

### 3. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

#### 3.1. Clasificación de equipos de aire acondicionado

Los sistemas de climatización se pueden dividir en primer lugar atendiendo al tipo de expansión, en equipos autónomos o de expansión directa y equipos centralizados o de expansión indirecta.

- Equipos autónomos o de expansión directa: estos equipos tienen un intercambio directo entre el aire a acondicionar y el refrigerante, el aire se enfría por la expansión directa de un refrigerante. No utilizan agua como fluido caloportador y presentan baterías de expansión directa (evaporadores o condensadores). El equipo puede producir frío sólo o frío y calor.

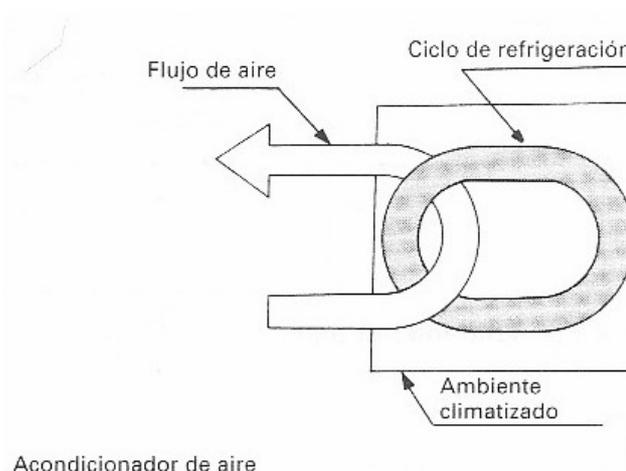
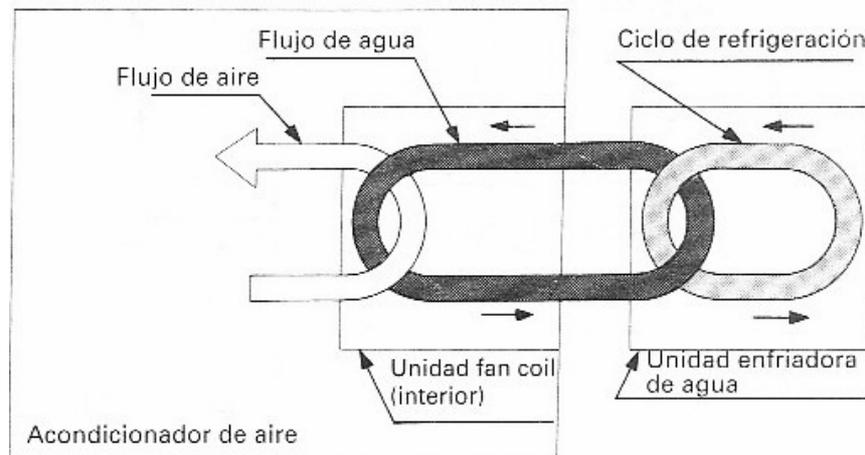


Figura 3.1: Esquema de la expansión directa

- Equipos centralizados o de expansión indirecta: estos equipos presentan un intercambio indirecto entre el aire a acondicionar y el refrigerante a través de agua como fluido intermedio (sistemas hidráulicos) o salmuera. Las baterías que presentan



son baterías de agua fría o caliente.

### 3.1.1. Diferencias entre equipos autónomos y equipos centralizados

Algunas de las diferencias entre los equipos autónomos y centralizados se citan a continuación:

- La temperatura de evaporación de los equipos autónomos es mayor que la de los centralizados con una diferencia aproximada de 5°C.
- La fuente de calor de los equipos centralizados son calderas y bombas de calor aire-agua, freón, resistencia eléctrica, y calentador de gas.
- El nivel de filtrado de los equipos centralizados supera al de los autónomos.
- El montaje de los equipos centralizados se realiza en obra y el de los equipos autónomos viene montados de fábrica, no existiendo muchos cambios en obra. Por esto la dificultad de la instalación de los equipos centralizados es mayor que la de los equipos autónomos.
- Los equipos autónomos requieren un mantenimiento mayor que los centralizados.

Figura 3.2: Esquema de la expansión indirecta

- El nivel de ruido de los equipos autónomos es mayor que los centralizados.
- La robustez y fiabilidad de los equipos centralizados es mayor que la de los equipos autónomos.
- El espacio que ocupa los equipos centralizados es mayor que el espacio que ocupan los equipos autónomos.
- Los costos iniciales de los equipos centralizados suelen ser mayores que los de los equipos autónomos.

### **3.1.2. Clasificación de los equipos autónomos o de expansión directa**

- Atendiendo al fluido en contacto directo con el condensador se distinguen:
  - Equipos condensados por aire (air-cooled). Son los llamados equipos aire-aire. Extraen el calor del aire exterior y lo transfieren a los locales mediante una red de conductos.

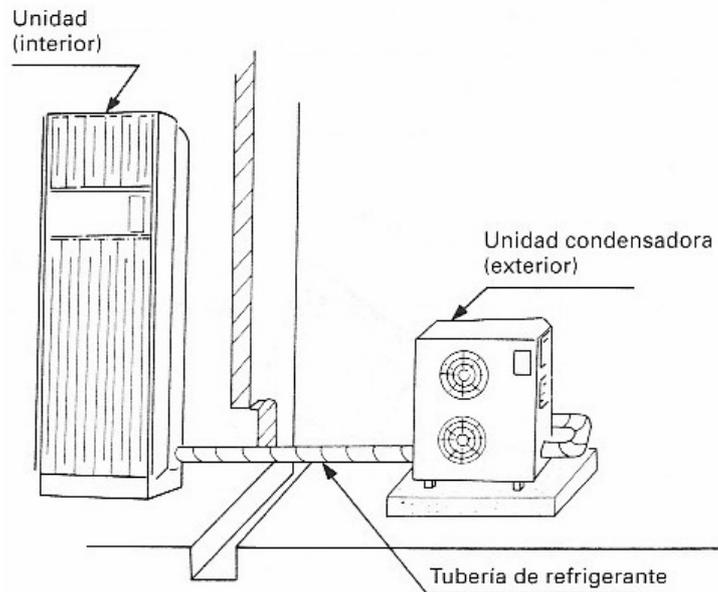


Figura 3.3 : Equipo autónomo partido condensado por aire

- Equipos condensados por agua (water-cooled), son los llamados equipos agua-aire. El agua utilizada para la condensación puede ser agua de una torre de enfriamiento o puede ser agua perdida de pozos, lagos, ríos, etc. Producen unos

rendimientos energéticos mejores que las que utilizan aire exterior, debido a la menor temperatura de condensación y la mayor uniformidad de la temperatura a lo largo del año.

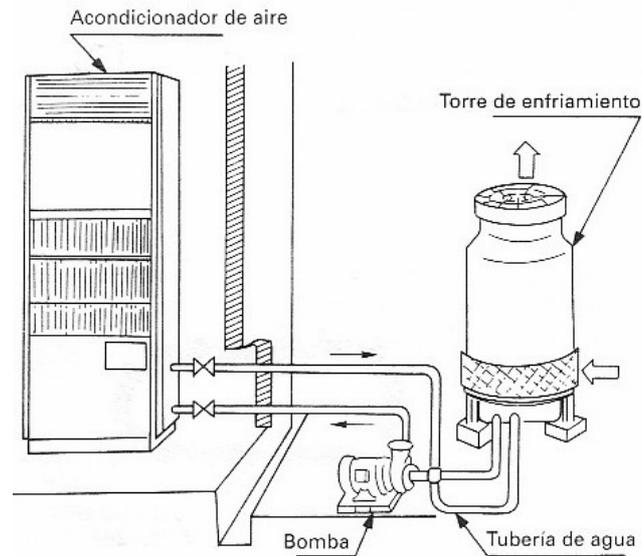


Figura 3.4: Equipo autónomo compacto condensado por agua

Cuando el fluido al que se le cede o absorbe calor es el aire se utiliza un intercambiador de tubos y aletas, si este fluido es el agua el intercambiador recomendado es de carcasa y tubo.

