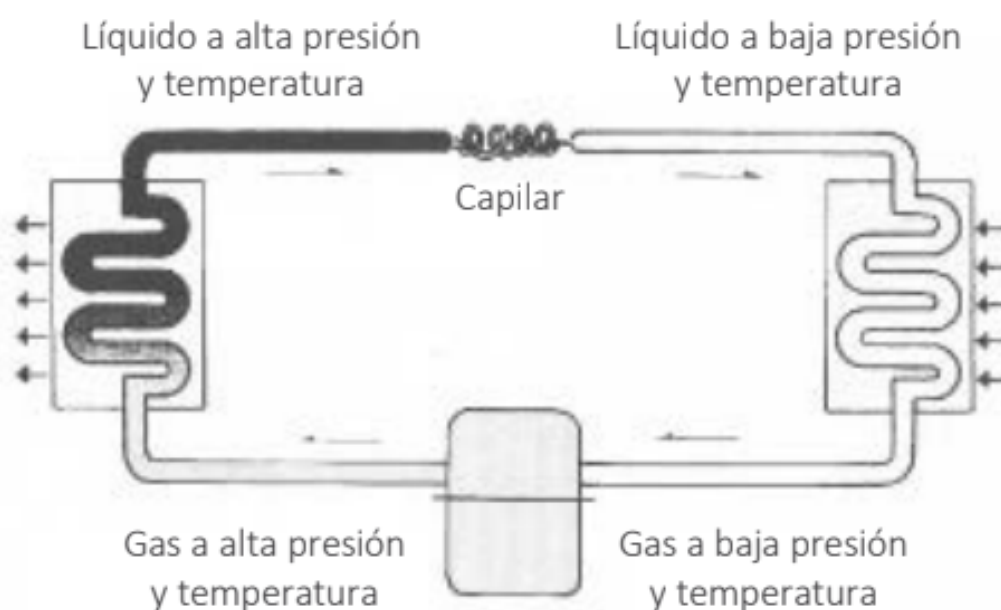
La temperatura de condensación que el equipo buscará será de unos 50°C que equivale a una presión de condensación de unos 18,5 kg/cm^2 , con lo que el aire

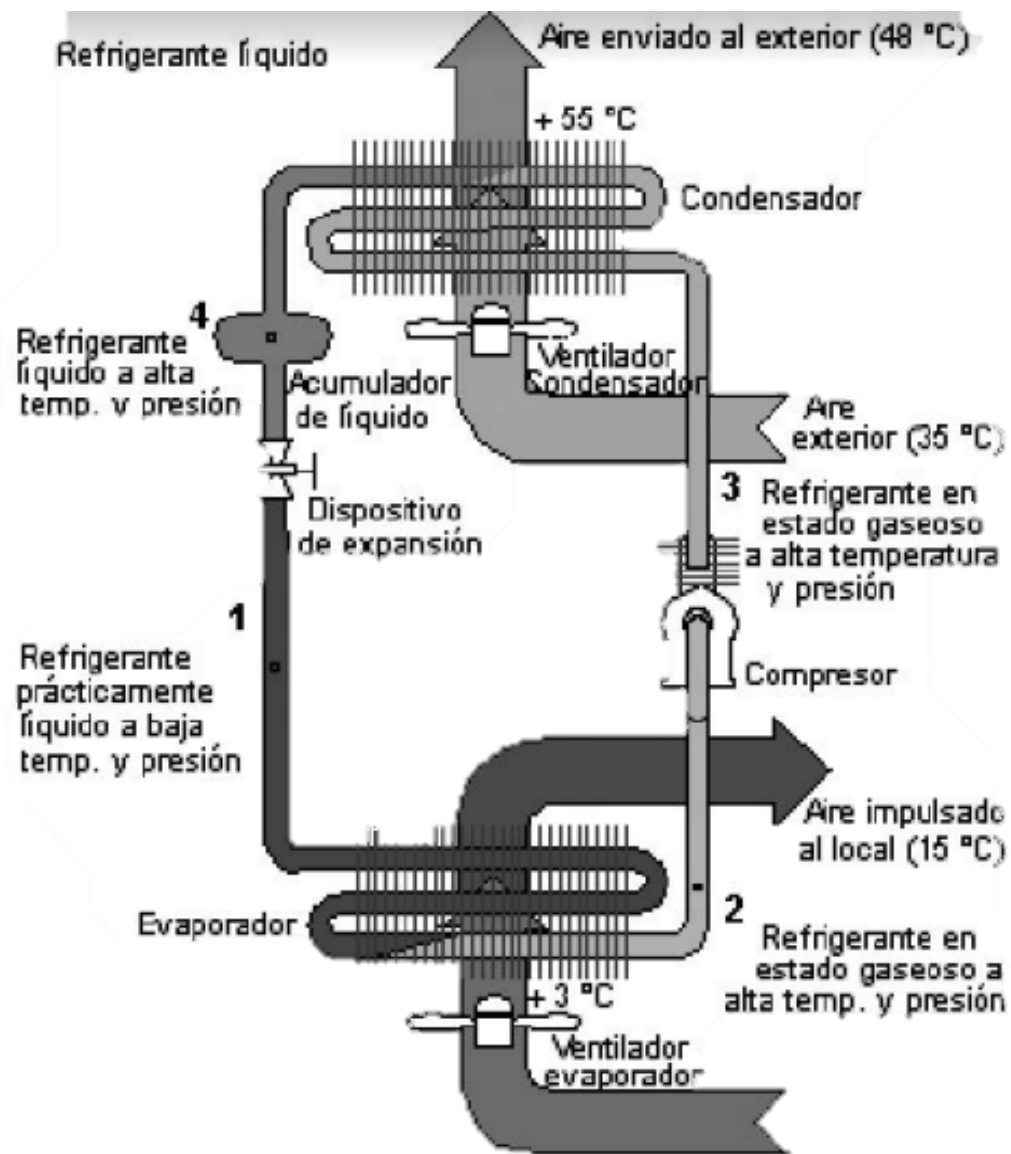
exterior a 35°C estará lo suficientemente frío para poder sustraer el calor al gas a través del intercambiador de calor exterior y condensarlo.

La presión de condensación variará dependiendo de la temperatura del aire exterior. Para poder aumentar la presión del refrigerante en estado gaseoso el equipo utiliza un compresor eléctrico.

Si aspiramos el gas procedente de la evaporación y lo comprimimos mediante un compresor, conseguiremos reducir el espacio que hay entre sus moléculas, pero estas conservarán aún una gran cantidad de energía interna (calor absorbido durante la evaporación + energía aportada por el trabajo de compresión) que no permitirá que acaben de enlazarse, y a consecuencia no permitirá que se convierta en líquido. Por este motivo es necesario extraer el calor de este gas a alta presión. La compresión del gas se realiza mediante el compresor, y la extracción de calor mediante el intercambiador térmico del exterior a través del condensador.

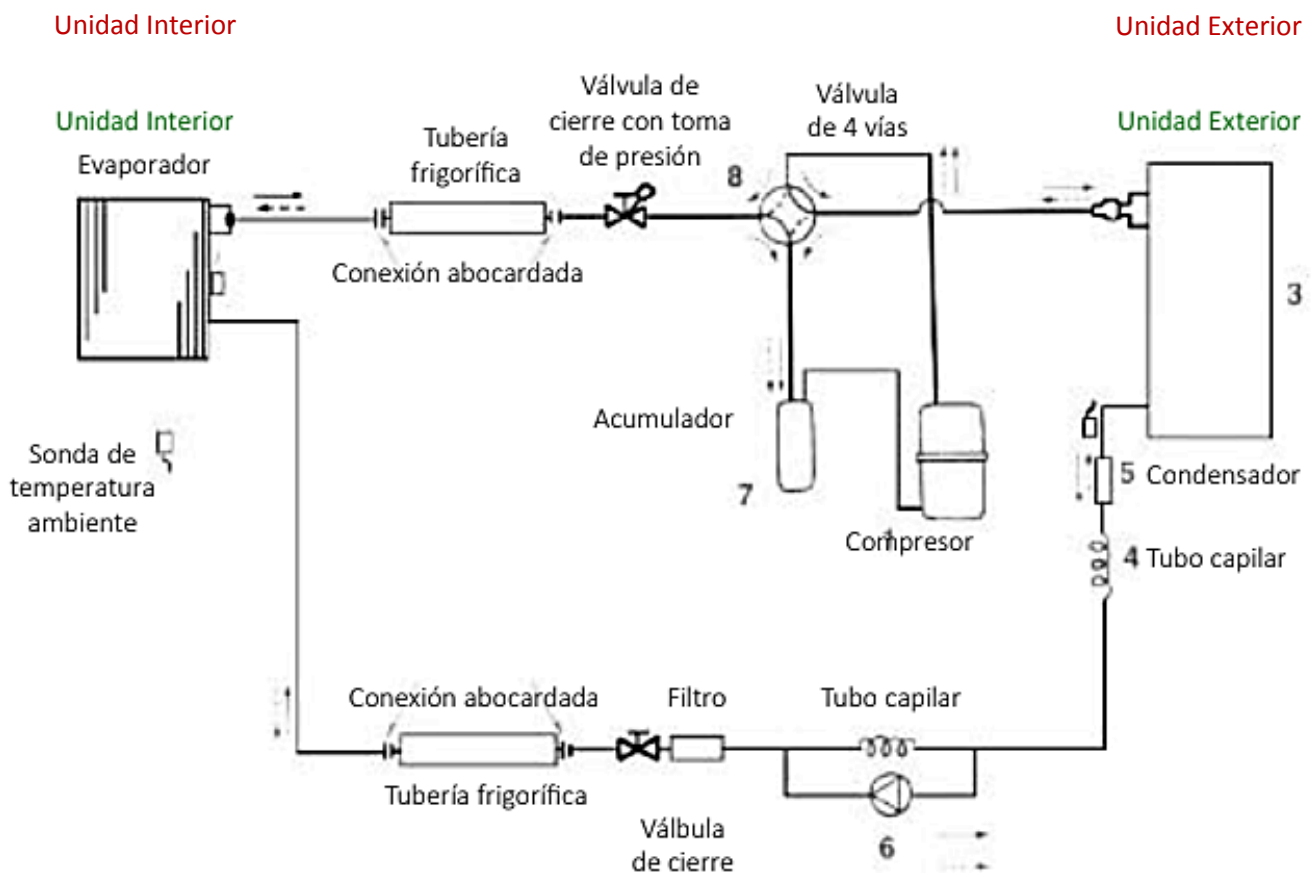
Una vez tenemos el refrigerante de nuevo en estado líquido, hemos de volver a reducir la presión, para poder volver a introducirlo en el evaporador (intercambiador interior). La reducción de presión se consigue mediante el tubo capilar, que es un tubo muy fino y largo que solo permite el paso de una cantidad muy pequeña de refrigerante.





3.- Circuito frigorífico real

Hasta ahora hemos visto un circuito frigorífico básico, a continuación se detallarán las partes fundamentales de un circuito frigorífico real.



LEYENDA

- | | |
|------------------|--------------------------|
| 1.- Compresor | 5.- Filtro secador |
| 2.- Evaporador | 6.- Válvula de retención |
| 3.- Condensador | 7.- Depósito acumulador |
| 4.- Tubo capilar | 8.- Válvula de 4 vías |

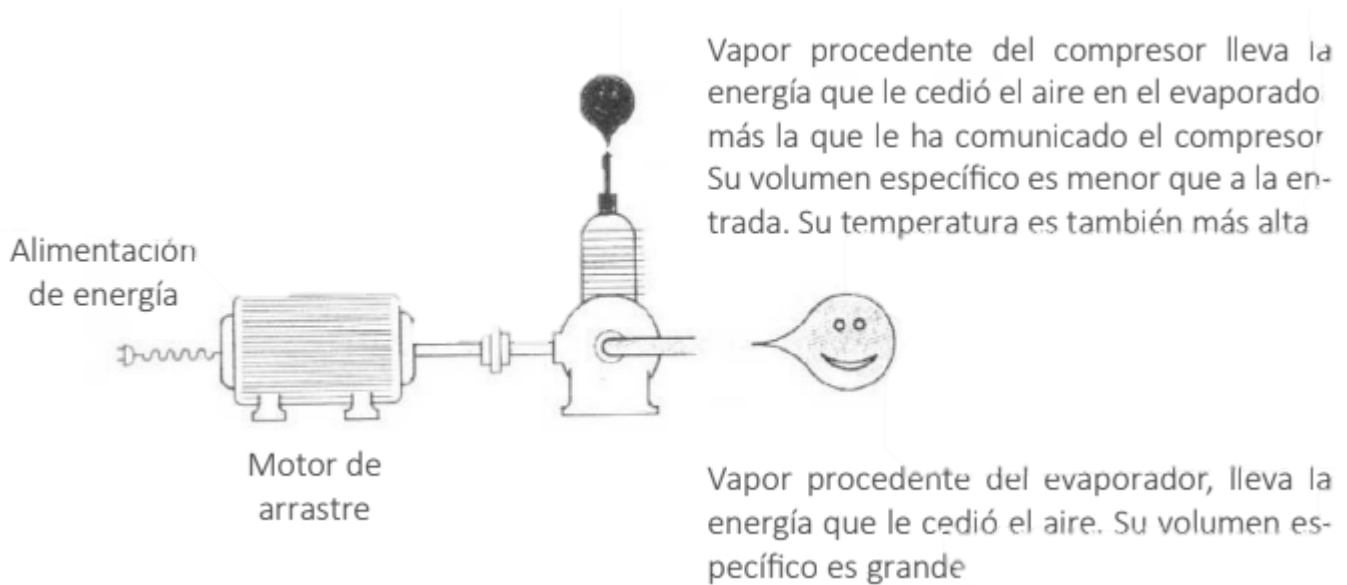
3.1 Compresor

Su funcionamiento es parecido al de una bomba de circulación; por un lado aspira el gas refrigerante y por el otro lo impulsa, aumentando su presión y temperatura. A su vez, claro está, posibilita la circulación del fluido a lo largo del circuito, venciendo las diferentes pérdidas de carga de la instalación.