Los equipos condensados por aire son más ruidosos que los condensados por agua, y a parte para un mismo consumo de potencia aportan menos potencia frigorífica y calorífica.

- Condensador evaporativo (evaporatively-cooled). Como ya se explicó en el apartado 2.4.3.1. de este proyecto, en este tipo de condensadores se evapora agua situada en la superficie de los tubos por los que circula el refrigerante. Este tipo de condensadores tienen un rendimiento muy alto porque usan temperaturas de condensación bajas, pero tienen unos costes muy altos, lo que hace que su uso sea escaso.

- Atendiendo a la inversión térmica que sea capaz de realizar la máquina, los equipos pueden ser:

- Irreversibles: Solo pueden dar frío o calor.

- Reversibles: Dan frío y calor. Las fuentes de calor usadas son: resistencias eléctricas, calentamiento de gas (intercambiador de gases combustión-aire) y bombas de calor con la inversión del ciclo por una válvula de cuatro vías.

▪ Atendiendo al número de unidades que se divide el ciclo de refrigeración, pueden ser compactos o divididos.

Los acondicionadores compactos están formados por una única unidad.

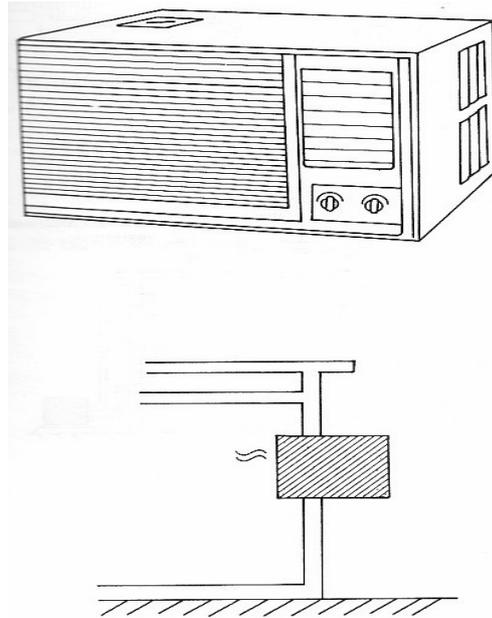


Figura 3.5: Equipo autónomo de ventana

Los acondicionadores divididos también se llaman splits, y pueden estar:

- formados por dos unidades, lo que se denomina Split (unidad exterior y unidad interior)

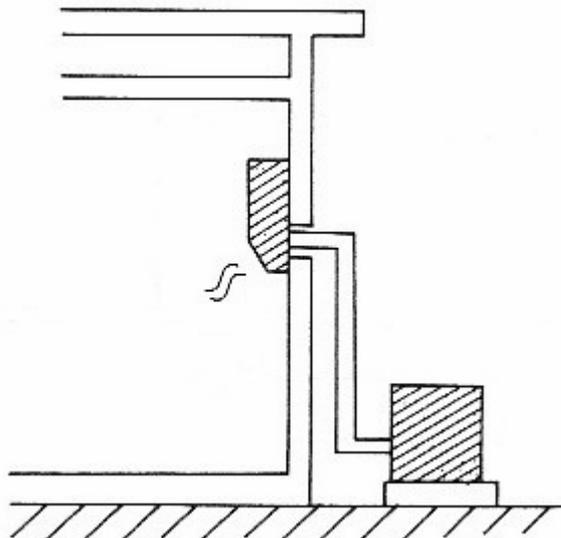


Figura 3.6: Equipo autónomo tipo Split

- Multi-Splits (Una unidad exterior conectada a varias unidades interiores).

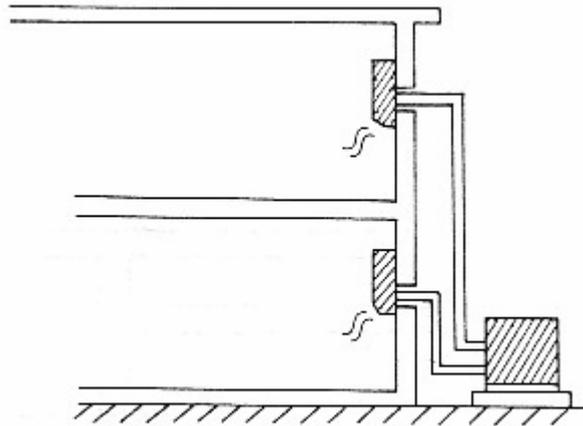
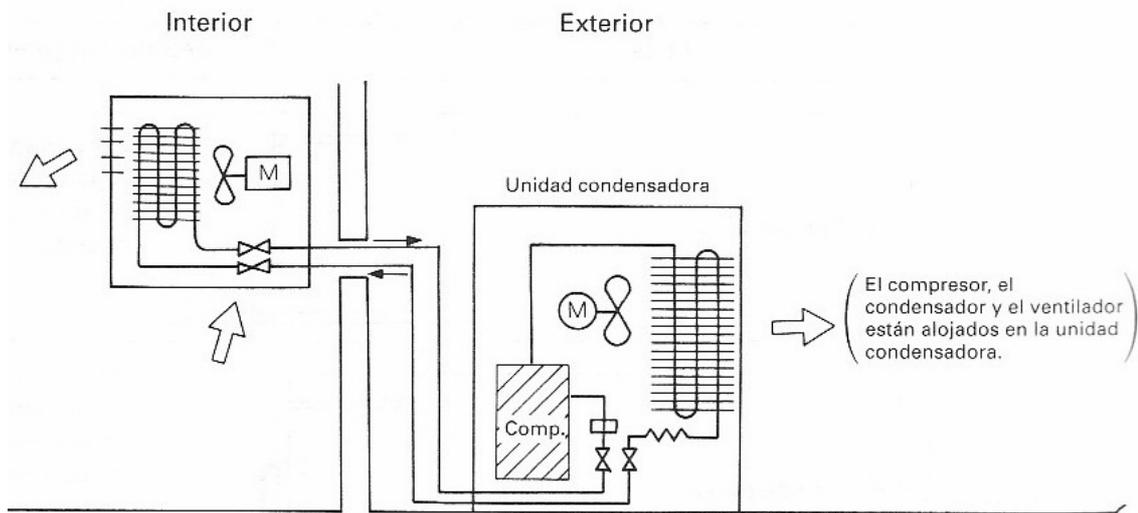


Figura 3.7: Equipo autónomo Multi- Split, formado por dos unidades interiores y la unidad exterior.

En los equipos Splits, la unidad interior se sitúa en el local a climatizar y está compuesta fundamentalmente por el evaporador y ventilador, y la unidad exterior está compuesta por condensador y ventilador. Aunque el compresor puede estar en una parte u otra, normalmente está en la parte exterior.



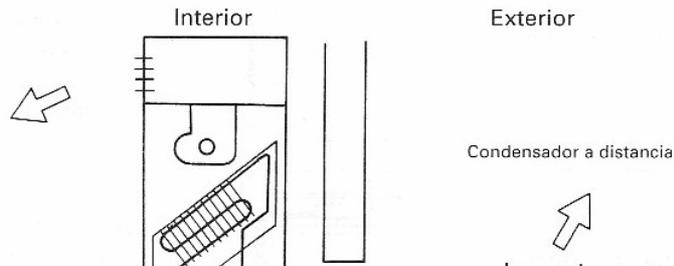


Figura 3.8: Split con el compresor en la unidad exterior

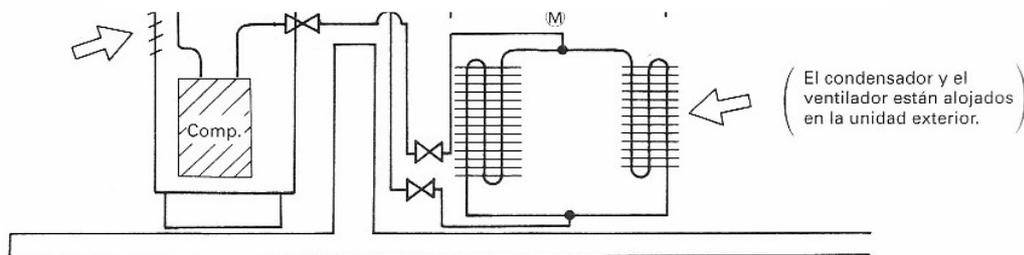


Figura 3.9: Split con el compresor en la unidad interior

Si se compara un sistema partido con uno compacto, se pueden destacar algunas diferencias:

- En los sistemas compactos se precisa un orificio grande, mientras que para un sistema partido, se necesita un orificio pequeño para las tuberías de refrigerante.
- Los equipos compacto realizan más ruido que los partidos, pero se debe tener en cuenta que el ruido que realizan los equipos partidos lo hacen en el exterior.
- En los equipos compactos existe la posibilidad de ventilación, ya que el mismo aparato está conectado al exterior y el interior, sin embargo en un equipo partido no tiene esta posibilidad al tener un aparato en la zona exterior y otro en la zona interior.
- Atendiendo al tipo de descarga:
  - Directa: El equipo descarga directamente al local
  - Indirecta: La descarga ocurre a través de conductos
- Atendiendo al tipo de localización de la unidad interior:

- Tipo suelo: La unidad se instala en el suelo, a partir de la cual se distribuye ampliamente el aire acondicionado.



Figura 3.10: Unidad interior tipo suelo

- Tipo de pared: La unidad se instala en el medio de la pared, así se consigue que se aproveche eficazmente el espacio del ambiente.



Figura 3.11: Unidad interior tipo pared

- Tipo horizontal de techo: La unidad se suspende del falso techo y distribuye horizontalmente el aire acondicionado.

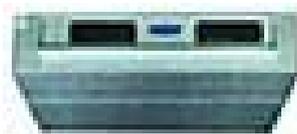


Figura 3.12: Unidad interior tipo horizontal de techo

- Tipo cassette: La unidad se instala en el falso techo de tal forma que se puede utilizar totalmente el espacio del ambiente. Es mejor desde el punto de vista del diseño interior que el modelo horizontal de techo.



Figura 3.13: Unidad interior tipo cassette

### **3.1.3. Equipos de expansión indirecta. La enfriadora de agua**

Los equipos de producción de agua fría están especialmente indicados para los grandes sistemas de acondicionamiento de aire por las ventajas que ofrece en cuanto a distribución y a la centralización de la producción de frío.

El agua se utiliza como refrigerante secundario. El agua es enfriada en transferencia térmica con un refrigerante. Posteriormente, el agua se distribuye para el acondicionamiento del aire.

Las plantas enfriadoras se pueden dividir en dos grupos según el medio que se utilice para el intercambio de calor con el refrigerante en el condensador. Se clasifican según:

- Enfriadoras de agua condensadas por agua, o equipos agua- agua:

Se benefician del calor específico del agua y su calor latente de vaporización. Requieren una red de suministro de agua, los emisores son radiadores a baja temperatura, fan-coils o suelo radiante y permiten mantener un COP constante y elevado durante toda la temporada.



Figura 3.14: Enfriadora de agua condensada por agua

- Enfriadoras de agua condensadas por aire, o equipos aire- agua:

El aire se toma del ambiente, sin embargo, su bajo calor específico obliga a mover grandes cantidades del mismo para un buen intercambio térmico, lo que hace que sea necesario el uso de ventiladores.

El uso de las plantas enfriadoras de agua condensadas por aire se está extendiendo cada vez más en sustitución de los modelos condensados por agua. El precio del metro cúbico de agua y las restricciones en su consumo que dicho coste implica, inclina la

balanza a favor de las plantas condensadas por aire. Además hay otros factores, tales como el problema de la legionella, asociado a las torres de refrigeración, hacen que el uso de plantas condensadas por aire crezca cada vez más en importancia.



Figura 3.15: enfriadora de aire condensada por aire

Otros criterios de clasificación de las plantas enfriadoras son:

- Enfriadoras de agua reversibles (son capaces de producir agua caliente y agua fría) o solo frío.
- Enfriadoras de agua pueden ser partidas o compactas.

### **3.2. La bomba de calor**

La bomba de calor son aparatos de refrigeración que pertenecen al grupo de equipos autónomos, reversibles.

La refrigeración consistía en la eliminación de calor de un lugar en que no resulta deseable y su depósito en un lugar donde su presencia no moleste. De hecho, el calor puede llevarse a un lugar donde sí que se desee su presencia, recuperando así el calor. En esto radica la diferencia entre una bomba de calor y un aparato de solo frío. Con el acondicionador de solo frío solo se puede bombear el calor en un sentido, mientras que la bomba de calor es un sistema de refrigeración que puede bombear calor en ambos sentidos.

Si se compara con cualquier otro sistema eléctrico, las bombas de calor son unos sistemas rentables a largo plazo, con un ahorro de energía considerable. Un convector tradicional de calefacción mediante energía eléctrica obtiene de un consumo de 1 kWh de energía eléctrica 1 kWh de calor, en cambio, una bomba de calor de 1 kWh de consumo eléctrico produce 3 kWh de calor. Este importante ahorro energético es debido a que el transporte de calor requiere exclusivamente el consumo eléctrico del compresor y del ventilador.

El funcionamiento de la bomba de calor viene dado por el ciclo de compresión al igual que en el ciclo de refrigeración, lo que diferencia al equipo de solo frío con la bomba de calor es que en ésta se incorpora una válvula de cuatro vías, para regular la dirección del flujo de calor.

El hecho de que la bomba de calor se pueda utilizar tanto como calefactor como refrigerador exige que las baterías interior y exterior funcionen como condensador y como evaporador, respectivamente, en régimen de calefacción y como evaporador y condensador en régimen de refrigeración.

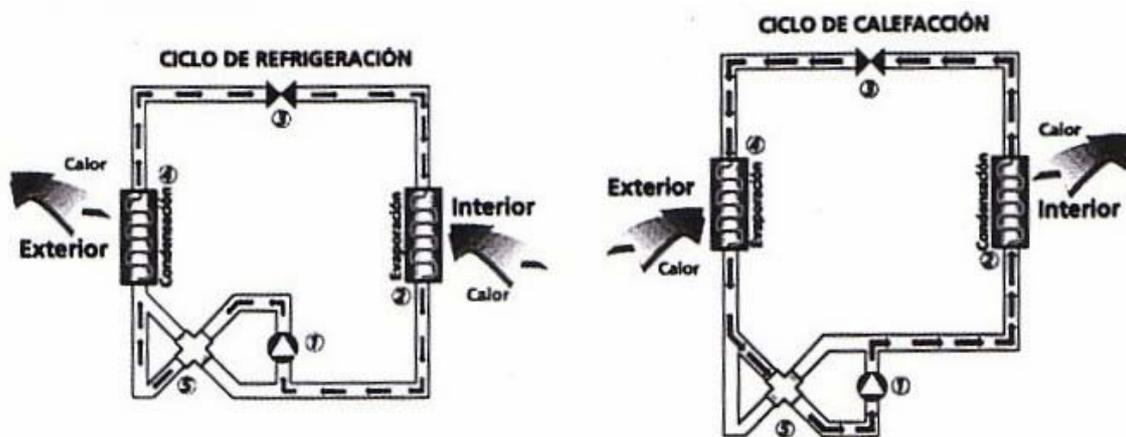


Figura 3.16: Funcionamiento en refrigeración y calefacción de una bomba de calor.

El dispositivo de expansión que utiliza debe ser de un tipo especial ya que debe funcionar indistintamente en ambos sentidos.

### 3.2.1. Válvula de cuatro vías

Esta válvula dirige el gas de descarga y el calor en la dirección apropiada, con el fin bien de calentar el espacio acondicionado, o de enfriarlo.