La energía que absorbe el compresor de la red eléctrica se la cede al gas, impulsándolo, comprimiéndolo y aumentando su temperatura.

Su trabajo principal consiste en:

1. Aspirar los vapores de Refrigerante producidos en el Evaporador.
2. Comprimir estos vapores para ayudar a su condensación.



3.1.1 Clasificación

Ω Según su Hermeticidad:

- Herméticos
- Semi-herméticos
- Abiertos

Ω Según su principio de funcionamiento:

- Alternativos
- Rotativos

- Centrífugos
- Scroll o espiral
- De tornillo

Al compresor solamente puede llegarle gas, por ello a su entrada dispone de un depósito separador de partículas que retiene los restos de refrigerante líquido, dejando pasar al compresor únicamente gas. Este depósito realiza también el almacenaje de la carga extra de gas que lleva el equipo.

Si el compresor aspira vapor más rápidamente que el que pueda producirse en el evaporador, si la presión tiende a descender, y con esto la temperatura del evaporador.

Si por el contrario, el compresor aspira menos refrigerante que el que introducimos en el evaporador, la presión dentro de este, tenderá a subir.

El refrigerante sale del evaporador ligeramente recalentado, y entra en el compresor donde es comprimido. A causa de esta compresión elevamos el refrigerante de presión y de temperatura.

El refrigerante a la salida del compresor se encuentra con el calor latente de vaporización robado en el evaporador más el calor de compresión.

3.1.1. A.- Compresores de tipo abierto

Los primeros modelos de compresores de refrigeración fueron de este tipo.

Con los pistones y cilindros sellados en el interior de un cárter y un cigüeñal extendiéndose a través del cuerpo hacia afuera para ser accionado por alguna fuerza externa. Tiene un sello en torno del cigüeñal que evita la pérdida de refrigerante y aceite del compresor.

Desventajas:

- Mayor peso
- Costo superior
- Mayor tamaño
- Vulnerabilidad a fallas de los sellos
- Difícil alineación del cigüeñal

- Ruido excesivo
- Corta vida de las bandas o componentes de acción directa

Este compresor ha sido reemplazado por el moto-compresor de tipo semihermético y hermético, y su uso continúa disminuyendo a excepción de aplicaciones especializadas como es el acondicionamiento de aire para automóviles.

3.1.1. B.- Moto-compresores semiherméticos

Este tipo de compresores fue iniciado por Copeland y es utilizado ampliamente en los populares modelos Copelametic. El compresor es accionado por un motor eléctrico montado directamente en el cigüeñal del compresor, con todas sus partes, tanto del motor como del compresor, herméticamente selladas en el interior de una cubierta común.

Se eliminan los trastornos del sello, los motores pueden calcularse específicamente para la carga que han de accionar y el diseño resultante es compacto, económico, eficiente y básicamente no requiere mantenimiento. Las cabezas cubiertas del estator, placas del fondo y cubiertas de Carter son desmontables permitiendo el acceso para sencillas reparaciones en el caso de que se deteriore el compresor.

3.1.1. C.- Moto-compresor hermético

Este fue desarrollado en un esfuerzo para lograr una disminución de tamaño y costo y es ampliamente utilizado en equipo unitario de escasa potencia.

Como en el caso del moto-compresor semihermético, el motor eléctrico se encuentra montado directamente en el cigüeñal del compresor, pero el cuerpo es una carcasa metálica sellada con soldadura. En este tipo de compresores no pueden llevarse a cabo reparaciones interiores puesto que la única manera de abrirlos es cortar la carcasa del compresor.

3.1.1. C.1.- Velocidad del compresor

Los primeros modelos de compresores se diseñaron para funcionar a una velocidad relativamente reducida, bastante inferiores a 1000 rpm. Para utilizar los motores eléctricos estándar de cuatro polos se introdujo el funcionamiento de los moto-compresores herméticos y semiherméticos a 1750 rpm (1450 rpm en 50 ciclos).

La creciente demanda de equipo de acondicionamiento de aire más compacto y menor peso ha forzado el desarrollo de moto-compresores herméticos con motores de dos polos que funcionan a 3500 rpm (2900 rpm en 50 ciclos).

Las aplicaciones especializadas para acondicionamiento de aire en aviones, automóviles y equipo militar, utilizan compresores de mayor velocidad, aunque para la aplicación comercial normal y doméstica el suministro de energía eléctrica existente de 60 ciclos limita generalmente la velocidad de los compresores a la actualmente disponible de 1750 y 3500 rpm.

Las velocidades superiores producen problemas de lubricación y duración. Y estos factores, así como el costo, tamaño y peso deben ser considerados en el diseño y aplicación del compresor.

3.1.1. C.2.- Funcionamiento Básico

Cuando el pistón se mueve hacia abajo en la carrera de succión se reduce la presión en el cilindro. Y cuando la presión del cilindro es menor que el de la línea de succión del compresor la diferencia de presión motiva la apertura de las válvulas de succión y fuerza al vapor refrigerante a que fluya al interior del cilindro.

Cuando el pistón alcanza el fin de su carrera de succión e inicia la subida (carrera de compresión), se crea una presión en el cilindro forzando el cierre de la válvula de succión. La presión en el cilindro continua elevándose a medida que el cilindro se desplaza hacia arriba comprimiendo el vapor atrapado en el cilindro. Una vez que la presión en el cilindro es mayor a la presión existente en la línea de descarga

del compresor, las válvulas de descarga se abren y el gas comprimido fluye hacia la tubería de descarga y al condensador.

Cuando el pistón inicia su carrera hacia abajo la reducción de la presión permite que se cierren la válvula de descarga, dada la elevada presión del condensador y del conducto de descarga, y se repite el ciclo.

Durante cada revolución del cigüeñal se produce una carrera de succión y otra de compresión de cada pistón. De modo que en los motocompresores de 1750 rpm tienen lugar a 1750 ciclos completos de succión y compresión en cada cilindro durante cada minuto. En los compresores de 3500 rpm se tiene 3500 ciclos completos en cada minuto.

3.1.1. C.3.- Válvulas en el compresor

La mayoría de las válvulas del compresor recíprocante son del tipo de lengüeta y deben posicionarse adecuadamente para evitar fugas.

El más pequeño fragmento de materia extraña o corrosión bajo la válvula producirá fugas y deberá tenerse el máximo cuidado para proteger el compresor contra contaminación.

3.1.1. C.4.- Desplazamiento del compresor

El Desplazamiento de un compresor recíprocante es el volumen desplazado por los pistones. La medida de desplazamiento depende del fabricante, por ejemplo: Copeland lo publica en metros cúbicos por hora y pies cúbicos por hora pero algunos fabricantes lo publican en pulgadas cúbicas por revolución o en pies cúbicos por minuto.

El desplazamiento del compresor lo podemos calcular mediante las formulas siguientes:

$$\Omega \text{ MCM} = \frac{\pi \times D^2 \times L \times \text{RPM} \times N}{4 \times 1.000.000}$$

$$\Omega \text{ MCH} = \frac{\pi \times D^2 \times L \times \text{RPM} \times N \times 60}{4 \times 1.000.000}$$

$$\Omega \text{ Cm}^3/\text{Rev} = \frac{\pi \times D^2 \times L \times N}{4}$$

MHC: Metros cúbicos por hora

MCM: Metros cúbicos por minuto

Cm3/Rev: Centímetros cúbicos por revolución

D: Diámetro del cilindro (cm)

L: Largo carrera (cm)

N: Número de cilindros

RPM: Revoluciones por minuto

1000: Centímetros cúbicos por minuto



3.1.1. C.5.- Volumen de espacio libre

La eficiencia de un compresor depende de su diseño. Si las válvulas están bien posicionadas, el factor más importante es el volumen del espacio libre.

Una vez completada la carrera de compresión todavía que a cierto espacio libre el cual es esencial para que el pistón no golpee contra el plato de válvulas.

Existe además otro espacio en los orificios de la válvula de descarga puesto que estos se encuentran en la parte superior del plato.

Este espacio residual que no es desalojado por el pistón al fin de su carrera, se denomina volumen de espacio libre. Que permanece lleno con gas comprimido y caliente al final de la carrera de compresión. Cuando el pistón inicia el descenso en la carrera de succión, se expande el gas residual de elevada presión y se reduce su presión. En el cilindro no puede penetrar vapor de la línea de succión hasta que la presión en él se reduzca a su valor menor que el de la línea de succión. La primera parte de la carrera de succión se pierde bajo un punto de vista de

capacidad, ya que a medida que se aumenta la relación de compresión, un mayor porcentaje de la carrera de succión es ocupada por el gas residual.

3.1.1. C.6.-Lubricación

Siempre debe de mantenerse un adecuado suministro de aceite en el cárter, para asegurar una continua lubricación. En algunos compresores la lubricación se efectúa por medio de una bomba de aceite de desplazamiento positivo.

3.1.1. C.7.- Carga de aire seco

Algunos compresores se embarcan con una carga de aire seco. La presión interna de un compresor tratado en la fábrica garantiza que posee un cierre hermético y que el interior está totalmente seco. Al instalar el compresor debe de ser evacuado para eliminar esta carga de aire.

3.1.1. C.8.- Enfriamiento del compresor

Los compresores enfriados por aire requieren un flujo adecuado de aire sobre el cuerpo del compresor para evitar su recalentamiento. El flujo de aire procedente del ventilador debe de ser descargado directamente sobre el moto-compresor.

Los compresores enfriados por agua están equipados con una camisa por la que circula el agua o están envueltos con un serpentín de cobre. El agua debe de fluir a través del circuito de enfriamiento cuando el compresor está en operación.

Los moto-compresores enfriados por refrigerante se diseñan de modo que el gas de succión fluya en torno y a través del motor para su enfriamiento. A temperatura de evaporación por debajo de -18°C o 0°F es necesario un enfriamiento adicional mediante flujo de aire puesto que la densidad decreciente del gas refrigerante reduce su propiedad de enfriamiento.

3.1.1. C.9.- Capacidad del compresor

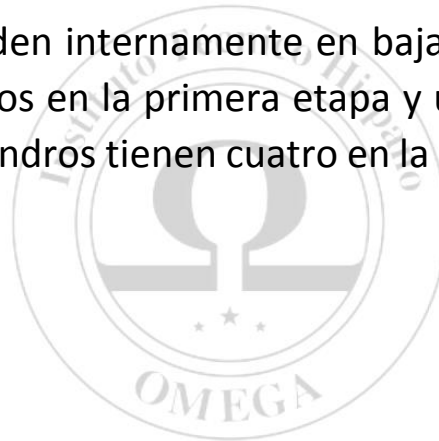
Los datos de capacidad los facilita el fabricante de cada modelo de compresor para los refrigerantes con los que puede ser utilizado. Estos datos pueden ofrecerse en forma de curvas o tablas, e indica la capacidad en Kcal/ hora, a diversas temperaturas de succión y de descarga.