Durante el ciclo de refrigeración, el refrigerante sale del conducto de descarga del compresor en forma de gas caliente. El gas caliente entra en la válvula de cuatro vías y sale hacia la batería exterior que hace de condensador, donde se expelen calor hacia el exterior. El refrigerante se condensa, sale del condensador en estado líquido y fluye hacia la batería interior por la válvula de expansión. El refrigerante se expande y en la batería interior, que hace de evaporador se convierte en vapor. El vapor caliente sale

del evaporador entra en el cuerpo de la válvula de cuatro vías. El pistón de la válvula dirige el refrigerante hacia el conducto de aspiración del compresor, donde el refrigerante se comprime, y el ciclo vuelve a empezar.

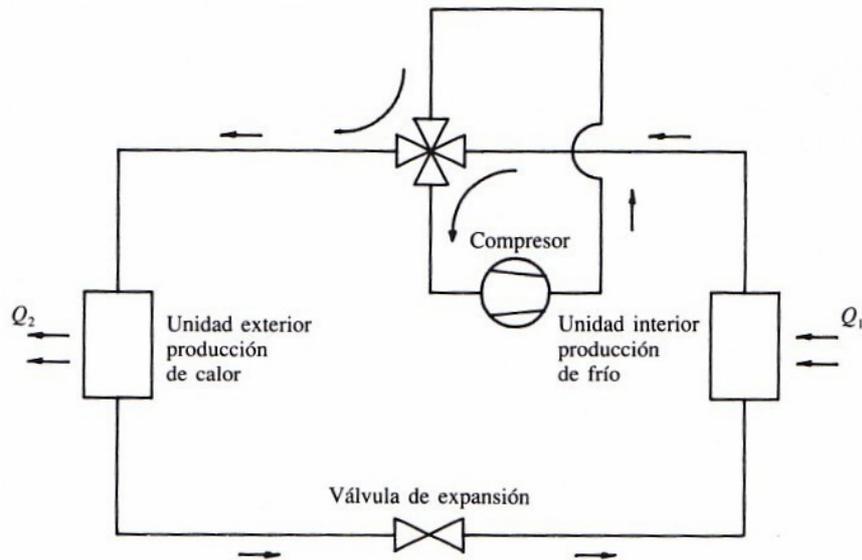


Figura 3.17: Esquema del ciclo de refrigeración.

El ciclo de calefacción, consiste en que el gas caliente sale del compresor y entra en el cuerpo de la válvula de cuatro vías, como en el caso anterior. Sin embargo, ahora el pistón de la válvula de cuatro vías cambia a la posición de calefacción y el gas caliente entra en el serpentín interior. El serpentín actúa como condensador y expulsa calor hacia el espacio acondicionado. El refrigerante se condensa y sale del serpentín interior en estado líquido. Atraviesa la válvula de expansión y llega al serpentín exterior. El refrigerante se expande y absorbe calor mientras se convierte en vapor. El vapor caliente sale del serpentín exterior y entra en la válvula de cuatro vías. La válvula lo dirige hacia el conducto de aspiración del compresor. El vapor se comprime y se desplaza hacia el conducto de descarga del compresor, para repetir el ciclo.

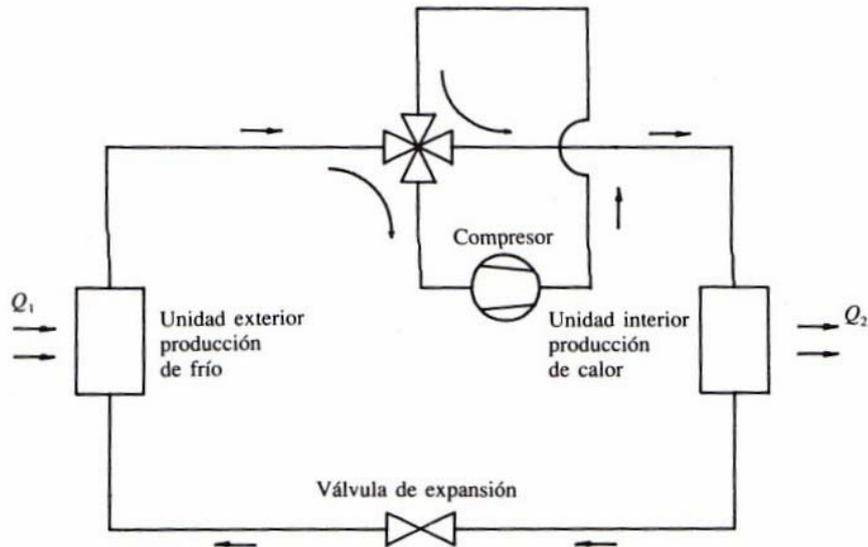


Figura 3.18: Esquema del ciclo de calefacción.

### 3.3. Condiciones Eurovent

Eurovent es una asociación europea de fabricantes de equipos de tratamiento de aire y climatización (Fundada en 1959). Compuesta por 14 asociaciones nacionales que representan a fabricantes de aire acondicionado en Europa (AFEC en España), así como agentes de fabricantes no europeos.

Esta asociación crea programas de certificación de equipos de climatización. Los programas comparan las características técnicas de los productos realizando unas pruebas, basadas en procedimientos bien definidos (las normas de ensayo están basadas en las normas "CEN" o "ISO") con lo que se consigue una competencia justa en el mercado europeo.

La ventaja de que los fabricantes pertenezcan a los programas de Eurovent, es que los usuarios pueden seleccionar estos productos con la garantía de que las características anunciadas en los catálogos son fiables. Aunque, por otra parte, la participación en los programas obliga a los fabricantes a certificar todos sus modelos incluidos en el campo de aplicación del programa seleccionado.

La clasificación de los equipos autónomos que da Eurovent, son:

- Climatizadores de confort de una potencia frigorífica inferior a 12 kW.
- Climatizadores de confort de una potencia frigorífica comprendida entre 12 y 45kW.
- Climatizadores de confort de una potencia frigorífica comprendida entre 45 y 100kW.

Algunas de las definiciones que da Eurovent asociadas a equipos autónomos, son:

- Capacidad frigorífica total (kW). Es el calor absorbido del aire por el acondicionador en un intervalo de tiempo determinado.
- La capacidad calorífica total es el calor emitido por un acondicionador de ciclo reversible en un intervalo de tiempo determinado.

Las definiciones de capacidad frigorífica total y calorífica total no resultan muy claras, ya que no se especifica en ellas a qué intervalo de tiempo determinado se refieren. Lo mismo ocurre con la siguiente definición.

- Potencia absorbida útil en frío/calor (kW). Es la potencia eléctrica media absorbida por la unidad dentro de un intervalo de tiempo determinado y compuesta por:
  - Potencia absorbida por el compresor y por el sistema de desescarche excluyendo dispositivos de calefacción eléctrica adicional no empleados para dicho desescarche.
  - Potencia absorbida de todos los dispositivos de control y de seguridad de la unidad.
  - Potencia absorbida proporcional de los vehiculadores de aire o agua (p.ej. ventiladores y bombas) necesaria para el movimiento del medio de transmisión dentro del acondicionador.
- Potencia sonora, dB(A). La potencia sonora es un valor numérico de una determinada escala que está en relación directa a la valoración subjetiva del nivel sonoro de un ruido.

Las características que certifica Eurovent de los equipos autónomos son:

- Capacidad frigorífica y calorífica total.
- Potencia absorbida útil funcionando en frío y calor.
- Potencia sonora de la unidad exterior (sin conductos).

- Potencia sonora de la unidad interior (sin conductos).
- Potencia sonora radiada desde el conducto (unidades con conducto).

Las condiciones de ensayo en temperaturas para los acondicionadores de aire, tanto compactos como partidos, se recogen en la siguiente tabla.

Tipo	Unidad Interior		Unidad exterior			
	Aire		Aire		Agua	
	Ts(°C)	Th(°C)	Ts(°C)	Th(°C)	Tent(°C)	Tsal(°C)
<b>Refrigeración</b>	27	19	35	24	30	35
<b>Calefacción</b>	20	15	7	6	5	

Tabla nº 3.1: Condiciones de ensayo Eurovent para equipos autónomos.