3.1.1. C.10.- Compresores de dos etapas

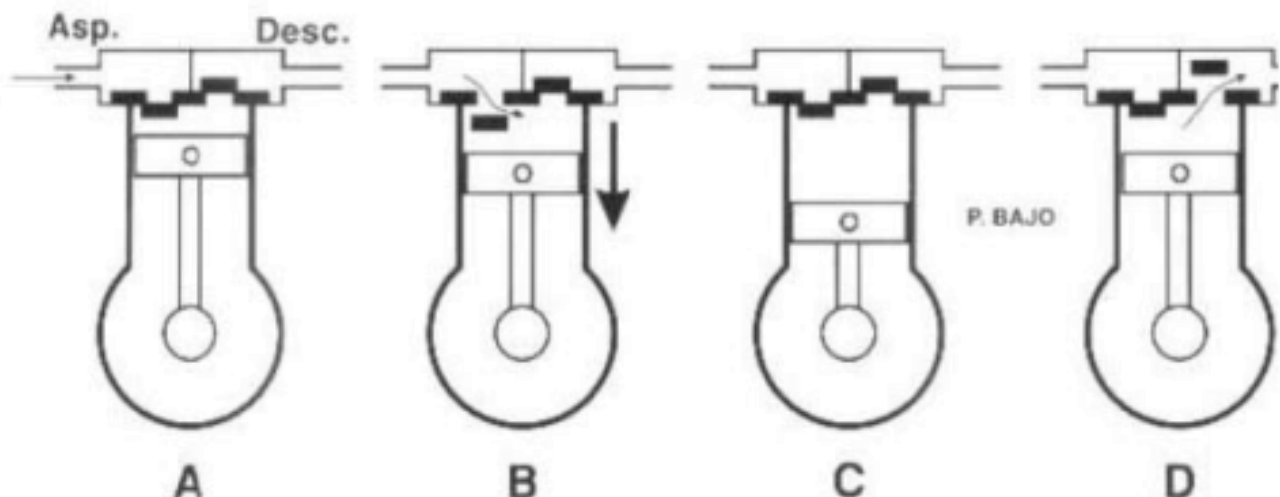
Se han desarrollado los compresores de dos etapas para aumentar la eficiencia cuando las temperaturas de evaporación se encuentran en la gama de -35°C a -62°C .

Estos compresores se dividen internamente en baja o alta. Los motores de tres cilindros tienen dos cilindros en la primera etapa y uno en la segunda, mientras que los modelos de seis cilindros tienen cuatro en la primera y dos en la segunda.

3.1.1. D.- Alternativos



Ω Fases de funcionamiento:

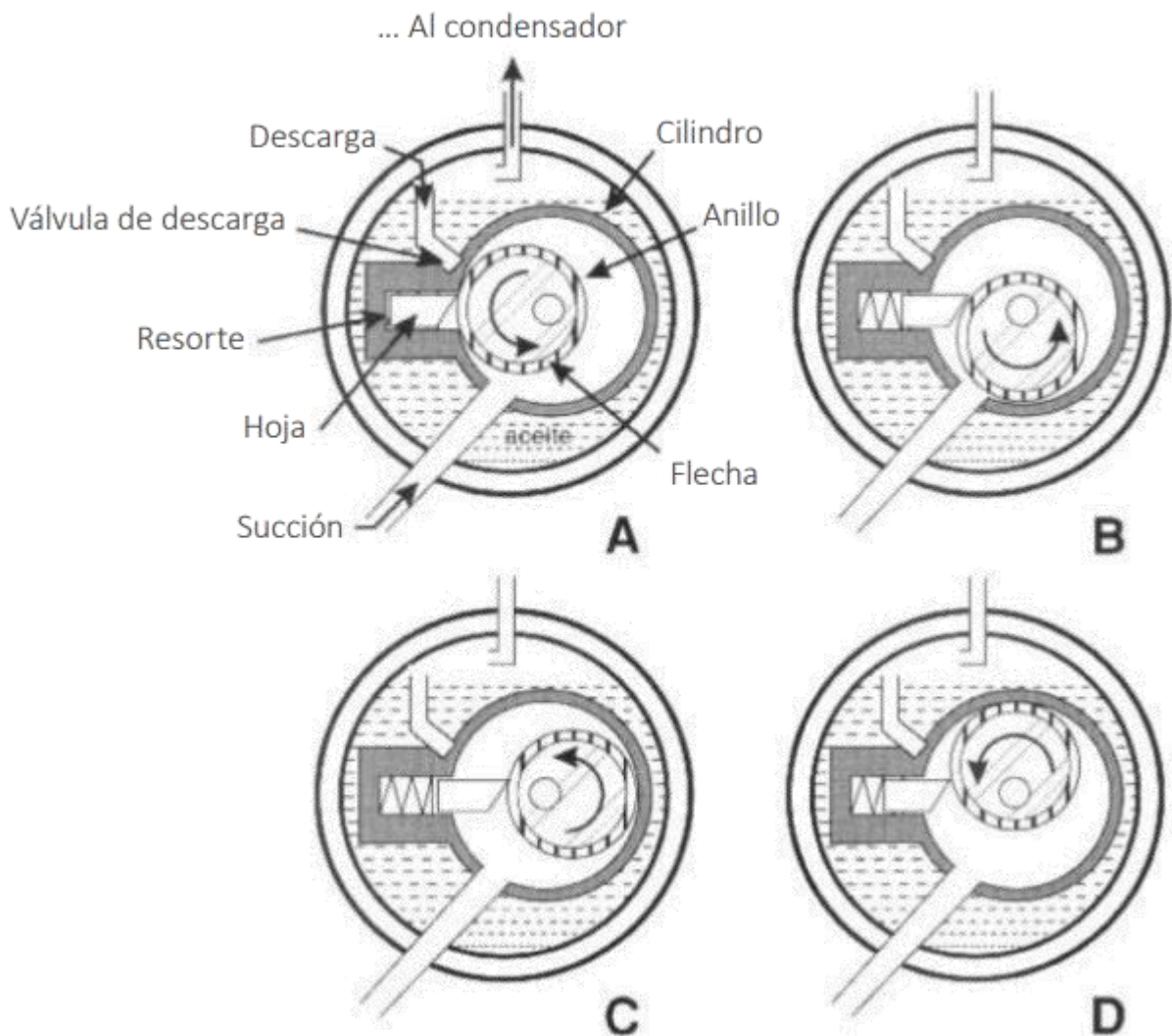


3.1.1. E.- Rotativos

Este tipo de compresores encuentra aplicación en el campo de los compresores pequeños.

Los compresores rotativos de uso común responden a dos diseños generales.

Uno de ellos emplea un rodillo cilíndrico de acero, que gira sobre una flecha excéntrica, montada concéntricamente en un rodillo.



Debido a la excentricidad de la flecha, el anillo cilíndrico es excéntrico con el cilindro y toca la pared de éste en el punto de claro mínimo. Al girar la flecha, el rodillo se desliza alrededor de la pared del cilindro, en contacto con la pared y en el mismo sentido de la rotación de la flecha. Una hoja empujada por un resorte, montada en una ranura de la pared del cilindro, hace contacto fuertemente con el rodillo en todo momento. La hoja se mueve hacia dentro y hacia fuera de la

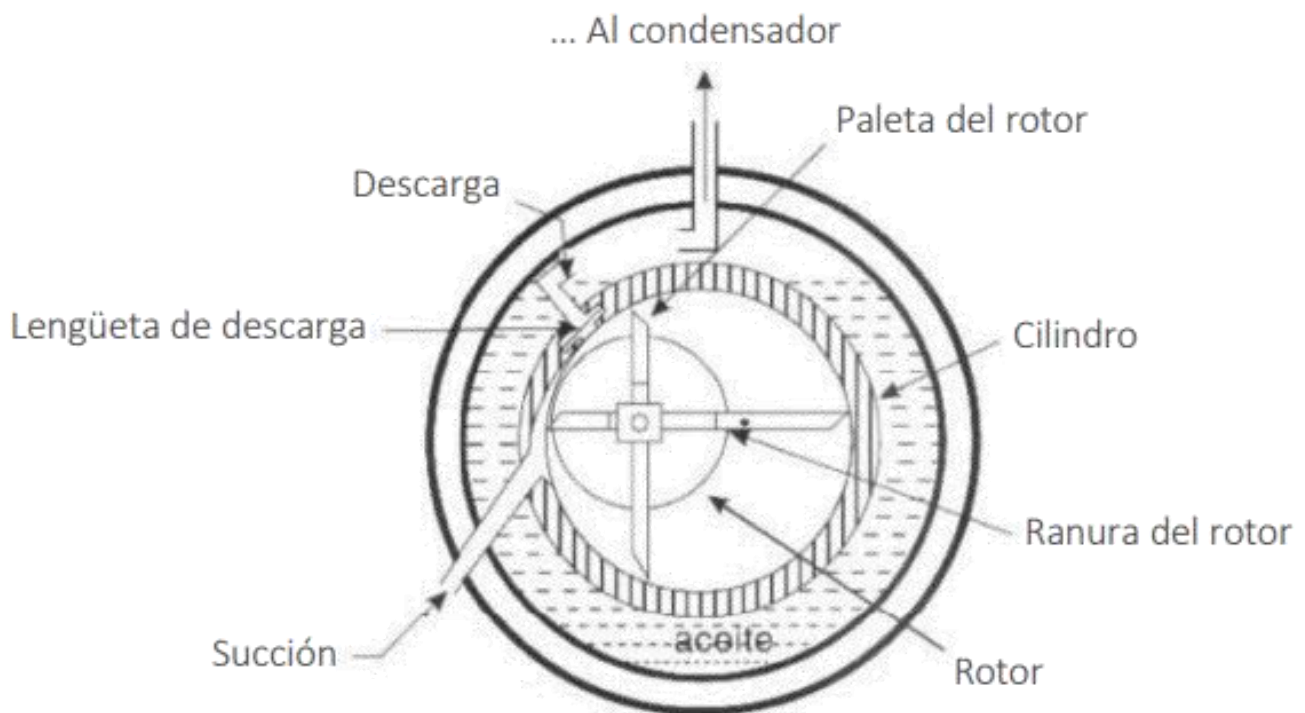
ranura del cilindro, siguiendo al rodillo, conforme gira éste alrededor de la pared del cilindro.

La forma de comprimir el vapor de refrigerante se ilustra en las figuras anteriores.

Otro diseño del compresor rotativo es el que utiliza una serie de paletas u hojas rotatorias que se instalan a distancias iguales alrededor de la periferia de un rotor ranurado.

La flecha del rotor está montada excéntricamente en un cilindro de acero, de manera que el rotor toca casi la pared del cilindro en un lado, estando separados ambos solamente por una película de aceite en este punto.

En el punto opuesto a éste, el claro entre el rotor y la pared del cilindro, es máximo. Las paletas se mueven hacia dentro y hacia fuera, en forma radial, en las ranuras del rotor, al seguir el contorno de la pared del cilindro por la acción de la fuerza centrífuga desarrollada por el rotor al girar. Pudiendo también utilizarse resortes para este efecto.



El vapor de succión arrastrado al cilindro a través de lumbreras de succión en la pared del mismo, queda atrapado entre dos paletas adyacentes. El vapor es comprimido al girar las paletas del punto de máximo claro del rotor al punto de mínimo claro, y una vez comprimido es descargado por las lumbreras correspondientes.

3.1.1. F.- Centrífugos

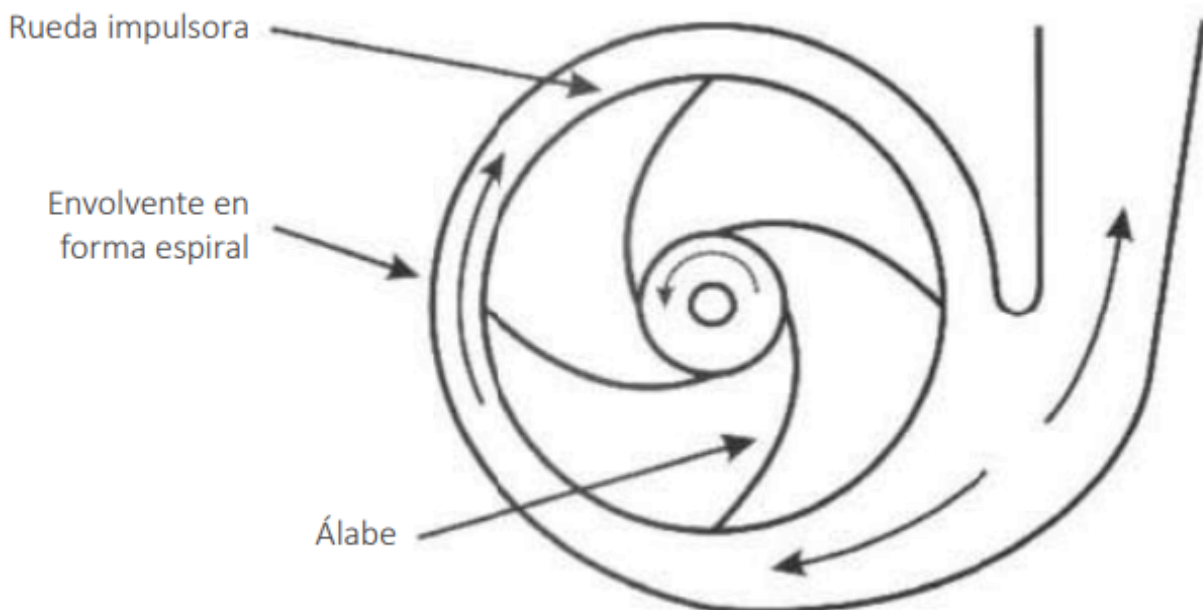
El compresor centrífugo consiste esencialmente, en una o varias ruedas impulsoras, montadas sobre una flecha (eje) de acero y encerradas en una cubierta de hierro fundido.

El número de impulsores (turbinas) empleados depende principalmente de la magnitud de la presión que queremos desarrollar durante el proceso de compresión. Los compresores de un sólo impulsor se llaman **“de una sola etapa”**, los de dos impulsores **“de dos etapas”**, etc.

Las ruedas impulsoras rotativas son esencialmente las únicas partes móviles del compresor centrífugo y por lo tanto son la fuente de toda la energía impartida al vapor durante el proceso de compresión.

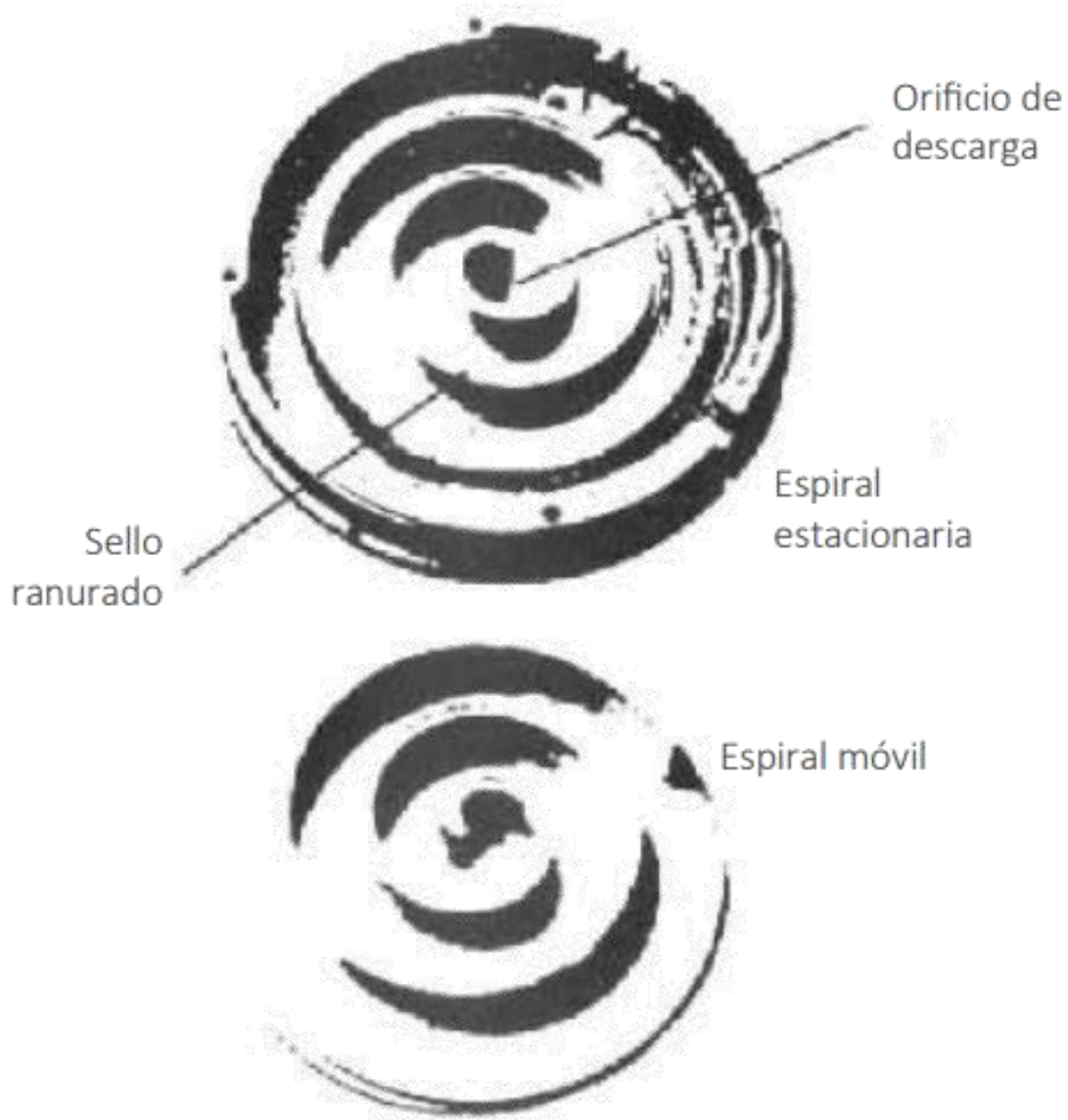
La acción del impulsor es tal, que tanto la columna estática como la velocidad del vapor, aumenta por la energía que se imparte el mismo. La fuerza centrífuga aplicada al vapor confinado entre los álabes del impulsor y que gira con los mismos, a causa la auto compresión del vapor en forma similar a la que se presenta con la fuerza de la gravedad que hace que las capas superiores de una columna de gas compriman a las inferiores.

Los compresores centrífugos por tanto son esencialmente máquinas de alta velocidad. Las velocidades rotatorias comunes varían entre 3.000 y 8.000 rpm usándose velocidades más altas en algunos casos.

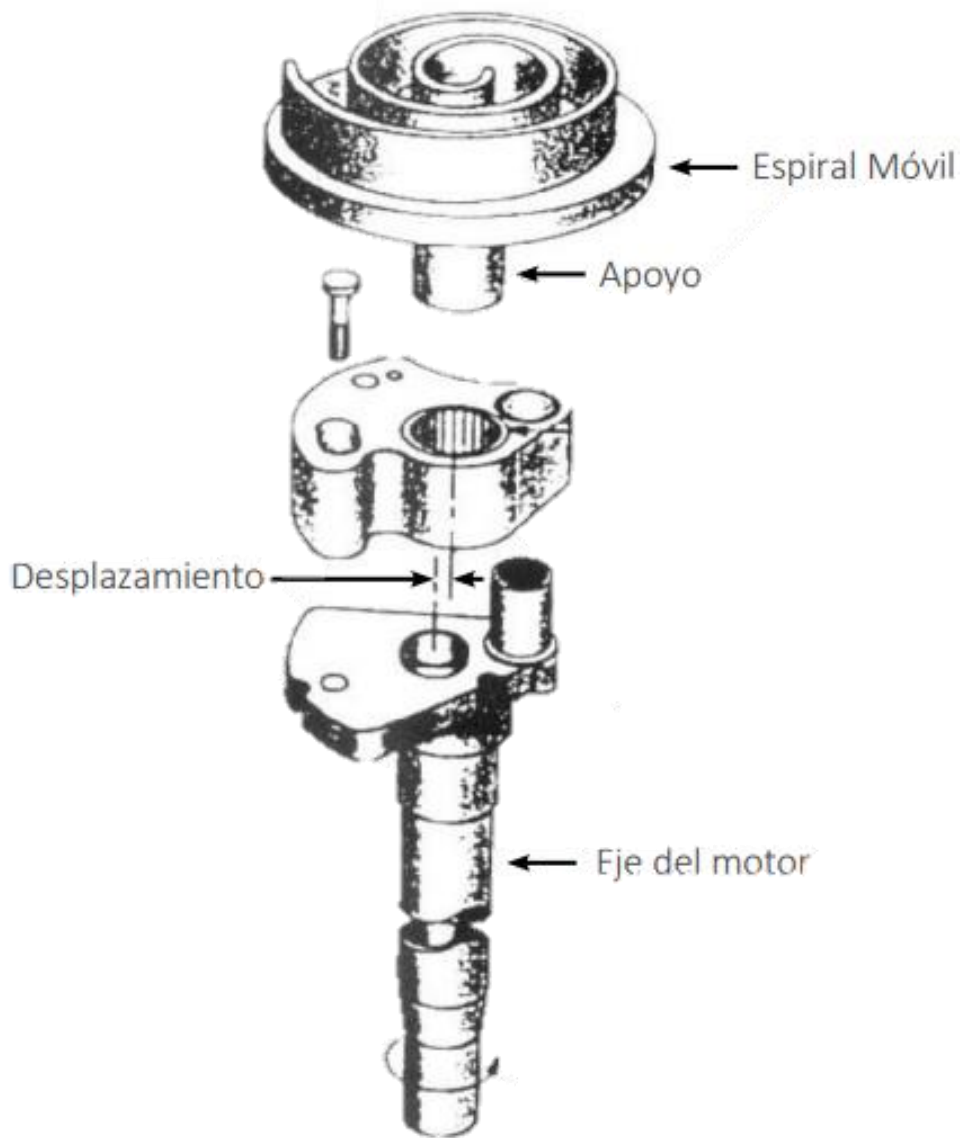


3.1.1. G.- Scroll o espiral

Este tipo de compresores utilizan dos espirales para realizar la compresión del gas, como podemos ver en la figura siguiente.

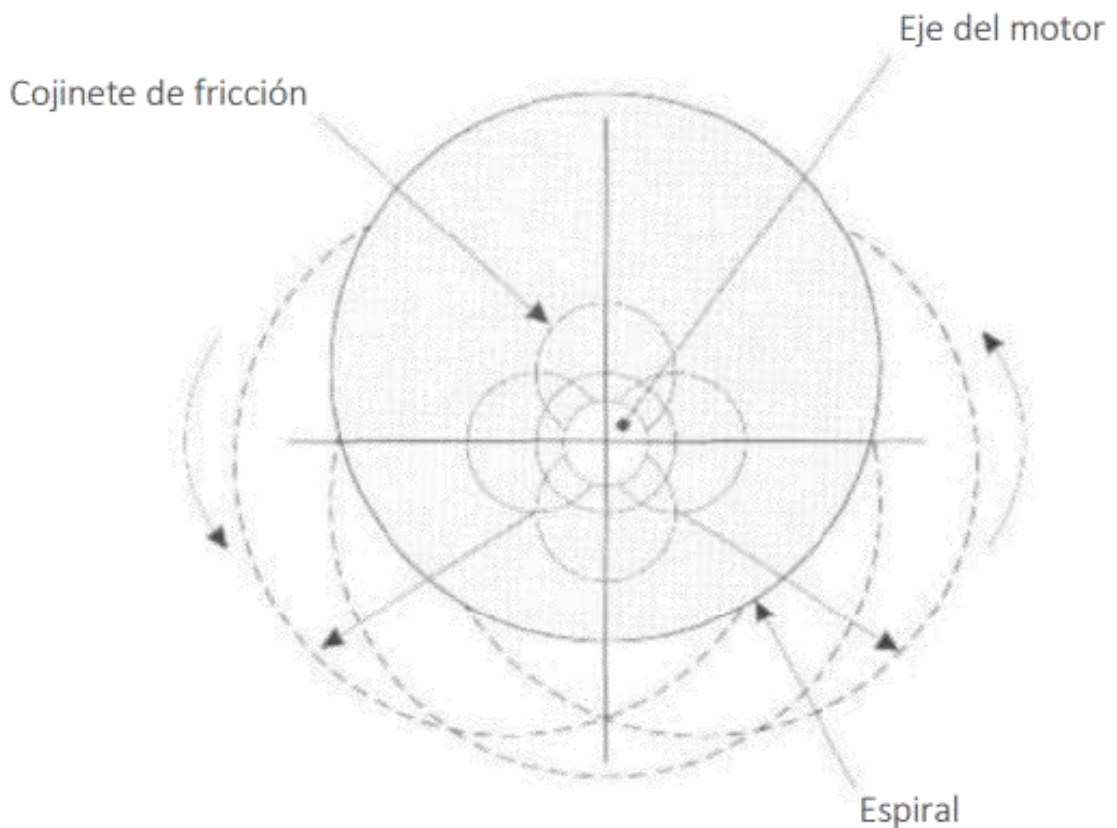


Las espirales se disponen cara contra cara. Siendo la superior fija y la que incorpora la puerta de descarga. La inferior es la espiral motriz.



Fíjense que las espirales disponen de sellos a lo largo del perfil en las cargas opuestas. Estos actúan como segmentos de los cilindros proporcionando un sello de refrigerante entre ambas superficies.