En los enfriadores de agua, algunas definiciones que proporciona Eurovent, son:

- Capacidad frigorífica bruta (kW).

La capacidad frigorífica bruta es el calor cedido por el líquido al refrigerante en la unidad de tiempo. Se define como el producto de multiplicar el caudal de líquido por la diferencia de entalpía entre la entrada y salida del líquido corregida teniendo en cuenta el calor generado por la bomba que actúa contra la pérdida de carga en el evaporador.

Esta definición resulta un poco confusa, lo que parece interpretarse de ella, es que para conocer realmente el calor que está aportando el agua al refrigerante, se le resta al calor intercambiado entre agua y refrigerante, el calor que aporta la bomba al agua.

- Capacidad calorífica bruta es el calor transmitido por el refrigerante al líquido por unidad de tiempo, (kW).

En este caso no se indica nada si hay que corregir el calor con el efecto de la bomba. Si así fuera no habría más que al calor intercambiado se le sumaría en este caso el calor de la bomba.

- Potencia absorbida útil en calefacción y refrigeración. Es similar a la definición en equipos autónomos, (kW).

- Presión disponible de líquido para unidades con bomba integrada, (kPa). La presión disponible se refiere a la presión que hay en el agua a la salida de la bomba, esto dará idea del circuito que puedo conectar, ya que no deberá tener mayores pérdidas de carga que el máximo que me da la presión disponible. En el caso de que necesite mayor presión disponible, obligará a conectar otra bomba.
- Pérdida de carga del líquido en el evaporador. Es la diferencia de presiones entre la entrada y salida del evaporador, (kPa).
- Niveles de potencia sonora, dB(A).
- Pérdida de carga del líquido en el condensador, (kPa). Es la diferencia de presiones entre la entrada y la salida del condensador.
- Coeficientes de eficiencia energética en calefacción y refrigeración.

Las características certificadas por Eurovent de las enfriadoras de agua, son:

- Capacidad frigorífica bruta
- Potencia absorbida útil para refrigeración
- Pérdida de carga en el evaporador para refrigeración ( unidades sin bomba)
- Presión disponible en el evaporador para refrigeración (unidades con bomba)
- Pérdida de carga del condensador para refrigeración
- Nivel de potencia sonora dBA
- Potencia calorífica bruta para las unidades reversibles
- Potencia absorbida útil para calefacción
- Pérdida de carga a través de la evaporación para calefacción (unidades sin bomba)
- Presión disponible en el evaporador para calefacción (unidades con bomba)
- Pérdida de carga a través del condensador para calefacción
- Eficiencia energética bruta para refrigeración
- Coeficiente de rendimiento bruto para calefacción

En las enfriadoras de agua Eurovent proporciona una serie de nomenclaturas para las características. Estas nomenclaturas son las siguientes:

- Pc: Capacidad frigorífica total, en kW.
- Ph: Capacidad calorífica, en kW.

- $P_e (c)$ : Potencia absorbida útil en refrigeración, kW.
- $P_h (c)$ : Potencia absorbida útil en calefacción, kW.
- $D_p$ : Pérdida de agua en el circuito de agua, kPa.
- $A_p$ : Presión disponible, kPa.
- $L_w$ : Nivel de potencia acústica, dB(A).

Las condiciones de temperatura de ensayo para los equipos centralizados de agua fría o caliente se dan en la siguiente tabla.

Tipo planta	Refrigeración		Calefacción	
	Evaporador	Condensador	Evaporador	Condensador
<b>Aire/Agua</b>	12 / 7	35	40 / 45	7 (6)
<b>Agua/Agua</b>	12 / 7	30 / 35	40 / 45	10

Tabla nº 3.2: Condiciones de ensayo Eurovent para enfriadoras de agua.

Las características obtenidas con estas condiciones de temperatura, como puede ser capacidades y consumos, se dice que están halladas en condiciones nominales. Los catálogos de los equipos deben incluir estas características nominales.

Los ensayos se realizarán bajo 230 V en Monofásico y 400 V en Trifásico, excepto requisito particular del participante.

La temperatura ambiente que rodea a las unidades, conductos de entrada y salida ha de ser comprendida entre 15°C y 30°C.

### **3.3.1. Etiquetado de eficiencia energética**

El etiquetado de eficiencia energética lo que hace es una clasificación de los equipos según la Directiva 2002/31/EC. La clasificación se basa en el rendimiento, ya sea en refrigeración, EER, como en calefacción, COP.

En función a esto, se le asigna a cada equipo una clase. Los equipos que tengan peor rendimiento, se le otorgará la clase G con color rojo, y los que tengan mejor rendimiento se les asignará la clase A con color verde.

Este etiquetado es obligatorio desde finales de Junio de 2004, para equipos que no superen 12 kW de potencia de refrigeración.

A continuación, se presentan las tablas de etiquetado energético, según el EER para refrigeración o el COP, para calefacción..

Clase	Condensados por aire		Condensados por agua	
	Multi-Splits	Compactos	Multi-Splits	Compactos
A	$3.20 < \text{EER}$	$3 < \text{EER}$	$3.60 < \text{EER}$	$4.40 < \text{EER}$
B	$3.20 \geq \text{EER} > 3.00$	$3 \geq \text{EER} > 2.80$	$3.60 \geq \text{EER} > 3.30$	$4.40 \geq \text{EER} > 4.10$
C	$3.00 \geq \text{EER} > 2.80$	$2.80 \geq \text{EER} > 2.60$	$3.30 \geq \text{EER} > 3.10$	$4.10 \geq \text{EER} > 3.80$
D	$2.80 \geq \text{EER} > 2.60$	$2.60 \geq \text{EER} > 2.40$	$3.10 \geq \text{EER} > 2.80$	$3.80 \geq \text{EER} > 3.500$
E	$2.60 \geq \text{EER} > 2.40$	$2.40 \geq \text{EER} > 2.20$	$2.80 \geq \text{EER} > 2.50$	$3.50 \geq \text{EER} > 3.20$
F	$2.40 \geq \text{EER} > 2.20$	$2.20 \geq \text{EER} > 2$	$2.50 \geq \text{EER} > 2.20$	$3.20 \geq \text{EER} > 2.90$
G	$2.20 \geq \text{EER}$	$2 \geq \text{EER}$	$2.20 \geq \text{EER}$	$2.90 \geq \text{EER}$

Tabla 3.3: Clasificación de los equipos autónomos para refrigeración según el nivel de eficiencia energética.

Clase	Condensados por aire		Condensados por agua	
	Multi-Splits	Compactos	Multi-Splits	Compactos
A	$3.60 < \text{COP}$	$3.40 < \text{COP}$	$4.00 < \text{COP}$	$4.70 < \text{COP}$
B	$3.60 \geq \text{COP} > 3.40$	$3.40 \geq \text{COP} > 3.20$	$4.00 \geq \text{COP} > 3.70$	$4.70 \geq \text{COP} > 4.40$
C	$3.40 \geq \text{COP} > 3.20$	$3.20 \geq \text{COP} > 3.00$	$3.70 \geq \text{COP} > 3.40$	$4.40 \geq \text{COP} > 4.10$
D	$3.20 \geq \text{COP} > 2.80$	$3.00 \geq \text{COP} > 2.60$	$3.40 \geq \text{COP} > 3.10$	$4.10 \geq \text{COP} > 3.80$
E	$2.80 \geq \text{COP} > 2.60$	$2.60 \geq \text{COP} > 2.40$	$3.10 \geq \text{COP} > 2.80$	$3.80 \geq \text{COP} > 3.50$
F	$2.60 \geq \text{COP} > 2.40$	$2.40 \geq \text{COP} > 2.20$	$2.80 \geq \text{COP} > 2.50$	$3.50 \geq \text{COP} > 3.20$
G	$2.40 \geq \text{COP}$	$2.20 \geq \text{COP}$	$2.50 \geq \text{COP}$	$3.20 \geq \text{COP}$

Tabla 3.4: Clasificación de los equipos autónomos para calefacción según el nivel de eficiencia energética.