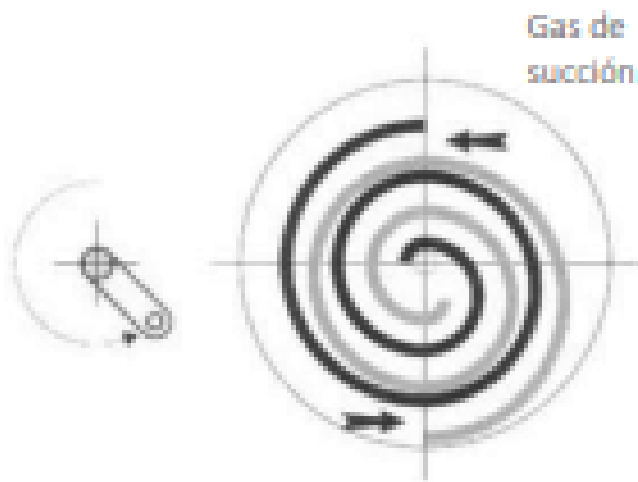
El centro del cojinete de la espiral y el centro del eje del cigüeñal del conjunto motor están desalineados. Esto produce una excentricidad o movimiento orbital de la espira móvil.



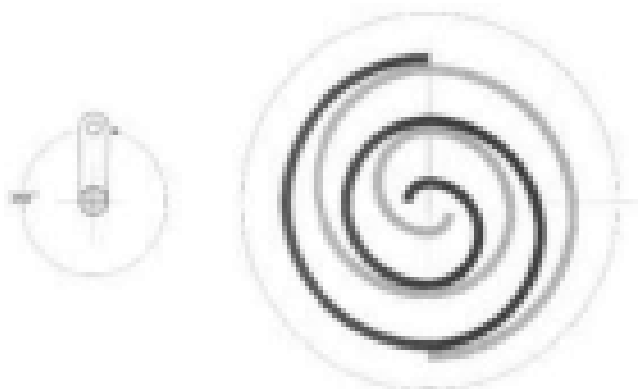
Esta figura muestra el giro del eje motor que hace que la espiral describa una órbita alrededor del centro del eje y no una rotación.



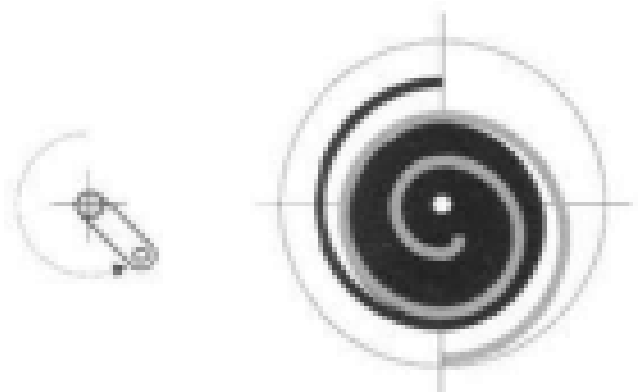
El movimiento orbital permite espirales crear bolsas de gas, y, como la acción orbital continua, el movimiento relativo entre ambas espirales, fija y móvil, obliga a las bolsas de refrigerante a desplazarse hacia la puerta de descarga en el centro del conjunto disminuyendo progresivamente el volumen.



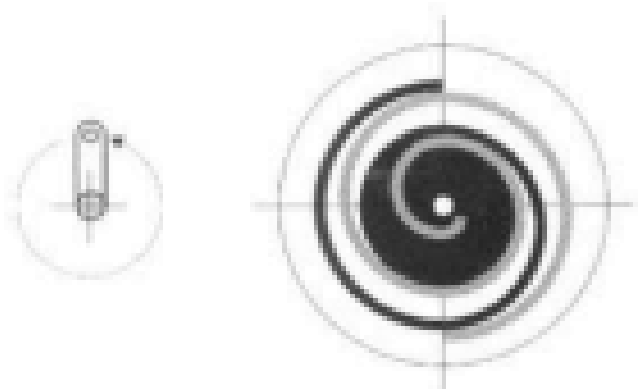
Durante el primer giro o fase de aspiración, la separación de las paredes de las espirales permite entrar al gas.



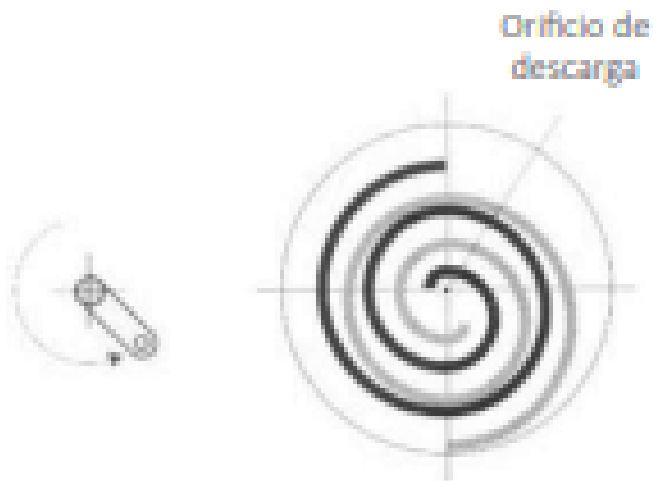
Al completar el giro, las superficies de las espirales se vuelven a unir formando las bolsas de agua.



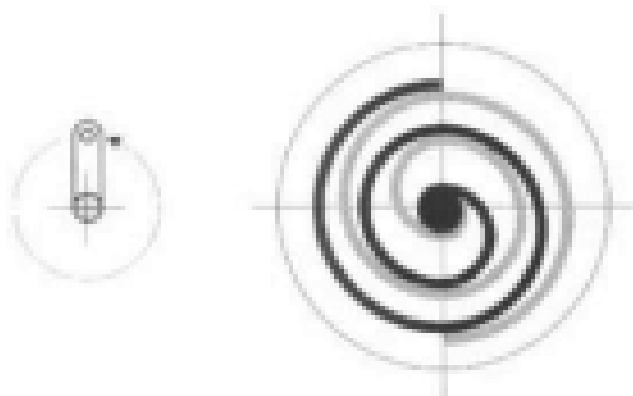
Durante el segundo giro o fase de compresión, el volumen de las bolsas de gas se reduce progresivamente.



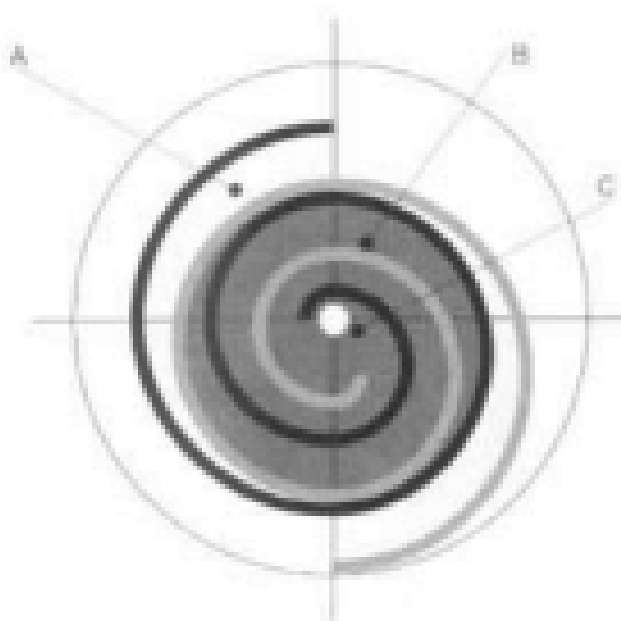
La finalización del segundo giro produce la máxima compresión.



Durante el tercer giro o fase de descarga, la parte final del scroll obliga al gas comprimido a salir a través de la puerta descargada.



Finalmente, al acabar el giro, el volumen del gas en las bolsas se reduce a cero, "exprimiendo" al gas remanente fuera de las caracolas.



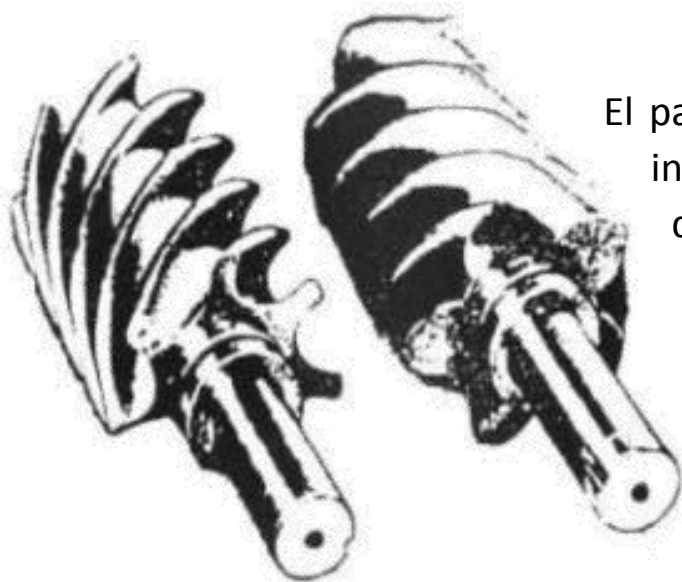
Mirando el ciclo completo destacamos las tres fases:

- A)** Aspiración
- B)** Compresión
- C)** Descarga

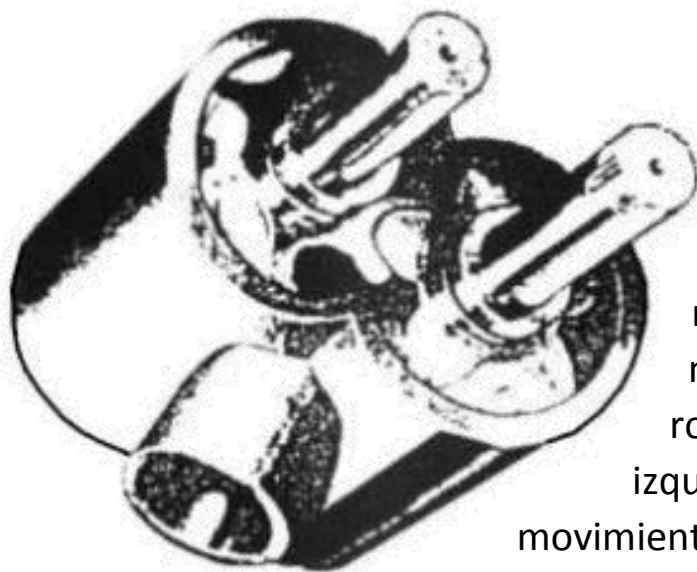
Vemos que las tres se producen simultáneamente sin ningún tipo de secuencia.

3.1.1. E.- De tornillo

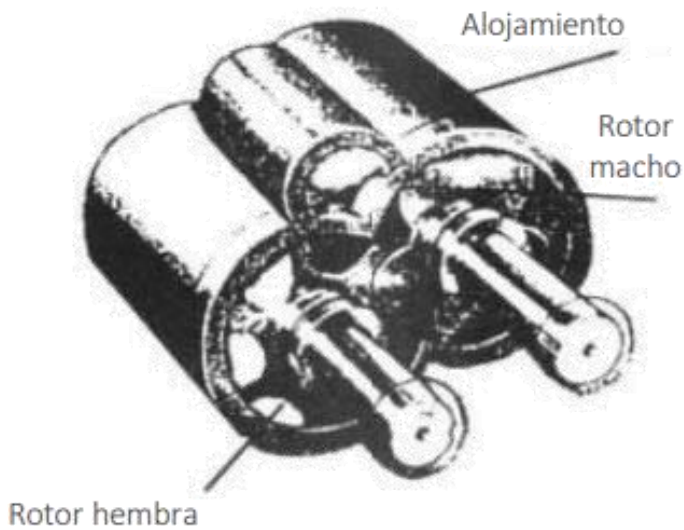
En vez de un impulsor, el compresor de tornillo utiliza dos tornillos para producir la compresión del gas refrigerante.