### **3.4. Modos de control en equipos de climatización**

#### - Control todo-nada

En estos sistemas el compresor se pone en funcionamiento cuando el termostato percibe una temperatura inferior a la de su punto de consigna y se para cuando detecta una temperatura superior. Entonces su funcionamiento se basa en el compresor a pleno rendimiento o apagado, es decir, los compresores arrancan y paran frecuentemente.

Cuando se pone en marcha el sistema, arranca el compresor y se mantiene en funcionamiento hasta que se alcanza la temperatura solicitada. En ese momento el compresor para y no se volverá a poner en marcha hasta que la temperatura lo solicite de nuevo.

Es el sistema de funcionamiento de los equipos de climatización más comunes ya que es el tipo de acondicionadores de coste inicial menor.

#### - Control por etapas

Este modo de control se usa en equipos con compresores de tornillo. La regulación se realiza gracias a una válvula corredera discreta. Cuando se mueve, una parte del gas que está en la cámara cerrada sale, por tanto comprime menos cantidad. Entonces, se dice que el equipo trabaja a carga parcial.

También es un modo típico de funcionamiento de los compresores alternativos, en ellos se consigue un control por etapas con la carga y descarga de cilindros.

#### -Control Proporcional.

La cantidad de fluido refrigerante bombeado a las baterías aumenta o disminuye proporcionalmente a la proximidad de la temperatura del local con respecto al punto de consiga.

Los sistemas Inverter consiguen que el compresor, en lugar de parar, baje el régimen de funcionamiento, consiguiendo evitar continuos arranques y paradas del compresor, reduciendo así el consumo del sistema y manteniendo la temperatura real con menos variaciones sobre la temperatura solicitada y a un menor nivel sonoro.

Este sistema de control es el que usa los equipos de climatización llamados Inverter y los sistemas de caudal de refrigerante variable.

Los compresores de tornillo que usan este modo de control tienen la válvula de corredera continua. Los compresores scroll también son usados con este tipo de control.

### **3.5. Tecnología Inverter**

El régimen del compresor Inverter se adapta a la variabilidad de la carga térmica del edificio.

Los sistemas convencionales trabajan en corriente alterna y regulan la temperatura con un control todo-nada o por etapas, los sistemas de tecnología inverter son capaces de variar la corriente en el compresor de alterna a continua y variar su velocidad para ajustar las potencias frigoríficas a las demandas energéticas.

Algunas de las ventajas de la tecnología Inverter, son:

- Se consiguen grandes ahorros energéticos, gracias al funcionamiento del régimen del compresor.
- Reducidos niveles sonoros.
- Se alcanza antes la temperatura deseada.
- Reducción de las fluctuaciones de temperatura (mayor confort).

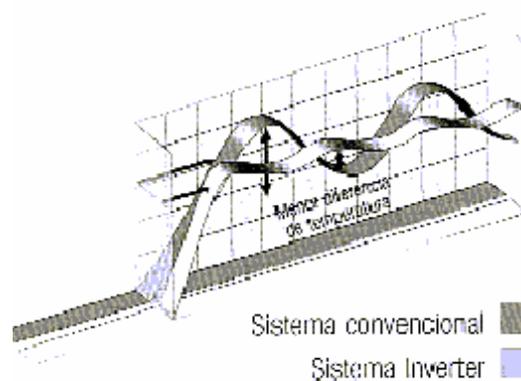


Figura 3.19: Diferencias de fluctuaciones de temperatura entre sistema inverter y sistema convencional

Los elementos fundamentales del sistema Inverter son:

- Convertidor: transforma la corriente alterna (CA) en corriente continua (CC).
- Inverter: dispositivo electrónico de control situado en la unidad exterior con esto se consigue cambiar la frecuencia y por tanto variar la velocidad del compresor.
- Compresor: compresor especial de velocidad variable.



Figura 3.20: Diagrama de flujo del sistema Inverter.

Los compresores utilizados normalmente por los fabricantes son compresores Scroll y compresores Rotativos.

La tecnología Inverter se utiliza en algunos equipos autónomos y en los sistemas VRV.

El ahorro energético comparado con la tecnología estándar de este tipo de equipos Inverter llega hasta un 30%.

### **3.6. Sistemas de volumen de refrigerante variable para el acondicionamiento de aire**

#### **3.6.1. Introducción a los sistemas de Caudal Variable de Refrigerante**

Los Sistemas de Caudal Variable de Refrigerante son sistemas de climatización relativamente modernos en comparación con otros sistemas (sistemas todo aire, todo agua, etc.) que se han utilizado desde hace años.

Estos sistemas, gracias a un sistema complejo de control han conseguido que sean muy sofisticados tecnológicamente. Se han expandido mucho en los últimos tiempos y cada vez es más común su uso. Son conocidos en el mercado con las iniciales en inglés VRF (Variable Refrigerant Flow), VRV (Variable Refrigerant Volume) o en español CVR.

Han surgido de la evolución de los sistemas Multi-Split, con tecnología Inverter y consiguen que se cumplan con lo que se le demanda hoy en día a un sistema de climatización: facilidad de diseño, flexibilidad, eficiencia energética, fiabilidad, facilidad

de instalación, reducido mantenimiento, silencioso, facilidad de uso y respetuoso con el medio ambiente.

Son sistemas de bomba térmica reversible que permiten conectar varias unidades interiores con una sola unidad exterior a través de dos tuberías de cobre, debidamente aisladas según la Normativa correspondiente, por donde circula el fluido refrigerante.

Los Sistemas de Caudal Variable de Refrigerante son ideales para aplicaciones de carga variable, ya que su diseño se basa en la tecnología Inverter.

Lo que se consigue es que se ajuste la cantidad de calor que se absorbe o se cede a la demanda de cada zona, incluso pudiendo trasvasarse calor de unas zonas a otras.

Estos sistemas presentan múltiples aplicaciones tales como oficinas, hoteles, comercios, residencias, viviendas unifamiliares, bloques de apartamentos, etc., y son muy empleados en reformas de edificios. Son principalmente aplicaciones comerciales y residenciales

### **3.6.2. Tipos de unidades de Caudal Variable de Refrigerante**

Hay 3 tipos de sistemas dentro del Caudal Variable de Refrigerante, atendiendo al modo en que funcionan:

- Sólo frío: La potencia que entrega solo es de refrigeración. Son los sistemas menos usados.
- Bomba de calor: Todas las unidades interiores funcionan en modo frío o en modo calor. Son los sistemas más usados.
- Recuperación de calor: Pueden dar calor y frío simultáneamente adecuándose a las necesidades de cada zona. Estos sistemas se usan menos porque tienen mayor coste inicial.

Atendiendo al sistema de distribución del refrigerante, se pueden distinguir:

- Sistemas a dos tubos: tubería de líquido y tubería de gas (aspiración en frío y descarga en calor).
- Sistemas a tres tubos: tubería de líquido, tubería de aspiración de gas y tubería de descarga de gas.

Atendiendo a los fluidos que están en contacto con el refrigerante:

- Sistemas aire-aire: el fluido que utilizan para la condensación es el aire exterior. Son los sistemas bombas de calor y recuperación de calor.

- Sistemas agua-aire: el fluido que utilizan para la condensación es el agua. Se usan también para bombas de calor pero mucho menos que los sistemas aire-aire.

En el Anexo, se recogen los datos más característicos de las unidades interiores y exteriores de los equipos de caudal de refrigerante variable.

### 3.6.3. Funcionamiento de los sistemas de caudal variable de refrigerante

El funcionamiento de estos sistemas es parecido al de las bombas de calor que tienen tecnología Inverter. Pueden controlar el caudal de refrigerante y en consecuencia a esto, controla la potencia frigorífica o calorífica que puede dar y por tanto, la temperatura de cada recinto a climatizar.

Por lo comentado anteriormente, lo que consume en estas unidades no es el total, sino que es función de la potencia que entrega en cada caso, lo que conlleva un importante ahorro energético.