El par de tornillos se halla montado en el interior de una carcasa con tolerancias de fabricación muy

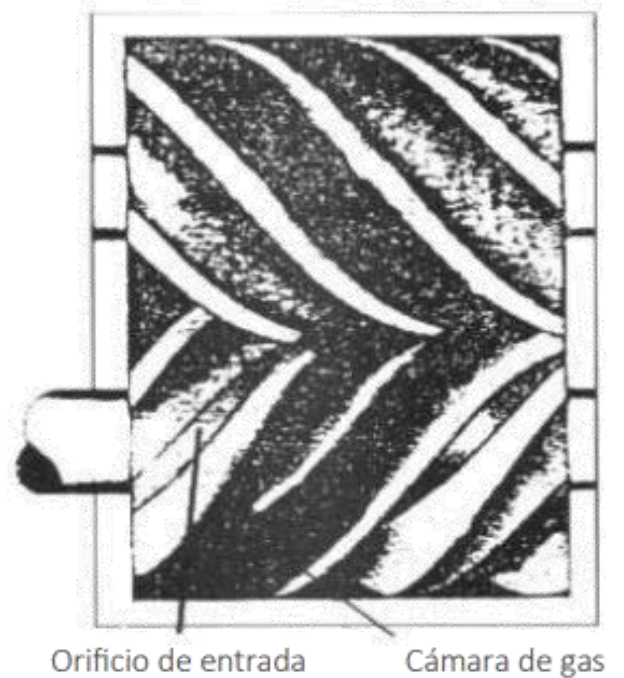


Mirando desde la parte final de los rotors, el que se encuentra a la derecha es el rotor macho o conductor y está accionado por el motor. En cada giro el perfil del rotor macho o conductor engrana y conduce el rotor hembra o conducido, situado a la izquierda produciendo en las dos piezas movimientos opuestos.

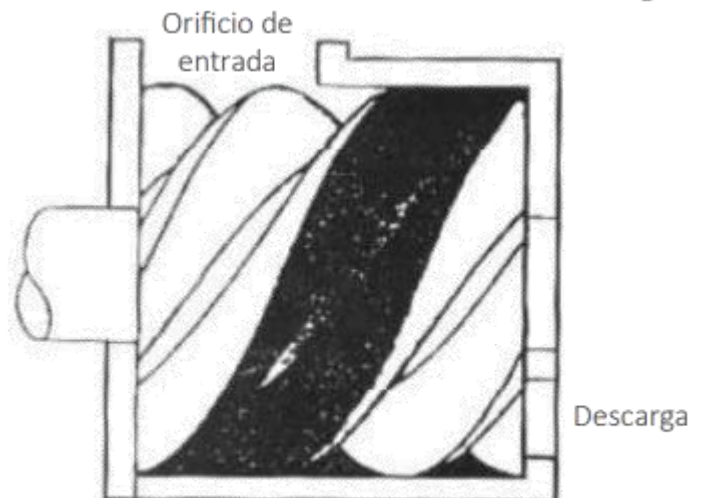


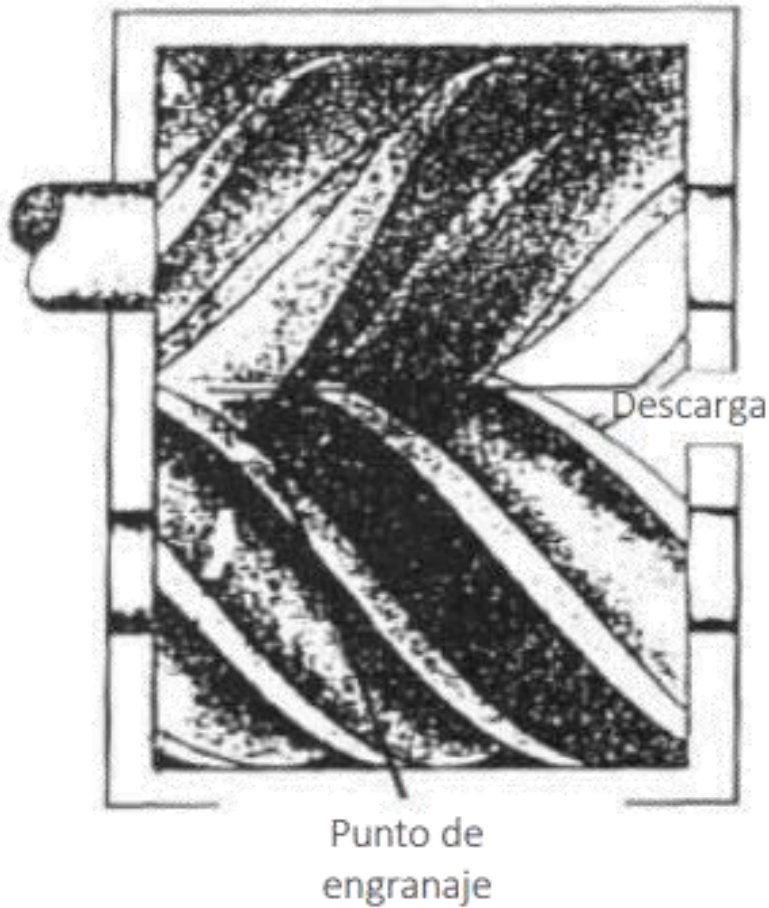
El funcionamiento del compresor de tornillo es de desplazamiento positivo. Su ciclo comienza cuando el gas a la presión de aspiración entra a través de la galería de aspiración que se encuentra situada en la parte inferior de la carcasa.

Al entrar el gas llena los espacios o bolsas formadas por los perfiles de los rotores.

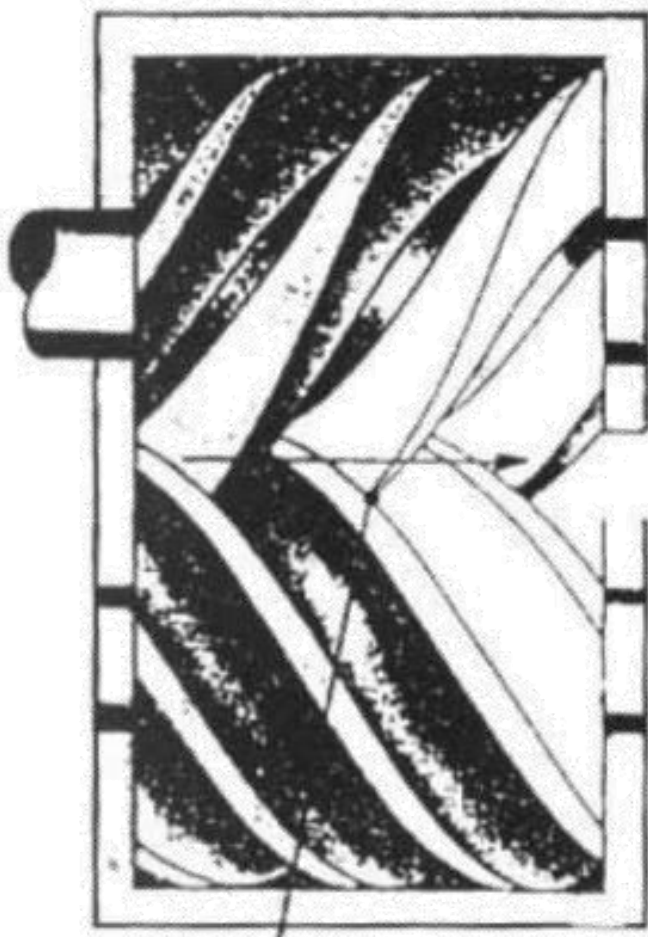


Girando la sección del compresor 90°, podemos apreciar que cuando la bolsa de gas supera la galería de aspiración, la carcasa sella esta bolsa.

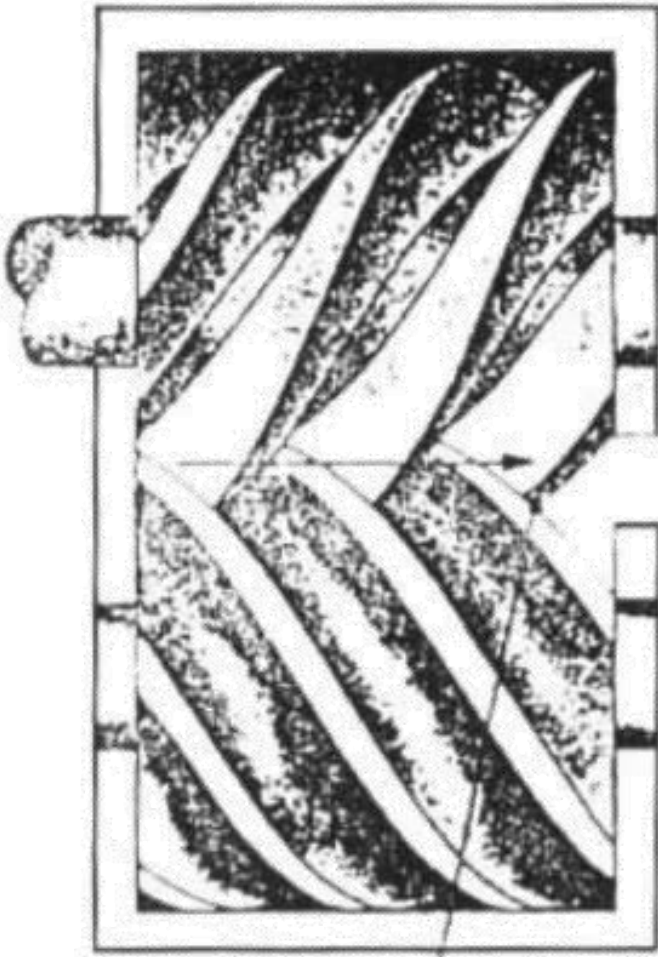




Observando esta sección superior del compresor apreciamos que, continuando la rotación de los tornillos, los perfiles del macho y la hembra se van ensamblando.



Continuando la rotación, observamos que el punto de contacto de los perfiles se desplaza hacia la galería de descarga, conduciendo el gas contenido en las bolsas, hacia esa galería. Al mismo tiempo, se va produciendo una reducción progresiva del volumen de éstas bolsas comprimiendo el gas.



Finalmente, cuando el gas comprimido entra en contacto con la galería de descarga, es impulsado. Y, como en la rotación del compresor continua, el volumen de la bolsa de refrigerante es reducido a cero, “expulsando” el gas remanente en estas cavidades. Es muy importante resaltar que el gas entra y sale del compresor a través de galerías, por lo que no se utiliza ningún tipo de válvulas. Los compresores con este tipo de diseño se denominan compresores sin válvulas.

3.2 Evaporador

Como todo el mundo sabe, para evaporar un líquido (pasar del estado líquido al gaseoso) hace falta suministrarle una cantidad de calor. Desde el puchero de la cocina hasta las calderas industriales, se necesita una fuente de calor que nos permita efectuar esta transformación.

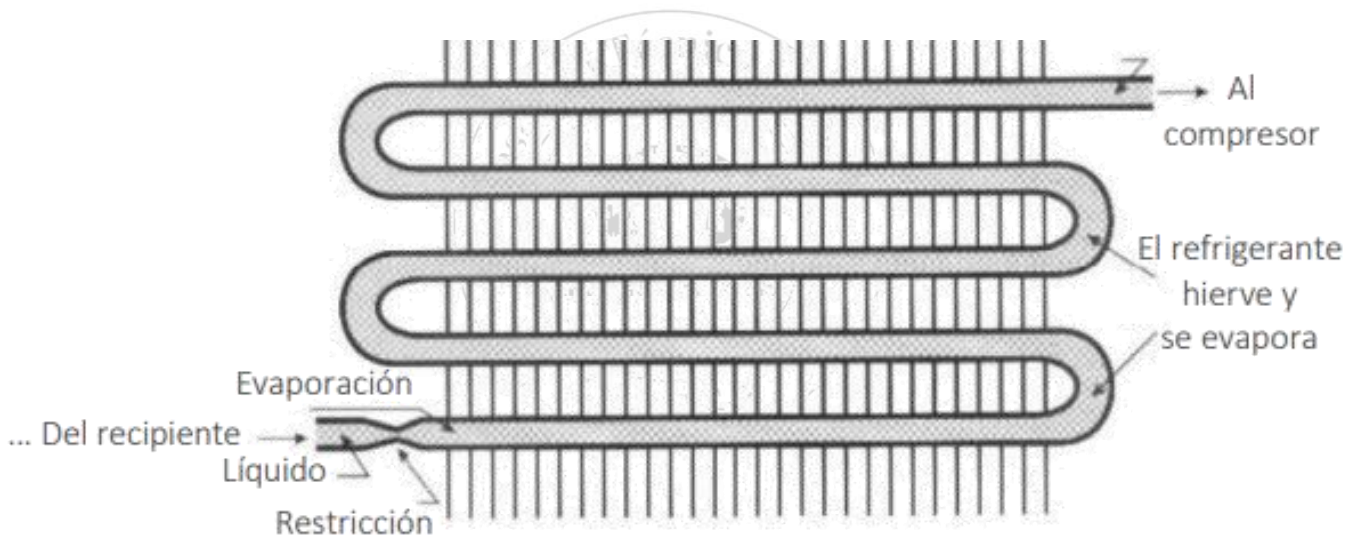
Toda persona ha experimentado frío después de sudar, esto es debido al calor que absorbe el sudor del cuerpo para evaporarse y pasar a la atmósfera; es el sistema que utilizan los seres humanos para evitar que la temperatura del cuerpo suba en exceso. Los estanques que poseen algunos edificios en su azotea tienen esta misma función; el agua se evapora absorbiendo calor del edificio. Quién no se ha preguntado alguna vez el porqué de ese invento, puesto a pleno sol, pueda mantener el agua fresca. En el caso del botijo, la razón es la misma, la arcilla del

botijo es porosa y deja filtrarse pequeñas cantidades de agua que al evaporarse absorben calor, enfriando su contenido.

Todos los líquidos actúan de esta misma manera, si bien lógicamente para aplicaciones específicas se usan unos líquidos determinados. En refrigeración, comúnmente, los compuestos halogenados.

El evaporador es uno de los componentes principales de toda instalación frigorífica, porque en él es donde verdaderamente producimos el frío, absorbiendo calor del ambiente que lo rodea, para evaporarse el líquido refrigerante que circula por su interior.

Consisten en unos recipientes cerrados de paredes metálicas formados generalmente por tubos agrupados en uno o más serpentines.



3.2.1 Clasificación

Ω Según el sistema de expansión:

- Evaporadores secos
- Evaporadores semi-inundados
- Evaporadores inundados

Ω Según su construcción:

- Tubo liso
- Tubo y aletas de Placas

Ω Según el sistema de enfriamiento:

- Aire forzado
- Convección natural
- Contacto directo

El refrigerante que le llega al evaporador en estado líquido, pasa a estado vapor. Este cambio de estado produce un enfriamiento en el fluido que se pone en contacto con él.

El evaporador en los equipos domésticos se compone de un tubo que suele llevar unas aletas al exterior, por lo que su textura se asemeja al radiador de un coche. Por un extremo se alimenta a través de una válvula de un fluido refrigerante, contenido en una botella a presión.

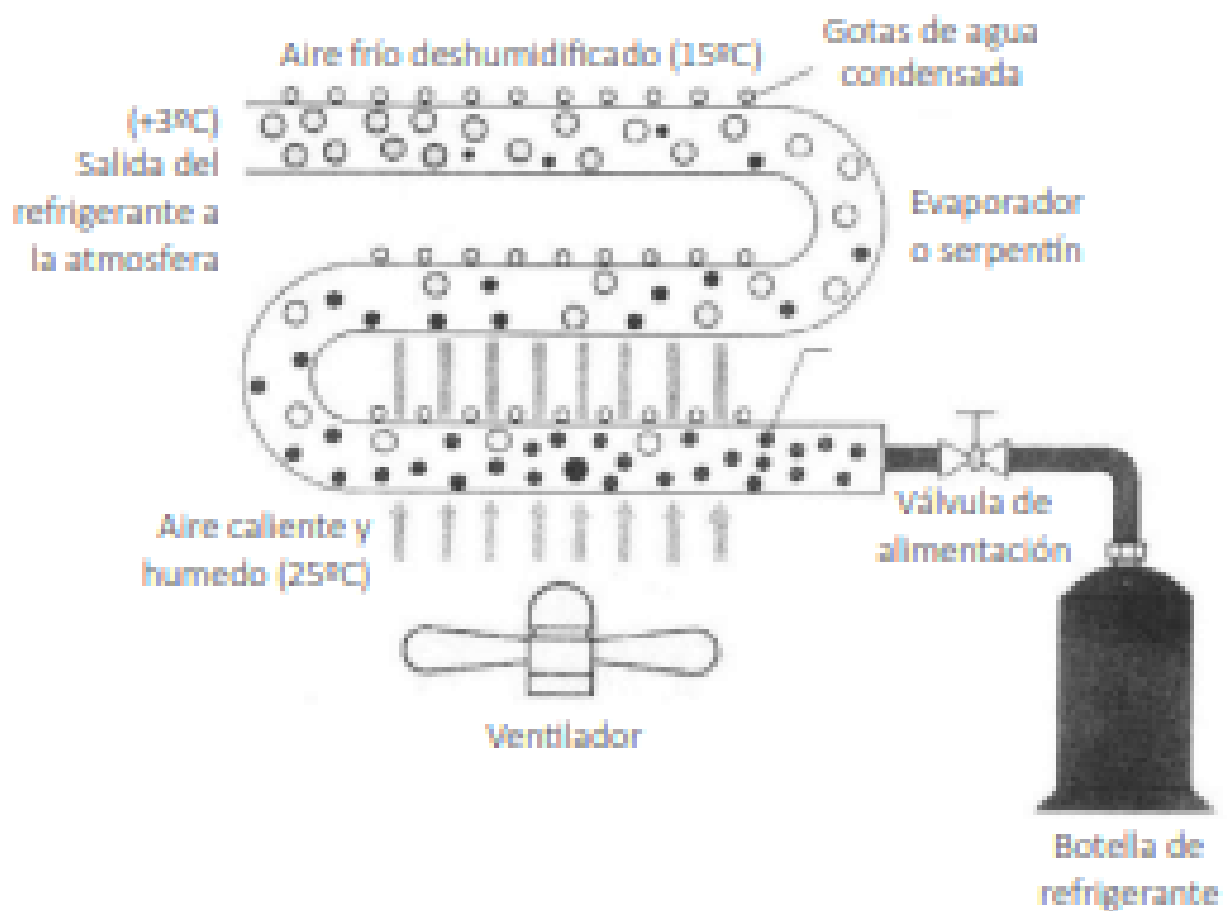
Por el exterior del tubo circula aire, movido por la acción del ventilador. El fluido refrigerante juega el papel del sudor y se supone que está a una temperatura de $+3^{\circ}\text{C}$, mientras que el aire en la entrada del evaporador tiene un nivel térmico de 25°C .

Al estar más caliente el aire que el refrigerante, pasa calor desde el primero al segundo, por lo que el aire se enfría cediendo su energía al refrigerante. Este, en lugar de calentarse, hierve, transformándose en vapor.

A la salida del evaporador el aire está más frío que a la entrada, y el refrigerante se encuentra totalmente vaporizado.

El enfriamiento del aire es tan intenso que además abandona sobre la superficie del evaporador una parte del vapor de agua; de aquí que el aire salga no solo más frío, sino también menos húmedo que a la entrada. Hay que recalcar que el refrigerante a la salida del evaporador lleva toda la energía que le ha robado al aire.

Se observa en esta figura que el evaporador es quien realiza esa función de descarga transfiriendo la carga térmica desde el aire de retorno al refrigerante.



3.3 Condensador

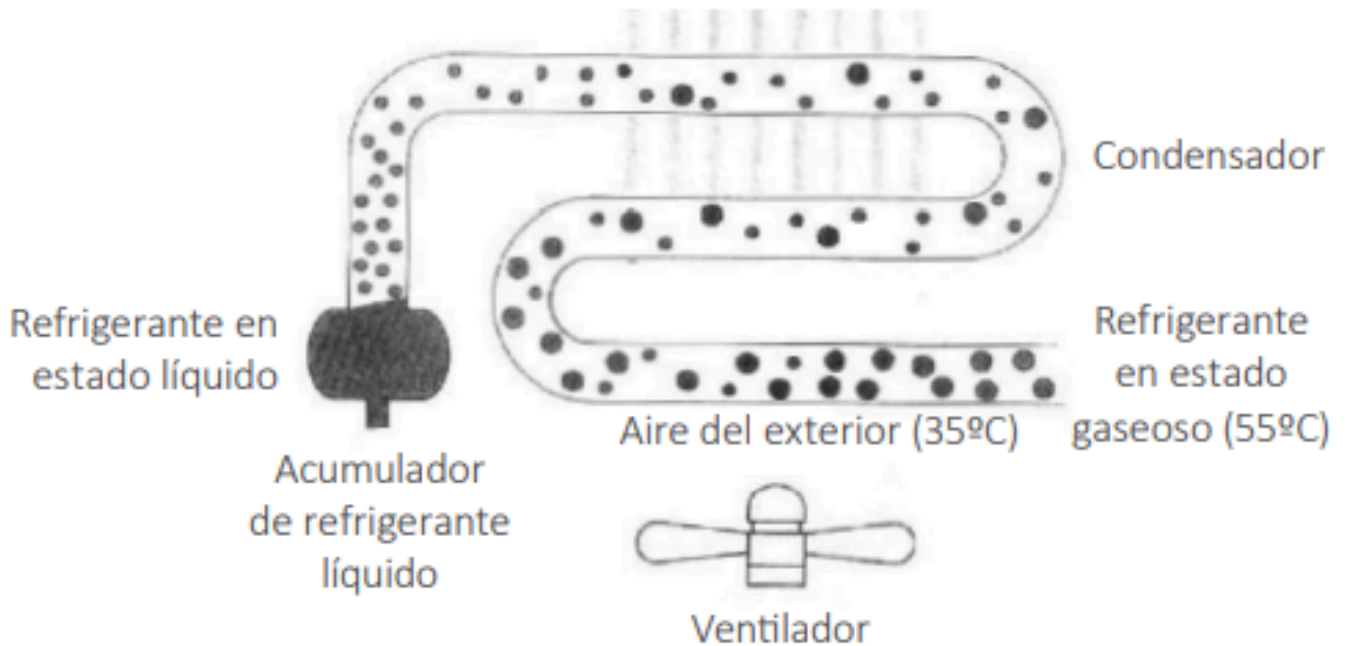
Su misión consiste en condensar o licuar (convertir en líquido) el gas que le llega procedente del compresor.

También las últimas vueltas del condensador, el líquido ya condensado se subenfría.

El gas que entra en el condensador a alta presión y alta temperatura, procedente del compresor, llega a este con el calor tomado en el evaporador, más el calor debido a la compresión. Mediante una corriente de aire o de agua (medio condensante), se le quita este calor total y lo convertimos en líquido (lo condensamos) de ahí el nombre de este aparato.

La transformación del vapor en líquido (condensación), se hace dentro del Condensador en tres tiempos:

- 1.- Se enfría el vapor recalentado por el compresor. Por ejemplo de 55°C a 45°C (calor sensible).
- 2.- Se condensa el líquido (calor latente).
3. - Se subenfía el líquido condensado (calor sensible).



Como podemos ver en la figura adjunta, el condensador de los equipos domésticos es muy parecido al evaporador. En realidad tienen un papel inverso.

A continuación veremos la clasificación de los condensadores, pero los más utilizados en refrigeración comercial son los condensadores de aire forzado.

3.3.1 Clasificación

Ω Según el medio condensante

Aire

- Tiro natural
- Tiro Forzado

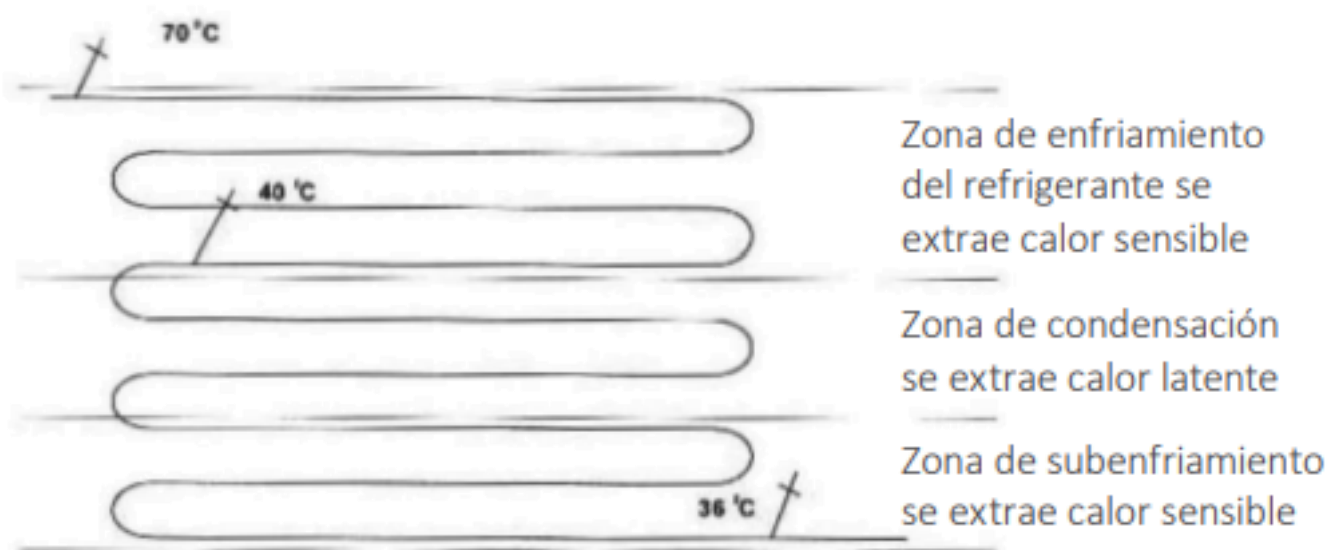
Agua

- De contracorriente
- De serpentín y cubierta
- Multitubulares

Aire-Agua

- Evaporativos

3.3.2 Zonas definidas del Condensador



Dentro del condensador, el refrigerante sufre tres cambios respecto a su temperatura. En primer lugar debe bajar de la temperatura de descarga a la de condensación, después mantiene constante la temperatura mientras está cambiando de estado y al final el líquido refrigerante se subenfía.