El control del refrigerante, se consigue regulando el funcionamiento del motor del compresor. El motor del compresor tiene un dispositivo que hace variar su frecuencia entre 20 y 100 Hz, como en los equipos Inverter. Así el compresor trabajará a menor o mayor rendimiento dependiendo de la información recibida del sistema de control del local. Con esto se consigue que el compresor reduzca las marchas y los paros que son lo que provoca el desgaste del mismo.

Lo que consigue estos efectos de regulación de cantidad de refrigerante, son la tecnología Inverter de los compresores y las válvulas de expansión electrónicas (PMV – Pulse Motor Valve) o válvulas de modulación de impulsos, incorporadas en unidades interiores y exteriores.

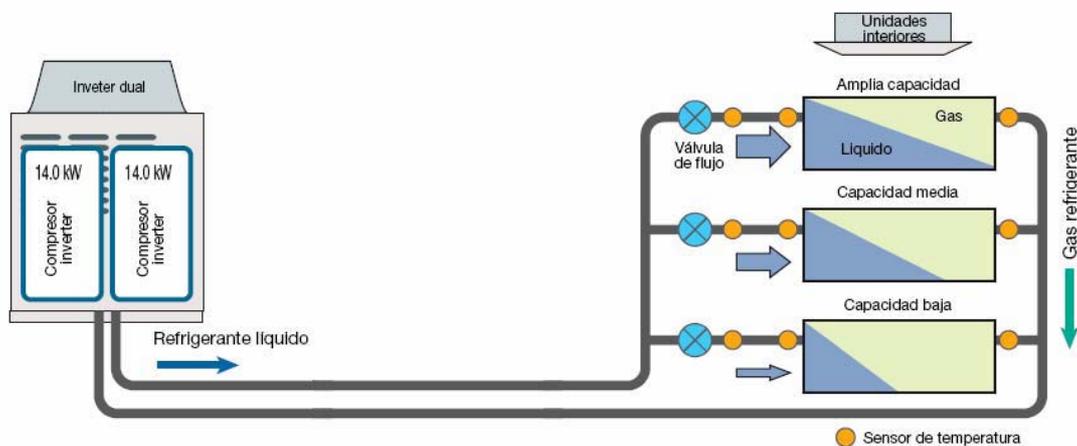


Figura 3.21: Esquema simplificado de un sistema de caudal variable de refrigerante

El régimen del compresor Inverter se adapta a la variabilidad de la carga térmica del edificio.

Si el compresor reduce la potencia, lo que se consigue es que entre menor cantidad de caudal al evaporador o condensador, se disminuirá por tanto la cantidad de calor cedido o absorbido a la sala y se controlará la temperatura.

Un aspecto importantísimo que se consigue con esta tecnología es la independencia climática en cada sala. Cada unidad interior trabajará de forma independiente de las demás y una válvula de expansión electrónica dejará pasar el fluido refrigerante que necesite cada unidad interior.

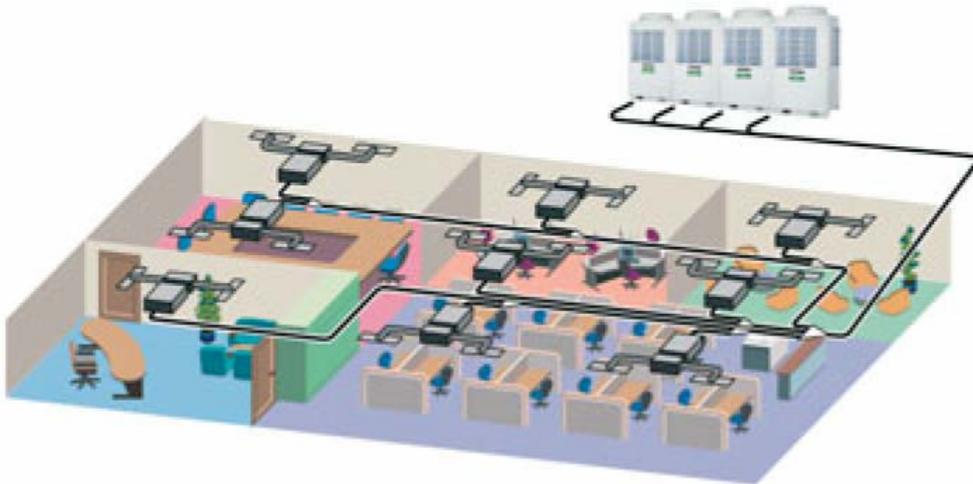


Figura 3.22: Ejemplo de una instalación con equipo de caudal variable de refrigerante



Figura 3.23: Unidades exteriores de equipos de caudal variable de refrigerante

### 3.6.4. Diferencias del sistema Multi-Split Inverter frente al sistema de Caudal Variable de Refrigerante

Los sistemas de Caudal Variable de Refrigerante y los Multi-Split Inverter son muy parecidos, ya que en los dos tipos de sistemas se consigue un importante ahorro energético gracias a la tecnología Inverter, la diferencia entre ellos estriba en la forma de conexión de las tuberías y en el lugar donde se lleva a cabo la expansión.

En los sistemas Multi-Split, de cada unidad exterior salen dos tuberías para cada unidad interior, de manera que las unidades interiores quedan conectadas en paralelo como se muestra en la siguiente figura. En los sistemas de caudal de refrigerante variable, de cada unidad exterior salen únicamente dos tuberías, que hacen que se conecten todas las unidades interiores en serie.

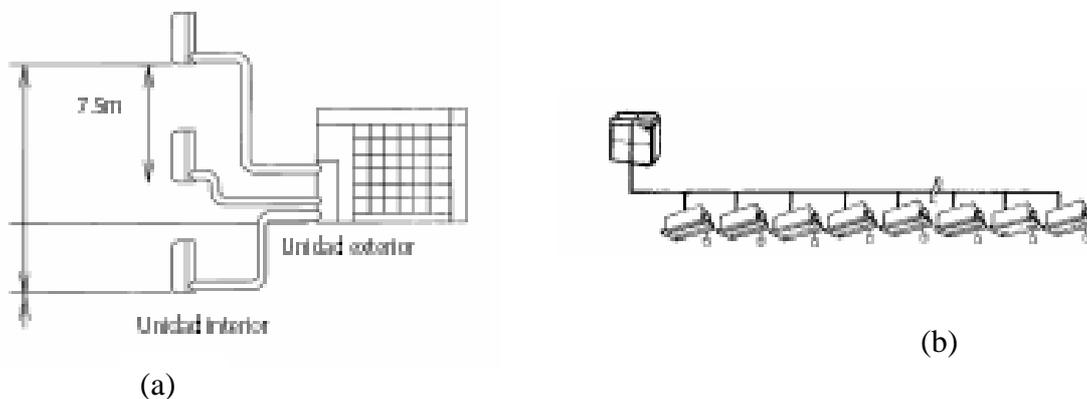
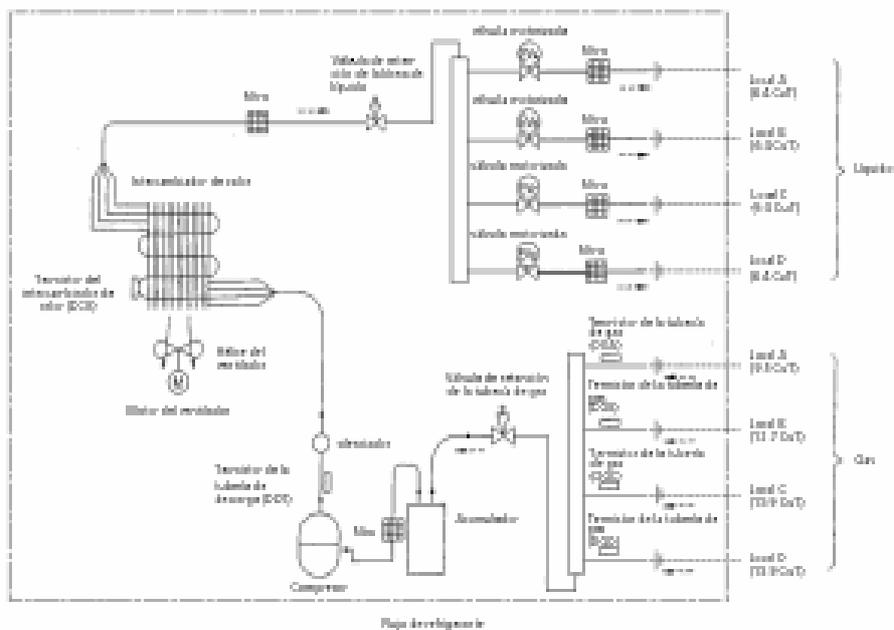