Es importantísimo en las instalaciones pequeñas que no tienen recipientes, cuidar la carga de refrigerante para que esta sea exacta, ya que una sobrecarga haría que el refrigerante ocupara las últimas vueltas del condensador, reduciéndose la superficie efectiva del mismo, y provocando una mala condensación y un exceso de presión en el lado de alta.

3.4 Tubo Capilar

El tubo capilar es una tubería de líquido de pequeño diámetro que une el condensador con el evaporador. Una parte de su longitud va soldada a la tubería de aspiración y forman así, con su reducido coste, un intercambiador de calor.

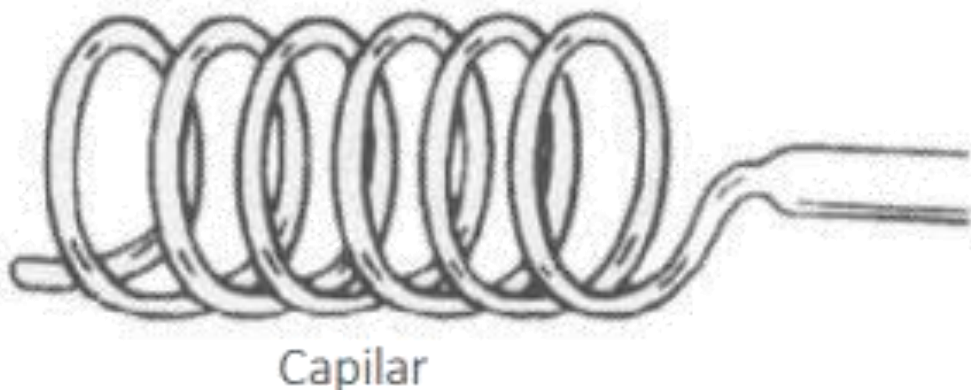
Por su reducido diámetro se produce en la extremidad del tubo capilar una caída de presión, necesaria para la evaporación.

Al circular el fluido por un tubo de tan poca sección, la fricción produce una pérdida de carga y por lo tanto una reducción de presión. A la salida del capilar

se produce una expansión (aumento de volumen) brusco y se evapora parte del líquido absorbiendo calor del propio fluido, con lo cual la temperatura del mismo disminuye enfriándose.

El uso de tubos capilares en las instalaciones tiene las siguientes ventajas:

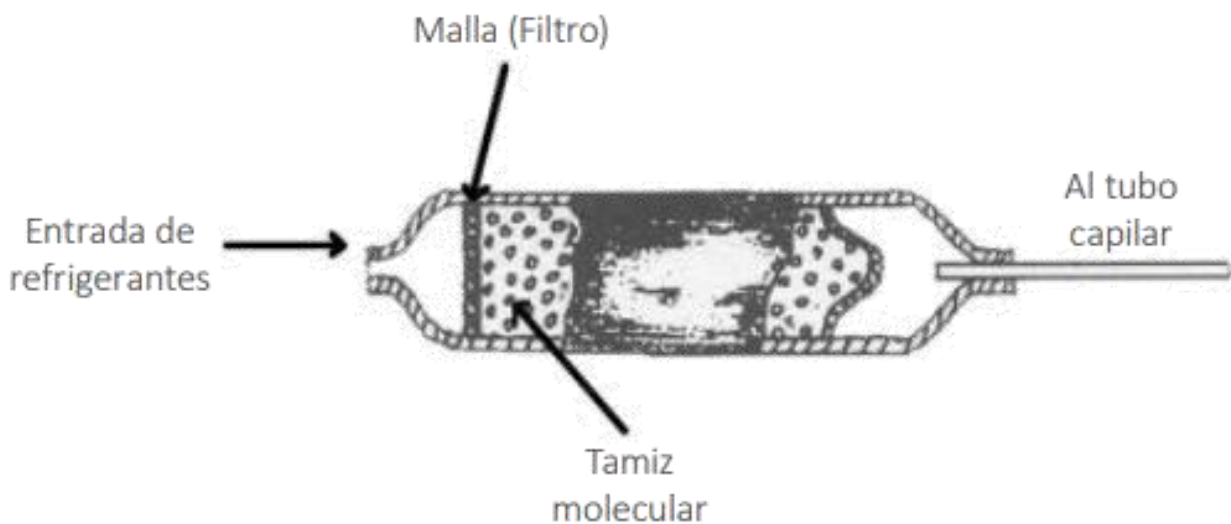
- 1.-** Gran sencillez. Si su aplicación es correcta funcionará indefinidamente, ya que este dispositivo inyector no tiene partes móviles.
- 2.-** El tubo capilar es de menor costo que una válvula de expansión.
- 3.-** En el grupo no es necesario colocar depósito de líquido por lo cual se abarata.
- 4.-** La carga de gas refrigerante es menor.
- 5.-** En las paradas se equilibran las presiones, por lo cual al ponerse en marcha el motor no tiene dificultad.



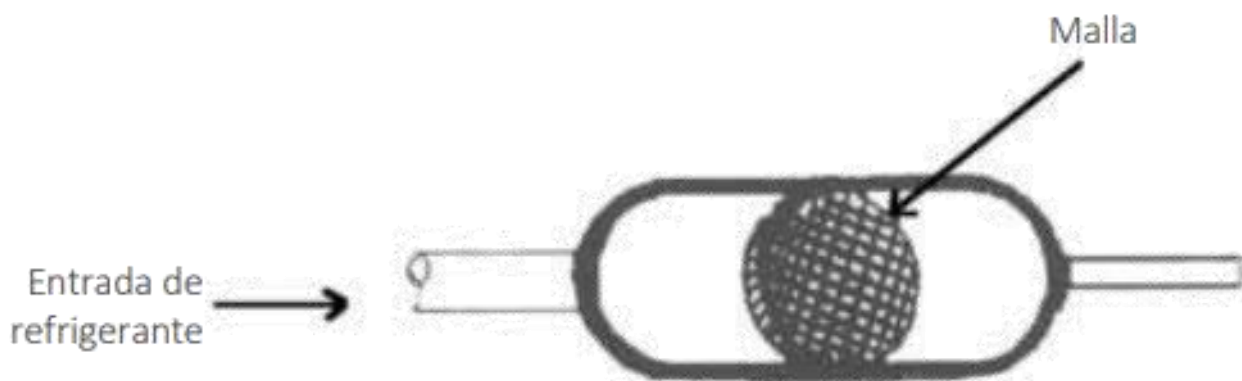
3.5 Filtro

El filtro secador es un recipiente que contiene un filtro de malla y un filtro molecular (absorbente) en su interior.

Su función es filtrar las partículas ajenas al circuito frigorífico y absorber la humedad que pueda haberse introducido en el circuito.



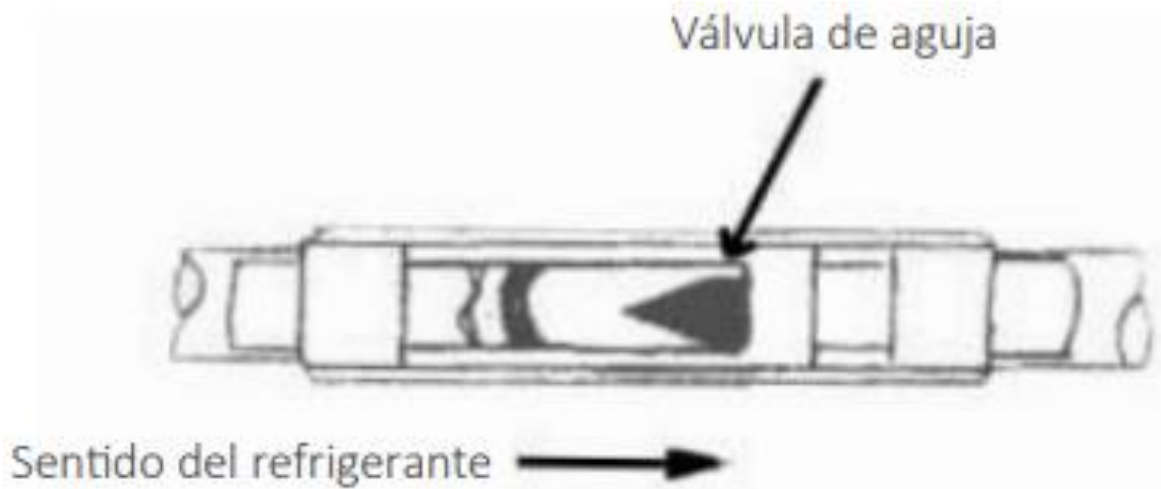
Hay otro filtro situado junto a la válvula de cierre. Este filtro es un tubo con una malla filtrante en su interior, y su función es limpiar el refrigerante a efectos de evitar que cuerpos ajenos obstruyan el capilar o dañen el compresor.



3.6 Válvula de retención

Se compone de un tubo con válvula de aguja que abre o cierra el paso del refrigerante en función del sentido de circulación.

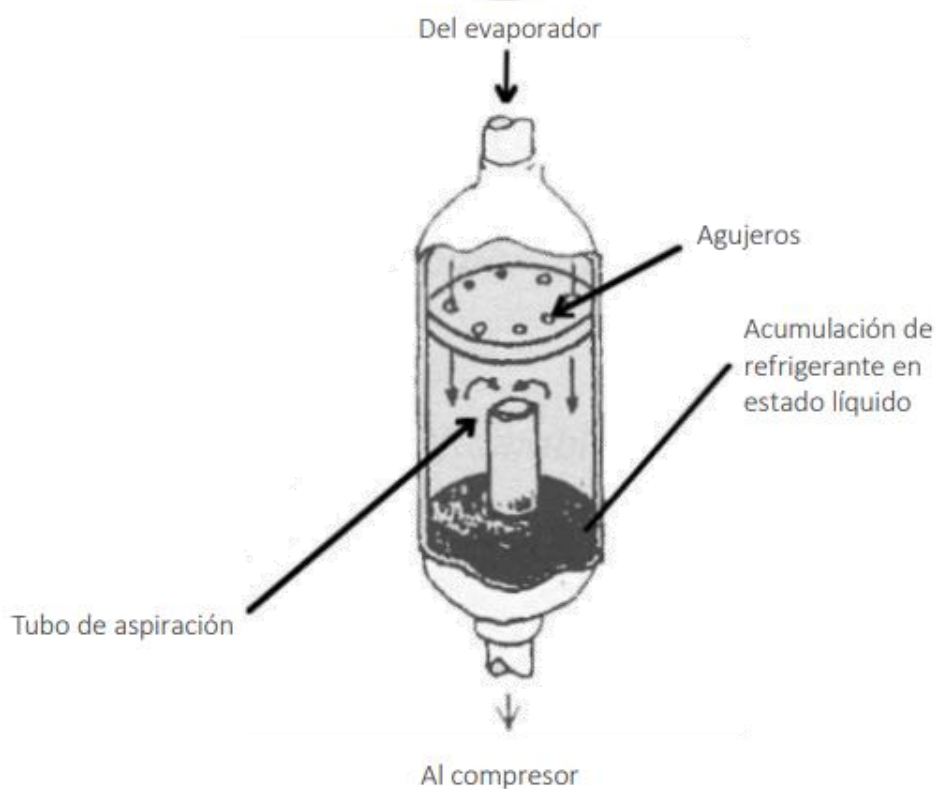
Su función es permitir el flujo de refrigerante en un solo sentido. Este componente está incluido solo en los modelos con bomba de calor.



3.7 Depósito acumulador

Recipiente construido de forma que deposita el refrigerante en estado líquido en la parte inferior y permite el paso del refrigerante en estado gaseoso.

Su función es la de no permitir el paso del refrigerante en estado líquido evitando que éste sea aspirado por el compresor. Hay que tener en cuenta que los compresores rotativos son dañados fácilmente en el caso de aspirar refrigerante en estado líquido.



3.8 Válvula de 4 vías

Es una válvula solenoide que permite cambiar la dirección del refrigerante en el circuito frigorífico. Permite la inversión de ciclo y convierte el circuito frigorífico en una “Bomba de Calor”.