Figura 3.24: (a) Sistema Multi-Split Inverter; (b) Sistema CVR

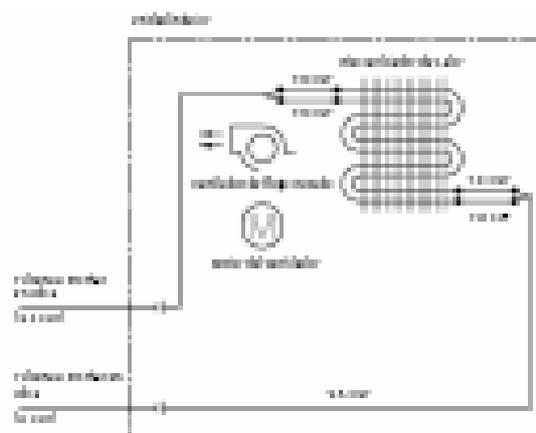
Esta disposición de los conductos implica un ahorro importantísimo a la hora del diseño de tuberías y una clara mejora en cuanto a sencillez de la instalación.

En cuanto a la expansión, en el sistema Multi-Split Inverter la expansión se produce en la unidad exterior, mientras que la expansión en los sistemas de caudal de refrigerante variable se realiza en las unidades interiores.

En los siguientes esquemas se representan los diagramas de tuberías de unidades interiores y exteriores de sistemas Multi –Split Inverter y sistema de caudal variable de refrigerante.



(a)



(b)

Figura 3.25: (a) unidad exterior de un sistema Multi-Split Inverter Sólo frío  
(b) unidad interior de un sistema Multi-Split Inverter Sólo frío

(b)

Figura nº 3.25: (a)unidad exterior de un sistema Multi-Split Inverter solo frío  
(b) unidad interior de un sistema Multi-Split Inverter solo frío



### 3.6.5. El sistema de Caudal de Refrigerante Variable con recuperación de calor

La recuperación de calor consiste en intentar aprovechar las pérdidas energéticas que se producen en un sistema común de acondicionamiento de aire.

El calor de condensación que se desperdicia al enfriar un local en un sistema aire-aire y se tira al ambiente, en este tipo de sistemas se aprovecha y se conduce a otros locales donde es útil.

En el caso de sistemas de recuperación de calor se utilizan normalmente 3 tubos desde la unidad exterior hasta las cajas repartidoras o selectoras de flujo y posteriormente 2 tubos desde éstas hasta las unidades interiores.

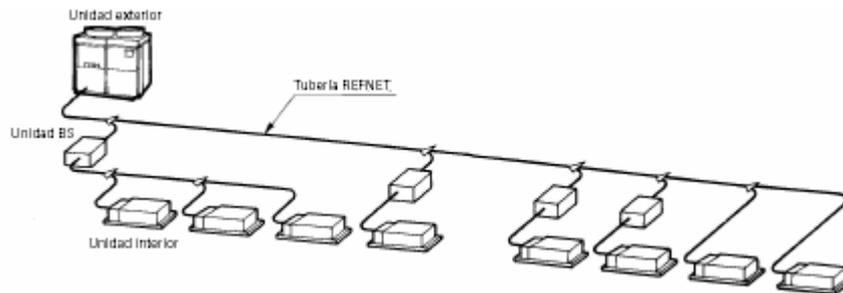


Figura 3.27: Ejemplo de sistema de caudal de refrigerante variable con recuperador de calor

Por tanto, a las unidades interiores lo que llega es un tubo de aspiración o descarga de gas y un tubo de líquido. En función de la temperatura ambiente se selecciona el tubo de aspiración de gas o el de descarga de gas.

Para conseguir este efecto de recuperación de calor, el refrigerante cuando sale del evaporador se conduce a las unidades que requieren calefacción, produciéndose allí la condensación de gas y por tanto se consigue un flujo de calor de calefacción en el aire.

El sistema electrónico que se necesita para realizar estas manipulaciones de refrigerante es muy complejo.

Si se elige un sistema de caudal de refrigerante variable con recuperador de calor hay que estudiar la rentabilidad muy detalladamente porque estos sistemas tienen el defecto de que poseen un coste inicial muy alto, el aspecto positivo es que la reducción que se obtiene de capacidad de la instalación llega de un 10-20%.

Si se decidiera usar la recuperación de calor hay que estudiar las unidades interiores que estarán unidas a la misma unidad exterior, ya que entre estas unidades interiores es donde se realizará el intercambio de calor. Es decir, a la misma máquina exterior se unirán máquinas interiores con orientaciones opuestas (unas salas estén encaradas hacia el exterior, con presencia de ventanas, y otras con una orientación interior) y de usos distintos (unas salas que tengan un uso más bien esporádico y otras tengan mayor concurrencia de gente).

Con estas características se podrá prever si es viable la recuperación de calor y se podrá precisar calefacción en unas salas y refrigeración en otras de forma simultánea.

Una característica de las unidades terminales es su bajo nivel sonoro y una filtración del aire más elevada.

Las unidades exteriores pueden ser sistemas modulares o sistemas en los que la condensadora es un bloque único. En los sistemas modulares hay una combinación de distintos módulos o unidades exteriores las cuales consiguen la potencia necesaria para la instalación. Los distintos módulos se conectan entre sí mediante el circuito frigorífico y la tubería de equilibrado de aceite.

Las unidades condensadoras se pueden instalar también en zonas internas de los edificios gracias a la presión estática disponible de los ventiladores. Además como característica importante de estos sistemas es que las unidades exteriores se pueden instalar casi pegadas, dejando una mínima distancia de 2cm.

### **3.6.6. Ventajas e inconvenientes de los equipos de Caudal de Refrigerante Variable**

Como ventajas se destacan:

- Notable ahorro energético, se consigue ajustar la capacidad a la demanda. En los sistemas de Caudal de Refrigerante Variable con recuperación de calor se añade que pueden trasladar calor de una sala a otra, por lo que el ahorro es aún mayor.
- Control eficaz de la temperatura, las variaciones con respecto a la temperatura de consigna son menores y más suaves. A parte se eligen las condiciones ambientales de manera individual en cada sala.
- Instalación muy sencilla.
- Máxima zonificación. Cada usuario o espacio dispone de su control.
- Mantenimiento mínimo

- Alta fiabilidad
- Bajos niveles sonoros
- Reducido espacio de instalación de las unidades exteriores (unidades exteriores compactas).
- Elevada flexibilidad, en cuanto a trazados de los circuitos, longitudes del sistema, número de unidades interiores por sistema, adaptación a cambios.
- Menores espacios de paso de tuberías.
- Múltiples tipos de unidades interiores. Los tipos que nos podemos encontrar son Cassette: 1, 2 y 4 vías, conductos: baja silueta, estándar y alta presión, techo, pared y suelo.
- Funcionamiento en modo calor a bajas temperaturas, hasta a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Posibilidad de contabilizar el consumo energético de cada usuario.

Los inconvenientes, son:

- Su elevado coste inicial.
- Distribución de refrigerante por medio de una red de tuberías de cobre susceptible de fugas.
- En sí mismos no permiten el control de la humedad ni la opción de free-cooling.
- Distancia vertical y horizontal entre unidades limitada.